

**PLATAFORMA DE MONITOREO DE CELDAS SOLARES  
EN LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
PASCUAL BRAVO  
SEDE ROBLEDO**

**TESIS PARA OBTENER  
EL TITULO DE TECNOLOGO ELÉCTRICO**

**PRESENTADO POR:  
JOHN PÉREZ**

**ASESOR:  
CARLOS MARIO MORENO**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
DECANATURA INGENIERÍA Y AFINES  
TECNOLOGÍA ELÉCTRICA  
MEDELLÍN  
2016**

## RESEÑA HISTÓRICA DEL DOCUMENTO

<b>REV.</b>	<b>FECHA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>EMITIDO POR:</b>
A	02-11-2016	Emitido para aprobación del Asesor.	J. Pérez.
B	10-11-2016	Emitido con los ajustes del Asesor.	J. Pérez.
0	15-11-2016	Emitido al departamento de Eléctrica.	J. Pérez.

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado a familia.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios y a mi familia.

## CONTENIDO

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>III</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>III</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>IX</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>X</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 ANTECEDENTES .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>1.4 OBJETIVOS .....</b>	<b>4</b>
OBJETIVO GENERAL.....	4
OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	5
<b>2. MARCO TEORICO.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....</b>	<b>5</b>
TIPOS DE CELDAS FOTOVOLTAICAS.....	7
FUNDAMENTOS DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS .....	9
RADIACIÓN SOLAR.....	9
POTENCIAL DE RADIACIÓN SOLAR TERRESTRE.....	11
RECUROS SOLAR EN COLOMBIA .....	13
<b>2.2 ILUMINACIÓN TIPO LED .....</b>	<b>13</b>
MODULOS LED .....	13
APLICACIONES TECNOLOGIA LED .....	14
VENTAJAS DE LOS MODULOS LED .....	14
COMPARACIÓN DE EFICACIA Y EFICIENCIA LUMINOSA EN SISTEMAS DE ILUMINACIÓN.....	15
RELACIÓN DE COSTOS MODULOS LED / OTRO TIPO DE ILUMINACIÓN .....	16
<b>2.3 ALMACENAMIENTO DE ENERGIA ELÉCTRICA .....</b>	<b>16</b>
<b>2.4 CONTROL DE CELDAS SOLAREAS TIPO MPPT .....</b>	<b>17</b>
<b>2.5 UNIDADES TERMINALES REMOTAS .....</b>	<b>18</b>
MODULO DE ENTRADA .....	18
MODULO DE CONTROL.....	19
MÓDULO DE PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN (CPU).....	19
MODULO DE COMUNICACIONES. ....	20

NOTAS SOBRE LAS RTU'S .....	20
<b>2.6 COMUNICACIONES TIPO WIFI.....</b>	<b>21</b>
FRECUENCIA DE BANDA.....	21
MODELO DE REFERENCIA DE TIPOS DE REDES.....	22
<b>2.7 COMUNICACIÓN VÍA TCP-IP.....</b>	<b>23</b>
<b>2.8 SERVIDORES DE DATOS.....</b>	<b>23</b>
<b>2.9 APLICACIONES DE TELEMETRIA.....</b>	<b>26</b>
<b>2.10 BASES DE DATOS DE TELEMETRIA .....</b>	<b>27</b>
<b>3. SISTEMA DE MONITOREO.....</b>	<b>28</b>
<b>3.1 DESCRIPCIÓN DE LUMINARIAS .....</b>	<b>28</b>
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS .....	29
<b>3.2 PARAMETROS Y SENSORES A EMPLEAR.....</b>	<b>30</b>
SENSOR DE CORRIENTE Y VOLTAJE.....	30
SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD.....	31
SENSOR DE RADIACIÓN SOLAR .....	33
<b>3.3 UNIDAD DE ADQUISICIÓN DE DATOS (MICROCONTROLADOR A EMPLEAR) .....</b>	<b>34</b>
ADQUISICION DE LA INFORMACIÓN.....	34
<b>3.4 SISTEMA DE TRANSMISIÓN .....</b>	<b>35</b>
NIVEL HARDWARE .....	35
NIVEL DE SOFTWARE .....	35
<b>3.5 ETAPA INALÁMBRICA.....</b>	<b>35</b>
INFRAESTRUCTURA DE TRANSMISIÓN.....	35
TECNOLOGIA INALAMBRICA.....	36
<b>3.6 SISTEMA DE RECEPCIÓN .....</b>	<b>36</b>
NIVEL HARDWARE .....	36
NIVEL SOFTWARE.....	36
SUB-ETAPA RECEPTOR .....	36
SUB-ETAPA PUENTE .....	36
SUB-ETAPA BASE DE DATOS .....	37
SUB-ETAPA DE VISUALIZACIÓN.....	37
<b>4. COMISIONAMIENTO .....</b>	<b>37</b>
<b>4.1 PRUEBA 1: TRANSMISIÓN DE DATOS.....</b>	<b>37</b>

4.2	PRUEBA 2: ENVIO DE DATOS DESDE VARIAS LUMINARIAS.....	38
4.3	PRUEBA 3: CREACIÓN E INSERCIÓN DE INFORMACIÓN EN LA BASE DE DATOS.....	38
5.	TRABAJOS FUTUROS.....	38
6.	CONCLUSIONES.....	38
7.	BIBLIOGRAFIA .....	39
8.	ANEXOS .....	39

## LISTA DE TABLAS

<b>TABLA 1.</b> TABLA COMPARATIVA DE TIPOS DE ILUMINARIAS .....	13
<b>TABLA 2.</b> TABLA COMPARATIVA DE TIPOS DE ILUMINARIAS .....	15
<b>TABLA 3.</b> TABLA COMPARATIVA DE TIPOS DE ILUMINARIAS .....	25
<b>TABLA 4.</b> TABLA DE ESPECIFICACIONES DE ILUMINARIAS IMPLEMENTADAS EN EL IUPB....	29
<b>TABLA 5.</b> ESPECIFICACIONES DE DESEMPEÑO PARA LA MEDICIÓN DE TEMPERATURA.....	33
<b>TABLA 6.</b> ESPECIFICACIÓN DE DESEMPEÑO PARA LA MEDICIÓN DE HUMEDAD RELATIVA...	33

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b> ESTRUCTURA DE COMUNICACIÓN.....	4
<b>FIGURA 2.</b> ESQUEMA INTERNO DE UNA FOTOCELDA.....	7
<b>FIGURA 3.</b> PANEL FORMADO CON CÉLULAS DE SILICIO MONO-CRISTALINO. ....	7
<b>FIGURA 4.</b> PANEL FORMADO CON CÉLULAS DE SILICIO POLI-CRISTALINO.....	8
<b>FIGURA 5.</b> PANEL FORMADO CON CÉLULAS DE SILICIO AMORFO. ....	8
<b>FIGURA 6.</b> SISTEMA FOTOVOLTAICO SIMPLE. ....	9
<b>FIGURA 7.</b> RADIACIÓN SOLAR MUNDIAL. ....	10
<b>FIGURA 8.</b> RADIACIÓN DIRECTA, DIFUSA Y REFLEJADA. ....	11
<b>FIGURA 9.</b> RADIACIÓN SOLAR SOBRE AMÉRICA DEL SUR.....	12
<b>FIGURA 10.</b> MÓDULOS LEDS .....	14
<b>FIGURA 11.</b> COMPARACIÓN LÚMENES POR VATIO CONSUMIDO DE SISTEMAS LUMINOSOS .....	16
<b>FIGURA 12.</b> COMPARACIÓN LÚMENES POR VATIO CONSUMIDO DE SISTEMAS LUMINOSOS .....	18
<b>FIGURA 13.</b> COMPARACIÓN LÚMENES POR VATIO CONSUMIDO DE SISTEMAS LUMINOSOS .....	22
<b>FIGURA 14.</b> LUMINARIAS LED DP-STL35H .....	28
<b>FIGURA 15.</b> LUMINARIAS LED FHPVS40 .....	28
<b>FIGURA 16.</b> LUMINARIAS A MONITOREAR REFERENCIA DP-STL35H.....	29
<b>FIGURA 17.</b> LUMINARIAS A MONITOREAR REFERENCIA FHPVS40.....	30
<b>FIGURA 18.</b> SENSOR DE VOLTAJE MAX471 .....	30
<b>FIGURA 19.</b> SENSOR DE HUMEDAD Y TEMPERATURA SHT71 .....	31
<b>FIGURA 20.</b> SENSOR DE HUMEDAD Y TEMPERATURA SHT71 .....	32
<b>FIGURA 21.</b> COMPORTAMIENTO PARA LA MEDICIÓN DE HUMEDAD RELATIVA Y TEMPERATURA DEL SENSOR SHT71.....	32
<b>FIGURA 22.</b> COMPORTAMIENTO PARA LA MEDICIÓN DE HUMEDAD RELATIVA Y TEMPERATURA DEL SENSOR SHT71.....	34

Este trabajo de grado está enfocado en la selección e implementación de un sistema de monitoreo de celdas solares que responda a los estándares más actuales en telemetría y programación. Para ello se va a trabajar en plataformas comercialmente difundidas, para evitar futuros cambios totales, tanto a nivel de hardware como a nivel de software. La plataforma de monitoreo instalada debe responder a las mayores especificaciones de confiabilidad, las cuales deben posibilitar la trazabilidad y la evaluación de fallas.

Entre las futuras aplicaciones del sistema de monitoreo se encuentran el control remoto y centralizado de luminarias del Instituto Universitario Pascual Bravo – Sede Robledo.

This degree work is focused on the selection and implementation of a monitoring system of solar cells that respond to the latest standards in telemetry and programming. For it is going to work commercially broadcast platforms, to avoid future turnarounds at both hardware and software level. Installed monitoring platform must meet the highest reliability specifications, which should enable traceability and evaluation of failures.

Future applications of the monitoring system are remote and centralized lighting of control the Pascual Bravo Institute - Headquarters Robledo.

# **PLATAFORMA DE MONITOREO DE CELDAS SOLARES EN LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO SEDE ROBLEDO**

## **1. INTRODUCCIÓN**

El uso de energías alternativas se ha vuelto una prioridad debido a los efectos adversos que han generado con las tecnologías convencionales de combustibles fósiles en el clima mundial, por tal motivo se han desarrollado una serie de fuentes de energías alternativas con el fin de reducir este efecto. Una de las tecnologías que ha tenido mayor desarrollo ha sido la fotovoltaica, de tal manera que la eficiencia en el uso de esta tecnología se ha venido desarrollando continuamente; dando un incremento constante y de alto desarrollo tecnológico que se tiene actualmente, por tal motivo se ha creado la necesidad de contar con equipos para medir la operación, rendimiento y eficiencia de los paneles solares para aplicaciones en la generación de energía eléctrica en sus múltiples aplicaciones.

En el presente documento se precisa la implementación de una plataforma de monitoreo de lámparas solares empleadas en el instituto universitario Pascual Bravo para fines de iluminación en áreas comunes como lo son los accesos peatonales, áreas de estacionamientos y puntos de encuentro en zonas no cubiertas.

El funcionamiento de la plataforma de monitoreo y control de supervisión, tiene las siguientes funciones:

- Medición de variables operativas de la celda solar, el controlador y la lámpara.
- Recolección de información de la operación de las lámparas, a través de la comunicación con unidades terminales remotas y enrutadores de diversa índole.
- Almacenamiento de la información en un servidor de datos.
- Procesamiento de variables intermedias, a partir de las mediciones de voltaje, corriente, temperatura y radiación solar.
- Presentación de información clasificada, en diferentes tipos de interfaces de usuario y en diferentes lugares.
- Monitoreo de la operación global del sistema con fines de mantenimiento y mejoramiento de cara a nuevas versiones.
- Conexión directa con los módulos desde el software de servicio.

## 1.1 ANTECEDENTES

Se requiere hacer el diseño y la implementación de una plataforma de monitoreo de las variables operativas de las lámparas alimentadas con energía solar, que sea escalable y pueda evolucionar con el crecimiento de los recursos tecnológicos.

Es necesario que la plataforma en cuestión sea de tecnología abierta y responda a los estándares más actuales en telemetría y programación. Para ello se debe trabajar en plataformas comercialmente difundidas, para evitar futuros cambios totales, tanto a nivel de hardware como a nivel de software.

La plataforma de monitoreo debe responder a las mayores especificaciones de confiabilidad, las cuales deben posibilitar la trazabilidad y la evaluación de fallas. También debe proveer niveles de seguridad y protección de la información, para evitar que la información del monitoreo sea intervenida y revisada por personal no autorizado.

Las características fundamentales para la plataforma de monitoreo y control son:

- Sistema de comunicación entre autómatas y servidor.
- Transporte de información compacta hasta el servidor vía Wi-Fi.
- Transporte de datos entre autómata de medición y software servidor.
- Arquitectura Cliente – Servidor en los diferentes módulos de la plataforma.
- Capacidad muy alta de almacenamiento de información en bases de datos.
- Compatibilidad con diferentes aplicativos informáticos.
- Sistema de gestión de la información abierto, modular y escalable.
- Posibilidad de integración con aplicaciones de software existentes.
- Diferentes niveles de seguridad de la información y de los usuarios.
- Conectividad abierta a través de diferentes medios de transmisión.

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La institución universitaria Pascual Bravo, se ha distinguido a lo largo de sus años de existencia por ser una institución en la cual la ciencia y la tecnología se han fundamentado en cada uno de las áreas de conocimiento que ofrecen a su comunidad universitaria.

La energía eléctrica se ha ido convirtiendo en una necesidad básica del ser humano, pero la concientización de su conservación ha sido poca, tanto en los hogares como por el estado mismo. La solución a este problema no solo se encuentra en el ahorro que eventualmente se genera por los habitantes, sino que también por parte del estado que tiene en sus manos la responsabilidad de implementar medios de generación alternativos, para suplir aplicaciones puntuales de la vida diaria como lo es, la iluminación pública, entre otras.

Como futuros tecnólogos, y en vista de fomentar la información disponible sobre la operación de paneles solares en aplicaciones de iluminación pública en la institución educativa en mención, se proyecta implementar una serie de sistemas de monitoreo para las lámparas solares que actualmente se encuentran instaladas en el Pascual Bravo sede Robledo.

Al finalizar el presente proyecto se dará respuesta a la siguiente interrogante con la suficiente información de respaldo: ¿Cuáles son los beneficios de implementar sistema de monitoreo en la iluminación pública de la Institución Universitaria Pascual Bravo?

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

Para la realización de este proyecto de grado se cuenta con la participación de un grupo significativo de estudiantes de Tecnología Eléctrica, y la presente iniciativa surge básicamente con el fin de documentar los múltiples beneficios económicos y ambientales que tiene la implementación de nuevas tecnologías de iluminación pública; de esta manera la comunidad académica del Pascual Bravo está participando de manera activa en la renovación tecnológica en el sector energético de Colombia.

Es de mencionar que la institución cuenta con un conjunto de dispositivos de iluminación energizados desde celdas solares. Estos equipos están funcionando exitosamente en condiciones de intemperie, como resultado de la operación continua es un hecho el deterioro y la acumulación fallos de funcionamiento, luego de algunos años de operación.

Para disminuir el impacto de futuras reparaciones o hacer sostenible este valioso recurso, se precisa la recolección de información objetiva que permita tomar las decisiones más adecuadas y pertinentes, utilizando dispositivos de monitoreo en tiempo real de las variables de operación.

Entre las futuras aplicaciones de un sistema de monitoreo se encuentran el control remoto y centralizado de luminarias, un laboratorio en campo de prueba para luminarias, celdas solares y otros componentes, estudios de eficiencia energética, entre otras.

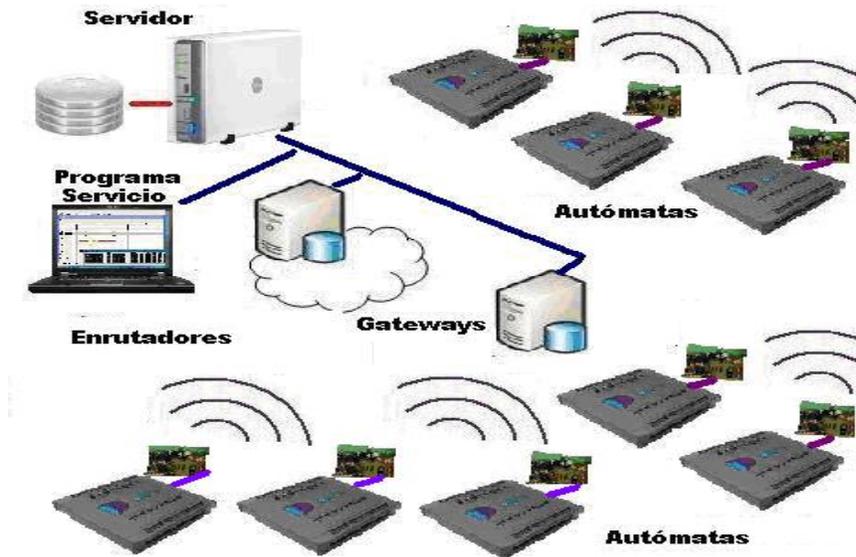
La plataforma en cuestión contará con diferentes modos de uso, en sus múltiples etapas de desarrollo, estas son:

- Supervisión y manejo de lámparas alimentadas con energía solar.
- Sistemas de distribución de energías alternativas.
- Monitoreo de voltaje y corriente de celdas solares.
- Monitoreo de operación de sistemas de almacenamiento.
- Estudio de la operación de celdas solares.
- Evaluación de sistemas de alumbrado público.

- Monitoreo y ahorro de energía eléctrica.
- Seguimiento remoto a diferentes tipos de activos.
- Apoyo estratégico al área de mantenimiento.
- Monitoreo remoto de variables ambientales.

La estructura de la plataforma es abierta y modular. Contiene autómatas de medición y comunicación del tipo unidad terminal remota RTU, enrutadores, y programas adaptadores de protocolo. La información se concentra en servidores que la procesan para almacenarla en bases de datos, de donde es consultada y presentada ver figura 1.

Figura 1. Estructura de comunicación.



Fuente: <http://www.energylab.es/fotos>

## 1.4 OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema de monitoreo de celdas solares, a partir del uso de unidades terminales remotas mediante la conexión vía WI-FI y un software de gestión de indicadores de múltiples variables todas en línea.

---

## OBJETIVOS ESPECIFICOS

Los objetivos específicos tienen que ver con las diferentes fases de desarrollo de la plataforma de monitoreo y control supervisor de los sistemas productivos. Entre ellos se tienen:

- Determinar el listado de variables que han de ser monitoreadas.
- Especificar los parámetros de operación de la plataforma de monitoreo.
- Revisar la viabilidad de implementación y explotación de la plataforma.
- Hacer la implementación de los módulos de medición de las variables.
- Hacer la implementación de los módulos de comunicación remota.
- Hacer el montaje de los dispositivos de enrutamiento.
- Hacer un software de prueba y servicio con asistentes de configuración.
- Agregar una aplicación supervisora de mantenimiento de la plataforma.
- Proyectar módulos especializados para el crecimiento de la plataforma.

## 2. MARCO TEORICO

### 2.1 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

El Sol es la fuente principal de vida en la Tierra ya que puede satisfacer todas nuestras necesidades, si aprendemos cómo aprovechar de forma racional la luz que continuamente derrama sobre el planeta. Ha brillado en el cielo desde hace unos cinco mil millones de años, y se calcula que todavía no ha llegado ni a la mitad de su existencia.

El sol emite una cantidad increíble de energía, la energía que irradia a la Tierra en 20 minutos, es suficiente para cubrir las necesidades de toda la humanidad durante un año.

La energía solar fotovoltaica es aquella que se caracteriza por funcionar a base de paneles fotovoltaicos que captan las radiaciones luminosas del sol y las transforman en una corriente eléctrica. En ésta existe una conversión directa de la luz solar en electricidad, mediante un dispositivo electrónico denominado “célula fotovoltaica”.

La conversión de la energía de la luz solar en energía eléctrica es un fenómeno físico conocido como “efecto fotovoltaico o fotoeléctrico”.

A continuación, se presentan las características significativas del sistema:

- Elevada calidad energética.
- Pequeño o nulo impacto ecológico.
- Inagotable a escala humana.

La cantidad de energía solar aprovechable depende de muchos factores, algunos de ellos pueden ser controlados en el diseño e instalación del sistema (orientación, inclinación, ubicación de paneles, etc.) y otros se escapan de control ya que están en función de la localización geográfica y meteorología de la instalación.

La energía solar se encuentra disponible en todo el mundo. Algunas zonas del planeta reciben más radiación solar que otras. En el caso particular de Colombia, los sistemas fotovoltaicos son una alternativa muy interesante, desde las perspectivas técnica y económica, pues la región dispone durante todo el año de abundante radiación solar; entre las aplicaciones más destacadas en nuestro país se puede suministrar energía en emplazamientos aislados de la red (viviendas aisladas, postes SOS, bombeos, repetidores de telecomunicaciones, etc.).

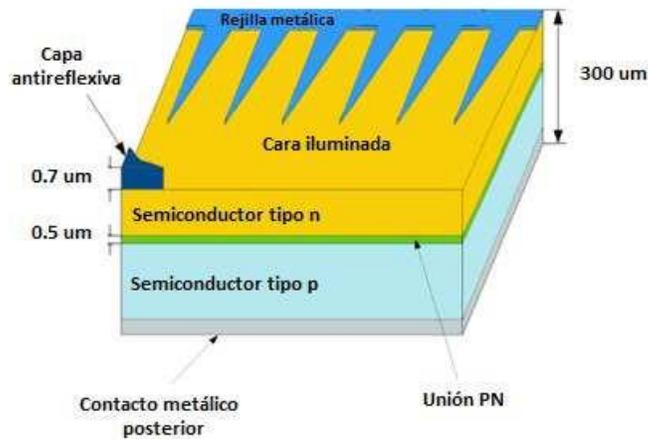
Los paneles fotovoltaicos destinados a generación energética están compuestos por células fotovoltaicas, que es donde realmente tiene lugar la transformación de la energía luminosa (fotones) en electricidad (electrones en movimiento), aprovechando las propiedades de los materiales semiconductores.

Dichas células están formadas por dispositivos tipo diodo constituidos por materiales semiconductores en los que artificialmente se ha creado un campo eléctrico constante (mediante una unión p-n) que, al recibir radiación solar, se excitan y provocan saltos electrónicos, generando una pequeña diferencia de potencial en sus extremos.

La celda cuenta con dos terminales: la cara expuesta a la luz, posee un enrejado metálico muy fino (plata y/o aluminio), el cual colecta los electrones foto-generados. Esta capa corresponde a la terminal negativa. La otra cara cuenta con una capa metálica, usualmente de aluminio. Esta corresponde a la terminal positiva ya que en ella se acumulan las cargas positivas. También la celda está cubierta con una película delgada anti reflejante para disminuir las pérdidas por reflexión.

Estos módulos son capaces de generar amperajes a un voltaje de 0,46 a 0,48 V, luego las células se montan en serie sobre paneles fotovoltaicos para conseguir un voltaje adecuado a las aplicaciones eléctricas.

Figura 2. Esquema interno de una fotocelda.



Fuente: <http://www.energylab.es/fotos>

## TIPOS DE CELDAS FOTOVOLTAICAS

**Silicio Mono-cristalino:** Caracterizado por una disposición ordenada y periódica, de forma que solo tiene una orientación cristalina, donde todos los átomos están dispuestos simétricamente. Presenta un color azulado oscuro y con un cierto brillo metálico. Alcanzan rendimientos de hasta el 17%.

Figura 3. Panel formado con células de silicio mono-cristalino.



Fuente: <http://www.energylab.es/fotos>

**Silicio Poli-cristalino:** Silicio depositado sobre otro sustrato, como una capa de 10-30 micrómetros y tamaño de grano entre 1 micrómetro y 1 mm. Las direcciones de alineación van cambiando cada cierto tiempo durante el proceso de deposición. Alcanzan rendimientos de hasta el 12%.

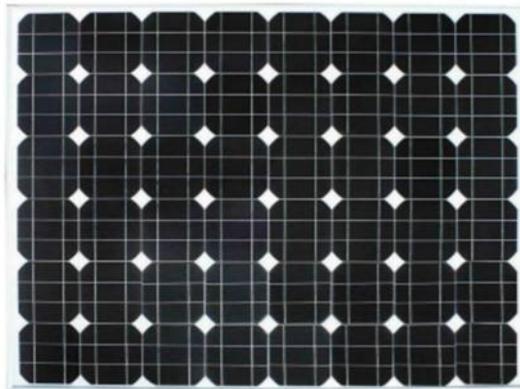
**Figura 4.** Panel formado con células de silicio poli-cristalino.



Fuente: <http://www.energylab.es/fotos>

**Silicio Amorfo:** Compuesto hidrogenado de silicio, no cristalino, depositado sobre otra sustancia con un espesor de 1  $\mu\text{m}$ . Presentan un color marrón y gris oscuro. Esta tecnología permite disponer de células de muy delgado espesor y fabricación más simple y barata, aunque con eficiencia del 6-8%.

**Figura 5.** Panel formado con células de silicio amorfo.



Fuente: <http://www.energylab.es/fotos>

## FUNDAMENTOS DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

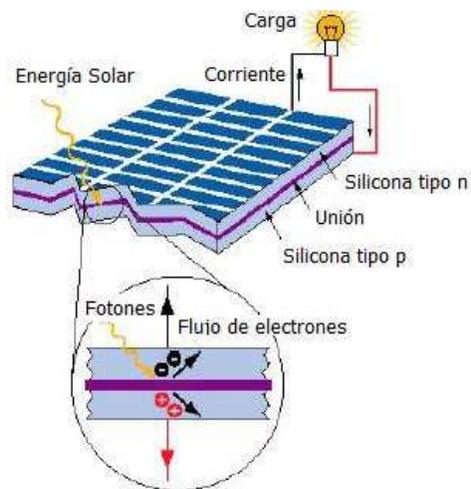
Los sistemas fotovoltaicos poseen paneles para la generación, estos están formados por celdas fotovoltaicas, y estas celdas basan su funcionamiento en el efecto fotoeléctrico.

El principio básico del efecto fotovoltaico o fotoeléctrico es que, es posible liberar electrones de los átomos del material semiconductor y en estos electrones libres hacer el material conductor.

La cantidad de energía mínima para liberar a un electrón de su posición fija se llama Bandgap.

Cuando un fotón cae sobre un semiconductor puede suministrar suficiente energía para liberar a un electrón.

**Figura 6.** Sistema fotovoltaico simple.



Fuente: <http://www.energylab.es/fotos>

## RADIACIÓN SOLAR

La energía solar mantiene a la gran mayoría de los organismos vivos conocidos, proveyendo todo el calor y la luz que nuestro planeta recibe. Así, ha sido y sigue siendo el principal factor en moldear el curso de la evolución en la Tierra.

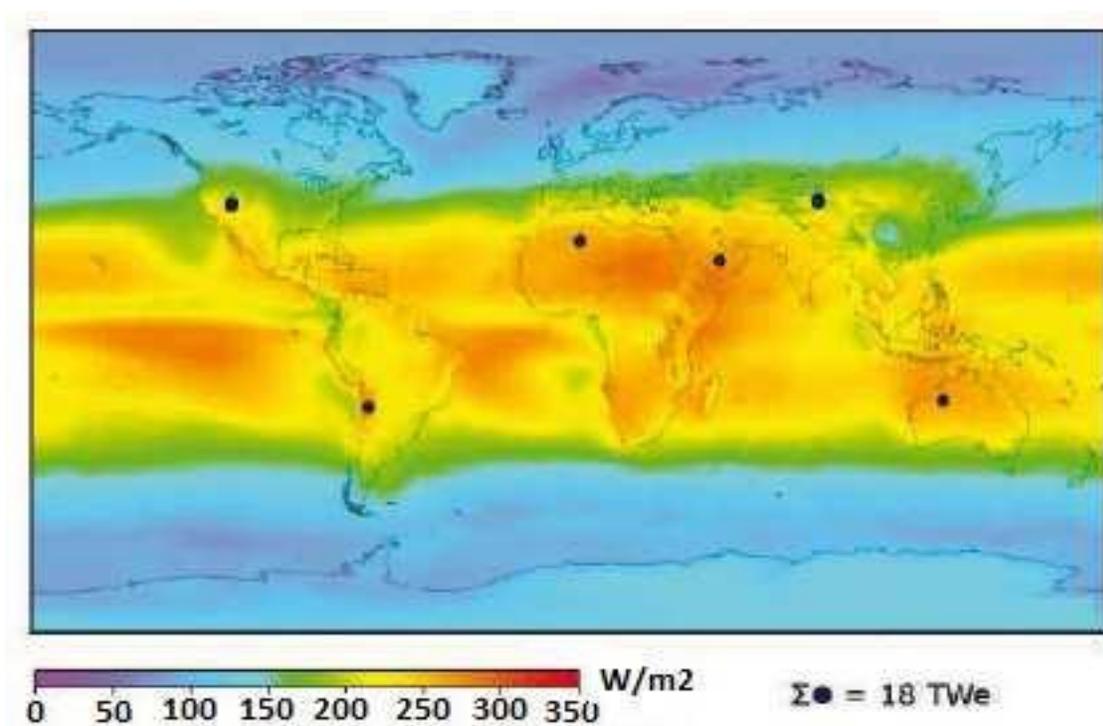
Se conoce por radiación solar al conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol. La radiación solar distribuye sus longitudes de onda desde el infrarrojo hasta el ultravioleta. No toda la radiación alcanza la superficie de la Tierra, pues las ondas

ultravioletas, más cortas, son absorbidas por los gases de la atmósfera fundamentalmente por el ozono.

La magnitud de radiación solar que llega a la Tierra puede ser medida y su unidad es el  $W/m^2$  (vatio por metro cuadrado).

La radiación que atraviesa la superficie del sol tiene una potencia de alrededor de  $60 MW/m^2$ , llegando al tope de la atmósfera terrestre sólo algo más de  $1,3 kW/m^2$ ; este valor es conocido como constante solar  $I_{cs}$  y se la define como la energía proveniente del sol que, por unidad de tiempo, es recibida en la unidad de área por una superficie perpendicular a la radiación ubicada en el espacio a la distancia media sol-tierra.

**Figura 7.** Radiación solar mundial.



Fuente: <http://www.energylab.es/fotos>

Luego de pasar por la atmósfera terrestre, donde es parcialmente absorbida y redistribuida, la radiación solar alcanza la superficie de la Tierra con valores máximos que raramente superan  $1 kW/m^2$  en días despejados. Esta energía corresponde a radiación cuya longitud de onda va desde  $10-13 \mu m$  hasta  $10 \mu m$ , pero el 98 % de ella se concentra en el intervalo entre  $0,3 \mu m$  y  $4,0 \mu m$ , límites que casi coinciden con los de la atmósfera.

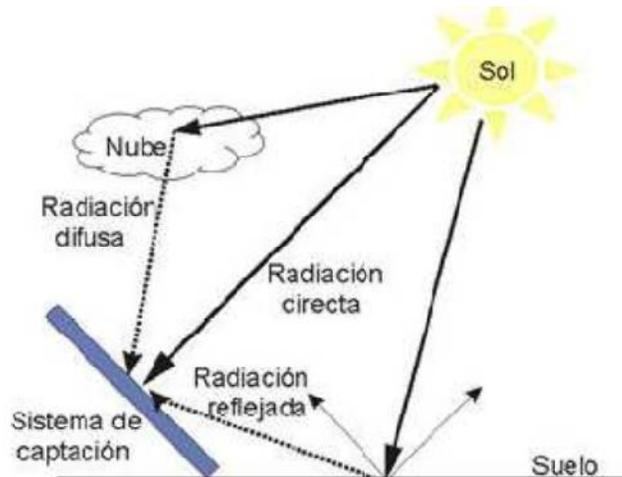
La radiación solar tiene tres tipos:

**La radiación directa.** Es la que llega directamente del foco solar, sin reflexiones o refracciones intermedias, esta puede reflejarse y concentrarse para su utilización.

**La radiación difusa.** Es la emitida por la bóveda celeste diurna gracias a los múltiples fenómenos de reflexión (cambio en la dirección de un rayo de luz cuando este no logra traspasar la interfaz entre dos medios) y refracción solar en la atmosfera (es el cambio de dirección que experimenta una onda al pasar de un medio material a otro), en las nubes, y el resto de elementos atmosféricos y terrestres, en este tipo de radiación no es posible concentrar la luz difusa que proviene de todas direcciones.

**La radiación reflejada:** Es la radiación reflejada por el suelo o por los objetos cercanos.

Figura 8. Radiación directa, difusa y reflejada.



Fuente: <http://www.energylab.es/fotos>

## POTENCIAL DE RADIACIÓN SOLAR TERRESTRE

La energía que recibimos del sol es más que suficiente para cubrir toda la demanda energética del mundo. En realidad, la energía que recibimos es 10,000 veces el actual consumo de energía del mundo.

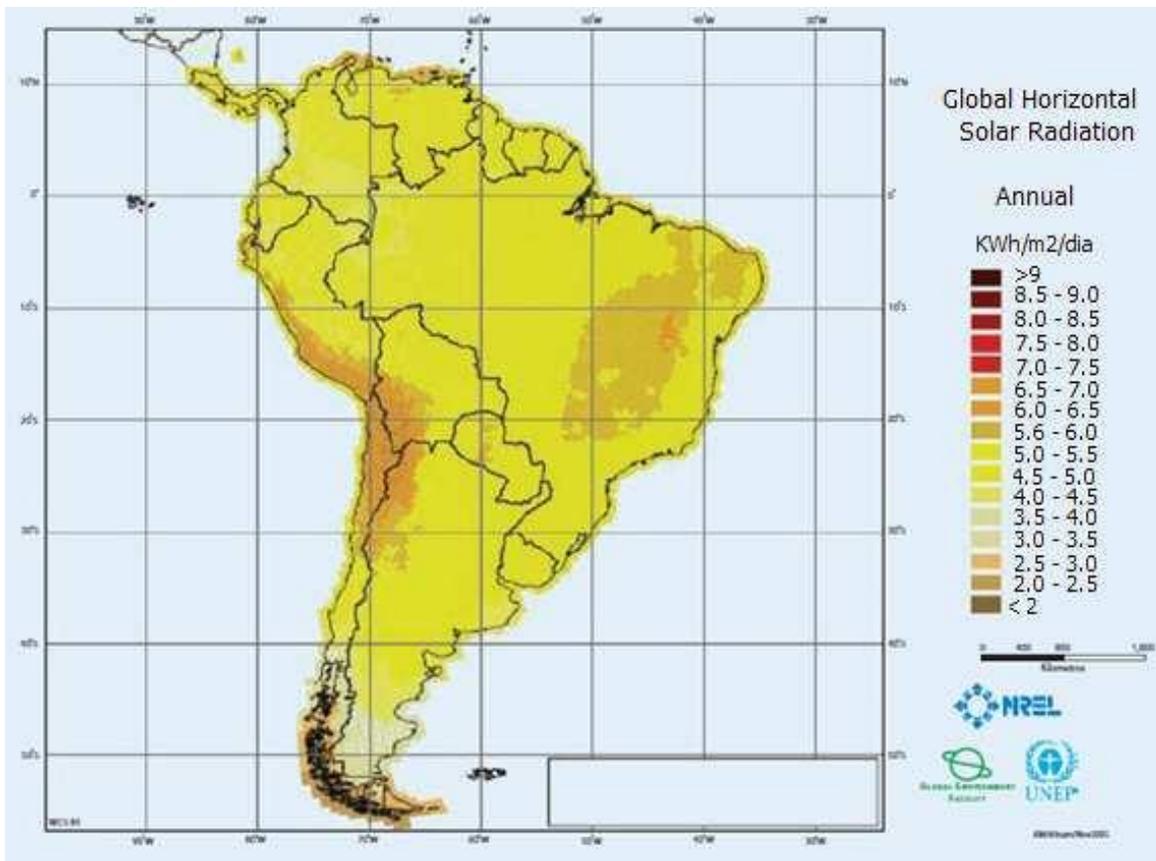
Se define la irradiación como la cantidad de Kwh que se pueden generar en relación a la radiación solar sobre 1 m<sup>2</sup>. La irradiación no está distribuida equitativamente sobre la superficie de la Tierra, primeramente, debido a la forma de la Tierra, las áreas alrededor del Ecuador reciben más energía solar que otras partes.

En segundo lugar, debido a las diferencias en la humedad del aire, despeje del cielo y nubosidad, hay variaciones de país en país, aún si se encuentran en la misma latitud.

Las áreas desérticas (secos y claros), reciben mayor irradiación que las áreas tropicales donde la humedad es mucho mayor. Aún más hay fluctuaciones debido a la rotación de la tierra alrededor de su propio eje (fluctuación diaria) y alrededor del sol (fluctuación estacionaria).

En días claros la energía solar está distribuida a lo largo del día en una especie de distribución de Gauss (forma de campana).

**Figura 9.** Radiación solar sobre América del Sur.



Fuente: <http://www.energylab.es/fotos>

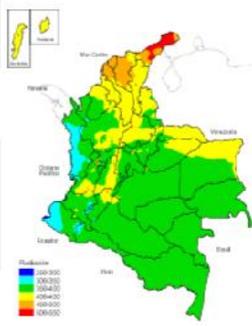
## RECUROS SOLAR EN COLOMBIA

El mapa de brillo solar para Colombia presenta un promedio anual de 2600 horas (Estación Nazaret, Guajira), dando aproximadamente un promedio diario anual de 7,1 horas.

Los valores de radiación solar oscilan entre 5 y 6 kWh/m<sup>2</sup> día en el Norte del País y entre 3.5 y 5 kWh/m<sup>2</sup> en el resto del país.

**Tabla 1.** Tabla comparativa de tipos de iluminarias

Región del país	Zona	Radiación Solar (kW/m <sup>2</sup> /día)	Brillo solar (h/día)
Magdalena, La Guajira y San Andrés y Providencia	1	5,5-6	8-10
Costa Atlántica, Valle del Magdalena y Sur Bolívar	2	5- 5,5	6-8
Llanos Orientales (Valle río Orinoco) y sabanas de Sucre, Córdoba, Valledupar y las riveras del río Cauca	3	4,5-5,0	5-6
Región Andina, Sabana de Bogotá, Pie de Monte Andino y Amazonía	4	4,0-4,5	4-5
Costa Pacífico y muy alta montaña	5	3,0-4,0	2-4



Fuente: <http://www.energylab.es/fotos>

## 2.2 ILUMINACIÓN TIPO LED

Hace pocos años han comenzado a introducirse en el mercado de iluminación de potencia las llamadas lámparas de tecnología LED. Este tipo de luminarias representa un avance considerable en materia de aprovechamiento energético, ya que resultan ser las más eficientes hasta el día de hoy.

Sin embargo, al mismo tiempo que son las más eficientes del mercado, aún no ha ingresado en los servicios de la iluminación sobre todo por su costo que aún es alto, a considerar en relación a los costos de los otros sistemas de iluminación.

## MODULOS LED

Un LED es una luz brillante producida por un diodo, emite poco calor, y no produce gases venenosos, no es fácilmente dañado por alto voltaje, por lo que ha sido reconocido

alrededor del mundo como una nueva generación de productos ambientales y de alta tecnología.

Los módulos LED se componen de un cuerpo plástico cubierto de una capa pegamento transparente que hermetiza todo el equipo, haciendo posible su utilización en ambientes exteriores y resistentes al agua, excelente disipación de calor, de fácil montaje, bajo consumo, larga duración, etc.

**Figura 10. Módulos LEDS**



Fuente: <http://www.energylab.es/fotos>

---

## APLICACIONES TECNOLOGIA LED

- Señalización de rótulos luminosos, letras iluminadas, etc.
- Iluminación oculta, efectos luminosos de pequeño tamaño, etc.
- Reemplazo de iluminación tradicional con NEON.

---

## VENTAJAS DE LOS MODULOS LED

Los sistemas de iluminación LED no se desgastan fácilmente y proporcionan al mismo tiempo una intensidad de luz constante a través de un largo período.

100,000 horas de tiempo de vida: puede ser usado por 20 años, asumiendo que se usarán los 365 días del año/ 12 horas al día.

Ahorrador de energía, (consumo muy bajo de potencia).

La luz súper alta: existen módulos de 1,2 y 3 focos con luz súper alta. Colores como el rojo, ámbar, azul verde, blanco y RGB están disponibles.

Ambiente de trabajo: Puede ser utilizado con seguridad ya sea al interior o al exterior a temperaturas de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $+85^{\circ}\text{C}$  y humedad  $< 65\%$ .

Instalación rápida: Los nuevos modelos de LEDs son de 12VDC, conexiones uniformes haciendo que la instalación sea fácil y rápida para todo tipo de palabras y cajas de luz. También afirma un traslado seguro.

Su alta eficiencia y alta iluminación están de acuerdo a los estándares de calidad. Un solo módulo consume menos de 0.5W, ahorrando más del 90% de poder que el tradicionalmente usa el neón.

### COMPARACIÓN DE EFICACIA Y EFICIENCIA LUMINOSA EN SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

En la siguiente tabla se muestra las eficacias y eficiencias luminosas de varias fuentes de luz utilizadas actualmente en Colombia:

**Tabla 2.** Tabla comparativa de tipos de iluminarias

<b>Categoría</b>	<b>Tipo</b>	<b>Eficacia luminosa (lm/W)</b>	<b>Eficiencia luminosa (%)</b>
<b>Combustión</b>	vela	0.3	0.04%
	gas natural	1–2	0.15–0.3%
<b>Incandescente</b>	100–200 W tungsteno incandescente	13.8 –15.2	2.0–2.2%
<b>Halógeno</b>	60 W – 100W	25 - 42	3,66% - 6,15%
<b>Fluorescente</b>	T8 tubo con balasto electrónico 30W	80–100	11,7%–14,6%
<b>Fluorescente CFL</b>	18 W	70	10,25%
<b>Lámpara LED</b>	LED blanco MR16 3W	80	11,80%

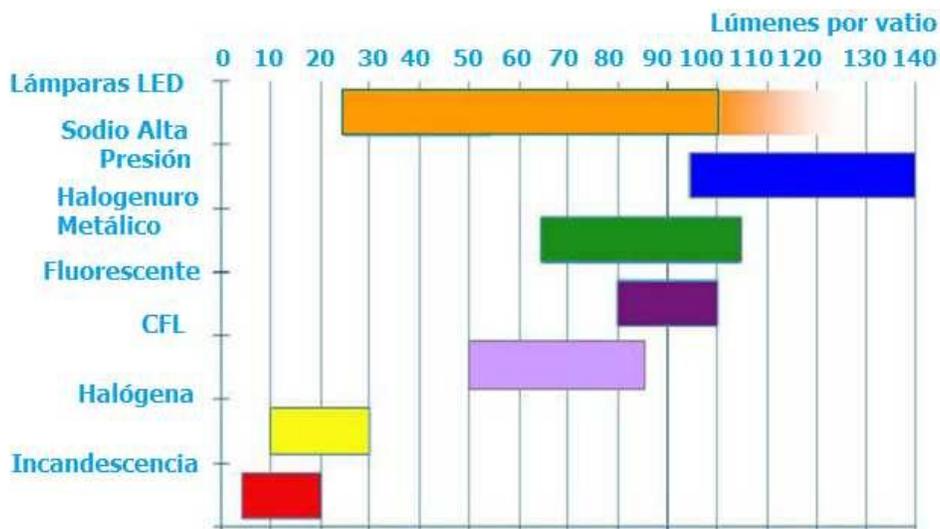
Fuente: [http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/es/Luminous\\_efficacy](http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/es/Luminous_efficacy)

De los resultados: los más eficientes son el fluorescente T8 y la lámpara LED MR16 3W, sin embargo, la diferencia radica en el consumo de energía, y por su puesto es incomparable el impacto ambiental de cada uno de ellos por lo ya expuesto.

## RELACIÓN DE COSTOS MODULOS LED / OTRO TIPO DE ILUMINACIÓN

Si bien es cierto que la inversión inicial en la adquisición de los módulos LED es mayor que cualquier otro equipo de iluminación, esta se ve compensada pues ha alcanzado valores de eficiencia que pueden llegar a ser 30 veces más eficientes que una lámpara incandescente típica. Una forma de determinar esta ganancia es por los lúmenes alcanzados por vatio consumido.

**Figura 11.** Comparación lúmenes por vatio consumido de sistemas luminosos



Fuente: [http://www.energylab.es/fotos/091105104635\\_YTi6](http://www.energylab.es/fotos/091105104635_YTi6).

### 2.3 ALMACENAMIENTO DE ENERGIA ELÉCTRICA

No es fácil almacenar la energía eléctrica, pero existen las siguientes maneras de hacerlo.

**Pilas y baterías químicas:** Las pilas y baterías son capaces de almacenar electricidad en forma de energía química. A grandes rasgos, consisten en dos electrodos capaces de intercambiar cargas eléctricas positivas y negativas a través de una interfase, que se suele llamar electrolito. Si se conectan los dos electrodos con un cable, se produce una corriente eléctrica. Los electrodos son diversos compuestos químicos (por ejemplo, níquel y hierro). Producen energía eléctrica mientras se descargan, y se cargan al ser alimentados de

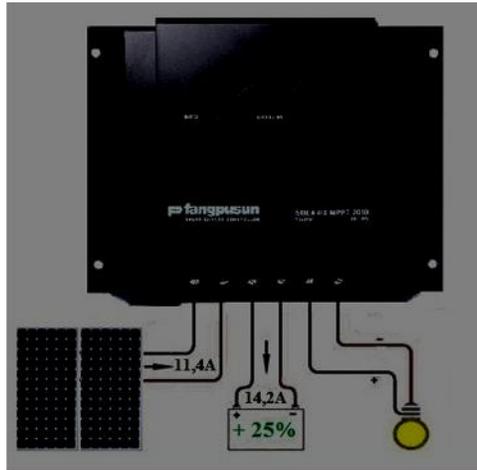
electricidad. Pilas y baterías no son una buena forma de almacenar electricidad comercial, pues tienen una potencia limitada y se pierde mucha energía en el proceso de conversión de energía eléctrica a energía química. No obstante, son imprescindibles para proporcionar electricidad a pequeños aparatos portátiles, con una gama de tensiones baja, en torno a los 10 v.

**Pilas de combustible:** Se está prestando mucha atención a las pilas de combustible, porque pueden ser una buena solución para almacenar energía de manera limpia desde el punto de vista del medio ambiente. El proceso puede funcionar descomponiendo el agua mediante una corriente eléctrica: el hidrógeno obtenido se puede almacenar y utilizarse como combustible en una pila, donde se combina con oxígeno para producir corriente eléctrica y agua como sub producto.

#### 2.4 CONTROL DE CELDAS SOLAREAS TIPO MPPT

El regulador de carga es un regulador de alta eficiencia MPPT capaz de gestionar de forma automática y segura la energía desde el panel fotovoltaico con el fin de cargar en la mejor forma de la batería de almacenamiento. La gestión de la carga se lleva a cabo a través de un micro-controlador programado para medir de forma continua y leer los valores de salida de voltaje y la corriente desde el panel ya través de un algoritmo llamado colina que sube, "persecución" del punto de máxima potencia de la curva IV del panel (MPPT). El punto de máxima potencia de cualquier panel es en realidad sujetos a un cambio continuo debido a diversos parámetros tales como temperatura, la luz incidente, los efectos de sombreado; el control de estos parámetros es posible alcanzar una alta eficiencia de conversión, lo que resulta en aumento de la producción de electricidad fotovoltaica. En comparación con los tradicionales reguladores PWM, este controlador MPPT puede aumentar la eficiencia de su panel solar de 10 a 30%.

**Secuencia de enlaces:** Primero se conecta la batería a los terminales del regulador a través de dos cables eléctricos de sección mayor o igual a 6 mm<sup>2</sup> y una longitud de menos de un metro. Aunque el controlador tiene la protección contra la "polaridad inversa, prestar atención a los enlaces. A continuación, se debe esperar 15-20 segundos y conectar el panel solar a los terminales del regulador. La salida de la bombilla con el símbolo (de carga) se reserva para las luces de calle solares y otras utilidades que necesitan de programación.

**Figura 12.** Comparación lúmenes por vatio consumido de sistemas luminosos

Fuente: <http://www.energylab.es/fotos>

## 2.5 UNIDADES TERMINALES REMOTAS

Las unidades de terminales remotas, son más conocidas con las siglas como RTU (sigla en inglés), define a un dispositivo basado en microprocesadores, el cual permite obtener señales independientes de los procesos y enviar la información a un sitio remoto donde se procese. Generalmente este sitio remoto es una sala de control donde se encuentra un sistema central el cual permite visualizar las variables enviadas por la RTU. Dentro del universo de las RTU existen los Controlador lógico programable quienes han complementado sus facilidades de comunicación. En el mundo PLC se recomiendan protocolos de comunicaciones para pequeños sistemas de control (RS-485, SINEC L1, MODBUS, DNP3, CAN, IEC-101, IEC -105 etc.). En forma paralela en el mundo RTU ha evolucionado en la industria eléctrica, y otras ramas, donde grandes sistemas SCADA, requieren la gestión de gran número de señales con precisión de mili-segundos, cosa que es imposible realizar con los PLCs. En las RTUs se ha desarrollado y expandido a otros equipamientos (medidores de energía, relés de protecciones, reguladores automáticos), el protocolo de comunicaciones IEC o CEI 60870-4. Para las comunicaciones internas de los equipos, o entre ellos, las RTU han adoptado el protocolo MODBUS, en la forma de MODBUS/RTU, que puede implementarse sobre una red RS-485 o sobre una red TCP/IP.

### MODULO DE ENTRADA

El módulo de entrada tiene como función adquirir la información del campo suministrada por los transductores y acondicionarla a sus niveles de operación.

La información analógica obtenida en campo típicamente viene representada en voltajes de 0 a 5 voltios o por un flujo de corriente de 0 a 1 mA.

El módulo de entrada permite el manejo de información discreta y analógica, siendo el tratamiento de cada una diferente.

La información discreta normalmente es tomada a través de un panel de interconexión el cual releva las señales de campo y vienen representada como dos niveles de voltaje, siendo esto convertido en información digital por el módulo de entrada a fin de ser procesada.

Es de hacer notar que el módulo de entrada analógico procesa esta información mediante un convertidor analógico / digital (A/D) transformándolo en información binaria a fin de que pueda ser procesada por el módulo procesador de información.

---

## MODULO DE CONTROL

Este módulo tiene como función el registro, recepción y transmisión de los comandos de control recibido desde la unidad maestra o sistema de supervisión. Deberá garantizar la confiabilidad de la operación mediante el uso de mecanismo de seguridad y detección de errores.

En general, el módulo de control recibe los mensajes de la unidad maestra y se realiza la comprobación del código para determinar si no se ha incurrido en algún error de transmisión. Tras efectuar la comprobación del código y la decodificación de la dirección en forma satisfactoria se envía un mensaje de respuesta a la estación o unidad maestra.

---

## MÓDULO DE PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN (CPU)

La CPU es la unidad controladora de todas las funciones de la unidad terminal remota, ya que dirige todas las transferencias de datos entre los registros y las localidades de memoria, y controla las interrupciones de la interfaz de comunicación la cual envía la data de la RTU a la unidad maestra.

El microprocesador de la RTU contiene una serie de registros destinados al almacenamiento temporal de instrucciones, direcciones de memoria y/o resultados de ciertas operaciones.

Esta unidad central de procesamiento es la encargada, como su nombre lo indica, de procesar la información adquirida del campo o transmitida por la unidad maestra, con la finalidad de ejecutar la tarea correspondiente, bien sea una acción de control o de comunicación.

Las funciones de procesamiento de datos de la RTU se conocen en una secuencia determinada por el software de la misma. Los datos e instrucciones se almacenan en módulos de memoria RAM y/o ROM y las instrucciones del programa son secuenciadas por un reloj de tiempo real.

Este módulo coloca una marca de tiempo con precisión de 1 milisegundo a los eventos registrados.

---

#### MODULO DE COMUNICACIONES.

Este módulo se encarga de codificar la información recibida del campo para poder ser transmitida por los canales de comunicación; de igual manera la información recibida de la estación de muestra es procesada por este módulo y decodificarlo.

Motivado a que la transmisión de información es realizada entre equipos remotos y mediante el uso de canales de comunicación con ancho de banda limitado, se requiere que la información sea adecuada y codificada en forma idónea, incluyendo métodos de verificación de error.

En la industria no existe un estándar en cuanto a remotas y protocolos por lo cual cada fabricante posee un método diferente de agrupamiento de la información, con sus esquemas propios de verificación de error.

---

#### NOTAS SOBRE LAS RTU'S

- Una unidad terminal remota tiene la capacidad de monitorear un número de entradas / salidas (I/O) relacionadas con un proceso, analizar y mantener datos en tiempo real, ejecutar algoritmos de control programados por el usuario, comunicarse con la estación maestra y en algunos casos, con otras remotas.
- La RTU realiza una exploración periódica de las variables del proceso y, a través de un módulo de comunicación permite el intercambio de dicha información con una estación maestra (MTU) ubicada en una sala de control central, utilizando diversos medios de comunicación: línea telefónica, UHF / VHF, microondas, satélite, fibra óptica u otro medio, a través de puertos auxiliares con otras remotas y/o terminales portátiles.
- La tecnología de estado sólido ha revolucionado el diseño electrónico de las RTUs en los últimos años, extendiéndose al uso de unidades de microprocesadores equipadas con memoria tipo de solo lectura y borrada electrónicamente (Electronic Erase Programmable Read Only Memory, EEPROM) y del tipo de Acceso Directo (Random Acces Memory, RAM) respaldada con batería de litio para salvaguardar la programación en caso de fallas eléctricas e incorporándoles una interfaz humano-

máquina (HMI, Human Machine Interface), capacidades de comunicación con sistemas de medición, transductores, controladores lógicos programables (PLC), etc.

## 2.6 COMUNICACIONES TIPO WIFI

Se usa el término Wi-Fi (wireless fidelity o fidelidad sin cables) para designar a todas las soluciones informáticas que utilizan tecnología inalámbrica 802.11 para crear redes. 802.11 es el estándar más utilizado para conectar ordenadores a distancia. El uso más frecuente de esta tecnología es la conexión de portátiles a internet desde las cercanías de un punto de acceso o hotspot.

Estos puntos son cada vez más abundantes y permiten a cualquier usuario utilizar la red sin necesidad de instalar un cable telefónico. La emisión y recepción de datos se realiza a través de radiofrecuencia. Existen diferentes formatos de conexión, pero el más popular es el conocido como 802.11b, que opera en la banda de los 2,4 gigahertzios, la misma que las microondas de la telefonía móvil.

Wi-Fi usa una tecnología de uso llamado 802.11 para ofrecer acceso seguro, confiable conectividad inalámbrica rápida. Una red Wi-Fi se puede utilizar para conectar dispositivos electrónicos entre sí, a Internet y a las redes de cable que utilizan la tecnología Ethernet. Redes Wi-Fi funcionan en las bandas de 2,4 y 5 GHz de radio, con algunos productos que contengan ambas bandas (banda dual). Ellos pueden proporcionar el rendimiento real similar a las redes cableadas básicas.

---

## FRECUENCIA DE BANDA

Productos Wi-Fi funcionan a través de ondas de radio, de la misma manera como su teléfono celular, la puerta del garaje, TV, radio, sistema de navegación GPS o en el microondas. Cada uno de estos tipos de productos se utiliza en un segmento específico, o banda de frecuencia, del espectro de radio.

Ejemplos de radio de banda

- AM de banda de transmisión (530-1610 kHz)
- Shortwave bandas (5.9-26.1 MHz)
- Banda Ciudadana (26.965 a 27.405 MHz)
- Canales de Televisión 2.6 (54-88 MHz)
- FM banda de emisión (88-108 MHz)
- Wi-Fi (2,4 GHz o 5 GHz)

Productos Wi-Fi funcionan en las bandas de 2,4 GHz o 5GHz. Estas bandas se designan como "licencia libre", lo que indica que los individuos pueden utilizar productos diseñados para estas bandas sin una licencia del gobierno, tales como las que se conceden a las transmisiones de radio o televisión en las bandas licenciadas. Debido a que las bandas de Wi-Fi son "licencia libre", se vuelve más importante para los fabricantes para asegurar que sus productos pasan los estándares de interoperabilidad establecidos por la certificación Wi-Fi.

## MODELO DE REFERENCIA DE TIPOS DE REDES

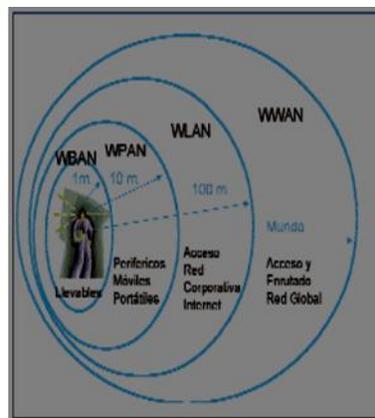
**WBAN:** (Body Area Network): Red de área corporal que se utiliza para la interconexión de dispositivos, sensores y equipos que se llevan sobre el cuerpo o en las ropas u objetos de uso personal. Su rango de alcance es de alrededor de 1 m.

**WPAN:** (Personal Area Network): Red de área personal que se utiliza para facilitar la comunicación con dispositivos periféricos situados en un entorno de unos 10 m.

**WLAN:** (Local Area Network) red de área local para acceso nómada o móvil a redes corporativas e Internet dentro de un edificio o en áreas limitadas a unos pocos centenares de metros.

**WWAN:** (Wide Area Networks): Red de área extendida, incluye redes públicas o privadas de alcance global que facilitan el acceso y el encaminado a redes fijas o móviles con total movilidad y garantía de nivel de calidad de servicio.

**Figura 13.** Comparación lúmenes por vatio consumido de sistemas luminosos



Fuente: <http://www.energylab.es/fotos>

## 2.7 COMUNICACIÓN VÍA TCP-IP

TCP-IP es una denominación que permite identificar al grupo de protocolos de red que respaldan a Internet y que hacen posible la transferencia de datos entre redes de ordenadores. En concreto, puede decirse que TCP-IP hace referencia a los dos protocolos más trascendentes de este grupo: el conocido como Protocolo de Control de Transmisión (o TCP) y el llamado Protocolo de Internet (presentado con la sigla IP).

En este sentido, es necesario subrayar que el primero de los protocolos citados lo que hace es proporcionar un transporte muy fiable de los datos dentro de lo que es el nivel de transporte de referencia OSI. Y mientras, el segundo, el protocolo IP se identifica y define especialmente por el hecho de que lo que hace, en el nivel de red, es ofrecernos la posibilidad de dirigir los citados a otras máquinas.

Asimismo, hay que subrayar que dentro de lo que es TCP/IP existen varios niveles que es muy importante que sean tenidos en cuenta. En concreto son cuatro:

**Nivel de aplicación.** Es el más alto dentro del protocolo que nos ocupa y en él se encuentran una serie de aplicaciones que tienen la capacidad de acceder a diversos servicios a los que se puede acceder vía Internet.

**Nivel de transporte.** Es el encargado de ofrecer una comunicación entre extremos de programas de aplicación.

**Nivel de red.** Se dedica a realizar una serie de acciones sobre la información que recibe del nivel anterior para luego acometer el envío al nivel que está por debajo de él.

**Nivel de enlace.** Su misión más clara es transmitir la información que recibe al hardware.

De todas formas, no hay que olvidar que este conjunto alberga a más de 100 protocolos distintos, entre los que se encuentran el HTTP (HyperText Transfer Protocol), necesario para lograr el acceso a cada sitio web; ARP (Address Resolution Protocol), que permite resolver las direcciones; FTP (File Transfer Protocol), imprescindible cuando se necesita transferir archivos; SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) y POP (Post Office Protocol), entre otros.

## 2.8 SERVIDORES DE DATOS

Un servidor de bases de datos se utiliza para almacenar, recuperar y administrar los datos de una base de datos. El servidor gestiona las actualizaciones de datos, permite el acceso simultáneo de muchos servidores o usuarios web y garantiza la seguridad y la integridad de

los datos. Y cuando hablamos de datos, podemos estar hablando sobre millones de elementos a los que acceden al mismo tiempo miles de usuarios.

Así como sus funciones básicas, el software de servidores de bases de datos ofrece herramientas para facilitar y acelerar la administración de bases de datos. Algunas funciones son la exportación de datos, la configuración del acceso de los usuarios y el respaldo de datos.

A continuación, se listan algunos términos que son muy usados cuando nos referimos a servidores. Estos términos suelen usarse para definir lo que hace un servidor. Por ejemplo, se suele llamar servidor web a aquél cuya actividad principal es enviar páginas web a los usuarios que las solicitan cuando se conectan a internet. Veamos los términos usados habitualmente cuando se habla de servidores:

**Proxy:** Es un programa u ordenador que hace de intermediario entre dos ordenadores. Supongase que nosotros nos identificamos como “juanito” y queremos hacer una petición al servidor llamado “pepito”. Si la petición la hacemos directamente, “pepito” sabe que “juanito” le hizo una petición. En cambio, si usamos un proxy que sería un intermediario que por ejemplo podemos llamar “manolito”, la petición se la haríamos a manolito y éste se la haría a pepito. De esta manera, pepito no sabe que quien realmente ha hecho la petición es juanito. A su vez, el intermediario puede bloquear determinadas peticiones. Por ejemplo, si pedimos a un proxy que tiene bloqueadas las extensiones. xxx, que nos muestre la página web “amanecer.xxx”, dicha página web no se nos mostrará porque el proxy actúa bloqueándola.

**DNS:** son las siglas de Domain Name System. Es un sistema por el que se asocia una información con un nombre de dominio. El ejemplo más claro es cuando introducimos una ruta url en nuestro navegador de internet del tipo <http://www.aprenderaprogramar.com>. Una vez hemos introducido esta ruta, dicha información es enviada a un servidor DNS que lo que hace es determinar en qué lugar se encuentra esa página web alojada y nos conecta con ella.

**WEB:** el término web va asociado a internet, donde los usuarios utilizan sus navegadores web para visitar sitios web, que básicamente se componen de páginas web donde los usuarios pueden acceder a informaciones con texto, videos, imágenes, etc y navegan a través de enlaces o hipervínculos a otras webs.

**FTP:** acrónimo de File Transfer Protocol o Protocolo de transferencia de archivos. Es un protocolo utilizado para la transferencia de archivos entre un cliente y un servidor, permitiendo al cliente descargar el archivo desde el servidor o al servidor recibir un archivo enviado desde un cliente. Por defecto FTP no lleva ningún tipo de encriptación permitiendo

la máxima velocidad en la transferencia de los archivos, pero puede presentar problemas de seguridad, por lo que muchas veces se utiliza SFTP que permite un servicio de seguridad encriptada.

**Dedicación:** normalmente al ser los servidores equipos más potentes y por tanto más caros, se suelen compartir entre varias personas o empresas, permitiéndoles a todos tener un servicio de gran calidad y a un mínimo precio. En este caso se dice que se trata de un servidor compartido. Pero en otros casos puede haber servidores dedicados exclusivamente a una sola persona o empresa si esta puede hacer frente al gasto económico que supone. En este caso se dice que el servidor es “dedicado”.

**POP3 y SMTP:** hay servidores especializados en correos electrónicos o e-mails. Estos utilizan los protocolos POP3 y SMTP para recibir los correos de nuestro servidor en nuestro cliente, o para enviar desde nuestro cliente un correo al servidor de otro cliente. Aunque hay diversos tipos de protocolos estos son los más utilizados. Un protocolo no es otra cosa que “una forma de hacer algo”.

En la siguiente tabla se puede observar los tipos de servidores más habituales.

**Tabla 3.** Tabla comparativa de tipos de iluminarias

DENOMINACIÓN DEL SERVIDOR	DESCRIPCIÓN
<b>Servidor de Correo</b>	Es el servidor que almacena, envía, recibe y realiza todas las operaciones relacionadas con el e-mail de sus clientes.
<b>Servidor Proxy</b>	Es el servidor que actúa de intermediario de forma que el servidor que recibe una petición no conoce quién es el cliente que verdaderamente está detrás de esa petición.
<b>Servidor Web</b>	Almacena principalmente documentos HTML (son documentos a modo de archivos con un formato especial para la visualización de páginas web en los navegadores de los clientes), imágenes, videos, texto,

	presentaciones, y en general todo tipo de información. Además, se encarga de enviar estas informaciones a los clientes.
<b>Servidor de Base de Datos</b>	Da servicios de almacenamiento y gestión de bases de datos a sus clientes. Una base de datos es un sistema que nos permite almacenar grandes cantidades de información. Por ejemplo, todos los datos de los clientes de un banco y sus movimientos en las cuentas.
<b>Servidores Clúster</b>	Son servidores especializados en el almacenamiento de la información teniendo grandes capacidades de almacenamiento y permitiendo evitar la pérdida de la información por problemas en otros servidores.
<b>Servidores Dedicados</b>	Como ya expresamos anteriormente, hay servidores compartidos si hay varias personas o empresas usando un mismo servidor, o dedicados que son exclusivos para una sola persona o empresa.

## 2.9 APLICACIONES DE TELEMETRIA

Telemetría es una técnica automatizada de las comunicaciones con la ayuda de que las mediciones y recopilación de datos se realizan en lugares remotos y de transmisión para la vigilancia. Esta técnica utiliza comúnmente transmisión inalámbrica, aunque original de los sistemas de transmisión utilizados por cable. Los usos más importantes de telemetría incluir el clima de recopilación de datos, supervisión de plantas de generación de energía y hacer el seguimiento de tripulados y no tripulados vuelos espaciales.

Un sistema de telemetría normalmente consiste de un transductor como un dispositivo de entrada, un medio de transmisión en forma de líneas de cable o las ondas de radio, dispositivos de procesamiento de señales, y dispositivos de grabación o visualización de datos. El transductor convierte una magnitud física como la temperatura, presión o

vibraciones en una señal eléctrica correspondiente, que es transmitida a una distancia a efectos de medición y registro.

Con la telemetría se puede leer en tiempo real aspectos tales como:

- Voltaje.
- Temperatura.
- Radiación solar.
- Porcentaje de humedad.
- Velocidad del viento.
- Rango de movimiento de servo-motores.
- Punto y potencia de frenado de un vehículo.
- Revoluciones por minuto de un motor.

## 2.10 BASES DE DATOS DE TELEMETRIA

Es un conjunto de datos pertenecientes a un mismo contexto y almacenados sistemáticamente para su posterior uso. En este sentido; una biblioteca puede considerarse una base de datos compuesta en su mayoría por documentos y textos impresos en papel e indexados para su consulta. Actualmente, y debido al desarrollo tecnológico de campos como la informática y la electrónica, la mayoría de las bases de datos están en formato digital, siendo este un componente electrónico, por tanto se ha desarrollado y se ofrece un amplio rango de soluciones al problema del almacenamiento de datos.

Existen programas denominados sistemas gestores de bases de datos, abreviado SGBD (del inglés *database management system* o DBMS), que permiten almacenar y posteriormente acceder a los datos de forma rápida y estructurada. Las propiedades de estos DBMS, así como su utilización y administración, se estudian dentro del ámbito de la informática.

Las bases de datos usualmente empleada en la telemetría son del tipo OLTP (On Line Transaction Processing) también son llamadas bases de datos dinámicas lo que significa que la información se modifica en tiempo real, es decir, se insertan, se eliminan, se modifican y se consultan datos en línea durante la operación del sistema. Un ejemplo es el sistema de un supermercado donde se van registrando cada uno de los artículos que el cliente está comprando y a su vez el sistema va actualizando el inventario.

### 3. SISTEMA DE MONITOREO

#### 3.1 DESCRIPCIÓN DE LUMINARIAS

Las luminarias LED de referencia DP-STL35H Y FHPVS40, DE 35 Y 40 Watts respectivas fueron implementadas en el Instituto Universitario Pascual Bravo sede Robledo, al inicio del año 2015, y a la fecha de hoy están dando muy buen resultado en su aplicación en los múltiples puntos de zonas comunes de la institución.

**Figura 14.** Luminarias LED DP-STL35H



Fuente: <http://www.energylab.es/fotos>

**Figura 15.** Luminarias LED FHPVS40



Fuente: <http://www.energylab.es/fotos>

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

**Tabla 4.** Tabla de especificaciones de iluminarias implementadas en el IUPB

Integrated/All in One Solar Street(Garden) Light 5W-120W			
SPEC		30W	40W
Solar Panel	Max Power (18V)	60W	80W
	Brand	Sunpower Made in USA	
	Life Time	25 Years	
Battery	Lithium 12.8V	24Ah	42Ah
	Life Time	5 Years	
Led Source	Max Power (12V)	30W	40W
With IP68	Lumen	3300-3900	6600-7800
	(lm)		
Microwave Sensor	LED Chip	Bridgelux Made in USA	
	Viewing Angle	120°	
	Life Time	100000 Hours	
Charge Time	By Sun	6Hours	8Hours
Discharge Time	Full Power	>12Hours	>15Hours
	Saving Power	>25 Hours	>30Hours
Working Temp	Range(°C)	-20°C~+70°C	
Color Temp	Range(k)	3500k-6500k	
Space Between Light	Range(m)	25-30	30-40
Main Material		Aluminium Alloy	
Warranty Period		3 Years	

**Figura 16.** Luminarias a monitorear referencia DP-STL35H



Fuente: pascual bravo.

**Figura 17.** Luminarias a monitorear referencia FHPVS40



Fuente: pascual bravo.

## 3.2 PARAMETROS Y SENSORES A EMPLEAR

### SENSOR DE CORRIENTE Y VOLTAJE

Se empleará un sensor de corriente y tensión de voltaje referencia MAX471. Este módulo puede ser utilizado para medir corriente y voltaje basado en el principio de diseño del divisor de tensión resistivo, puede hacer que el voltaje de entrada del conector terminal sea 5 veces más pequeño.

**Figura 18.** Sensor de voltaje MAX471



Fuente: <http://www.energylab.es/fotos>

La entrada analógica de tensión es de 5 V, la tensión de entrada del módulo de detección de tensión no debe superar los 30 V y puede censar una tensión mínima del módulo de detección de voltaje de entrada de 0.02445V.

## SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

La elección del sensor de temperatura debe considerar algunos requisitos y recomendaciones:

Para la medición de la temperatura la Organización Mundial de Meteorología (OMM) sugiere utilizar un sensor de temperatura, con las siguientes características:

- Rango de operación: -40 a 100°C
- Resolución: 0,1 °C
- Exactitud:  $\pm 0,4^\circ\text{C}$

Se empleará un sensor SHT71 de sensirion, el cual ofrece la opción de medir en conjunto temperatura y humedad relativa con salida digital. La figura 19 se muestra el sensor SHT71. Utiliza un sensor de tipo de capacitivo para medir la humedad relativa que permite tener exactitud más alta y el rango requerido, y un sensor de temperatura basado en bandgap (banda prohibida).

**Figura 19.** Sensor de humedad y temperatura SHT71

Fuente: <http://www.energylab.es/fotos>

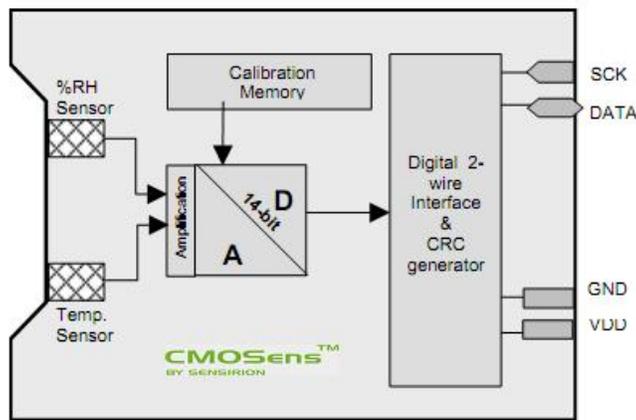


Fuente: <http://www.energylab.es/fotos>

La figura 20 se describe la composición de este sensor a través de un diagrama de bloques. Ambos sensores están conectados con un convertor análogo-digital de 14 bits y un circuito de interfaz serial sobre el mismo chip (ver figura anterior), con código de redundancia cíclica para la detección de errores (CRC, Cyclic Redundancy Check) de modo que el

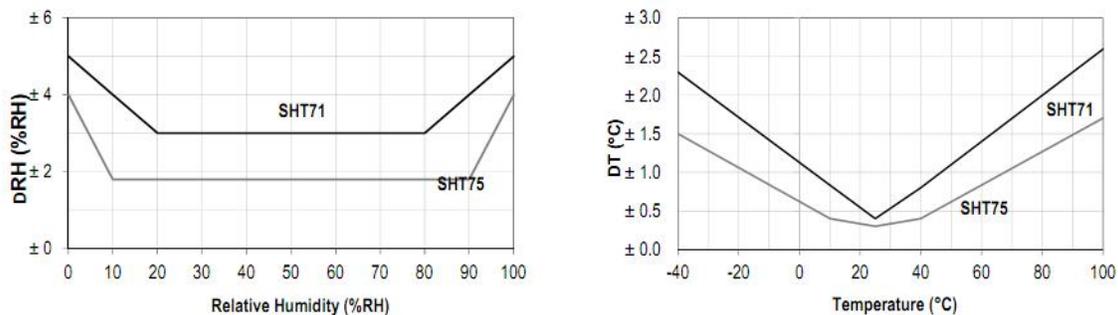
sistema de medición se desentiende del tema ruidos (o interferencias electromagnéticas puedan alterar el valor de los datos), con linealización analógica, calibración, e impedancias. La información de temperatura se obtiene en 12 ó 14-bits en un rango de -40°C a +120°C, con una exactitud (mejor caso) de  $\pm 0.4^\circ\text{C}$ . La información de humedad relativa ambiente se obtiene en 8 ó 12-bits, con una precisión del 3% (mejor caso). Los sensores funcionan tanto a 3,3V como a 5V, su consumo de corriente está alrededor de 28  $\mu\text{A}$  (80uW a 12bit, 3V, 1 medida/s) y su estabilidad a largo plazo viene garantizada por la calibración realizada internamente, a cada medición. La figura 20, y las tablas 5 y 6 se ilustra el desempeño de este sensor para la medición de humedad relativa y temperatura.

**Figura 20.** Sensor de humedad y temperatura SHT71



Fuente: <http://www.energylab.es/fotos>

**Figura 21.** Comportamiento para la medición de humedad relativa y temperatura del sensor SHT71.



Fuente: <http://www.energylab.es/f47>

**Tabla 5.** Especificaciones de desempeño para la medición de temperatura

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution <sup>1</sup>		0.04	0.01	0.01	°C
		12	14	14	bit
Accuracy <sup>2</sup> SHT71	typ		±0.4		°C
	max	see Figure 3			
Accuracy <sup>2</sup> SHT75	typ		±0.3		°C
	max	see Figure 3			
Repeatability			±0.1		°C
Operating Range		-40		123.8	°C
		-40		254.9	°F
Response Time <sup>3</sup>	tau 63%	5		30	s
Long term drift			< 0.04		°C/yr

**Tabla 6.** Especificación de desempeño para la medición de humedad relativa

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution <sup>1</sup>		0.4	0.05	0.05	%RH
		8	12	12	bit
Accuracy <sup>2</sup> SHT71	typ		±3.0		%RH
	max	see Figure 2			
Accuracy <sup>2</sup> SHT75	typ		±1.8		%RH
	max	see Figure 2			
Repeatability			±0.1		%RH
Hysteresis			±1		%RH
Nonlinearity	raw data		±3		%RH
	linearized		<<1		%RH
Response time <sup>3</sup>	tau 63%		8		s
Operating Range		0		100	%RH
Long term drift <sup>4</sup>	normal		< 0.5		%RH/yr

---

## SENSOR DE RADIACIÓN SOLAR

Hay cinco tipos de sensores que fueron estudiados:

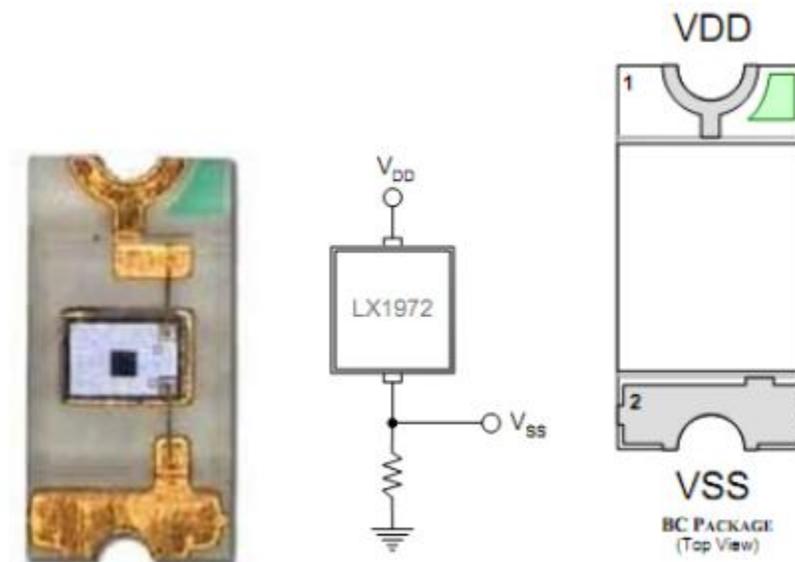
- Sensores fotométricos.
- Sensor foto-resistores (LDR).
- Piranómetros.
- Sensores cuánticos.
- Sensor fotodiodos.

Los piranómetros y los sensores cuánticos son lo más adecuados para la medición de la luz solar, sin embargo, estos sensores son muy costosos. Los LDR (Light Dependent Resistor)

o foto-resistores, son bastante económicos en comparación de los sensores fotométricos, pero su salida de tipo logarítmico hace necesario el uso de etapas de linealización. Por último, los fotodiodos, que también son de bajo costo, tienen mejores prestaciones comparadas con los foto-resistores (LDR), que hace de ellos la mejor para este proyecto.

Sensor a emplear es el LX1972, fue elegido debido a que su respuesta espectral (similar a la del ojo humano) es aproximadamente de 350 a 750 nm, que está dentro del rango del PAR. Es un foto-sensor basado en una matriz de diodos PIN con una función de transferencia lineal, exacta y muy repetible. El sensor LX1972 junto con su circuito esquemático de conexión y su símbolo están representados en la figura 22.

**Figura 22.** Comportamiento para la medición de humedad relativa y temperatura del sensor SHT71.



Fuente: <http://www.energylab.es/fotos>

### 3.3 UNIDAD DE ADQUISICIÓN DE DATOS (MICROCONTROLADOR A EMPLEAR)

Cada una de las luminarias solares dispuestas en las zonas comunes del campus del Pascual Bravo sede Robledo contará con un sistema de monitoreo en tiempo real, que va a recoger las principales variables del proceso fotovoltaico y las concentraran en un RTU (Remote Terminal Unit), que contará con un registro histórico de las medidas tomadas.

#### ADQUISICION DE LA INFORMACIÓN

La toma de datos comienza con la propia medición, la información a ser analizada será tomada por el módulo AMP1-C, que está basado en el micro-controlador 68hc908ap16 de

la firma Freescale, con entradas digitales y análogas, salidas por transistor, comunicación serial y posibilidad de conectar display y teclado. Este módulo permite implementar, en forma rápida, aplicaciones de control lógico, de adquisición de datos, hacer interfaz al PC para desarrollar programas de control de alto nivel.

El módulo AMP1-C proporciona datos con medidas cada 5 minutos durante todo el año, el sistema de monitoreo entrega un reporte con datos de:

- Voltaje de alimentación hacia la luminaria.
- Corriente de alimentación.
- Radiación solar ( $W/m^2$ )
- Temperatura ( $^{\circ}C$ )
- Humedad relativa (%)

### 3.4 SISTEMA DE TRANSMISIÓN

En éste se transmiten los datos provenientes de las mediciones de las diferentes luminarias hasta la red inalámbrica. Se divide en dos niveles: nivel hardware y Nivel software.

#### NIVEL HARDWARE

Se escoge el dispositivo encargado de transmitir los desde la luminaria hasta la red inalámbrica, haciendo necesario definir la variable “Modem”

#### NIVEL DE SOFTWARE

Se escoge el programa y el conjunto de instrucciones a ser usado por el modem para realizar la transmisión de los datos, haciendo necesario definir la variable “Lenguaje de programación del modem”.

### 3.5 ETAPA INALÁMBRICA

En esta los datos son enviados desde la etapa de transmisión hasta la etapa recepción, a través de una infraestructura inalámbrica, haciendo necesario definir las variables:

#### INFRAESTRUCTURA DE TRANSMISIÓN

Conjunto de dispositivos que dan soporte físico al proceso de comunicación entre diversos puntos.

## TECNOLOGIA INALAMBRICA

Conjunto de estándares y protocolos usados en el proceso de comunicaciones, está directamente ligado con la infraestructura de transmisión.

### 3.6 SISTEMA DE RECEPCIÓN

En esta los datos recibidos, procesados, almacenados y puestos luego al alcance de los usuarios a través de la plataforma. Se divide en dos niveles: nivel hardware y nivel software.

#### NIVEL HARDWARE

Se escoge el dispositivo encargado de recibir los datos que van llegando a la etapa de recepción, haciendo necesario definir la variable “Hardware receptor”.

#### NIVEL SOFTWARE

Se implementa los programas necesarios para el correcto funcionamiento de los equipos encargados de la recepción de los datos. Para una mejor comprensión de esta etapa se ha definido las siguientes sub etapas:

- Sub-etapa de receptor.
- Sub-etapa puente.
- Sub-etapa base de datos.
- Sub-etapa visualización.

#### SUB-ETAPA RECEPTOR

En esta se diseña e implementa un programa en el hardware receptor que pueda recibir los datos provenientes de la etapa inalámbrica y enviarlos a la sub-etapa puente, haciendo definir la variable lenguaje de programación “receptor” de datos.

#### SUB-ETAPA PUENTE

En esta se diseña e implementa un programa en el hardware receptor que pueda transmitir correctamente los datos que van llegando de la sub-etapa receptor, a la sub-etapa base de datos, haciendo necesario definir la variable lenguaje de programación puente entre el receptor y la base de datos.

---

## SUB-ETAPA BASE DE DATOS

En esta se diseña e implementa un programa, en el hardware receptor con la capacidad para insertar y almacenar la información proveniente de la sub-etapa puente, permitiendo la creación de una base de datos, haciendo necesario definir la variable motor de base de datos.

---

## SUB-ETAPA DE VISUALIZACIÓN

En esta se diseñan e implementa los programas en el hardware receptor, para poder visualizar la información almacenada en la sub-etapa base de datos. Haciendo necesario definir las variables:

- **Servidor:** programa que implementa el protocolo de transferencia de hipertexto para responder las peticiones de un usuario (cliente).
- **Lenguaje de programación para visualizar la base de datos:** programa a ser usado en la creación de una página y con la posibilidad de interactuar con la base de datos.

## 4. COMISIONAMIENTO

Una vez establecido un canal de comunicaciones entre el PC y el Modem, la transmisión de datos entre ambos debe cumplir con los siguientes pasos:

- El modem envía un dato al PC.
- El PC recibe el dato y devuelve una “confirmación de llegada” del dato, luego procesa el dato y lo almacena en la base de datos, para su posterior visualización.
- El modem, recibe la “confirmación de llegada” del dato que envió en el paso 1.

A continuación, se muestra algunas pruebas, con el propósito de confirmar la funcionalidad del sistema diseñado.

### 4.1 PRUEBA 1: TRANSMISIÓN DE DATOS

Se realizan transmisiones de datos desde diferentes puntos del UIPB, y se elige aleatoriamente alguna de estas mediciones para su análisis.

## 4.2 PRUEBA 2: ENVIO DE DATOS DESDE VARIAS LUMINARIAS

En esta prueba se envían varios datos desde el modem de diferentes puntos dispuestos en el campus del IUPB hace el PC (servidor), esto con el fin de simular la transmisión de datos desde diversos sitios del campus universitario del Pascual Bravo.

## 4.3 PRUEBA 3: CREACIÓN E INSERCIÓN DE INFORMACIÓN EN LA BASE DE DATOS

Para realizar esta prueba, se usarán los datos transmitidos en la prueba 1.

## 5. TRABAJOS FUTUROS

- El sistema de monitoreo está diseñado de tal manera que se pueda llegar a una implementación total, en otros sistemas con los que cuenta la institución universitaria actualmente, como lo son, semáforos y puntos de carga móviles de celulares, lo cual ampliaría el espectro de investigación del uso de la energía fotovoltaica.
- Se recomienda ejecutar sesiones de capacitación del personal que tiene acceso al sistema de monitoreo, una vez que el sistema sea implementado en su totalidad en la institución, debido a que los usuarios de este tipo de aplicaciones no están acostumbrados a manejar grandes cantidades de información durante el seguimiento y manutención del sistema de luminarias.
- Se recomienda para etapas futuras, continuar mejorando el código del sistema y realizar ajustes en la configuración del módulo de captura de datos en campo, para conseguir, si es posible, optimizar el consumo energético del sistema desarrollado.

## 6. CONCLUSIONES

- Se concluye que las mejores condiciones de funcionamiento para un sistema fotovoltaico, en el ámbito de la calidad del servicio estarán dadas en días despejados, con alto nivel de irradiación directa, con la superficie captadora perpendicular al sol, sin objetos que se interpongan a la trayectoria de la luz (sombras de árboles, edificios, suciedad de los paneles) y con amplios periodos de insolación.
- La generación solar fotovoltaica es la mejor opción para aplicaciones de pequeña escala, dado que tiene muy bajo costo de mantenimiento, lo cual es clave para la sostenibilidad y viabilidad financiera de un proyecto de iluminación con este tipo de energía, dada a la vida útil de estos equipos que están alrededor de los 25 años.

- La red inalámbrica de sensores desarrollada, se caracteriza por ser un sistema escalable que permite la transmisión de una serie de variables muy significativas para la operación continua de celdas solares bajo múltiples condiciones reales sitio, y tiene la posibilidad adicional de agregar algunos sensores extras de interés, hacia el futuro.
- Los sensores utilizados en el presente trabajo se eligieron siguiendo una serie de pautas, en las cuales se destacan las ventajas operativas de los equipos bajo condiciones similares a las observadas en la Institución Pascual Bravo – sede Robledo.
- La tecnología usada en el presente sistema de monitoreo, es utilizada actualmente en el desarrollo de soluciones tecnológicas en el sector industrial y de investigación académica en varios países, lo cual puede ser un buen preámbulo para replicar el monitoreo de variables en otros campos de aplicación, como lo es la agricultura y el área logística, entre otras.

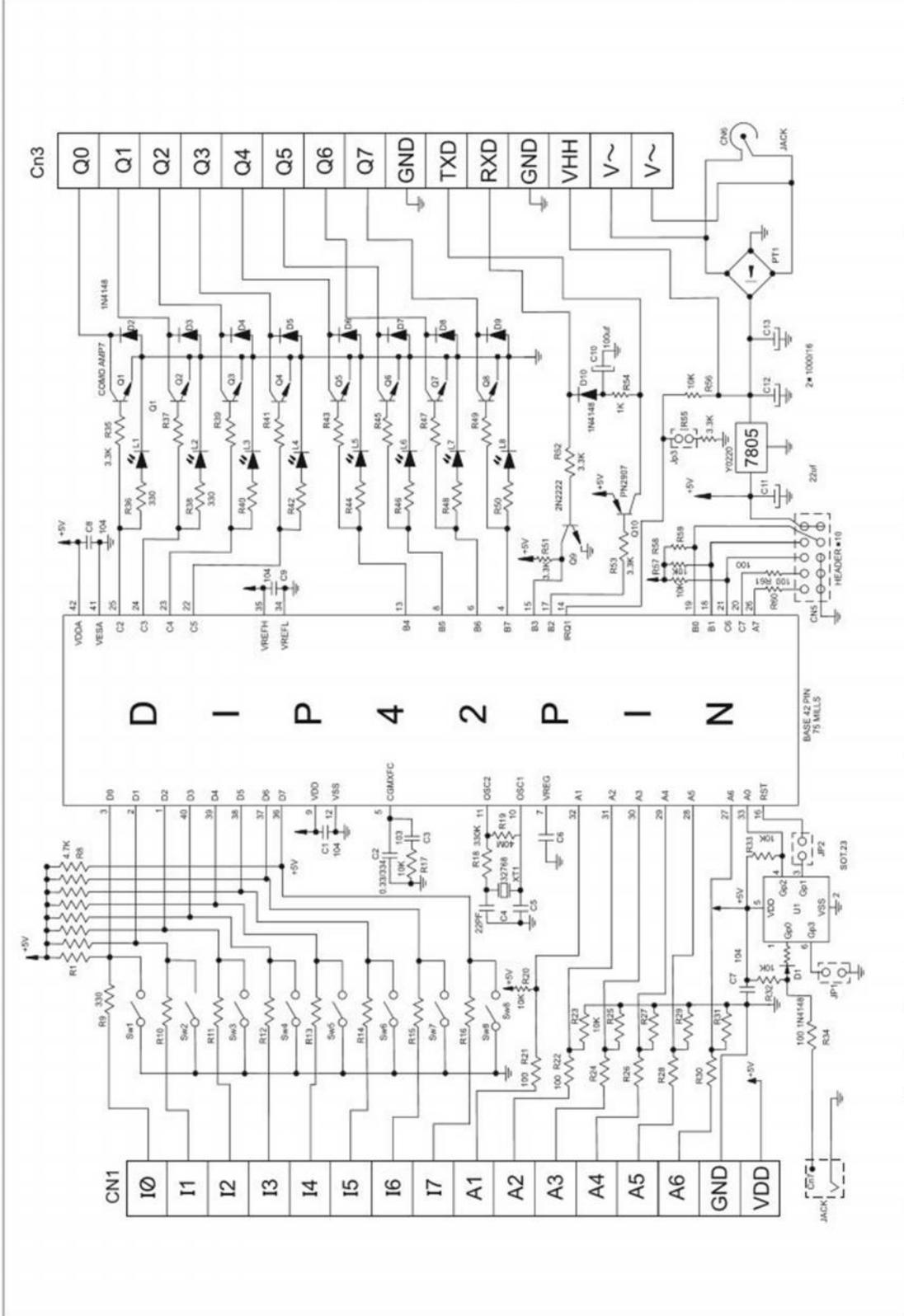
## 7. BIBLIOGRAFIA

- Fernández Salgado José, “Guía completa de la energía solar fotovoltaica”, Mundiprensa, 2 edición, 2008.
- H. Scheer, “Autonomía energética”, Barcelona, Icaria editorial, 2009.
- J. Vidal, “Replanteo y funcionamiento de las instalaciones solares fotovoltaicas”, IC Editorial, 2011.
- González Adrián, “Desarrollo de sistema de adquisición de datos de un simulador solar”, 2015.
- Keith Emery, “16 Measurement and characterization of solar cells and modules”, 2014.
- Departamento de Geofísica de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, U. De Chile, “Reporte Radiación Calama”, 2009.
- <http://www.fhsolarled.com/productodetalle.php?idprod=238&idcat=16>

## 8. ANEXOS

- **Anexo 1:** Esquema eléctrico del módulo AMP1-C.

**ANEXO 1:**  
**ESQUEMA ELÉCTRICO**  
**DEL MÓDULO AMP1-C**



C	CLIENTE:	PROYECTO:	ESQUEMA ELECTRONICO AMP1-C		DIBUJO:	ALDEMAR MÉNDEZ	DESCRIPCIÓN:	CONTROLKEY
B	FECHA:	SEPT. 15 DE 2006	Pag. 1	de: 1	DESEÑO:	CARLOS M. MORENO	PCBO609	
A	MODIFICACIÓN	REV.	APROV.					
IND.	FECHA							