



Programa de la asignatura:

Metrología e instrumentación

U2

Instrumentación



DCSBA

División de Ciencias de la Salud, Biológicas y Ambientales | Ingeniería en Energías Renovables 1



ENERGÍAS
RENOVABLES



Índice

Presentación de la unidad	4
Competencia específica.....	5
Propósitos	5
2.1. Instrumentación para la medición de variables físicas en sistemas relacionados con energías renovables	6
2.1.1. Temperatura.....	6
2.1.2. Presión.....	11
2.1.3. Nivel hidrostático	12
2.1.4. Corriente eléctrica	13
2.1.5. Voltaje	16
2.1.6. Potencia	18
2.1.7. Irradiación solar.....	19
2.1.8. Intensidad del viento	20
2.1.9. Variables físicas del viento (frecuencia y dirección)	21
2.1.10. Caudal.....	25
2.2. Sistemas de instrumentación	25
2.2.1. Sistemas instrumentados	26
2.2.2. Sistemas controlados	27
2.2.3. Sensores, transductores y transmisores.....	28
2.2.4. Acondicionamiento de señales.....	37
2.2.5. Adquisición de datos	37
2.2.6. Procesamiento de adquisición de datos	39
2.2.7. Actuadores	39
2.3. Diagramas de sistemas controlados	43
2.3.1. Diagramas a bloques	44
2.3.2. Diagramas esquemáticos	46



Cierre de la unidad	49
Para saber más	50
Fuentes de consulta	51



Presentación de la unidad

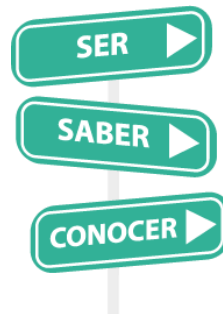


En la presente unidad conocerás e identificarás instrumentos asociados para medir variables físicas que se encuentran en sistemas de energías renovables. También tendrás una amplia perspectiva de elementos que conforman un sistema controlado, sus funciones y diferentes presentaciones, así como el envío de la información registrada a un equipo de cómputo que se encarga de controlar el sistema. Además, aprenderás las diferencias entre diagramas a bloques y diagramas esquemáticos para implementar o supervisar el correcto funcionamiento de sistemas de energías renovables.

Con todo esto, al finalizar la unidad, serás capaz de interpretar diagramas a bloques o esquemas para poder diseñar y representar un sistema de energías renovables.



Competencia específica



Unidad 2

Analizar las variables físicas de un sistema energético por medio de su diagrama a bloques o esquemático para caracterizar y diagnosticar comportamientos del sistema mediante la selección de los instrumentos de medida pertinentes.

Propósitos

1

Analizar variables físicas para la obtención de parámetros que permitan caracterizar un proceso en un sistema energético.

2

Determinar la importancia de la temperatura, presión y nivel en un sistema de energías renovables.

3

Analizar la configuración de un sistema mediante un diagrama.



2.1. Instrumentación para la medición de variables físicas en sistemas relacionados con energías renovables

En los procesos industriales y en la transformación de la energía se utilizan sistemas de energías renovables en donde medir las variables y controlarlas es primordial para mantener el correcto funcionamiento del sistema. Por ejemplo, en una caldera medir la presión o controlar el volumen de líquidos es imprescindible para mantener en operación adecuada el sistema. Otro ejemplo sería un sistema eólico en donde medir las variables como la velocidad y la dirección del viento son importantes para determinar la viabilidad del proyecto y el funcionamiento correcto del sistema, así como controlar la corriente y voltaje del aerogenerador. Por lo tanto, se abordará el tema de sistemas instrumentados y sensores en los siguientes subtemas.

2.1.1. Temperatura

La temperatura es una variable importante tanto en la vida cotidiana como en la industria, puesto que un error en la medición puede ocasionar problemas en el funcionamiento de cualquier sistema. Por ejemplo, en la agroindustria se utiliza, principalmente, el calentamiento de agua para procesos de secado, sanitización, higiene, confort, de crianza y de engorda de animales. Para reducir los costos de operación, la energía solar es la más viable, por lo cual, se realiza el calentamiento del agua por medio de sistemas termosolares, pero estos sistemas deben de tener un control del rango de la temperatura de trabajo evitando, por un lado, el congelamiento del líquido para evitar los daños en los colectores y tuberías y, por otro, que no alcance el punto de ebullición.

Para determinar un patrón en la medición de la temperatura se pueden usar varios procedimientos, con la finalidad que exista un estándar que permita tener medidas de temperatura precisas y reproducibles, el Comité de Pesas y Medidas en su sesión de 1989 adoptó la Escala Internacional de Temperatura de 1990. [(ITS), International Practical Temperature Scale, Comité consultatif de Thermometrie and Comité International des Poids et Mesures, 1990], a partir de esa escala se definen 6 puntos fijos primarios medidos a presión de una atmósfera:

El triple punto de equilibrio del hidrógeno	-259.34° C
El punto de ebullición del oxígeno	-182.962° C
El punto de ebullición del Agua	100° C
El punto de congelamiento del Zinc	419.58° C
El punto de congelamiento de la Plata	961.93° C
El punto de congelamiento del Oro	1064.43° C



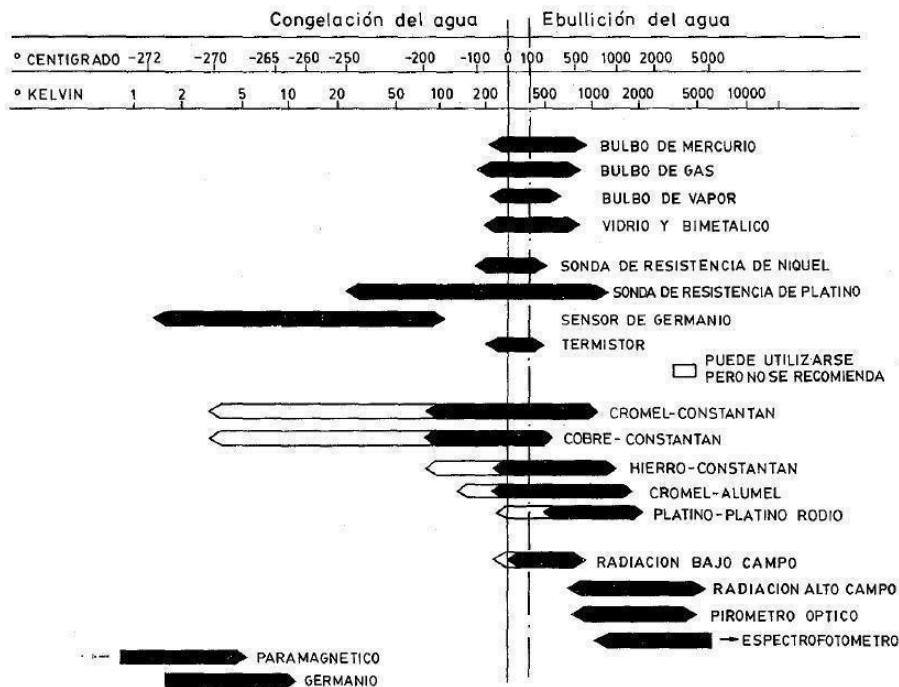
Existen puntos secundarios fijos que se obtiene de los puntos de congelamiento de otros materiales, estos indicadores permiten utilizar el punto de referencia para aplicar correctamente los procedimientos de calibración de los instrumentos que miden la temperatura.

Entre las escalas de medida para la temperatura se encuentran los grados Celsius, Fahrenheit y Kelvin, además de escalas menos comunes como el Rankine y Réaumur.

Existe una variedad de instrumentos de medición de diversos rangos en el cambio de temperatura tales como:

- Termómetros
- Termistores
- Termopares
- Pirómetros de radiación

La siguiente figura muestra instrumentos que miden la temperatura y su rango o campo de medida.



Campo de medida de los instrumentos de temperatura. Tomado de Creus, (1997).

Un factor importante que se debe considerar en la medición de la temperatura es la rapidez de respuesta del instrumento, por ejemplo, los termistores tienen respuestas



rápidas a cambios muy pequeños de temperatura. Para profundizar al respecto, puedes **revisar** la lectura de la página 296 – 300 del libro *Instrumentación industrial* de Creus Sole.

Otros de los instrumentos para medir la temperatura, que actualmente tiene grandes aplicaciones en la industria, son los termopares, ya que ayudan en la automatización, el control y permiten implementar tanto ajustes como acciones específicas en las mediciones. Por ejemplo, los termopares son utilizados en procesos donde las reacciones químicas, radioactivas o altas temperaturas ponen en peligro a los seres humanos que se encuentran presente. Un termopar está compuesto por dos conductores metálicos de diferente material unidos en un extremo, esa unión al ponerse en contacto con la fuente de calor produce una diferencia de potencial en función de la temperatura en los extremos de ambos materiales, a este efecto se le conoce como Seebeck.

A continuación, se presenta una tabla con los diferentes tipos de termopares, sus características metálicas y rangos de temperaturas.



Termopar Tipo	Aleación	Rango	IEC 584	ANSI 43710
K	Niquel-Cromo Niquel-Aluminio	-150 a 1100°C		
J	Hierro Cobre-Niquel	-40 a 700°C		
T	Cobre Cobre-Niquel	-200 a 350°C		
E	Niquel-Cromo Cobre-Niquel	-150 a 800°C		
N	Niquel-Cromo Niquel-Silicio	-150 a 1100°C		
S	Platino Platino-Rodio10%	0 a 1550°C		
R	Platino Platino-Rodio13%	0 a 1600°C		
B	Platino-Rodio6% Platino-Rodio30%	0 a 1700°C		

Tabla con los diferentes tipos de termopares. Tomado de Maikontrol, (2013).

Para conocer más de termómetros se te recomienda **leer** de la página 224 – 237 del libro de *Instrumentación industrial* de Creus Sole, en su capítulo sexto llamado *Medida de temperatura*.

Un ejemplo del uso en energías renovables del termopar es en un sistema de captación de energía solar para calentamiento de agua, donde el objetivo es determinar el rendimiento de los receptores solares en cuanto al calentamiento del agua, colocando un sensor termopar que detectan cambios de temperatura a la entrada de la tubería de agua antes del receptor solar y otro después del paso por el calentador solar.

Para apoyo del tema de termopares **lee** las páginas 237–242 y 265–268 del libro de *Instrumentación industrial* de Creus Sole en su capítulo sexto llamado *Medida de*



Temperatura, donde encontrarás las características, curvas de medida y tipos de termopares.

Los pirómetros son dispositivos que miden temperaturas bajo cero grados Celsius hasta varios cientos de grados centígrados sobre cero sin hacer contacto con la fuente de calor. Un pirómetro es un dispositivo que capta y mide la radiación térmica emitida de un objeto para determinar la temperatura superficial. Estos dispositivos son de gran ayuda en la industria de la fundición, cuando se requiere saber la temperatura superficial del metal fundido, también es utilizado para medir la temperatura en los puntos críticos de la irradiación solar para el óptimo funcionamiento de las celdas solares en los sistemas fotovoltaicos.



Representación esquemática de la visualización láser estándar del pirómetro LS-Plus. Tomado de PCE-Instruments, (2007).

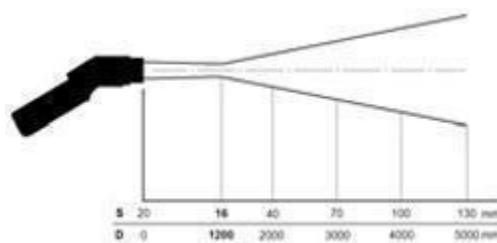


Diagrama del punto de medición del pirómetro LS-Plus. Tomado de PCE-Instruments, (2007).

Ahora **realiza** la lectura de las páginas 277 – 295 del libro de *Instrumentación industrial* de Creus Sole en su capítulo sexto llamado *Medida de temperatura*, donde te mostrará más datos acerca de los pirómetros.



2.1.2. Presión

La presión en términos físicos es la fuerza por unidad de superficie, las unidades son: atmósferas, pascal, kilogramo por centímetro cuadrado, bar y psi (libras por pulgada cuadrada), la figura siguiente muestra una tabla de conversión y equivalencias (Burbano, S., Burbano, E. y García, 2003).

	<i>Psi</i>	<i>Pulgada c. de agua</i>	<i>Pulgada c. de Hg</i>	<i>Atmósfera</i>	<i>kg/cm²</i>	<i>cm c. de a.</i>	<i>mm c. de Hg</i>	<i>Bar</i>	<i>Pa</i>
<i>Psi</i>	1	27,68	2,036	0,0680	0,0703	70,31	51,72	0,0689	6894,76
<i>Pulgada c. de a.</i>	0,0361	1	0,0735	0,0024	0,0025	2,540	1,868	0,0024	249
<i>Pulgada c. de Hg</i>	0,4912	13,6	1	0,0334	0,0345	34,53	25,4	0,0338	3386,39
<i>Atmósfera</i>	14,7	406,79	29,92	1	1,033	1033	760	1,0132	1,0133 × 10 ⁵
<i>kg/cm²</i>	14,22	393,7	28,96	0,9678	1	1000	735,6	0,98	98066
<i>cm c. de a.</i>	0,0142	0,3937	0,0289	0,00096	0,0010	1	0,7355	0,0009	98,06
<i>mm c. de Hg</i>	0,0193	0,5353	0,0393	0,0013	0,0013	1,359	1	0,00133	133,322
<i>Bar</i>	14,5	401	29,53	0,987	1,02	1020	750	1	10 ⁵
<i>Pa</i>	0,00014	0,0040	0,00029	0,987 × 10 ⁻⁵	0,102 × 10 ⁻⁴	0,01	0,0075	10 ⁻⁵	1

Unidades de medida de presión. Tomado de Creus Sole, (1997).

Existen diversas escalas relativas para medir la presión, tales como:

- Presión absoluta
- Presión atmosférica
- Presión relativa
- Presión diferencial

Los instrumentos para medir la presión se clasifican de la siguiente forma:

- Mecánicos
 - Medida directa (P. ej. Barómetro de cubeta, manómetro de tubo en U, manómetro de tubo inclinado).
 - Elementos elásticos (P. ej. Tubo de Bourdon, elemento espiral, diafragma, helicoidal y fuelle).



- Neumáticos (P. ej. Transmisor de equilibrio de fuerzas y de movimientos).
Transmisores electrónicos
Resistivos
- Electromecánicos y electrónicos
 - Magnéticos
 - Capacitivos
 - Extensométricos
 - Piezoeléctricos (P. ej.: Fuelle, potenciómetro de precisión, puente de Wheatstone, tubo bourdon)

Los instrumentos electromecánicos para medir la presión utilizan un elemento elástico (que puede ser un tubo de Bourdon, hélice, diafragma, espiral, fuelle o una combinación) combinado con un transductor que genera la señal eléctrica en función a la deformación y, en consecuencia, a la fuerza por unidad de área.

Los manómetros se utilizan en sistemas hidroeléctricos, donde se necesita tener controlada la presión que se ejercen en los tubos para que no sufran daño alguno, o en sistemas térmicos solares donde la presión del tanque es muy importante para el óptimo funcionamiento del sistema, ya que este contiene líquidos y gases. También puede incluirse en un sistema hidroneumático para medir la presión de inyección del líquido cuando baja y poder accionar un actuador para controlar el llenado para el funcionamiento adecuado del sistema.

Lee de las páginas 73 – 89 del libro *Instrumentación industrial* del autor Creus Sole y las páginas 32 – 35 del libro *Sensores y acondicionadores de señal* del autor Ramón Pallas Areny, en su primer capítulo llamado *Introducción a los sistemas de medida*.

2.1.3. Nivel hidrostático

La medición del nivel hidrostático también es importante en la industria. Imagina el llenado de un medicamento en línea de producción que no tenga un control, así que unas queden más llenas que otras; o que en los envasados de jugo no tengan el mismo nivel y cantidad de producto, lo cual causaría un daño económico grave. Otro ejemplo de la importancia de la variable es en una central hidroeléctrica, en relación el nivel del agua de los contenedores, una mala medición podría generar un rebosamiento y por ende la presa o contenedor estaría en riesgo de un mal funcionamiento, por lo que es importante el uso de los sensores para controlar el nivel hidrostático.



A continuación, se presenta una división de los instrumentos de medición de líquidos:

	Altura del líquido sobre una línea de referencia (P. ej. Sonda, cinta y plomada, nivel de cristal e instrumentos del flotador).
	Presión hidrostática (P. ej. Medidor manométrico de membrana tipo burbujeo, presión diferencial de diafragma).
Medición por:	Desplazamiento del flotador por el mismo líquido (P. ej. Medidor de desplazamiento de barra de torsión).
	Características eléctricas del líquido (P. ej. Medidores resistivos, conductivos, capacitivos, ultrasónicos, de radiación y laser).

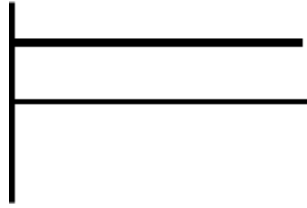
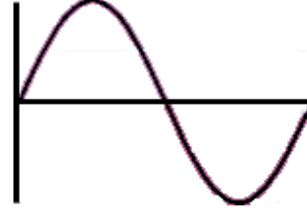
Cada uno de los instrumentos señalados en el cuadro sinóptico los encontrarás en las páginas 194 – 213 del libro *Instrumentación industrial* de Creus Sole y páginas 40 – 42 del libro de *Sensores y acondicionadores de señal*, Ramón Pallas Areny.

2.1.4. Corriente eléctrica

La corriente se define como la cantidad de electrones que pasan por una sección de un conductor por unidad de tiempo. (Serway, 2009), se representa con la letra “I” y su unidad es el Ampere [A] (Coulombs por segundo).

Existen dos tipos de corriente eléctrica:

- **Corriente directa**, (DC) son electrones que fluyen en un solo sentido, del polo negativo hacia el polo positivo, no cambia de sentido, en otras palabras, no cambia la polaridad. Un ejemplo de este tipo de corriente es la que circula en un circuito que usa como fuente de alimentación una batería o pila.
- **Corriente alterna**, (AC) es la variación de la tensión en un periodo de tiempo, en otras palabras, el voltaje cambia de polaridad, lo cual provoca que el flujo de electrones cambie de dirección, y es representado por una onda senoidal, un semiciclo positivo y uno negativo.

**Corriente Directa****Corriente Alterna**

Representación de la corriente continua y corriente alterna.

El propósito de un sistema fotovoltaico es transformar la energía solar en energía eléctrica, por lo cual es importante saber en todo momento el valor de la corriente que se genera, para esto se coloca un amperímetro después del inversor, puede estar integrado en el controlador del sistema o de manera independiente, la lectura de la medición es mostrada en el display o carátula del instrumento.

La siguiente figura te muestra un sistema fotovoltaico donde se hace tanto conversión de AC como de DC.

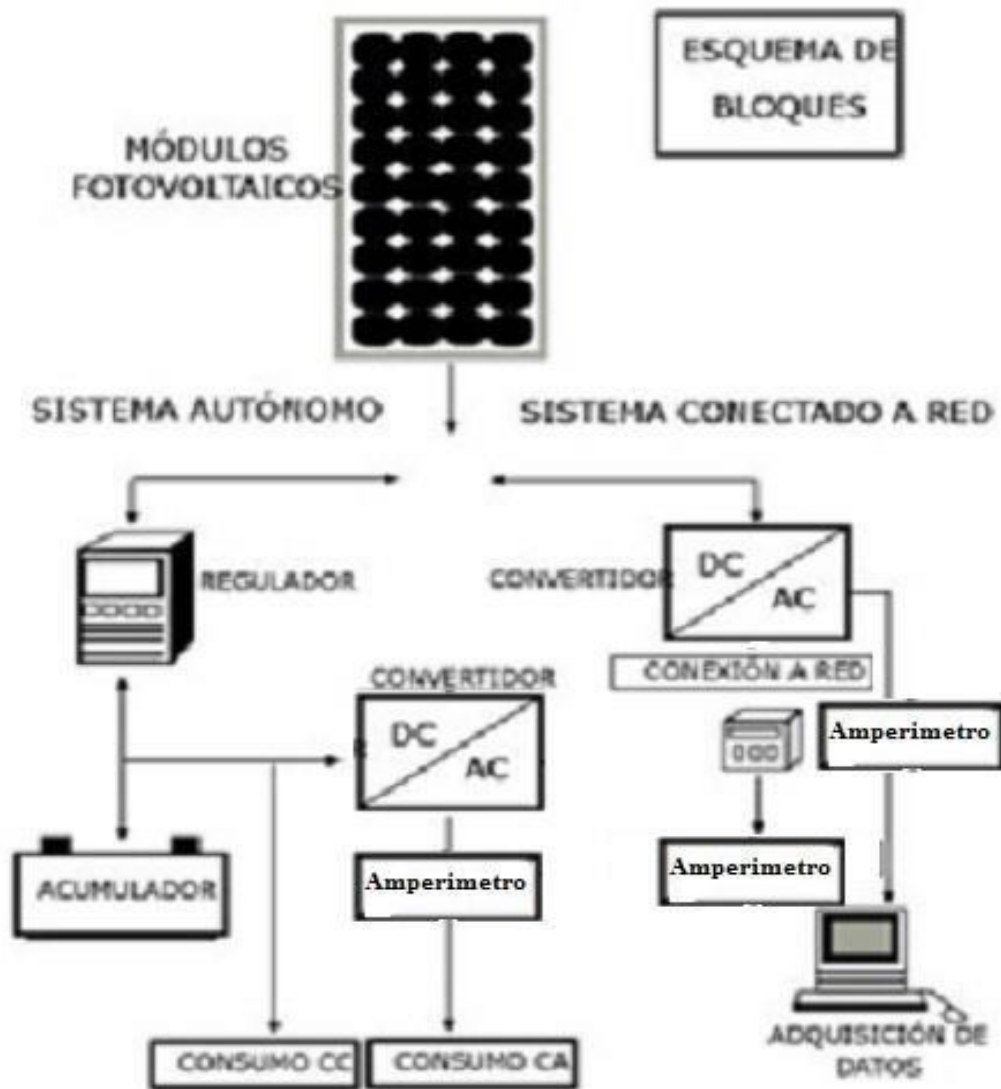


Diagrama de un sistema de energía renovable fotovoltaico.

El comportamiento del voltaje y la corriente, lo puedes observar en el applet *Circuitos de corriente alterna*, **da clic** en la siguiente liga:

http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/corr_alterna/corr_alt_indice.htm

Ahora **consulta** en el libro *Instrumentación electrónica moderna y técnicas de medición* de Cooper-HelFrick, de la página 57 – 60, donde encontrarás las bases y funcionamiento de los amperímetros.



Otro instrumento utilizado para la medición de la corriente es el **multímetro**, instrumento que como su nombre lo indica es multi medidas. Para medir corriente, se selecciona la función de amperímetro, la escala dentro del rango que se desea medir y se conecta en serie con respecto al circuito para poder realizar las mediciones. Se debe tener cuidado al usarlo, ya que si se conecta de forma paralela al circuito se podría dañar el instrumento. Existen dos tipos de multímetros, los digitales y los analógicos.

También para medir la corriente es utilizado el **osciloscopio**; la corriente deberá pasar por una resistencia conectada a tierra, entonces el voltaje que se mide en el osciloscopio será proporcional a la corriente, de acuerdo con la Ley de Ohm. Es posible utilizar una punta de tipo diferencial para medir diferentes referencias a tierra.

2.1.5. Voltaje

El voltaje es el trabajo que se realiza al mover una carga de un punto a otro. La unidad básica es el Volt y se representa por la letra “V,” también se le conoce como diferencia de potencial.

En un sistema de energías renovables fotovoltaico, el voltaje se puede medir en cualquier punto, utilizando el **voltímetro**, el cual se conecta en paralelo con el circuito para hacer las mediciones de manera correcta. El voltímetro puede ser parte del controlador o instalado de forma independiente, el valor del voltaje es mostrado en el display o carátula del instrumento.

La siguiente figura muestra un sistema fotovoltaico donde están colocados los medidores en diferentes puntos para medir el voltaje.

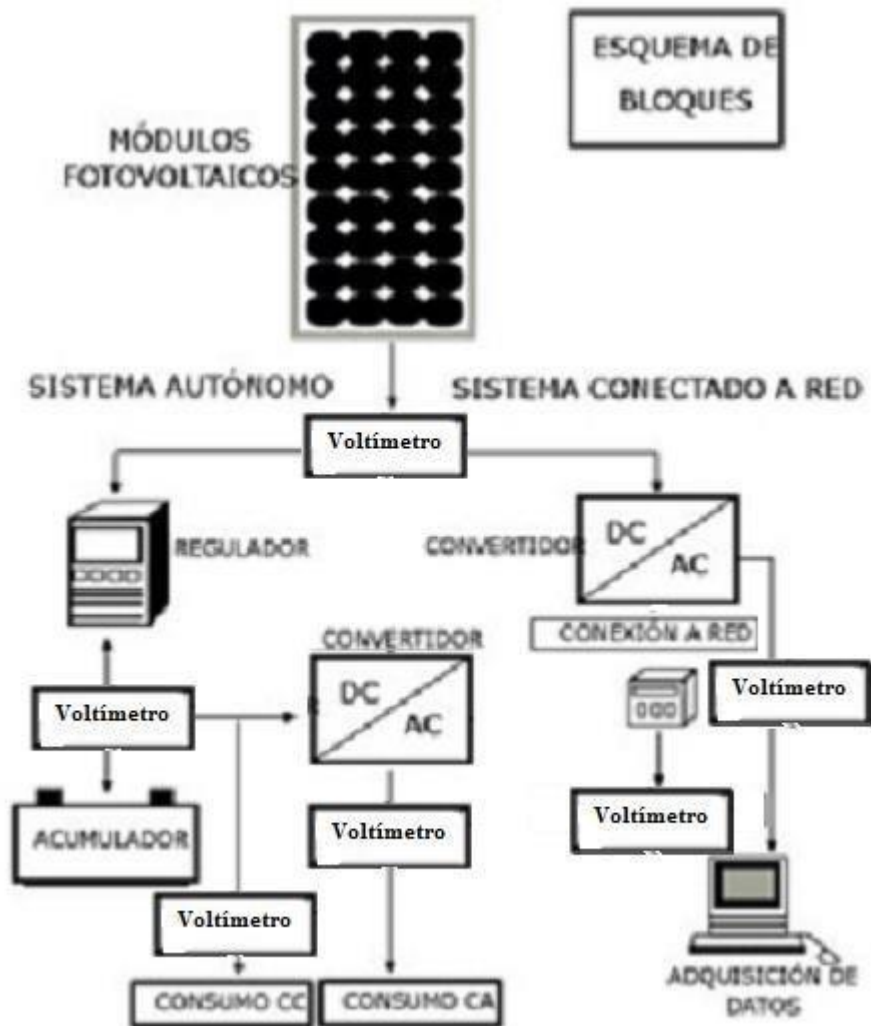


Diagrama de un sistema de energía renovable fotovoltaico.

Para profundizar en el tema **revisa** el texto *Instrumentación electrónica moderna y técnicas de medición* de Cooper-Helfrick de las páginas 61-66 donde encontrarás las funciones básicas de los voltímetros.

Otro instrumento para medición de voltaje es el **multímetro**, para realizar la medición debes seleccionar la función de voltímetro, la escala y rango dentro de lo que se desea medir y conectarlo en paralelo con respecto al circuito.

El osciloscopio es un instrumento que también sirve para medir voltaje, en su pantalla muestra el nivel de voltaje con respecto al tiempo, no se requiere una punta especial, la conexión se realiza colocando un cable de la punta directo a tierra mientras el otro cable de la punta se coloca en el punto donde se quiere medir el voltaje.



2.1.6. Potencia

La potencia eléctrica se define como la variación de la energía por unidad de tiempo (Universidad Cooperativa de Colombia, 2008), la unidad de medida es el Watt, se representa con la letra “W” y el instrumento para medir es el **wattímetro**.

En la siguiente figura se puede observar un sistema fotovoltaico híbrido de toma de energía eléctrica, donde se muestra el instrumento que registra el consumo de energía en Watts.

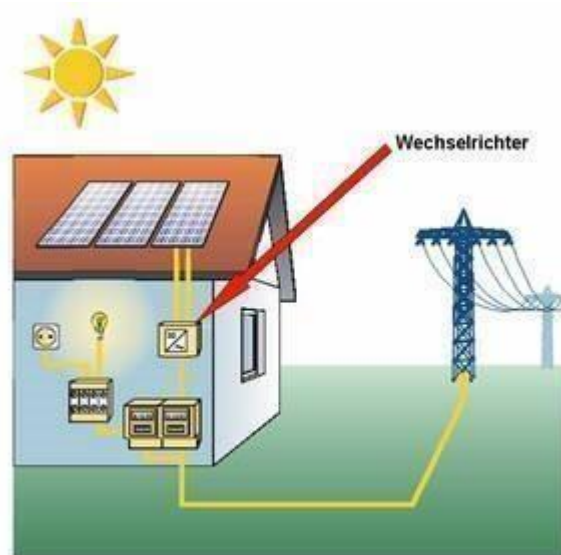


Diagrama de un sistema fotovoltaico híbrido doméstico. Tomada de Eliseo Sebastián, (2011).

Sin importar la cantidad de energía eléctrica que consuman los aparatos es importante para tu profesión saber calcular la carga, ya que a una mayor carga es mayor el número de potencia requerida. **Lee** las páginas 19 - 25 del libro *El ABC de las instalaciones eléctricas residenciales* de Enríquez Harper, donde encontrarás más información sobre la potencia eléctrica.

Como ya se había mencionado, el instrumento para la medición de la variable es el wattímetro, el cual de manera interna consta de dos bobinas, una fijas y una móvil, las puntas que corresponde a la primera bobina se conectan en serie con el circuito y se encarga de tomar el valor de la corriente y las puntas de la bobina móvil se conecta en paralelo con el circuito para medir el voltaje, así el wattímetro realiza la multiplicación y la integración de la corriente y el voltaje, mostrando el valor de la potencia, pero el wattímetro solo se puede usar para circuitos de corriente alterna, ya que la medida que



proporciona es la potencia promedio debido a su funcionamiento; para circuitos de corriente directa es necesario que realices las mediciones de corriente y voltaje con el multímetro de manera independiente y calcularla por medio de la fórmula $P = VI$.

2.1.7. Irradiación solar

La irradiación solar es una medida de la radiación solar que cae sobre una superficie determinada. (Style, 2012). La unidad de medida es W/m^2 , o kW/m^2 .

La radiación puede ser directa, difusa y albedo, la radiación directa está formada por rayos del sol que inciden de manera directa en las superficies, la difusa llega después de ser originada por efectos de dispersión, por ejemplo, al chocar los rayos con las nubes, polvo, etc., y finalmente el albedo son los rayos procedentes de la reflexión por superficies en la cual inciden los rayos, por ejemplo, el suelo, edificios, lagos, etc., la radiación global es la suma de las tres.

La cantidad de radiación solar es afectada por la latitud del punto donde se mide, al igual que la nubosidad, la humedad y la claridad atmosférica (smog, polvo, etc.) del día que se mida.

Para más información acerca del tema, **lee** el documento *Conversión de la luz solar en energía eléctrica - Manual teórico y práctico sobre los sistemas fotovoltaicos* de Gasquet, páginas 1-18, donde describen la radiación solar con respecto al espectro luminoso, la forma correcta de medir la intensidad máxima solar, ángulos de medida, valores promedios, cómo es medida por los fabricantes de paneles solares, también encontrarás mapas de intensidades solares de todo el globo terrestre.

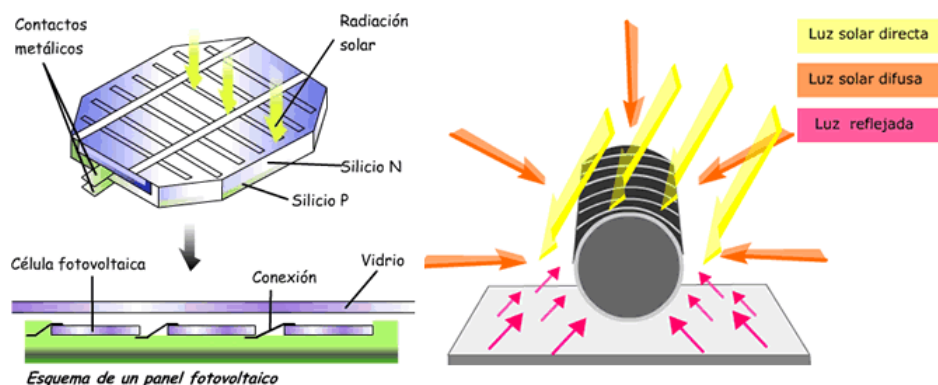


Figura que muestra los tipos de radiación solar y la conexión de un panel fotovoltaico. Tomada de Centro de Aragónés de Tecnologías para la Educación, (2012).



Los instrumentos para medir la radiación solar directa son los **pirheliómetros** y para la radiación global y difusa son los **piranómetros**, los cuales se explican en las páginas 6 - 11 del documento *Medida de la radiación solar*, tema 5.

Como ejemplo de la utilización de los pirheliómetros y piranómetros en una planta termosolar, la energía solar es medida antes de ser captada por espejos, la cual sirve para calentar un líquido que llega a la turbina de vapor donde por medio de procesos es transformada en electricidad, como se muestra en el siguiente diagrama a bloques.

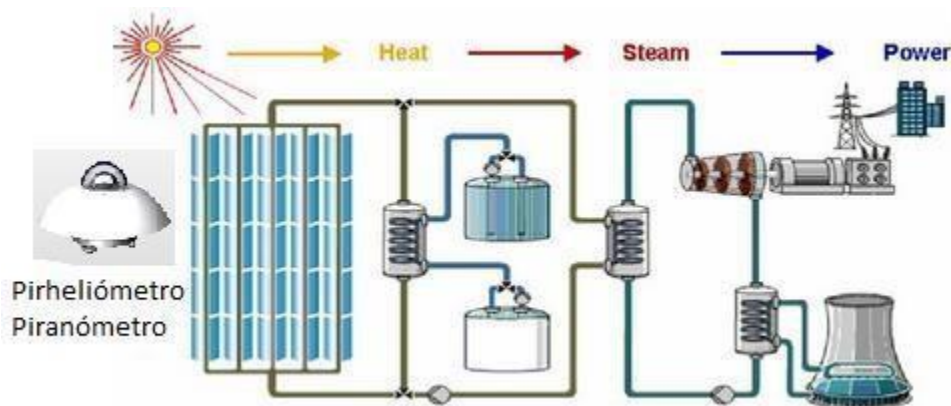


Figura que muestra el diagrama a bloques de una planta termosolar.
Tomado de Termosolar, renovetec, (2009).

2.1.8. Intensidad del viento

El viento se produce por el movimiento de masa de aire en la capa llamada troposfera, capa más baja de la atmósfera. Dentro de la atmósfera los vientos que interesan son los que se producen a nivel de la superficie terrestre, ya que son los que se pueden usar para poder transformarla en energía eléctrica. Entonces, cuando la capa de aire caliente asciende y las de masas de aire frío descienden, generan el movimiento del aire, el cual determina la fuerza y la intensidad del viento.

Lee las páginas 1 - 21 del documento Curso de energía eólica de Mur Amada, en el encontrarás mayor profundidad en relación a las variables que están asociadas con la intensidad del viento, las variaciones que se producen y el comportamiento alrededor de la Tierra.

La unidad de la intensidad del viento es [m/s], aunque también pueden ser Km/hr, para clasificar su potencia se consulta la escala de Beaufort, ya que el potencial del viento es importante para la generación de energía eólica, un ejemplo se presenta en el documento *Utilización de la escala de Beaufort en la determinación del potencial eólico* de Sarmiento



- Del Ángel, donde presenta una forma de convertir a m/s a partir de la escala de Beaufort, y determinar el potencial eólico de una zona.

Para medir la velocidad o intensidad del viento se utiliza el **anemómetro**, el cual tiene tres aspas separadas 120° cada una son movidas por un eje vertical que al girar activa un contador y en base al número de revoluciones se obtiene la velocidad del viento, los anemómetros son clasificados de distintas formas debido a su forma de operación como anemómetro de rotación, de presión, de hilo caliente, de efecto sónico y algunos que incorporan otras técnicas para la medición. **Lee** las páginas 21 - 25 del *Curso de energía eólica* de Mur Amada, donde explica cada una de las clasificaciones.

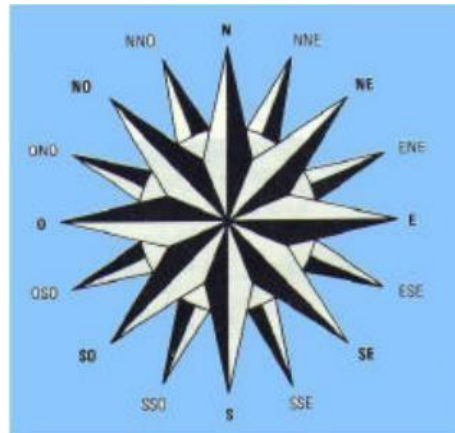
Pues bien, la energía del viento que puede ser aprovechada, en ocasiones, se utiliza para transformarla en energía eléctrica por medio de sistemas eólicos. Pero se debe evaluar la ubicación de los proyectos para que sean viables, para ello se utilizan diversos métodos y criterios. Para tener más información al respecto, **lee** de las páginas 25 - 39 del *Curso de energía eólica* de Mur Amada, donde se abordan criterios, métodos e impactos de campos eólicos.

Para tener idea de los costos de parques eólicos **lee** las páginas 40 - 51 de *Curso de energía eólica* de Mur Amada y de las páginas 6 - 13 del texto *Manuales sobre energía renovable: Eólica/ Biomass Users*, donde verás los componentes de un sistema eólico y sus aplicaciones de forma más detallada.

2.1.9. Variables físicas del viento (frecuencia y dirección)

En este subtema se presentan cada una de las variables del viento y se tratarán de forma independientemente para su explicación y comprensión, posteriormente podrás darte cuenta de la interrelación.

La dirección del viento se distingue partir de lo que se conoce internacionalmente como la rosa de los vientos. Tiene marcados los cuatro puntos cardinales y la conjugación, entre ellos, muestra en qué dirección va el viento. Tomando como punto de arranque el Norte, se cuentan los grados en sentido del reloj y se obtiene la dirección, por ejemplo, un viento del Sur equivaldría a 180°, uno del Suroeste equivale a 235°.



Rosa de los vientos. Tomado de S.A., (2005).

El instrumento para saber la dirección del viento se llama veleta, la instalación debe realizarse en un sitio que no tenga obstáculos alrededor de ella y pueda moverse libremente, la lectura es sencilla, normalmente tienen una flecha en su estructura, la punta de la flecha indica de donde viene el viento y la cola de la flecha hacia dónde va, pero para esto se deben tener bien definidos los puntos cardinales.

Actualmente existen veletas electrónicas que se conectan a una pequeña estación computarizada que monitorean la dirección del viento.



Veleta electrónica con anemómetro. Tomado de Caracasmét, (2012).

La frecuencia del viento permite conocer las corrientes de aire, su fuerza y su repetición, existen lugares que debido a su localización geográfica tiene mayor intensidad en sus vientos, los cuales son propicios para instalar sistemas o parques eólicos.

El mapa muestra lugares viables con potencial eólico para poder ser utilizados en México.



Figura 1. Algunos sitios con potencial eólico en México.

Sitios con potencial eólico. Tomado de energía UNAM, (2010).

El constante registro de datos como la duración de viento, velocidades máximas, mínimas y direcciones de viento, son colocadas en tablas para obtener estadísticas o gráficas. De esta manera, se puede determinar la viabilidad de un sitio para la colocación de parques eólicos.



Guadalajara, Jalisco													
LATITUD		20°41'											
LONGITUD		103°23'											
ALTITUD		1589	msnm										
mes		N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	% Calmas	Variable	prom.	máx.
ENERO	f	6.9	11.0	13.6	7.7	9.4	7.6	15.5	15.8	12.5	0.0	3.7	15.8
	v	2.5	3.1	2.5	3.6	3.7	4.3	5.4	4.2				5.4
FEBRERO	f	6.2	7.6	8.3	7.3	10.4	15.5	21.9	11.7	11.1	0.0	4.1	21.9
	v	2.5	2.4	3.1	3.9	4.5	5.5	5.6	5.3				5.6
MARZO	f	3.7	5.7	4.2	4.8	11.5	19.5	22.5	18.4	9.7	0.0	3.9	22.5
	v	2.4	2.0	2.6	3.0	4.2	6.0	6.3	4.8				6.3
ABRIL	f	5.2	4.3	5.5	6.2	7.7	17.3	23.5	15.3	15.0	0.0	4.5	23.5
	v	3.7	2.8	4.4	3.6	4.4	5.7	5.7	5.8				5.8
MAYO	f	3.8	7.0	5.5	4.6	8.3	12.2	23.1	19.3	16.2	0.0	3.5	23.1
	v	2.9	2.7	2.5	3.4	2.6	3.7	4.6	5.8				5.8
JUNIO	f	9.1	13.4	13.9	8.0	8.5	7.6	14.0	10.0	15.4	0.0	3.3	14.0
	v	2.6	3.4	2.6	2.4	3.5	3.5	3.7	4.1				4.1
JULIO	f	9.9	21.3	21.5	7.3	4.1	2.5	3.3	5.1	25.0	0.0	2.9	21.5
	v	2.8	3.2	3.8	2.7	4.2	2.3	2.0	2.4				4.2
AGOSTO	f	10.8	22.5	22.3	6.2	6.1	0.8	2.2	5.4	23.7	0.0	2.6	22.5
	v	2.6	2.4	3.1	3.5	2.4	1.7	2.6	2.2				3.5
SEPTIEMBRE	f	10.4	26.4	20.2	6.8	6.2	1.2	4.0	5.1	19.7	0.0	2.6	26.4
	v	2.9	3.5	3.2	3.1	1.9	1.5	2.8	2.1				3.5
OCTUBRE	f	8.4	28.4	18.0	6.5	4.5	2.1	3.5	7.5	22.8	0.0	2.5	28.4
	v	2.5	3.3	3.1	3.1	1.8	1.5	2.2	2.1				3.3
NOVIEMBRE	f	7.2	18.9	18.1	6.8	3.4	6.9	10.7	9.7	20.3	0.0	3.1	18.1
	v	2.6	3.1	3.3	2.7	2.9	3.0	4.1	2.8				4.1
DICIEMBRE	f	6.9	12.4	13.4	7.0	5.7	6.6	14.0	9.2	24.8	0.0	3.2	14.0
	v	3.0	2.7	2.8	3.0	3.2	3.4	4.7	2.9				4.7
ANUAL	f	7.4	14.6	13.7	6.6	7.2	8.3	13.2	11.0	18.0	0.0	3.3	14.6
	v	2.8	2.9	3.1	3.2	3.3	3.5	4.1	3.7				4.1

f	%
v	m/seg

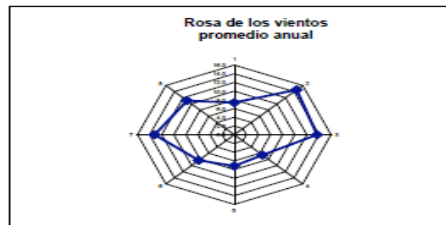
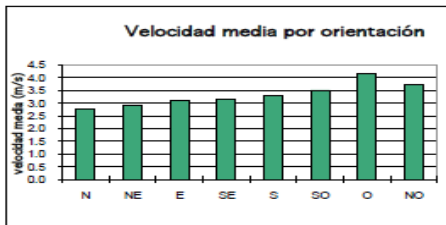


Tabla ejemplo de datos almacenados para sacar la estadística de la frecuencia del aire en la Zona de Guadalajara, Jalisco. Tomado del Atlas del Agua de la República Mexicana, S. R. H., 1976, (2005).

Consulta una página web llamada *Solar web.net*, en donde podrás encontrar los enlaces de más sitios que manejan energía eólica a lo largo del mundo incluyendo la **Asociación Mexicana de Energía Eólica (AMDEE)**.

<http://www.solarweb.net/enlaces/energia-eolica/>



2.1.10. Caudal

El caudal es la cantidad de líquido que pasa por un área dada y por una unidad de tiempo, es decir, el flujo volumétrico que atraviesa un área en una unidad de tiempo [m^3/s] (metros cúbicos por segundo), definido por la letra Q y su fórmula matemática es:

$$Q = A * V;$$

Donde

A = es el área del medio por el que se transporta el fluido medido en m^2

V = la velocidad del líquido a la que pasa, medidos en m/s

Q = el caudal en m^3/s

El caudalímetro es el instrumento que realiza la medición del paso de un líquido por una tubería, un ejemplo es el medidor que se coloca a la entrada de la casa para medir el consumo de agua.

Lee de las páginas 3 - 21 del libro *Mecánica de fluidos*, tema 3. *Medida de caudales* de I. Martín, R. Salcedo, R. Font., (2011), donde encontraras otros instrumentos para medir caudal, clasificaciones y su descripción.

2.2. Sistemas de instrumentación

Un sistema de instrumentación está integrado por elementos de medida y de control, los elementos de medida se determinan por las variables del sistema y permite su lectura en cualquier instante, los instrumentos de control sirven para mantener el sistema en el estado pre-programado.

Los datos o registros de las mediciones se clasifican en tres áreas, de acuerdo con el requerimiento del sistema:

- La primera es la regularización del sistema con instrumentos que miden longitud, volumen, masa, etc.
- La segunda es monitorear procesos o acciones, por ejemplo, si un encargado requiere mantener la temperatura constante de un vivero, y el termómetro mide una temperatura que está por arriba del valor establecido, entonces deberá abrir

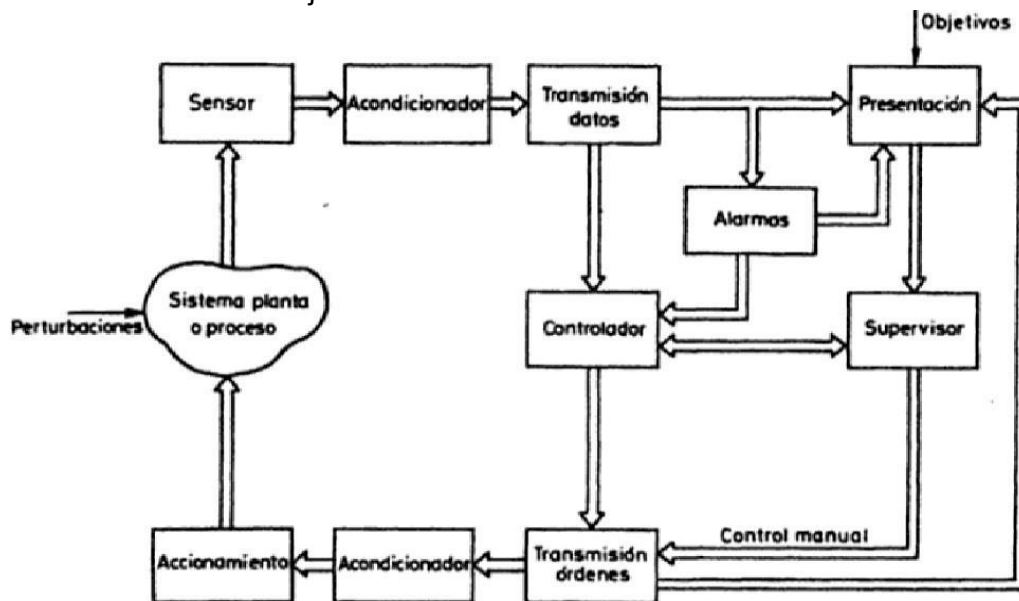


las ventanas para regular la temperatura o en el caso contrario encender la calefacción.

- La tercera área es, control de procesos por medio de monitoreo y retroalimentación, como, por ejemplo, el encendido y apagado del aire acondicionado de una habitación realizada por medio de un sensor.

2.2.1. Sistemas instrumentados

Los sistemas instrumentados están formados por un conjunto de sistemas de instrumentación interconectados con el objetivo de controlar procesos permitiendo la visualización de lecturas de mediciones en los puntos críticos, la siguiente figura muestra la interacción de varios elementos que controlan un proceso, es decir, lo mantienen dentro de la parametría definida en el diseño, esto es, para el sistema funcione de manera correcta es necesario realizar ajustes.



Estructura de un sistema de medida y control. Tomada de Pallas Areny, (2003).

La configuración de un sistema instrumentado depende del proceso en el cual vaya a ser aplicado, ya que puede tener diferentes variables a medir, tendrá uno o más medidores colocados en *checkpoints* (puntos de chequeo).

Los sistemas instrumentados pueden tener un solo equipo que mide una variable, hasta sistemas que tienen un complejo arreglo de elementos de medición, estos instrumentos pueden medir una sola variable o un grupo de ellas. Por ejemplo, un termómetro de mercurio, el cual es considerado un instrumento de medición básico, pero también un



sistema de instrumentación completo, ya que integra un sensor de temperatura y una escala de lectura.

2.2.2. Sistemas controlados

El sistema controlado como lo define W. Bolton, (2001) en su libro *Mecatrónica* es “una caja negra que sirve para controlar la salida de un valor o secuencia de valores determinados”. Por ejemplo, mantener la temperatura constante en la torre de refrigeración de una central térmica, la entrada de control a la “caja negra” es la temperatura a la que se desea mantener la torre y la salida de control de la “caja negra” es la acción necesaria para mantener la temperatura constante.

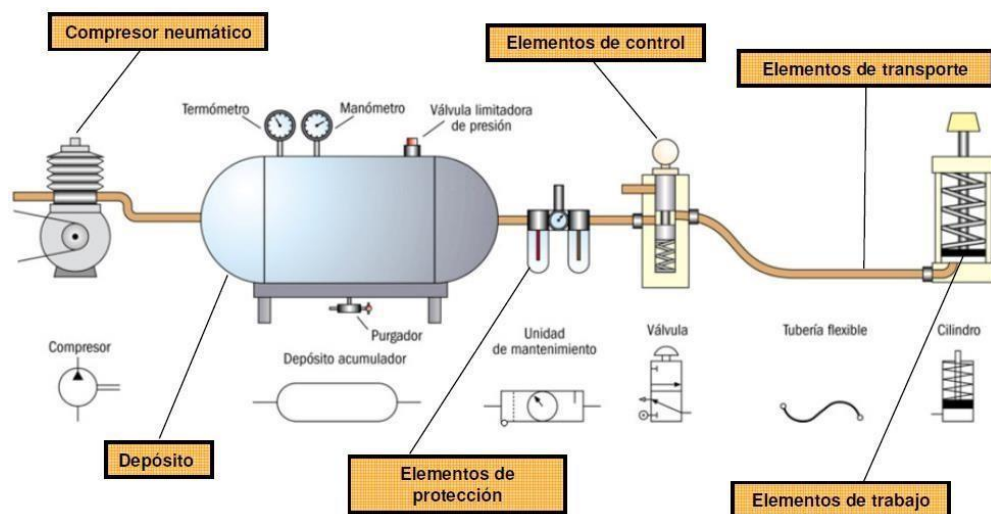


Diagrama de un sistema controlado neumático. Tomado de Área tecnología. (2012).

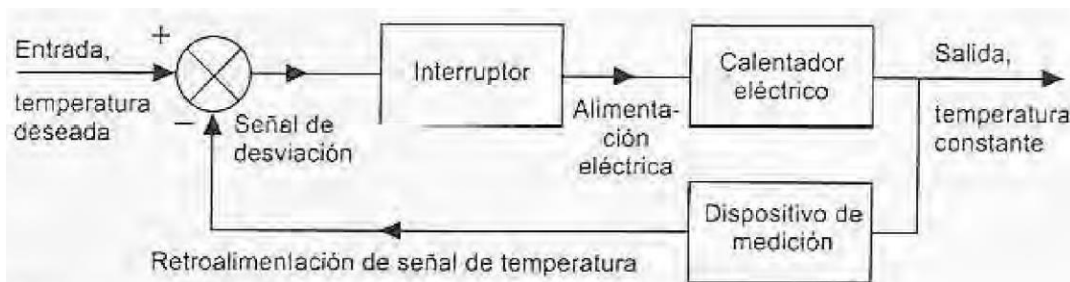
En los sistemas controlados existen dos tipos, lazo abierto y lazo cerrado, donde los primeros aplican una acción continua, es decir, que no se encuentra en el sistema un control automático, sino que el control debe hacerse de forma manual para poder ser detenida la acción. Mientras que en un lazo cerrado se encuentran elementos que hacen que la señal recabada tenga efecto en la salida y, entonces, modifique la entrada de manera automática de acuerdo con la parametría del diseño del sistema.



En las siguientes figuras se muestra el diagrama del control de lazo abierto y lazo cerrado:



Sistema de control de lazo abierto. Tomado de W. Bolton., (2001). p. 5.



Bolton, (2001).

Sistema de control de lazo cerrado. Tomado de W.

Para una explicación más detallada sobre sistemas de control de lazo abierto y lazo cerrado, parámetros de retroalimentación y descripción, lee de las páginas 2 - 11 el capítulo 1 llamado *Mecatrónica* del libro *Mecatrónica* de W. Bolton.

2.2.3. Sensores, transductores y transmisores

Los sensores son los elementos que se encuentra en contacto con la variable física y la transforman en otra variable física, en la mayoría de los casos eléctricos, las cuales pueden ser cuantificables y manipulables.



A continuación, se muestra una tabla con factores que deberás tomar en cuenta a la hora de seleccionar un sensor.

<p>Magnitud a medir</p> <ul style="list-style-type: none"> — Margen de medida — Resolución — Exactitud deseada — Estabilidad — Ancho de banda — Tiempo de respuesta — Límites absolutos posibles de la magnitud a medir — Magnitudes interferentes 	<p>Características de salida</p> <ul style="list-style-type: none"> — Sensibilidad — Tipo: tensión, corriente, frecuencia — Forma señal: unipolar, flotante, diferencial — Impedancia — Destino: presentación analógica conversión digital telemedida: ¿tipo?
<p>Características de alimentación</p> <ul style="list-style-type: none"> — Tensión — Corriente — Potencia disponible — Frecuencia (si alterna) — Estabilidad 	<p>Características ambientales</p> <ul style="list-style-type: none"> — Margen de temperaturas — Humedad — Vibraciones — Agentes químicos — ¿Atmósfera explosiva? — Entorno electromagnético
<p>Otros factores</p>	
<ul style="list-style-type: none"> — Peso — Dimensiones — Vida media — Coste de adquisición — Disponibilidad — Tiempo de instalación 	<ul style="list-style-type: none"> — Longitud de cable necesaria — Tipo de conector — Situación en caso de fallo — Coste de verificación — Coste de mantenimiento — Coste de sustitución

Factores de consideración en la elección de un sensor. Tomado de Pallas Areny, (2003).

“Un sensor es un dispositivo que, a partir de la energía del medio donde se mide, da una señal de medida transducible que es función de la variable medida” (Pallas Areny, 2003).

Los sensores forman parte del sistema de instrumentación. En otras palabras, un sensor es un elemento que registra las magnitudes de las variables físicas del sistema que se quiere controlar y las envía a otro elemento para ser acondicionadas y leídas en escala conocida.



Ya que existe una variedad de sensores, se engloban de acuerdo con su energía aportada al elemento, los de tipo **modular** y **generadores**.

- **Los sensores moduladores** requieren una fuente de energía para su funcionamiento, tener contacto con la variable, y dependen de una fuente de energía para que su sensibilidad pueda ser ajustada. También son conocidos como sensores del tipo activo. Por ejemplo, las fotorresistencias, cuya resistencia disminuye con el aumento de intensidad de luz, son utilizadas en sistemas de encendido y apagado de lámparas de alumbrado público.
- **Los sensores generadores** no requieren fuente de energía sino únicamente estar en contacto con la variable. También son conocidos como sensores del tipo pasivo. Uno ejemplo de ellos es el termopar.

También existe otra clasificación de sensores de acuerdo con el tipo de señal de salida: los analógicos y digitales

Para mayor información **consulta** el libro especializado llamado *Sensores y acondicionadores de señal* de Ramón Pallas Areny.



Ahora, se presentan los tipos de sensores. Revisa la tabla descriptiva de sensores para identificar tipos, características y métodos de detección:

		Magnitudes									
Sensores	Posición Distancia Desplazamiento	Velocidad	Aceleración Vibración	Temperatura	Presión	Caudal Flujo	Nivel	Fuerza	Humedad		
Resistivos	Potenciómetros Galgas Magnetorresistencias		Galgas + masa-resorte	RTD Termistores	Potenciómetros + tubo Bourdon	Anemómetros de hilo caliente Galgas + voladizo Termistores	Potenciómetro + flotador Termistores LDR	Galgas	Humistor		
Capacitivos	Condensador diferencial				Condensador variable + diafragma		Condensador variable	Galgas capacitivas	Dieléctrico variable		
Inductivos y electro-magnéticos	LVDT Corrientes Foucault Resolver Inductosyn Efecto Hall	Ley Faraday LVT Efecto Hall Corrientes Foucault	LVDT + masa-resorte		LVDT + diafragma Reluctancia variable + diafragma	LVDT + rotámetro Ley Faraday	LVDT + flotador Corrientes Foucault	Magneto-elástico LVDT + célula carga			
Generadores			Piezoeléctricos + masa-resorte	Termopares Piroeléctricos	Piezoeléctricos	Vórtices		Piezoeléctricos			
Digitales	Codificadores incrementales y absolutos	Codificadores incrementales		Osciladores de cuarzo	Codificador + tubo Bourdon						
Uniones p-n	Fotoeléctricos			Diodo Transistor Convertidores T/I			Fotoeléctricos		SAW		
Ultrasonidos	Reflexión	Efecto Doppler				Efecto Doppler Tiempo tránsito Vórtices	Reflexión Absorción				

Sensores y métodos de detección ordinarios para las magnitudes más frecuentes. Tomado de Pallas Areny, (2003).



Un transductor convierte un tipo de energía a otra. Algunos sensores se comportan como transductores. La señal eléctrica obtenida de los sensores es necesario acondicionarla (amplificar, eliminar ruido y linealizar) para poder leer la magnitud de la variable. Para el acondicionamiento de la señal se utilizan amplificadores, filtros, adaptadores, moduladores o demoduladores.

En la figura anterior llamada *Sensores y métodos de detección ordinarios para las magnitudes más frecuentes*, se muestran los sensores del tipo resistivo, los cuales se abordan, pero antes hay que mencionar que los sensores primarios son aquellos que a partir de una entrada física entregan una salida también física. No generan la salida en forma eléctrica, necesita forzosamente un transductor. Por lo que lee de las páginas 29 - 42 del libro de *Sensores y Acondicionadores de Señal*, Ramón Pallas Areny.

Sensores tipo modulares

Sensores resistivos

Los sensores resistivos se basan en el cambio de resistencia eléctrica. Por ejemplo, los elementos que varían en torno al aumento o disminución de temperatura utilizados en la compensación térmica de un proceso o un sistema sencillo de refrigeración.

Para clasificarlos se empieza con la magnitud física, variables mecánicas, térmicas, ópticas, magnéticas y químicas.

El primer sensor es el **potenciómetro**, una resistencia variable por medio de un control giratorio o en algunos casos corredizos. Varía de acuerdo a la siguiente relación:

$$R = \frac{\rho}{A}l(1 - \alpha) = \frac{\rho}{A}l(1 - x)$$

Donde

- x= es la distancia recorrida desde el terminal fijo
- α = la fracción de longitud correspondiente al movimiento= su longitud
- A= Sección transversal
- P= la resistividad del material

Otros sensores resistivos son:

- Galgas extensométricas
- Termistores
- Fotorresistencias
- Resistencias semiconductoras



- Higrómetros resistivos

Para tener mayor información **lee** el capítulo 2. *Sensores resistivos* de las páginas 54 – 94 del libro de *Sensores y Acondicionadores de Señal*, Ramón Pallas Areny.

Sensores capacitivos e inductivos

Los sensores capacitivos consisten en dos láminas paralelas de metal entre las cuales se encuentra material dieléctrico, tal como el aire o cualquier otro material aislante. La capacitancia se obtiene de la siguiente forma:

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r A / d$$

Donde

ϵ_0 = Permitividad absoluta

ϵ_r = Permitividad relativa del dieléctrico que se encuentra entre las láminas

A = Área de las láminas

d = Distancia entre las láminas

Los sensores capacitivos e inductivos son usados comúnmente como sensores de desplazamiento, tiene una placa fija y otra en movimiento, la respuesta de la señal está en relación a los cambios de la capacitancia, es utilizado en medidores de presión o aceleración.

Para más información **lee** el capítulo 4. *Sensores de reactancia variable y electromagnéticos* de las páginas 173 – 187 del libro de *Sensores y Acondicionadores de Señal*, Ramón Pallas Areny, donde profundizarás más sobre los sensores capacitivos.

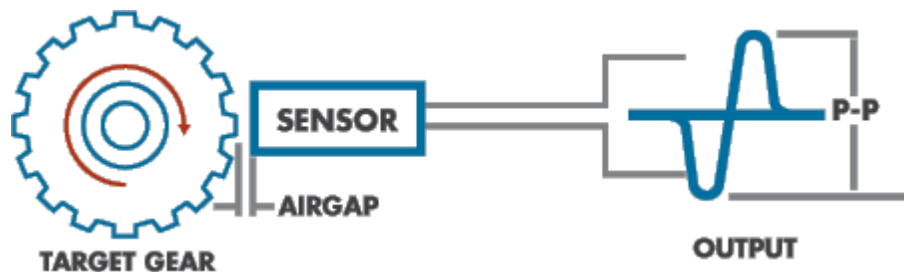
Al hablar de capacitancia en términos eléctricos se encuentra un efecto muy relacionado como la inductancia. **Lee** el capítulo 4. *Sensores de reactancia variable y electromagnéticos* de las páginas 187 – 216 del libro de *Sensores y Acondicionadores de Señal*, Ramón Pallas Areny.

Recuerda que la magnitud del flujo magnético está íntimamente ligada a la inductancia de un circuito debido a la corriente eléctrica que fluye a través de él. Así, se encuentran dos tipos de inductancia, la autoinductancia y la inductancia mutua. La primera está definida por la corriente que recorre en el propio circuito y la segunda recorre dos circuitos que se afectan entre sí, para esto es muy común utilizar sensores capacitivos.

Los sensores inductivos son los indicados para medir una velocidad de rotación. Se coloca junto al engrane, el movimiento de los dientes ferromagnéticos genera un campo



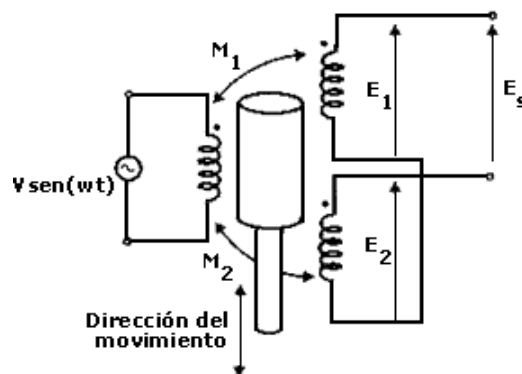
que se acopla a la bobina, se acondiciona la señal por medio de un transductor y se obtiene una frecuencia que está relacionada con la velocidad del engrane. En las dos siguientes figuras se observa cómo es que está conformado y como se coloca para la medición.



Sensores inductivos o de reluctancia. Tomado de Sensoronix, (2011).

Sensores de inductancia mutua

Dentro de los sensores de inductancia del tipo modulador se encuentran los LVDT (Linear Variable Differential Transformer). Funciona en base a inductancia mutua entre un devanado primario, dos devanados secundarios iguales y un núcleo de material ferromagnético. Al alimentar el devanado primario con tensión alterna, en la posición central las tensiones inducidas en cada secundario son iguales y, al empezar a moverse el núcleo, una de las dos tensiones crece y la otra se reduce en la misma magnitud, como se muestra en la siguiente figura:



Desplazamiento del sensor magnético entre bobinas. Tomado del Departamento de Tecnología y electrónica, (2006).



Sensores del tipo generadores

Como ya se mencionó, los sensores generadores generan una señal eléctrica a partir de una señal de entrada y no tienen la necesidad de ser alimentados eléctricamente. Se utilizan para la medición de temperatura o fuerza. Una desventaja es que provoca interferencias y genera variaciones. A continuación, se mencionan algunos **sensores generadores**.

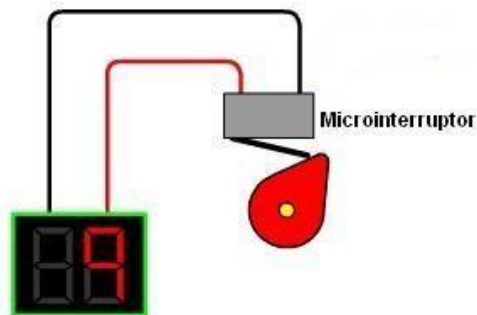
- Termopares
- Piezoeléctricos
- Piroeléctricos
- Fotovoltaicos
- Electroquímicos

En el capítulo 6. *Sensores generadores* de la página 273 – 311 del libro de Sensores y Acondicionadores de Señal, Ramón Pallas Areny, **encontrarás** curvas de respuesta, aplicaciones y problemas comunes, de cada uno de ellos.

Sensores digitales

Los sensores digitales son aquellos que ofrecen directamente una salida de valores discretos y menor interferencia o inmunidad al ruido exterior de la medición.

Principalmente existen de dos tipos, uno que entregan directamente una señal digital a partir de una entrada analógica y el otro tipo es casi digital, necesita un circuito electrónico adicional para ofrecer la señal digital, como lo puedes observar en la siguiente figura:



Contador de revoluciones. Tomado de La ciencia es más fácil, (2013).

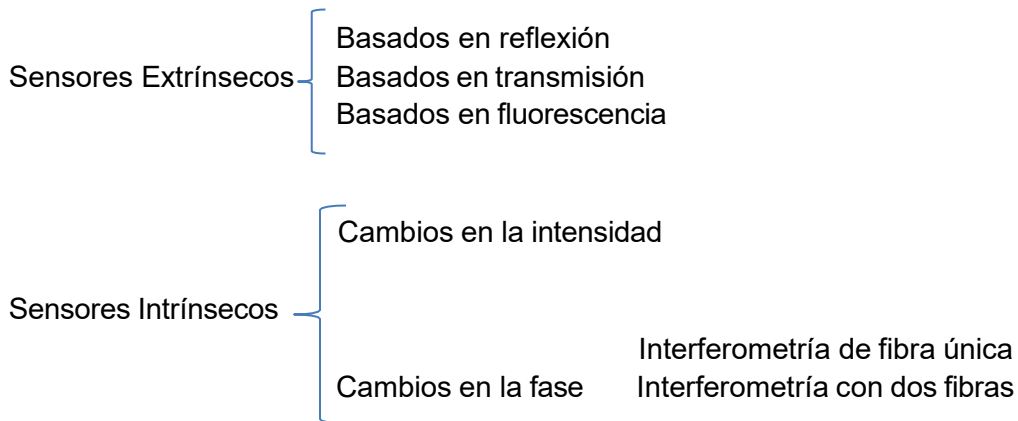
Los sensores digitales son utilizados en muchos instrumentos actualmente. La electrónica ha avanzado a pasos agigantados, por lo que es fácil obtener lecturas digitales a partir de medidas analógicas o adicionando un transductor. Los sensores digitales van desde galgas o dispositivos físicos hasta sensores de alta precisión con conversión directa digital (codificadores), mismos que son explicados en el capítulo 8. *Sensores digitales* de la



página 359 – 379 del libro de Sensores y Acondicionadores de Señal, Ramón Pallas Areny.

Como se mencionó la tecnología va avanzando enormemente y hablar de todos los sensores sería extenso. Además, muchos de los sensores son en ocasiones “hechos a la medida” para necesidades muy específicas. Aquí entran los sensores basados en **uniones semiconductoras**, es decir, aquellos diseñados con electrónica en los cuales se pueden incorporar transductores, circuitos de acondicionamiento de señal, amplificadores, correctores de señal, etc., conocidos como **sensores inteligentes**, ya que entregan la medición de manera procesada.

Los **sensores basados en fibra óptica** han empezado a incrementar su presencia en la industria, siendo costosos, pero con grandes ventajas, por ejemplo, una de las mejores es su inmunidad a las ondas electromagnéticas y se dividen de acuerdo a su funcionamiento como sigue:



Clasificación de los sensores basados en fibras ópticas según su principio de funcionamiento.
Pallás, (2003).

Lee el capítulo 9. *Otros métodos de detección* de la página 414 – 416 del libro de *Sensores y Acondicionadores de Señal*, Ramón Pallas Areny, donde encontrarás mayor información de sensores por fibra óptica.

Recuerda que cada sensor está diseñado para una función en particular, por lo que se te recomienda mucho, que leas sus hojas de especificaciones antes de hacer uso de ellos, ya que se podrían dañar o dar información errónea. Toda la información anterior te introduce al mundo de los sensores y te indica algunas clasificaciones con las cuales podrías apoyarte y decidir que dispositivo utilizar. A continuación, se presenta de la parte donde el sensor ya entrega la información y entra a otro elemento del sistema



instrumentado que deberá ponerla a punto para su lectura, llamado **acondicionador de señal**.

2.2.4. Acondicionamiento de señales

El acondicionamiento de señales consiste en mejorar la calidad de la señal. Ya que los sensores analógicos y digitales tienen características limitadas es necesario colocar, antes de entregar a la etapa de adquisición de datos, un acondicionador de señal que la adecue ya sea filtrando, amplificando, atenuando o linealizando.

- Amplificando la señal se refiere a que en ocasiones el dato obtenido no tiene la energía necesaria para poder ser leído por el convertidor que transmite la señal a la siguiente etapa del sistema de instrumentación, por lo que es necesario aumentar sus niveles de potencia.
- Filtrando, es eliminar frecuencias que vienen añadidas a la información que contaminan la medición del dato, por lo que entonces se deberían quitar.
- Atenuación de la señal, cuando el nivel de la potencia de la señal está excedida es necesario disminuirla para evitar daños al elemento receptor.
- Linealizar la señal, es compensar los valores. Por ejemplo, los datos entregados por termopares, transductores o algún otro dispositivo no tienen una respuesta lineal o continua y esos cambios podrían hacer que la información mostrada no sea la correcta por inconsistencias o pequeños faltantes de información debidos a cortes no previstos.

2.2.5. Adquisición de datos

La adquisición de datos es la etapa encargada de la transformación de la señal analógica a la digital, para que los datos puedan ser enviados a equipos como computadoras, microcontroladores, etc., por medio de:

- Puerto serial
- Puertos Paralelos
- Puertos USB
- Puertos de Expansión
- Multiplexores



En la figura siguiente, se presenta el paso de los datos obtenidos de los sensores y transductores hasta ser entregados a un dispositivo que los interpreta y los presente al usuario en una interfaz amigable.

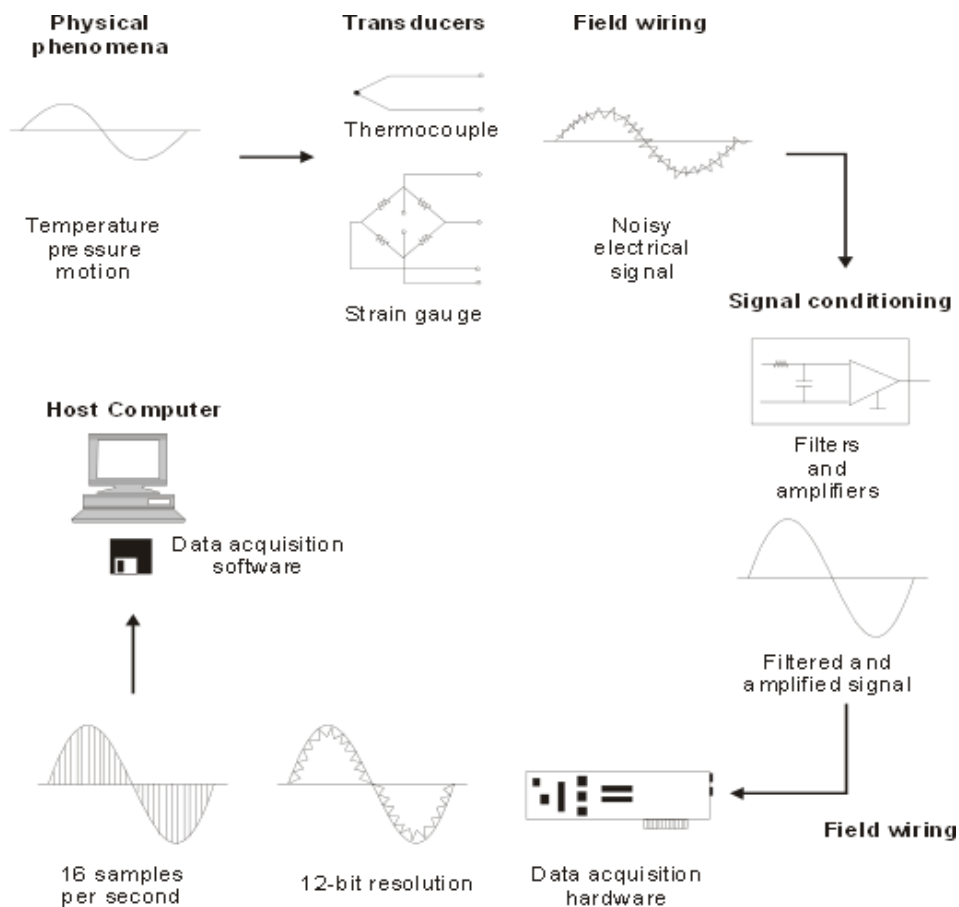


Diagrama funcional de adquisición de datos. Tomado de Park, J. y Mackay, S. (2003).

Para la explicación de cada uno de los elementos que componen el diagrama funcional de adquisición de datos mostrado en la figura **lee** las páginas 3 – 6 del libro *Practical Data Acquisition for Instrumentation and Control Systems* de John Park y Steve Mackay, editorial Elsevier, 2003.



2.2.6. Procesamiento de adquisición de datos

Pues bien, ya una vez introducidos los datos en los equipos que tienen la capacidad de procesarlos es momento de definir qué acción deberá ejecutarse, lo cual se hace por medio de software, lenguajes de programación, etc.

La acción a ejecutarse se realiza en función a la información entregada por los equipos y los requerimientos del diseño del sistema, y es ejecutada por un actuador, que es el siguiente tema a estudiar.

2.2.7. Actuadores

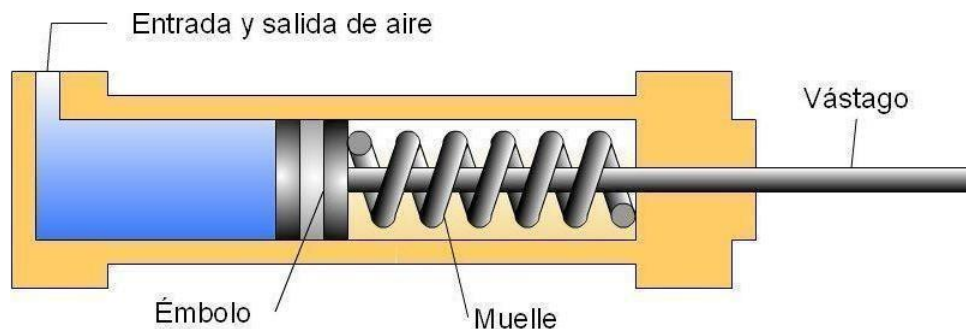
La energía de salida del controlador puede ser neumática o eléctrica y, en algunos casos hidráulicos o mecánicos, por lo que es necesaria la intervención de un actuador, ya que los actuadores son dispositivos que transforman este tipo de energía en la activación de un proceso, con la finalidad de enviar una señal de accionamiento creando un proceso automatizado.

La principal clasificación de los actuadores es **lineal y rotatoria**.

Actuadores lineales

Los actuadores lineales generan un movimiento en línea recta, tal como lo haría un pistón en un cilindro cerrado. Son los más comúnmente utilizados en neumática. De ellos se desprenden dos tipos:

- Los de una sola entrada de aire: solo realizan una carrera en un solo sentido, los puedes encontrar normalmente dentro o normalmente afuera, son utilizados frecuentemente para sujetar o expulsar algún objeto, está construido con un resorte que hace la función contraria a la entrada del aire. En la siguiente figura se observa la parte interna del actuador lineal de una sola entrada.

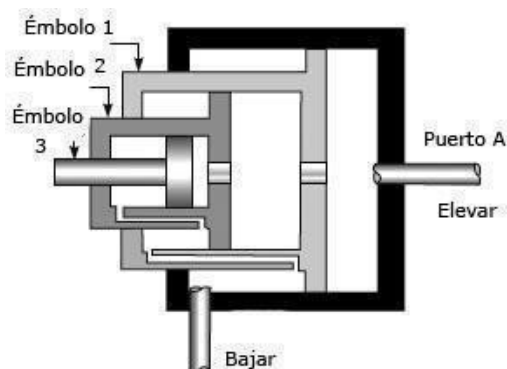


Actuador cilíndrico lineal. Tomado de Bueno. A, (2009).

- Los de doble entrada de aire, el movimiento de corrimiento y retroceso, tienen dos cámaras de aire para empujarla dependiendo de la función requerida, por medio de dos válvulas que inyectan aire a cada cámara.

Los dos anteriores son los más comunes, pero se puede hablar de otros cilindros actuadores también utilizados para otras tareas, como:

- Cilindro telescópico, es un tubo multietapas, es decir; un tubo de mayor diámetro contiene varios de menor diámetro, los cuales van saliendo conforme haya una presión de aceite empujándolos, como se observa en la siguiente figura.



Cilindro telescópico. Tomado de Sapiensman, (2012).

Actuadores rotatorios

Contrario a los actuadores lineales, los actuadores rotatorios generan una fuerza de rotación por fases en grados, gira en ángulo dependiendo del que se le programe, se subclasifican como sigue:

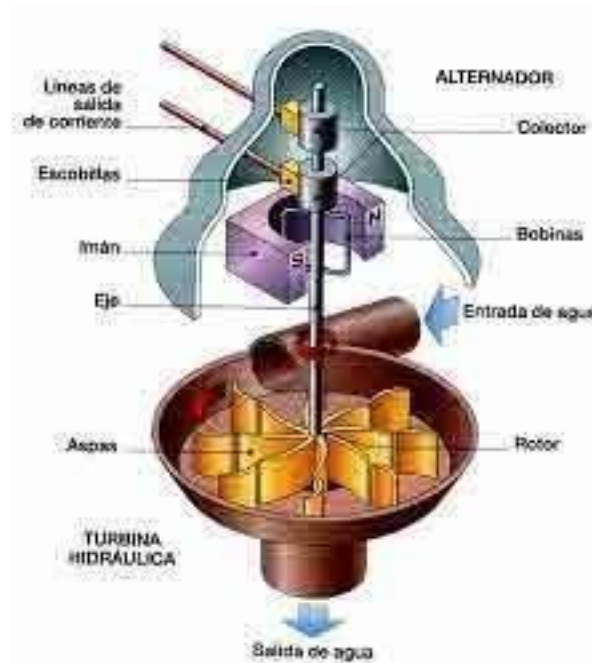


- ▮ Hidráulicos
- ▮ Neumáticos
- ▮ Eléctricos-electrónicos

- Actuador hidráulico

En el actuador hidráulico uno de sus lados se conecta a una fuente de presión hidráulica y por el otro lado expulsa el líquido que es movido por las aspas del actuador, por lo que la velocidad es proporcional al volumen de líquido (caudal) e inversamente proporcional al área posterior del pistón, para que el pistón regrese y entonces se expulsa el líquido por otra válvula, este es el más sencillo de todos los diseños, pero se puede tener un mayor número de pistones pero deberá incluirse en el diseño las válvulas de alivio y de inyección.

Los actuadores hidráulicos son muy utilizados en la industria para la automatización de procesos, tales como generar potencia, sistemas que requiera algún pistón o motor hidráulico, sujetar un objeto por medio de la hidráulica o posicionar alguna pieza dentro de una banda transportadora por medio del sistema neumático, cada uno con sus limitantes. Por ejemplo, una turbina hidráulica que aprovecha la energía de un fluido que pasa a través de ella para producir un movimiento rotativo que conectado con un eje a un generador transformaría la energía mecánica en eléctrica, elemento fundamental de una central hidroeléctrica.



Actuador hidráulico. Tomado de Viera y Clavijo, (2009).



- **Actuador Neumático**

Los actuadores neumáticos, convierten la energía del aire comprimido en trabajo mecánico, su estructura es similar a la de los actuadores hidráulicos y también existen diferentes tipos:

- Piñón y cremallera
- Veleta
- Yugo

Para diseñar un actuador de este tipo se debe considerar lo siguiente:

- El torque necesario para generar el movimiento rotatorio, normalmente el fabricante de la válvula lo indica.
- La presión que se le aplicará de la línea de aire.
- Sobredimensionamiento, depende completamente del tamaño de la válvula y su diseño, entre el 10 y 50%.
- La carrera que tendrá angularmente (90°, 180°).
- Ubicar la presión mínima del aire que se inyectará al actuador dado que esto dará la peor condición de trabajo, así como su presión máxima para tomar en cuenta su esfuerzo máximo de la válvula.
- Checar el torque máximo de la válvula para no excederlo y dañarla.
- Determinar el diseño del sistema y quien le indicará o le dará instrucciones a la válvula.
- Muy importante si la presión es excedente al torque del vástago de la válvula se deberá colocar un regulador de presión.

Observa el video llamado *Actuadores Neumáticos Rotativos* de Festo didactic uno de los fabricantes con más variantes en esta área, para que te quede más claro, **da** clic en la siguiente liga: <http://www.youtube.com/watch?v=-65-t7ST6Tw>

- **Actuador Eléctrico**

Los actuadores eléctricos rotacionales, tiene la misma finalidad que los anteriores, solo que estos para poder funcionar se deben energizar el motor para que funcione en el sentido deseado, son utilizados en robots, motores a pasos, control de antenas giratorias, etc.

Como has podido observar los actuadores son elementos que “traducen” la energía recibida en una acción, conociendo que existe una gran variedad y que deben ser



escogidos tomando en cuenta las circunstancias de la aplicación, es decir, torque, carrera, etc.

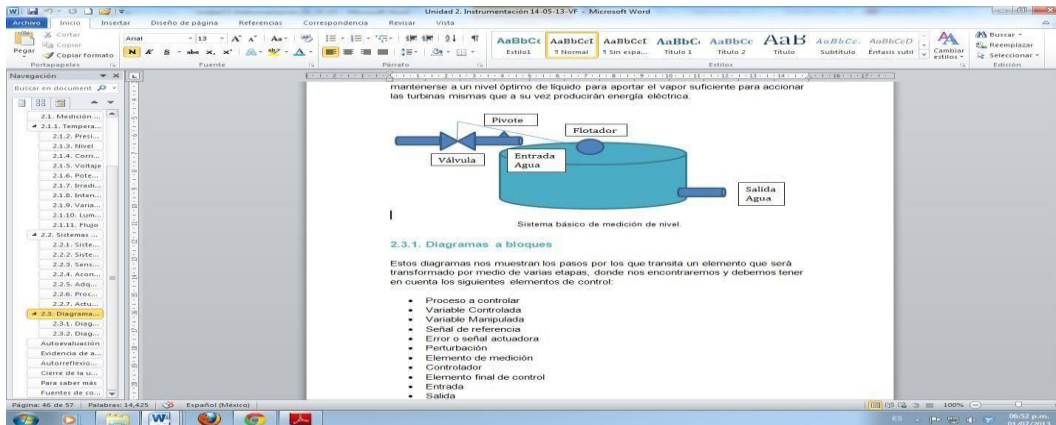
La tendencia de los actuadores rotatorios es que los actuadores eléctricos sean más utilizados que los neumáticos, ya que realizan las mismas funciones, pero los actuadores eléctricos porque son más eficientes y consumen menos energía eléctrica.

2.3. Diagramas de sistemas controlados

Los controles automáticos o sistemas de control es una de las partes más importantes en un proceso industrial moderno como lo son los sistemas de energías renovables, donde se usan principalmente para regular variables como presión, temperatura, nivel, flujo, etc.

Los sistemas controlados los puedes entender como un grupo de elementos que conviven en un proceso con un fin común, cada uno cumpliendo con una actividad definida. La peculiaridad es que tienen un controlador que está relacionado con un actuador y que puede o no tener retroalimentación, en otras palabras, un elemento que le dice a otro lo que debe hacer y en qué momento lo debe hacer. Existe una forma de hacer extensivo el diseño, y que sea entendible para cualquier persona con conocimientos básicos, por medio de los diagramas a bloques donde se indica claramente si se añade un proceso a otro, se divide un proceso o se tienen retroalimentaciones de algún punto. Es decir, que la salida de un elemento provoque una acción en otro, por ejemplo, el cierre o apertura de una válvula, la transmisión de energía captada por una fotocelda hacia un circuito en particular dentro de un sistema doméstico o industrial.

Existe un amplio horizonte en relación al diseño y funcionamiento de sistemas de energías renovables, así como de su lectura y posible solución de problemas. La siguiente figura muestra un ejemplo muy básico de un sistema controlado de llenado de líquido al contenedor con retroalimentación. El propósito es que se tiene que tener lleno el tanque, pero sin que se derrame el agua, por lo tanto, el flotador le manda una orden a la válvula que se cierre y no permita más paso de agua cuando esté lleno el recipiente, cuando el nivel baje entonces deberá de mandarle orden de abrirse y permitir el paso del líquido hasta que vuelva a llenarse.



Sistema básico de medición de nivel.

En otro ejemplo una planta termoeléctrica, la cual funciona a base de vapor de agua, y las calderas deberán mantenerse a un nivel óptimo de líquido para aportar el vapor suficiente para accionar las turbinas mismas que a su vez producirán energía eléctrica

2.3.1. Diagramas a bloques

Los diagramas a bloques muestran los pasos de un proceso de transformación de una energía a otra. Muestra un elemento, pieza, componente, etc., por medio de recuadros que identifican a cada una de las etapas de la su evolución, donde encontraras y debes tener en cuenta los siguientes elementos de control:

- Proceso a controlar
- Variable Controlada
- Variable Manipulada
- Señal de referencia
- Error o señal actuadora
- Perturbación
- Elemento de medición
- Controlador
- Elemento final de control
- Entrada
- Salida

En la siguiente lectura podrás encontrar la definición de cada una de las variables del sistema de control, su definición y ejemplificada en las páginas 11 y 22 correspondientes al tema uno llamado *Introducción a los sistemas de control* que se te solicita que **leas** del Libro Teoría de Control, Jean F. Dulhoste.



Ahora que ya leíste el documento tienes las bases para poder diseñar un sistema básico de energías renovables, como un pequeño sistema fotovoltaico aplicado a una casa, donde puedes mostrar las partes involucradas de un proyecto y tener clara la función de cada una de las partes del sistema.

A continuación, observa el siguiente diagrama a bloques de un sistema híbrido fotovoltaico-eólico, en donde a los diagramas a bloques se les puede añadir otros diagramas complementarios, como pueden ser diagrama isométrico de tuberías (presenta la inclinación y orientación de los tramos de tubo en dimensiones), diagramas de servicios de vapor, agua, retornos, etc., diagramas de ubicación y elevación de los equipos.

Todos los diagramas anteriores asociados al diagrama principal permiten tener un menor grado de error en el proceso, por ejemplo, la generación de energía por un sistema hidroeléctrico que se desea controlar.

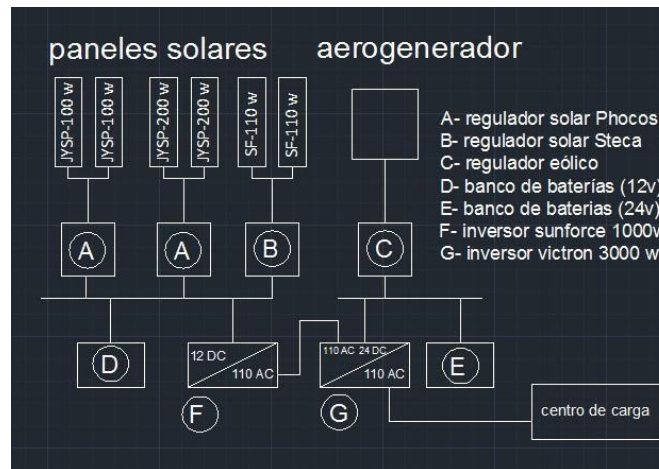


Diagrama a bloques de un sistema híbrido fotovoltaico-eólico. Tomado de Solarweb, (2012).

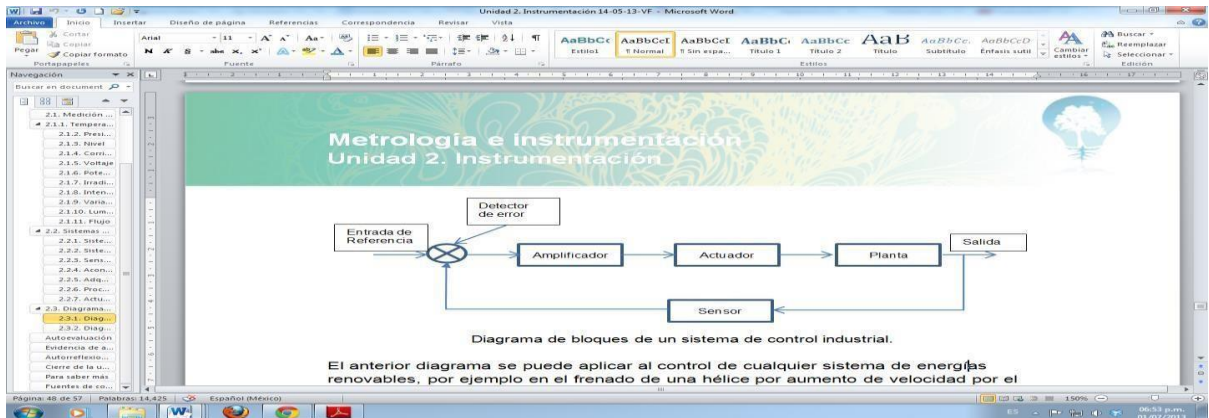


Diagrama de bloques de un sistema de control industrial.

El anterior diagrama se puede aplicar al control de cualquier sistema de energías renovables, por ejemplo, en el frenado de una hélice por aumento de velocidad por el viento.

2.3.2. Diagramas esquemáticos

Los diagramas esquemáticos son la representación simbólica eléctrica o electrónica, que sirve para su simulación y posteriormente la implementación a partir de un diagrama a bloques.

Ahora bien, el hecho de hacer diagramas esquemáticos permite revisar más a fondo el funcionamiento de cada bloque del sistema y poder detectar fallas antes de que el sistema sea armado.

La generación de diagramas esquemáticos es posible realizarla con diferentes softwares, algunos de ellos de formato libre y otros con licenciamiento, los podrás encontrar en la siguiente página web llamada *Circuits today*, prácticamente vienen todos los existentes. <http://www.circuitstoday.com/circuit-design-and-simulation-softwares>

Por lo tanto, se deberá hacer un diagrama esquemático por cada bloque que se presente, así se podrá cubrir en su totalidad el sistema.



A continuación, se muestra un ejemplo de los apartados mencionados.

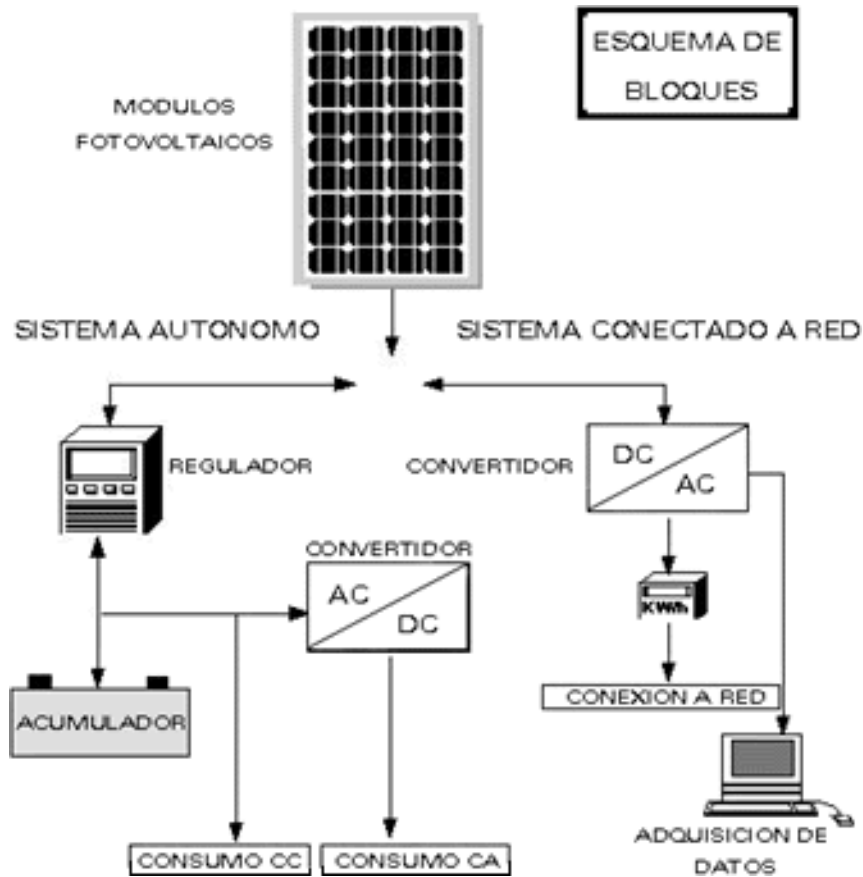


Diagrama a bloques de un sistema fotovoltaico híbrido.
Tomado de Eliseosebastian. com, (2012).

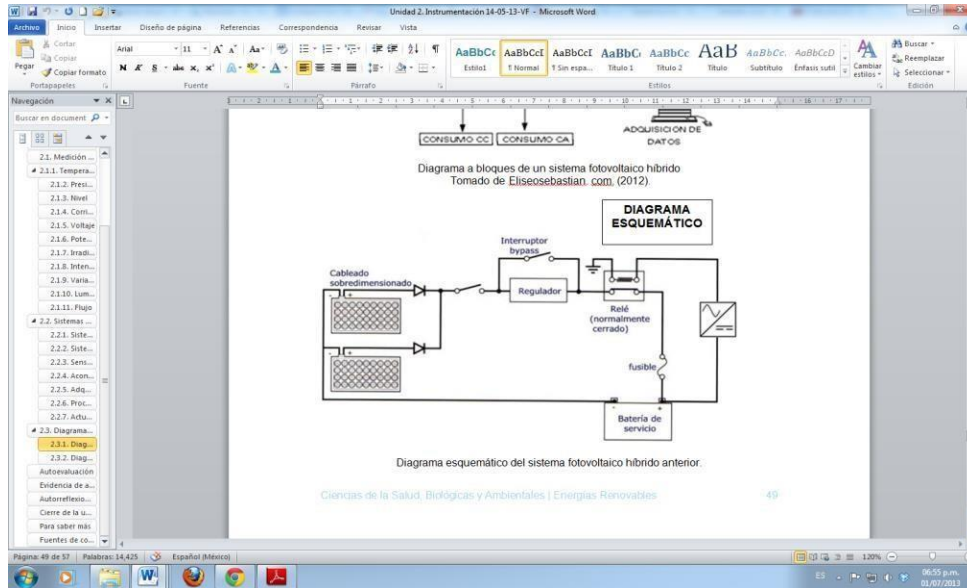


Diagrama esquemático del sistema fotovoltaico híbrido anterior.
Tomado de Eliseosebastian, (2012).

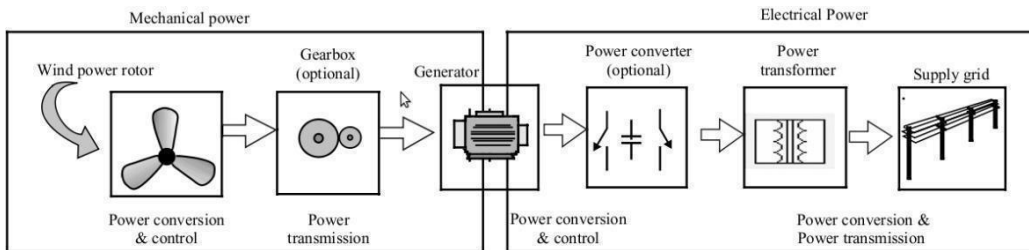


Diagrama esquemático de un sistema eólico
Tomado de Miraez, (2010).



Cierre de la unidad

En esta unidad has recorrido un gran terreno dentro de las mediciones e instrumentos, te habrás dado cuenta de la importancia que tienen los sistemas instrumentados para los sistemas de energías renovables para asegurar el funcionamiento correcto del proceso, ya que las características de calidad vienen en forma medible y se necesita que los instrumentos sean confiables en su uso y lectura de variables, dado que la confiabilidad en la medición es uno de los principales objetivos de un sistema de instrumentación.

Te habrás dado cuenta que, la relación entre el ser humano y los instrumentos de medición es muy importante, saber tomar las lecturas, instalarlos en el punto adecuado para la medición de la variable en el sitio, usar el instrumento correcto, tener y leer los manuales de los instrumentos, identificar y saber realizar la calibración, por todo esto es importante tener un sistema de instrumentación correcto y eficiente.

En cada subtema del tema 2, se mostró una variable física, el instrumento con el que se puede medir y ejemplos de cómo influyen en cualquier sistema de energía pero especialmente enfocado a los de energías renovables, así pues has notado que sería complicado estar mirando toda una planta termoeléctrica, todo un parque eólico para determinar su funcionamiento, por lo que también se revisan temas de diagramación con los cuales te ayudaran cuando seas tú quien diseñe sistemas, simularlo y posteriormente poner en marcha el proyecto de forma real.

En la siguiente unidad revisarás cómo aplicar los conocimientos de esta unidad que ahora ya tienes en relación con los sistemas de energías renovables, así mismo aprenderás a manejar instrumentos reales, debido a que observarás las bondades de las tecnologías de la información y comunicación, donde permite manejar sistemas computacionales que puedes simular desde un pequeño circuito eléctrico hasta su interacción con módulos electrónicos o eléctricos.

Recuerda que vas a ser un profesional destacado en el área de sistemas de energías renovables y eso te hace más responsable ante la sociedad y el medio ambiente, te invito a que sigas con la guardia en alto.



Fuentes de consulta



Bibliografía básica

1. BUN-CA. (2002). *Manuales sobre energía renovable: Eólica/ Biomass Users*. Costa Rica.
2. Burbano, S., Burbano, E., Gracia, C., (2003). *Física General*. Madrid. Editorial Tebar. P. 420
3. Cooper, W., Helfrick, A. (1991). Instrumentos indicadores electromecánicos. (Cap. 4), En Cooper, W., Herlifrck, A. (Ed.), *Instrumentación Electrónica Moderna y Técnicas de Medición*. (1ª. ed., pp. 57-60; 61-66). México: Prentice Hall.
4. Creus, A. (1997). Medida de Temperatura. (Cap. 6). En Creus, A. (Ed.), *Instrumentación Industrial*. (pp. 194-213; 224-236; 236-237; 237-242; 265-268; 277-295; 296-300;). Barcelona. Marcombo
5. Creus, A. (1997). Campo de medida de los instrumentos de temperatura. En Creus, A. (Ed.), *Instrumentación Industrial*. (pp. 233). Barcelona. Marcombo
6. Dulhoste, J., (2011). Introducción a los sistemas de control. (Cap. 1). En Dulhoste, J. (Ed.), *Teoría de Control*. (pp. 11-22). Venezuela: Universidad de los Andes.
7. Enríquez, G., (1998). 1.7 Potencia y energía eléctrica. En Enríquez, G. (Ed.), *El ABC de las instalaciones eléctricas residenciales*. (pp. 19-25). México. Limusa.



8. Pallás Areny, R. (2003). Introducción a los sistemas de medida. (Cap. 1). En Pallás Areny, R. (Ed.), *Sensores y Acondicionadores de Señal* (4ª ed., pp. 29-42; 32.35; 40-42; 173-192). Barcelona. Marcombo.
9. Pallás Areny, R. (2003). Introducción a los sistemas de medidas. (Cap. 1). En Pallás Areny, R. (Ed.), *Sensores y Acondicionadores de Señal* (4ª ed., pp. 29-42). Barcelona. Marcombo.
10. Pallás Areny, R. (2003). Sensores resistivos. (Cap. 2). En Pallás Areny, R. (Ed.), *Sensores y Acondicionadores de Señal* (4ª ed., pp. 54-94; 173-192). Barcelona. Marcombo.
11. Pallás Areny, R. (2003). Sensores de reactancia variable y electromagnéticos. (Cap. 4). En Pallás Areny, R. (Ed.), *Sensores y Acondicionadores de Señal* (4ª ed., pp. 173-187; 187-216). Barcelona. Marcombo.
12. Pallás Areny, R. (2003). Sensores generadores. (Cap. 6). En Pallás Areny, R. (Ed.), *Sensores y Acondicionadores de Señal* (4ª ed., pp. 273-311). Barcelona. Marcombo.
13. Pallás Areny, R. (2003). Sensores digitales. (Cap. 8). En Pallás Areny, R. (Ed.), *Sensores y Acondicionadores de Señal* (4ª ed., pp. 359-379). Barcelona. Marcombo.
14. Pallás Areny, R. (2003). Otros métodos de detección. (Cap. 9). En Pallás Areny, R. (Ed.), *Sensores y Acondicionadores de Señal* (4ª ed., pp. 414-416). Barcelona. Marcombo.
15. Park, J., Mackay, S., Data Acquisition for instrumentation and control systems. (2003). *Diagrama funcional de adquisición de datos* Great Britain. Elsevier.

Bibliografía complementaria

1. Comité Consultatif de Thermométrie and Comité International des Poids et Mesures. (1990). France. Durand
2. Martín, R. Salcedo, R., (2011). *Mecánica de Fluidos. Tema 3. Medida de caudales.* (pp. 3-21). Alicante. Creative Commons



3. Tomasi, W., (2003) *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas* 4ª Edición. México, Prentice Hall
4. Bolton., W. (2001). *Mecatrónica*. (Cap. 1). En Bolton, W. (Ed.), *Mecatrónica*. (2ª e., pp. 1-11). Barcelona. Alfaomega

Fuentes electrónicas

1. Antusolar.cl. (2012). *Partes de un aerogenerador*.
2. Área Tecnología. (2012). Diagrama de un sistema controlado neumático. http://www.areatecnologia.com/NEUMATICA_archivos/circuito-neumatico.PNG
3. Bueno, A. (2009). Actuator cilíndrico lineal. http://www.portaleso.com/usuarios/Toni/web_neumatica/neumatica_indice.html
4. Centro de Aragonés de Tecnologías para la Educación. (2012). *Figura que muestra los tipos de radiación solar y la conexión de un panel fotovoltaico*.
5. Circuits today. (2013). *List of Circuit design / analysis / simulation software*.
6. Di Stéfano, S., Mondelo, I. (2012). *Sensores luminiscentes para monitorear la contaminación*. Argentina: Universidad Nacional de Rosario.
7. Eliseosebastian. Com. (2012). *Diagrama a bloques de un sistema fotovoltaico híbrido*.



8. Eliseosebastian. Com. (2012). Diagrama a bloques de un sistema fotovoltaico híbrido.
9. Energía UNAM. (2010). *Sitios con potencial eólico*.
<http://energiaunam.files.wordpress.com/2010/03/mapa-eolico-de-mexico1.jpg>
10. Eliseo Sebastián. (2011). *Consultor en gestión de Medio Ambiente*
11. Eliseo Sebastián. (2011). *Diagrama de un sistema fotovoltaico híbrido doméstico*.
12. Festo didactic. (2008). *Actuadores Neumáticos Rotativos* [Video]. Disponible en:
<http://www.youtube.com/watch?v=-65-t7ST6Tw>
13. Fotos digitales. (2011). *Veleta mecánica*.
14. La ciencia es más fácil. (2013). *Contador de revoluciones*. <http://electricidad-tekno.blogspot.mx/2010/03/mecanismo-levas-y-excentricas.html>
15. Maikontrol. (2013). *Tabla con los diferentes tipos de termopares*.
16. Miraez, (2010). Diagrama esquemático de un sistema eólico.
http://jmirez.files.wordpress.com/2010/11/unidad_eolica.jpg
17. PCE-Instruments. (2007). *Representación esquemática de la visualización láser estándar del pirómetro LS-Plus*.
18. PCE-Instruments. (2007). *Diagrama del punto de medición del pirómetro LS-Plus*.



19. S.A. (2005). *Fuerza Coriolis*.
<http://200.58.146.28/nimbus/weather/pdf/cap7.pdf>
20. S.A. (2005). *Rosa de los vientos*.
<http://200.58.146.28/nimbus/weather/pdf/cap7.pdf>
21. Sapiensman. (2012). Cilindro telescópico.
22. Sensoroniz. (2011). *Sensores inductivos o de reluctancia*.
<http://www.sensoronix.com/00img/p06.gif>
23. Solarweb. (2012). Diagrama a bloques de un sistema híbrido fotovoltaico-eólico.
24. Tendencias tecnológicas. (2010). *Crean un dispositivo que genera energía a partir del calor del cuerpo*.
25. Villasuso Gato, J. (2000). Circuitos de corriente alterna.