

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Teoría básica de Instrumentación

Instrumentación es el proceso de aplicar técnicas, herramientas y conocimientos para la selección, instalación y calibración de dispositivos que sirven para medir, registrar, detectar o controlar una o más variables, con el objeto de mantener monitoreado o controlado un proceso industrial o equipo, manteniendo las variables dentro de un rango determinado, alertando de errores o corrigiéndolos, tanto de manera manual como automatizada, de tal manera que se optimicen procesos, tiempos, costos y se incremente la seguridad tanto del operador como del equipo.

Dichas variables pueden ser magnitudes físicas, magnitudes químicas o características que varían respecto al tiempo, además debe ser factible su medición o control. En este contexto se denominan típicamente como variables de medición, variables de instrumentación o variables de proceso.

En la Tabla 1 se muestra una clasificación de variables de instrumentación y algunos ejemplos.

Tabla 1. Clasificación de variables de instrumentación.

Variable	Ejemplos
Térmicas	Temperatura, calor específico
Radiación	Radiación nuclear, radiación electromagnética, efectos acústicos
Fuerza	Momento, presión
Velocidad	Flujo, rapidez, aceleración
Cantidad	Masa, número de autos
Tiempo	Tiempo, frecuencia
Geométricas	Posición, contorno
Propiedades físicas	Densidad, humedad, viscosidad

Composición química	Conductividad, cantidad de sales disueltas
Eléctricas	Voltaje, corriente, capacitancia

La manera típica en que se mide alguna variable de instrumentación es mediante un sensor, que es un dispositivo integrado por una serie de mecanismos sensibles a la detección de la variación de alguna variable de instrumentación, convirtiendo dicha magnitud de detección en una señal útil para ser interpretada. Dicha señal útil, puede ser de distintos tipos, en la Tabla 2 se muestra una clasificación y ejemplos.

Tabla 2. Clasificación de señales a la salida de un sensor.

Señal	Descripción	Ejemplos
Eléctrica	Transforma una variación de la variable medida en una señal eléctrica.	Voltaje, corriente, relación de voltaje y corriente.
Tiempo modulado	Se tiene una señal modulada que varía de acuerdo a la variación de alguna variable de medición.	Duración de pulsos, frecuencia.
Movimiento	Se tiene una manifestación de forma o movimiento como respuesta a una variación en la variable medida.	Desplazamiento líquido, movimiento mecánico, movimiento de un haz de luz, fuerza mecánica.

Dentro del proceso de Instrumentación, también se puede hablar del control, aunque no necesariamente se Instrumenta con este fin, ya que dependerá del objetivo que se tenga, por ejemplo en el caso de que se quisiera instrumentar un colector solar instalado en una casa habitación con fines de conocer la eficiencia del mismo, probablemente sólo sea necesario tener un registro de las variables de instrumentación, será conveniente entonces almacenar cada determinado tiempo la presión de alimentación y la presión de salida del colector, las temperaturas de entrada y salida, así como el gasto que se tiene a la salida del colector, por lo tanto el objetivo primordial de instrumentar este proceso sería el monitoreo de las variables. Por el contrario si se quisiera posteriormente tener un rango de temperatura determinado a la salida del colector solar, de tal manera que este no aumentara excesivamente cuando la radiación solar se encuentra al máximo, podría implementarse un sistema que aumentara o disminuyera la presión de una bomba que alimente el agua al colector solar, de tal manera que al tener una temperatura alta a la salida, el flujo dentro del colector solar aumente para que el agua recorra la estructura en menor tiempo y con ello tenga menor contacto solar. Para este caso el fin de instrumentar sería monitorear y además controlar variables de medición.

Al hablar de sensores o instrumentos de medición, se observa que estos tienen diversas características de gran importancia y que ayudan a elegir el sensor indicado para la aplicación que se quiere realizar, en la Tabla 3 se muestran algunas de estas características y se hace una breve descripción.

Tabla 3. Descripción de las características más comunes en dispositivos de medición.

Característica	Descripción
Exactitud	Se refiere a la capacidad de un instrumento de medición, de dar lecturas muy próximas al valor real de la variable de instrumentación.
Precisión	Se refiere a la tolerancia de medición, definiendo así un rango de error entre el cual estará el valor real de la variable de instrumentación.
Campo de medida	Es el rango o conjunto de valores, dado por un límite inferior y un límite superior y que definen la capacidad de lecturas que el instrumento puede registrar o transmitir.
Alcance	Se refiere a la diferencia algebraica entre el límite superior y el inferior del campo de medida del instrumento.
Error	Se trata de la diferencia algebraica entre el valor dado o transmitido por el instrumento de medición y el valor real de la variable de instrumentación.
Zona muerta	Se refiere al rango de valores de la variable de instrumentación que no hace variar al instrumento y por lo tanto no se obtiene una respuesta.
Sensibilidad	Es el valor mínimo que debe de cambiar la variable de instrumentación para que se obtenga un cambio en la lectura del instrumento.
Repetibilidad	Se trata de la capacidad del instrumento de dar lecturas similares ante mismas condiciones de la variable de instrumentación.
Histéresis	Se refiere a la diferencia de lectura que se obtendría del instrumento para el mismo valor real de la variable de instrumentación, tanto para una lectura en sentido ascendente como una en sentido descendente.
Sensibilidad al ruido	Es la capacidad del instrumento, de ignorar perturbaciones que pueden interferir en la lectura de la variable de instrumentación.
Fiabilidad	Capacidad del instrumento de seguir dando una lectura dentro de los límites de error a pesar de cambios en las condiciones del medio.
Resolución	Se refiere a la magnitud entre los cambios en escalón que presenta el instrumento a lo largo del campo de medida.
Linealidad	Se refiere a la aproximación de la curva de calibración del instrumento a una línea recta.
Estabilidad	Se refiere a la capacidad del instrumento de dar rápidamente una lectura dentro del rango de error aceptable, al presentarse cambios bruscos en la variable de instrumentación.
Temperatura de servicio	Rango de temperatura en el cuál se espera que el instrumento ofrezca fiabilidad.
Vida útil	Tiempo mínimo en el cuál se espera que el instrumento trabaje sin modificar sus características específicas de operación.

Existe una gran variedad de dispositivos empleados en Instrumentación, de tal manera que en conjunto pueden formar un sistema completo de Instrumentación. Mencionarlos todos implicaría definir una gran lista que además se modifica con gran rapidez dado que con frecuencia salen al mercado nuevos productos para nuevas aplicaciones, o se diseñan sensores para las mismas variables de instrumentación pero con un principio de funcionamiento distinto e innovador, a continuación se presenta una lista con algunos de estos dispositivos clasificados según su funcionamiento.

Instrumentos indicadores:

Son ampliamente usados cuando se requiere tomar lecturas de una manera local y manual, estos instrumentos o sensores, presentan una carátula graduada o un *display* digital numérico donde se indica la lectura actual de la variable de instrumentación.

Instrumentos ciegos:

Son aquellos que no presentan un medio por el cual el usuario pueda obtener una lectura, estos dispositivos tienen como función emitir algún tipo de aviso cuando se ha alcanzado algún valor de variable previamente definido. Un ejemplo de instrumentos ciegos es una alarma de humo.

Instrumentos registradores:

Son instrumentos con la capacidad de registrar variaciones todo el tiempo que se encuentran activos, por ejemplo un sismógrafo que va registrando mediante una línea continua vibraciones en determinado punto.

Elementos primarios de medición:

Son aquellos instrumentos que se encuentran en contacto con la variable de instrumentación de tal manera que pueden absorber energía del mismo para modificar una lectura. Por ejemplo una báscula aprovecha el peso de un objeto para mover una aguja que indicará una lectura.

Trasmisores:

Son dispositivos muy convenientes en la mayoría de las aplicaciones de Instrumentación, ya que modifican una señal de salida preparándola para el medio de transmisión, la adecúan, amplifican y convierten en una señal estandarizada de tal manera que se puede simplificar el sistema de Instrumentación.

Receptores:

Reciben una señal que ha sido modificada para viajar adecuadamente por algún medio de transmisión convirtiéndola en una señal distinta que pueda ser interpretada por un nuevo elemento, por ejemplo convertirla en una señal digital estandarizada de tal modo que sea reconocida por un ordenador.

Controladores:

Son elementos programados o programables que actúan de cierta manera según la señal de entrada. La señal recibida por un controlador es procesada y con base a ciertos parámetros realiza alguna acción específica previamente definida.

Actuadores:

Son dispositivos altamente usados en control ya que mediante una determinada señal de entrada son capaces de realizar una acción que modificará un sistema, por ejemplo el abrir o cerrar una válvula modificando así un flujo, el aumentar o disminuir la velocidad de un motor o la potencia en una bomba.

Normatividad en la Instrumentación.

La Instrumentación es ampliamente usada en gran número de procesos, industrias y se implementa en un gran número de aplicaciones, por lo tanto existen también muchos desarrolladores y fabricantes de dispositivos y aplicaciones, generalmente un sistema de Instrumentación no está constituido por elementos del mismo fabricante por diversas razones, tales como ahorro en costos, conveniencia de diseño o que muchas veces los fabricantes se especializan en sensores de solo algunas variables. Es por lo anterior que buscando la homologación de los elementos presentes en un sistema de instrumentación surgen normas y estándares para la fabricación de los mismos y para la definición de nomenclatura empleada en el proceso de Instrumentación.

Por mencionar algunas Sociedades presentes en la normalización referente a Instrumentación, se tiene a la Sociedad de Instrumentos de América (ISA, por sus siglas en inglés) y la Sociedad Americana de Fabricantes de Aparatos Científicos (SAMA, por sus siglas en inglés).

Para ejemplificar se hace referencia a la norma ISA-S5.1-84 de ANSI/ISA del año 1984 y con rectificación en el año 1992, sobre Instrumentación de medición y control la cuál es una recomendación y no una norma de carácter obligatorio. En esta norma, entre otras cosas, se especifican códigos de letras y números con los cuáles se deben identificar dispositivos y donde se contenga de manera concreta información sobre la función del dispositivo y algunas de sus características.

Un concepto sumamente ligado a la Instrumentación y que presenta una gran serie de conceptos, tecnologías, estándares, entre otros, es telemetría y a continuación se analiza la teoría básica.

1.2 Teoría básica de Telemetría

Telemetría es el proceso por el cual una medición remota de variables de medición puede ser almacenada, mostrada o expuesta a un proceso de transmisión o algún tipo de procesamiento. La palabra *telemetría* procede de las palabras griegas *tele* ("lejos") y *metron* ("medida").

El envío de información hacia el operador en un sistema de Telemetría se realiza típicamente mediante comunicación inalámbrica, aunque también se puede realizar

por otros medios (par trenzado, redes de ordenadores, enlace de fibra óptica, etcétera).

La telemetría fue desarrollada por necesidades de guerra, teniendo sus inicios a mediados de la primera guerra mundial. El uso de los sistemas de telemetría tuvo gran aceptación durante inicios del siglo XX.

El uso de telemetría va muy ligado al empleo de la Radiofrecuencia, de ahora en adelante RF y más recientemente con la tecnología GSM/GPRS. Con el uso de RF o GSM/GPRS se transporta la información de un lugar a otro. Si se habla de sistemas de telemetría inalámbricos nos enfocamos en aplicaciones típicamente de milicia como el monitoreo y control de aviones y misiles, entre otros, además del control de satélites que como se puede inferir, de aquí surgen un gran número de aplicaciones. Refiriéndonos a sistemas de telemetría alámbricos, las aplicaciones típicas son plantas de procesos químicos, estaciones de generación de energía y procesos industriales, entre otros.

Componentes de un sistema básico de Telemetría:

Se parte de uno o varios sensores, entre los sensores más comunes se encuentran los que miden temperatura, presión, flujo, corriente, presencia, vibración, aceleración, entre otros. En seguida tendremos circuitos de conversión que harán compatible la señal de salida de los sensores con la señal necesaria a la entrada de un oscilador, si se tuvieran más de un sensor, será necesario emplear un multiplexor. Existen en el mercado dispositivos que realizan estas dos últimas tareas de manera conjunta, recibiendo las señales de salida de varios sensores y dando una sola señal multiplexada de salida que puede ser demultiplexada fácilmente mediante software. A la salida del oscilador se obtiene una señal cuya variación en frecuencia es proporcional a las variaciones en la magnitud de la variable de medición. En la Figura 1 se muestra el diagrama a bloques de un sistema básico de Telemetría.

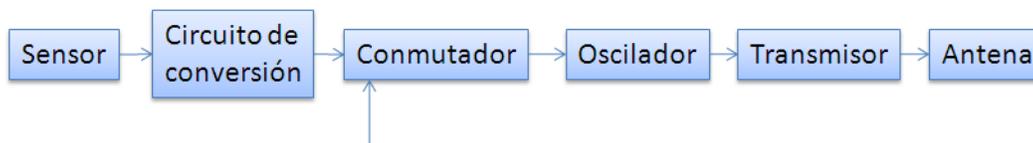


Figura 1. Diagrama a bloques de un sistema básico de telemetría.

La Figura 1 hace referencia a un sistema de telemetría inalámbrico, en el caso de un sistema alámbrico, se reemplazaría el último bloque por un cable por ejemplo.

Tipos básicos de códigos de modulación empleados en Telemetría.

A continuación se describe brevemente los tipos básicos de códigos generalmente empleados en sistemas de Telemetría.

PAM (Pulse Amplitude Modulation) donde la información se lleva en los cambios de amplitud de los pulsos.

PDM (Pulse Duration Modulation), en este caso la amplitud de los pulsos es constante, la información se lleva en la variación de la duración de los mismos.

PPM (Pulse Position Modulation), es similar a PDM excepto porque un pulso corto se usa en lugar de un pulso variando en el tiempo.

PDM forma de onda, diferenciado y diferenciado rectificado. Son muy similares a PDM pero emplean una potencia media menor aunque al ser más cortos en tiempo requiere mayor ancho de banda.

En la Figura 2 se muestran ejemplificados los códigos antes mencionados.

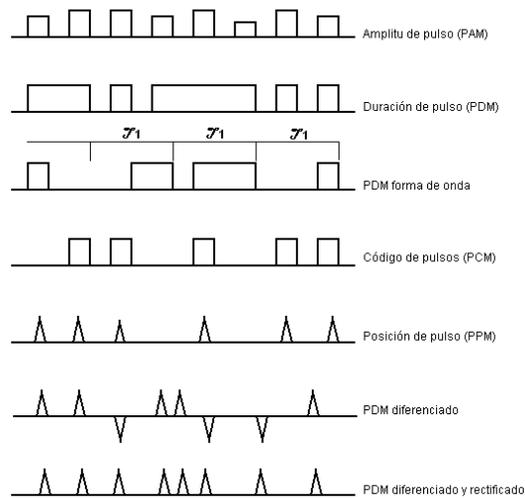


Figura 2. Códigos básicos de modulación empleados en telemetría.

A lo largo de los años se ha creado una gran variedad de instrumentos y dispositivos de telemetría, al igual que las técnicas de transmisión han evolucionado teniendo cada vez un mayor alcance y códigos más sofisticados.

La telemetría se utiliza en grandes sistemas, tales como las naves espaciales o las plantas químicas, debido a que facilita la monitorización automática y el registro de las mediciones, así como el envío de alertas, con el fin de que el funcionamiento sea seguro y eficiente. También es muy empleada en satélites, perforación de pozos petroleros, sistemas de diagnóstico del tiempo, autos de competición, entre muchos otros ejemplos.

1.3 Descripción del problema

Se tiene que instrumentar una planta desaladora instalada en el Edificio 8 del Instituto de Ingeniería de la UNAM, dicha planta desaladora emplea el principio de osmosis inversa y es parte de un proyecto piloto que coordina el proyecto IMPULSA 4.

Se requiere conocer el comportamiento y la eficiencia de la planta ante distintas condiciones, según las características del agua a desalar y empleando distintos tipos de membranas. Por lo tanto es indispensable que dicha planta desaladora esté instrumentada y además se implemente un sistema de telemetría que muestre de manera remota y en tiempo real los procesos que se llevan a cabo y los datos que de esto se derivan. Dicho sistema de Telemetría deberá llevar la información del Edificio 8 al sexto piso de la Torre de Ingeniería, donde se encuentran las oficinas del Proyecto IMPULSA 4.

Cabe destacar que para este caso, se quiere tener sólo monitoreo de variables y no control de los procesos de la planta desaladora.

Durante el diseño del sistema de telemetría debe considerarse que en futuras aplicaciones la planta desaladora podría cambiar su ubicación y por lo tanto las condiciones del medio, por ejemplo, la distancia entre transmisor y receptor o la topografía del entorno. A lo largo de este documento y de la descripción del procedimiento de instrumentación e implementación del sistema de telemetría, se explicará a detalle las consideraciones que se han de tomar para un posible cambio de entorno.

Al llevar a cabo un proceso de instrumentación y telemetría el interesado se encontrará con que hay una gran cantidad de posibilidades y no hay reglas específicas para su implementación, es decir, se debe aplicar la teoría pero se debe adaptar a las condiciones y factores como son, tipo de variables a medir, número de sensores a emplear, presupuesto, futuro aumento del número de sensores, cantidad de información a transmitir y distancia que se quiere cubrir para acceso remoto, entre otros.

A continuación se describen los procedimientos de instrumentación y telemetría abordados y la resolución de los problemas encontrados.

1.4 Objetivo

Instrumentar una planta desaladora e implementar un sistema de Telemetría, entre el Edificio 8 y la Torre de Ingeniería, del Instituto de Ingeniería de la UNAM, tal que se pueda monitorear en tiempo real, presión, temperatura y conductividad, visualizando la información mediante una interfaz gráfica de monitoreo.