



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS
DE HIDALGO**

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA



**MONITOREO DE VARIABLES DE CALIDAD DEL AGUA CON LA INTERFASE
LABQUEST Y SENSORES VERNIER**

TESIS

PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO EN ELECTRONICA

PRESENTA:

JOSE JUAN GARCIA JUAREZ

ASESOR:

DOCTOR EN INSTRUMENTACION Y CONTROL:

GILBERTO GONZALES AVALOS

Morelia; Michoacán. Diciembre 2013

CONTENIDO

CAPITULO I

INTRODUCCION	1
1.1 Medición de variables físicas.	1
1.2 Importancia del agua.	3
1.3 Objetivo.	4
1.4 Importancia y límites de la investigación.	4
1.5 Justificación.	4
1.6 Metodología de la investigación.	5
1.7 Contenido de la tesis.	5

CAPITULO 2

ANTECEDENTES DE SISTEMAS DE INSTRUMENTACION	6
2.1 Introducción.	6
2.1.1 Errores Aberrantes	6
2.1.2 Errores Sistemáticos	6
2.1.3 Errores del Sistema	7
2.1.4 Errores Aleatorios.	7
2.2 Antecedentes de sistemas de instrumentación.	9
2.3 Introducción a los sistemas de instrumentación y control.....	11
2.4 Etapas de un sistema de instrumentación y control.	13
2.4.1 Transducción.	13
2.4.2 Acondicionamiento de Señal	14
2.4.3 Conversión Analógica Digital	14
2.4.4 Transmisión de Datos	14
2.4.5 Procesado	15
2.4.6 Visualización y Registro	15
2.4.7 Transmisión de Órdenes	15
2.4.8 Conversión Digital Analógica	15
2.4.9 Acondicionamiento de la Salida	15
2.4.10 Actuación	16
2.5 Tipos de sistemas de instrumentación y control.	16
2.6 Interfaces, dominio de datos y conversiones.	17

2.7 Características estáticas de los transductores.	18
2.7.1 Exactitud o Precisión (Accuracy).	18
2.7.2 Fidelidad (Precision).	18
2.7.3 Repetibilidad (Repeatability).	19
2.7.4 Linealidad (Linearity).	19
2.7.5 Sensibilidad (Sensitivity)	20
2.7.6 Resolución (Resolution.)	21
2.7.7 Rango (Range).	21
2.8 Características dinámicas de los transductores.	21
2.9 Clases de sensores.	22
2.10 Fundamentos de la física y química del agua.	23
2.11 Variable de temperatura.	25
2.11.1 Medición de temperatura	27
2.12 Variables de flujo y caudal.	29
2.12.1 Medición del caudal.	30
2.13 Variable de PH.	35
2.13.1 Medición de PH	37
2.14 Variable de conductividad (TDS).	39
2.14.1 Medición de la Conductividad.....	44
2.15 Variable de Turbidez	45
2.15.1 Medición de turbidez	47

CAPITULO 3

LA TARJETA DE ADQUISICION DE DATOS LABQUEST	50
3.1 Características de LabQuest.	50
3.2 Recopilación de datos con LabQuest.	53
3.3 Introducción a LabQuest App.	54
3.3.1 Uso del lápiz para examinar los datos	54
3.3.2 Seleccione una región para estadísticas.....	55
3.3.3 Seleccione una región para Ajuste de curva	55
3.3.4 Ejecuciones múltiples	56
3.4 Características adicionales de LabQuest App.....	57
3.4.1 La pantalla LabQuest App	57
3.5 Medidores de la pantalla.	60

3.6 Pantalla de gráfico.	66
3.7 La pantalla de tabla.	70
3.8 Herramientas adicionales de LabQuest.	75
3.9 Llaves de hardware en el LabQuest.	79
3.9.1 Cuidados de LabQuest.....	80

CAPITULO 4

ANALISIS APLICADO A LA CALIDAD DEL AGUA.	81
4.1 Introducción.	81
4.2 Descripción del sensor de temperatura.	81
4.2.1 Funcionamiento la sonda de temperatura de acero inoxidable.	82
4.2.2 Tolerancia química de la sonda.	83
4.2.3 Medición de temperatura.	83
4.2.4 Test de medición de temperatura.	84
4.3 Descripción del sensor de turbidez.	86
4.3.1 Funcionamiento del sensor de turbidez.	87
4.3.2 Medición de turbidez.	88
4.3.3 Test de medición de turbidez.	90
4.4 Descripción del sensor de conductividad.	93
4.4.1 Funcionamiento de la sonda de conductividad.	95
4.4.2 Medición de conductividad.	97
4.4.3 Test de TDS con sonda de conductividad.....	99
4.5 Descripción del sensor de PH.	102
4.5.1 Funcionamiento del sensor de PH.	103
4.5.2 Medición del PH.	103
4.5.3 Test de medición de valores de PH.	105
4.6 Descripción del sensor de velocidad de flujo.	110
4.6.1 Almacenamiento y mantenimiento del sensor de velocidad de flujo.	110
4.6.2 Funcionamiento del sensor de velocidad de flujo.	111
4.6.3 Selección del Sitio de recolección.	113
4.6.4 Medición de caudal.	114
4.6.5 Test de medición de valores de Caudal.	117
CONCLUSIONES	119
BIBLIOGRAFIA	120

Índice de figuras

Figura 2. 1 Inicios del control industrial	10
Figura 2. 2 Medición y control	11
Figura 2. 3 Esquema de Instrumentación y control	12
Figura 2.4 Fidelidad y exactitud	18
Figura 2.5 Tipos de respuesta a la linealidad en transductores	20
Figura 2. 6 Curva de calibración del sensor	20
Figura 2.7 Incidencia de temperatura.	26
Figura 2. 8 Termómetro bimetálico.....	28
Figura 2. 9 Termopar	28
Figura 2.10 Medición con placa - orificio y transmisor de presión diferencial	32
Figura 2.11 Principio Venturi	32
Figura 2.12 Tuvo pilot	33
Figura 2.13 Medidor de área variable	34
Figura 2.14 Medidor de turbina	35
Figura 2.15 Esquema de un PH metro	38
Figura 2.16 Conductividad en medios líquidos.....	39
Figura 2.17 Ejemplo de medición de la resistividad en líquidos.....	41
Figura 2.18 Saturación de Conductividad eléctrica	43
Figura 2.19 Turbidez y transparencia del agua	46
Figura 2.20 Claridad del agua.	46
Figura 2. 21 Diferenciación entre Fotometría y Nefelometría	48
Figura 2. 22 Estándares de formacina expresados en NTU/FTU.	49
Figura 3.1 Interfaz LabQuest.	50
Figura 3.2 Características de LabQuest.	52
Figura 3.3 Pantalla de inicio de LabQuest.	53
Figura 3.4 Sensor acoplado a LabQuest.	54
Figura 3.5 Recolección de datos	54
Figura 3. 6 Selección de un punto de interés.	55
Figura 3.7 Selección de estadísticas.	55
Figura 3.8 Ajuste de curva del grafico	56
Figura 3.9 Interpolación del grafico	56
Figura 3.10 Ejecuciones múltiples.	57
Figura 3.11 Características adicionales de LabQuest.	57
Figura 3.12 Menú archivo	58
Figura 3.13 Operaciones de archivo.	59
Figura 3.14 Configuración de parámetros de recolección.	59
Figura 3.15 Menú sensores	60
Figura 3.16 Configuración de sensores activados en LabQuest.	60
Figura 3.17 Modo de recolección de datos.	62
Figura 3.18 Modo de eventos de entrada	62
Figura 3. 19 Modo eventos seleccionados	63

Figura 3.20 Cambio de unidades	64
Figura 3.21 Calibración del sensor en LabQuest.	65
Figura 3.22 Configuración del gráfico.	67
Figura 3.23 Menú analizar.	68
Figura 3.24 Ajuste de la curva de un gráfico.	69
Figura 3.25 Modelo de ajuste de la curva	69
Figura 3.26 Selección de predecir el dibujo de un gráfico.	70
Figura 3.27 Predicción de dibujo.	70
Figura 3.28 Pantalla de tabla	71
Figura 3.29 Menú de tabla	71
Figura 3.30 Nueva columna calculada.	72
Figura 3.31 Menú de notas	73
Figura 3.32 Medición de absorbancia con el espectrómetro	74
Figura 3.33 Configuración del espectrógrafo.	75
Figura 3.34 Herramientas adicionales de LabQuest.	76
Figura 3.35 Calculadora científica.	76
Figura 3.36 Tabla periódica de LabQuest.	77
Figura 3.37 Panel de control de LabQuest.	78
Figura 3.38 Sistema de información de LabQuest.	78
Figura 3.39 Configuración de idioma.	79
Figura 3.40 Sensor de temperatura Vernier.	81
Figura 3.41 Temperatura de agua en el ambiente	85
Figura 3.42 Temperatura en el punto de ebullición de la solución concentrada de salmuera.	85
Figura 3.43 Temperatura punto en el punto de ebullición de solución concentrada de sacarosa	86
Figura 4.1 Sensor de turbidez Vernier.	87
Figura 4.2 Vista superior de la turbidez	88
Figura 4.3 Muestra de calibración 100 NTU.	90
Figura 4.4 Turbidez de agua destilada	91
Figura 4.5 Turbidez sitio 1.....	91
Figura 4.6 Turbidez sitio 2.....	92
Figura 4.7 Turbidez del agua potable	92
Figura 4.8 Sensor de Conductividad Vernier	94
Figura 4.9 Conductancia de una placa	96
Figura 4.10 Medición de conductividad y Grafica de proporcionalidad.	97
Figura 4.11 Conductividad en el sitio 1	99
Figura 4.12 Medición de corriente en el sitio 1	99
Figura 4.13 Conductividad sitio 2	100
Figura 4.14 Medición de la corriente sitio 2	100
Figura 4.15 Medición en agua potable.	101
Figura 4.16 Sensor de PH Vernier	102

Figura 4.17 PH en solución buffer 10.	106
Figura 4.18 PH con LabQuest y PH metro en solución buffer.	106
Figura 4.19 Medición del PH en el sitio 1	107
Figura 4.20 PH en el sitio 2	107
Figura 4.21 PH en el sitio 2.	108
Figura 4.22 Medición de PH con papel indicador.	108
Figura 4.23 Sensor de velocidad de flujo.	110
Figura 4.24 Flujo en las aspas.	111
Figura 4.25 Desplazamiento de sedimentos	112
Figura 4.26 descripción de flujos.	112
Figura 4.27 Representación de selección de sitios a muestrear	113
Figura 4.28 División del área transversal del canal.	114
Figura 4.29 Medición de la profundidad.	114
Figura 4.30 Utilización de los extensores.....	115
Figura 4.31 Colocación del sensor en el flujo.	115
Figura 4.32 Medición de caudal en sitio 1.	117
Figura 4.33 Medición de caudal en sitio 2.	117

Índice de tablas

<i>Tabla 2.1 Escala de PH</i>	35
<i>Tabla 2.2 Ejemplos de Conductividad</i>	40
<i>Tabla 2.3 Equivalencias de conductividad</i>	42
<i>Tabla 4.1 Valores obtenidos durante el muestreo.</i>	84
<i>Tabla 4.2 Valores de turbidez obtenidos</i>	93
<i>Tabla 4.3 Valores de Conductividad obtenidos</i>	101
<i>Tabla 4.4 Calidad del agua de riego en base a salinidad</i>	102
<i>Tabla 4.5 Valores de PH obtenidos</i>	109
<i>Tabla 4.6 Valores de caudal obtenidos</i>	118

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 Medición de variables físicas.

La relación que existe entre el ser humano y las variables físicas, químicas, eléctricas, mecánicas, etc. En su entorno es inevitable. Desde hace cientos de años el ser humano ha tratado de conocer entender y aplicar los conocimientos obtenidos en la vida diaria. El desarrollo de las diferentes tecnologías a lo largo de la primera mitad del siglo XX dio lugar a una paulatina elevación de la complejidad de los sistemas e hizo que fuesen muchas las variables que tienen que ser vigiladas y controladas. Pero dichas actividades no pueden ser realizadas de forma directa por el ser humano debido a que carece de suficiente capacidad de acción mediante sus manos y de sensibilidad y rapidez de respuesta a los estímulos que recibe mediante sus sentidos.

Por ello se planteó el desarrollo de equipos capaces de procesar y memorizar variables que constituyen sistemas de tratamiento de la información.

Por ejemplo en nuestra casa tenemos distintos aparatos que se han ido sofisticando por mencionar esta la lavadora que determina el tiempo de lavado y secado automático.

Los procesos industriales exigen el control de la fabricación de diversos productos obtenidos. Los procesos son muy variados y abarcan muchos tipos de productos. La fabricación de los productos derivados del petróleo, de los productos alimenticios, la industria cerámica, las centrales generadoras de energía, la siderurgia, los tratamientos térmicos, la industria papelera, la industria textil, etc.

En todos los procesos la mayoría de las variables no son eléctricas por lo que es absolutamente necesario controlar y mantener constantes algunas magnitudes, tales como la presión, el caudal, el nivel, la temperatura, el PH, la conductividad, la velocidad, la humedad, etc. Por ello, el acoplamiento (interface) entre el sistema electrónico y el proceso productivo se debe realizar a través de dispositivos que conviertan las variables no eléctricas en eléctricas y que reciben el nombre de sensores. Los instrumentos de medición y control permiten el mantenimiento y la regulación de estas constantes en condiciones más idóneas que las que el propio operador podría realizar.

Se denomina sistema a la combinación de dos o más elementos, subconjuntos y partes necesarias para realizar una o varias funciones; esta función es la asignación objetiva y empírica de un número a una propiedad o cualidad de un objetivo o evento, de manera que la describa, el resultado de la

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

Los objetivos de la medida pueden ser: la vigilancia o seguimiento de procesos, el control de un proceso, puede ser una necesidad de la ingeniería experimental como sucede con el estudio de la distribución de temperaturas en el interior de una pieza irregular. Las medidas en prototipos son además necesarias para verificar los resultados de los modelos desarrollados en un ordenador.

La realización de una medida implica además de la adquisición de la información, el procesamiento de dicha información y la presentación de resultados de manera que puedan ser percibidos por nuestros sentidos. Cualquiera de estas funciones puede ser local o remota, implicando en este segundo caso, la necesidad de transmitir la información.

Medir significa comparar una magnitud de valor desconocido con una magnitud de referencia de igual especie, previamente elegida, que se denomina unidad de medida.

La medida de una magnitud física es el proceso mediante el cual se designa un valor numérico a la cualidad deseada, de acuerdo con una regla predeterminada basada en la experimentación (no exclusivamente en el raciocinio). La medida permite representar dicha cualidad mediante señales, que pueden ser procesadas mediante instrumentos electrónicos.

Las medidas se pueden clasificar en directas e indirectas. En una medida directa, el valor numérico de la magnitud se obtiene a partir de una sola lectura de un instrumento. En una medida indirecta, dicho valor se obtiene a partir de una ley que relaciona los valores de las magnitudes con la de interés. Las medidas directas no excluyen que internamente, el instrumento convierta unas magnitudes en otras, o realice cálculos con determinados resultados, antes de la presentación del resultado final.

La exactitud de un instrumento de medida es la propiedad que caracteriza su capacidad de dar un resultado próximo al verdadero valor de la magnitud medida.

La repetibilidad de un instrumento de medida es la propiedad que caracteriza su capacidad de dar siempre el mismo resultado, al medir la misma magnitud, prescindiendo de si coincide o no con el verdadero valor de esta. Esta se designa a veces con el término ("precision" en inglés), pero en castellano exactitud ("accuracy" en inglés) y precisión se suelen considerar como sinónimos. Pero está claro que repetibilidad y exactitud son conceptos distintos.

La reproducibilidad se refiere al mismo hecho que la repetibilidad, pero cuando se determina el mismo parámetro con un conjunto de medidas a largo plazo, o realizadas por distintas personas con distintos aparatos.

La resolución es un instrumento de medida es la propiedad que caracteriza su capacidad de reaccionar a pequeños cambios de la magnitud medida. Tener buena resolución es condición necesaria pero no lo suficiente para tener un instrumento de medida adecuado.

La sensibilidad la razón entre la respuesta en la salida a un estímulo en la entrada. A menudo se expresa la entrada requerida para tener: una salida a escala completa o una salida apenas perceptible, a menudo sensibilidad y resolución suelen considerar como sinónimos pero sensibilidad se refiere más bien, a la posibilidad de discriminar dos valores muy cercanos entre sí. La sensibilidad se expresa cuantitativamente mediante la tasa de cambio de la medición respecto del cambio en la especie sensada.

Dichos aspectos se retomaran en el capítulo siguiente.

1.2 Importancia del agua.

El agua es una de las sustancias más imprescindibles para el ser humano. Su uso y consumo es indispensable y vital para todo ser. Transciende desde los hogares hasta las grandes industrias. Sirvió de base para la evolución de la vida y hoy es esencial prácticamente para la evolución humana y el desarrollo de diversas actividades esenciales. Bien podría decirse que es el recurso más precioso que la tierra provee a la humanidad.

Se entiende por agua para uso y consumo humano aquella que no contiene contaminantes objetables. Ya sean químicos, sustancias orgánicas, minerales o agentes infecciosos, no cause efectos nocivos para la salud y además no tiene color olor ni sabor.

El agua del planeta se distribuye de la siguiente manera:

- 97.5 % es agua salada; ocupa mares y océanos.
- 2.5 % es agua dulce: el 1,71 % es hielo y se halla en los casquetes polares.
- El 0.75 % es agua subterránea.
- El 0.02 % es **permafrost** en las regiones polares.
Sólo el 0.01 % del agua total del planeta es superficial (ríos- lagos- lagunas) o atmosférica (vapor de agua).

En México La CNA (Comisión Nacional del Agua) señala que del volumen total de agua concesionada, alrededor del 75% se destina al uso agrícola, un 9% al uso industrial y el 14% restante, para uso público.

Es de no extrañarse que la importancia del agua en la vida diaria del ser humano implique y exija un control de la calidad del agua que es utilizada.

1.3 Objetivo.

El objetivo del presente trabajo de tesis es identificar variables que influyen en la calidad del agua, analizar con los sensores Vernier y LabQuest, a su vez comparar los resultados con instrumentos de medición convencionales.

Así mismo, aprender la importancia de la calidad del agua en uso doméstico, agricultura y aplicaciones en la industria. Además de conocer algunos otros instrumentos utilizados para la medición de dichas variables particularmente en la industria. Finalmente crear conciencia en la comunidad de Sabino de Santa Rosa, acerca de la calidad del agua potable que se está utilizando para el consumo y el agua de riego para el ejido.

1.4 Importancia y límites de la investigación.

La investigación acerca del “Análisis de Calidad del Agua Mediante Sensores Vernier”, aporta un conocimiento avanzado a quien lo estudia y aplica, tendrá una relevancia importante para los lectores y para todo interesado en el tema. Científicamente es de gran importancia en cuanto a la utilidad de la misma, ya que puede ser aplicada en varias áreas por medios tecnológicos.

Algunas de las limitaciones para esta investigación fueron, entre, otros, el poco conocimiento de variables químicas presentes en el agua, otra de las limitaciones fue dentro del aspecto teórico en los sensores Vernier y la interface Lab Quest, ya que la teoría al alcance solo pudo ser obtenida mediante la página de internet de Vernier.

1.5 Justificación.

El tema ya mencionado “Análisis de Calidad del Agua Mediante Sensores Vernier”, fue escogido ya que aun con los avances científicos y tecnológicos es de poca relevancia para gran parte de la humanidad. La idea de estudiar este tema surge del interés por el mismo, ya que aprender a determinar y valorar las variables de calidad del agua en diversas aplicaciones. A su vez relacionar los conocimientos adquiridos con áreas de instrumentación.

1.6 Metodología de la investigación.

Durante el desarrollo de este estudio se estableció la siguiente metodología:

En el inicio se comenzó por recabar información relacionada con las variables que impactan con la calidad del agua, así como los instrumentos de medición de las mismas. Posteriormente se realizó la descripción de la interfaz a utilizar. Finalmente se realizaron las mediciones del sitio elegido utilizando los sensores vernier y la interface, donde además se compararon los resultados obtenidos con algunos de los instrumentos de medición convencionales y se efectuó el análisis de las condiciones del agua en el sitio.

1.7 Contenido de la tesis.

El presente estudio está constituido por cuatro capítulos, a continuación se dará una breve explicación de los contenidos de cada uno de ellos.

El capítulo uno es una presentación del panorama general que abarca desde la naturaleza de las mediciones y sus errores, hasta la importancia del agua.

El capítulo dos muestra el marco teórico que trata desde cómo empezó la necesidad de instrumentar y automatizar tareas cada vez más rutinarias y de alto riesgo, así como las características esenciales de los sensores, la descripción de algunas de las variables que impactan en la calidad del agua y los instrumentos que se utilizan para medirlas.

En el capítulo tres se describe las características físicas y técnicas de la interface LabQuest, así como los menús y funciones con las que cuenta.

El último capítulo abarca los resultados obtenidos mediante la interface LabQuest y los sensores vernier, así como la comparación con instrumentos convencionales de medición de las variables que se analizan en el desarrollo de esta investigación.

Finalmente se presentan las conclusiones a las que se llegaron después de realizar la investigación, sin olvidar la biografía que es parte fundamental del sistema teórico del presente trabajo. Ahora bien se pretende que esta investigación demuestre que el monitoreo con la interface LabQuest y los sensores Vernier, son una herramienta práctica, útil y confiable para infinidad de niveles de estudio.

CAPITULO 2

ANTECEDENTES DE SISTEMAS DE INSTRUMENTACION

2.1 Introducción.

Se dice que en la medida hay un error cuando existe una discrepancia entre el resultado obtenido y el verdadero valor de la magnitud medida. Esta discrepancia no es sinónimo de incorrección, antes al contrario es inevitable que en toda medida se tenga un cierto error. Precisamente del conocimiento de este error se pueden deducir informaciones como la validez del método de medida empleado, o la corrección en la utilización de los instrumentos.

Además de conocer el error, en todas mediciones suele interesar también su reducción. El método de reducción depende del tiempo de error. Los errores que se presentan en un sistema de medida pueden clasificarse en aberrantes, sistemáticos, de sistema y aleatorios.

2.1.1 Errores aberrantes

Son aquellos que aparecen un número reducido de veces, respecto al total de medidas de la misma magnitud realizadas. Se denomina también errores parásitos, groseros, ilegítimos, o, simplemente equivocaciones.

Tal como sugieren estas denominaciones, el resultado de la medida que este afectado por un error de este tipo se considera que es falso. En consecuencia debe ser eliminado del conjunto de resultados obtenidos, después de haber repetido reiterativamente la medida.

2.1.2 Errores Sistemáticos

Son errores propios del operario, del método empleado para tomar las medidas o de las circunstancias en las que estas se realizan, aparece cuando al realizar sucesivas medidas de una magnitud con un determinado valor, y en las mismas condiciones, o bien permanece constante o varía de acuerdo con una ley definida al cambiar las condiciones de medida, producen un sesgo (bias) en las que medidas, si se detecta se puede corregir durante el proceso de calibración del sensor.

Normalmente, en todo instrumento hay simultáneamente errores sistemáticos multiplicativos, es decir, que dependen del valor de la magnitud medida, y aditivos, es decir, que no dependen del valor de la magnitud medida. Por eso suelen expresarse como “tanto por ciento de la lectura más el umbral”.

La presencia de errores sistemáticos puede ser descubierta si para medir se emplean dos instrumentos distintos o dos métodos distintos o cambiando de forma ordenada las condiciones de medida y viendo su repercusión en el resultado.

La causa de un error sistemático puede ser conocida y, en cambio, su eliminación puede que se poco práctica o incluso imposible. Puede también que sea desconocida, pero en cambio haya sido establecida empíricamente en función de determinadas variables conocidas.

Cuando hay varias fuentes de errores sistemáticos conviene saber el valor máximo de cada una de ellas. Entonces para conocer el valor global hay que combinar todos los resultados. Si se procede a la suma de valores absolutos, los resultados pueden ser muy conservadores. Si se procede a una suma cuadrática se está suponiendo que las fuentes del error son independientes, cosa que no siempre es cierta. No obstante este último método es el más utilizado.

En cualquier caso, la expresión de la indeterminación en la medida debe ser coherente con el número de cifras del resultado de esta.

Algunos ejemplos son: Errores de medida, de calibración, de montaje, de alimentación o de ruido eléctrico debido a un mal apantallamiento.

2.1.3 Errores del Sistema

Si las condiciones de funcionamiento de los sensores cambian pueden producirse errores en sus medidas. Estos errores pueden deberse a modificaciones del entorno (humedad, temperatura, polvo, etc.) o al propio sistema (fricciones, no linealidades, roturas, etc.). Para su detección y corrección es necesaria monitorizar el sistema adecuadamente, comparando las medidas realizadas con la media estándar de éstas.

2.1.4 Errores Aleatorios.

Son los que permanecen una vez eliminadas las causas de errores sistemáticos (y excluidos los errores aberrantes). Se manifiestan cuando se mide repetidamente la misma magnitud, con el mismo instrumento y el mismo método. Presenta las siguientes propiedades:

- 1) los errores aleatorios positivos y negativos de igual valor absoluto, tienen igual probabilidad de producirse.
- 2) Los errores aleatorios son tanto menos probables cuanto mayor sea su valor.
- 3) Al aumentar el número de medidas, la media aritmética de los errores aleatorios de un conjunto de medidas tiende a cero.
- 4) Para el método de medida determinado, los errores aleatorios no exceden de cierto valor.

Los errores aleatorios se determinan también errores accidentales o fortuitos. Lo cual da a entender que son inevitables. La ausencia de variaciones de unas a otras, cuando se está realizando una serie de medidas de la misma magnitud con el mismo sistema de medida, no es necesariamente una indicación de ausencia de errores aleatorios. Puede suceder por ejemplo que el instrumento no tenga suficiente resolución. Lo cual sucede habitualmente con los instrumentos electrónicos comunes, cuando se consideran varios instrumentos iguales, midiendo la misma magnitud, los errores sistemáticos de cada uno de ellos se tratan como errores aleatorios entre sí.

La presencia de errores aleatorios hace que, después de realizar una o varias medidas de una determinada magnitud, se tenga una incertidumbre, sobre el verdadero valor de este (valor exacto). Cuanto mayor es la incertidumbre más imprecisa es la medida. Puede suceder pues que en una medida sea exacta pero imprecisa, o que sea precisa pero inexacta.

En la práctica pueden presentarse errores sistemáticos y aleatorios simultáneamente. Incluso puede suceder que una misma fuente produzca ambos errores.

La consecuencia final de la presencia de errores de cada uno u otro tipo o de ambos, es una discrepancia entre el resultado medido y el valor real. La diferencia entre ambos errores se denomina error absoluto, el cálculo del error absoluto se realiza con la ecuación 2.1.

Error absoluto = resultado- verdadero valor  $\Delta x = x - x_0$ (2.1)

Maneras de expresar el error absoluto en porcentaje:

- Se expresa en % respecto al máximo valor que mide el instrumento (fondo de escala)
- Se expresa en % respecto a la diferencia entre valor máximo y mínimo mensurables.

Ejemplo: Medida de un voltaje en un voltímetro

Escala (máximo de 10 V=fondo de escala, mínimo 0.5V)

Valor exacto= x_0 = 3.75 V, resultado= x = 4.0

Error absoluto = 4.0 V - 3.75 V = 0.25 V

Error absoluto =En porcentaje con respecto a 10 V o al fondo de escala = 2.5 %

Error absoluto =0.25 V en porcentaje con respecto a 9.5V (máximo - mínimo) = 2.63 %

En cambio, el cociente entre el error absoluto y el verdadero valor de la magnitud se denomina error relativo, y suele expresarse en tanto por ciento, el cálculo del error relativo se realiza mediante la ecuación 2.2

$$\text{Error relativo} = \frac{\text{resultado} - \text{valor verdadero}}{\text{valor verdadero}} \quad (2.2)$$

Maneras de expresar el error relativo en porcentaje: $\frac{\Delta x}{x_0} * 100\%$

En general:

- Error relativo > 10 % es un mal resultado  17 % de error (muy pobre).
- Error relativo < 1 % es un resultado excelente  0.08 % (muy bueno).

Dentro de la instrumentación existen errores provocados por el propio instrumento. El error en la instrumentación posee dos componentes.

- Error de ganancia: es un error en el tamaño del rango (% de la lectura).
- Un valor de offset: se especifica cómo % del rango completo.

Error de instrumentación = $\pm$ (error de ganancia + error de offset) = $\pm$ (% de la lectura + % del rango).

Ambos errores deben ser facilitados por el fabricante y dependen a veces de la Tª y del tiempo que pasa desde la última calibración

2.2 Antecedentes de sistemas de instrumentación.

La Instrumentación y Control, como especialidad de Ingeniería, es aquella parte de la ingeniería que es responsable de definir el nivel de automatización de cualquier planta de proceso e instalación industrial, la instrumentación de campo y el sistema de control para un buen funcionamiento del proceso, dentro de la seguridad para los equipos y personas, de acuerdo a la planificación y dentro de los costos establecidos y manteniendo la calidad.

Otro concepto más técnico, diría que la instrumentación y control son aquellos dispositivos que permiten:

- **Capturar** variables de los procesos.
- **Analizar** las variables de los procesos.
- **Modificar** las variables de los procesos.
- **Controlar** los procesos.
- **Traducir** los procesos a unidades de ingeniería.

Como se verá más adelante, la especialidad de Instrumentación y Control requiere de una coordinación necesaria con casi todas las especialidades de un proyecto, lo que hace necesario unos mínimos conocimientos de casi todas ellas. En la actualidad, y al no existir unos estudios específicos que vayan enfocados a esta especialidad, un ingeniero de esta especialidad debe tener una combinación de ciertos conocimientos que la gran mayoría de las veces se adquieren con una buena base de formación y sobre todo con experiencia. Los procesos industriales exigen el control de la fabricación de los diversos productos obtenidos. Los procesos son muy variados y abarcan muchos tipos de productos como pueden ser derivados del petróleo, agua, vapor, gases, ácidos, pasta para producir papel, etc. teniendo todos ellos la necesidad de ser medidos y controlados, así como se deben mantener unas constantes dentro de unos márgenes establecidos. Haciendo un poco de historia, la instrumentación y el control nace de la necesidad de:

- **Optimizar los recursos** humanos, materias primas, y productos finales.
- **Producir productos competitivos** con un alto rendimiento.
- **Producir productos con características repetitivas.**
- Fomento del **Ahorro Energético.**
- Fomento de la **Conservación del Medio Ambiente.**

Para lo anterior, en los inicios de la industria, todas estas operaciones se llevaban de una manera manual utilizando instrumentos sencillos como pueden ser manómetros, termómetros, columnas manométricas, válvulas manuales, etc. En la figura 2.1 se observan las complicaciones del control manual.



Figura 2.1 Inicios del control industrial

Esta forma de medir y controlar un proceso era totalmente **manual y localizada en el área de proceso**. El complejo control de las variables implicaba una gran tarea de los recursos humanos incrementando tiempos de operación y producción, obsérvese la figura 2.2.

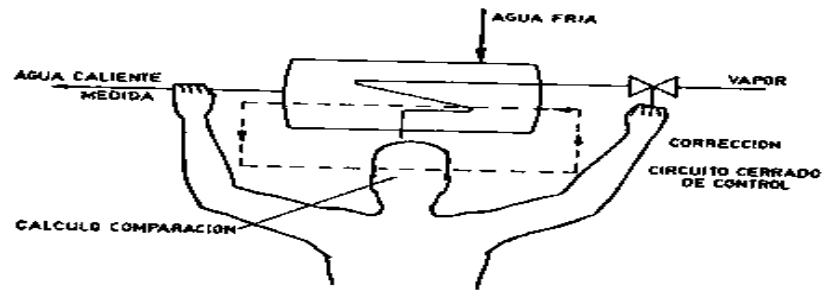


Figura 2.2 Medición y control

Como se puede entender, este tipo de control tiene unos inconvenientes como son:

- Simplicidad de los procesos. Difícil evolución debido al difícil control.
- Poca repetibilidad de los productos finales.
- Pérdidas energéticas
- Necesidad de muchos operadores.

Debido a las necesidades de mejora continua, los procesos se han ido desarrollando progresivamente lo que ha exigido que el grado de automatización de las instalaciones haya evolucionado en consecuencia. El siguiente paso fue el centralizar los instrumentos antes mencionados (termómetros, manómetros, etc.) en un panel centralizado.

De esta manera el proceso pasó a ser totalmente **manual y localizado fuera del área de proceso**. Este tipo de control tiene como inconveniente, adicionalmente a los ya comentados antes, el inconveniente de tener que llevar la variable de proceso hasta el panel de control con el peligro que ello conlleva. Pero tiene la ventaja de que el operador ya no tiene que estar localizado en el proceso, ahorrando a su vez las horas/hombre en horas de supervisión y control, así como haciendo más cómoda la situación de los operadores.

2.3 Introducción a los sistemas de instrumentación y control.

La palabra Sistema se utiliza en muy diversas áreas, pero en todas ellas su definición podría ser: "Conjunto de dos o más elementos interconectados entre sí para formar un todo unificado que tiene por objeto realizar una o varias funciones". El Sistema de Medida y Control es aquel que realiza funciones

de medición de magnitudes físicas, químicas, biológicas,... procesando estas informaciones para regular el funcionamiento del sistema físico que pretende controlar, según los datos obtenidos en el proceso de adquisición de datos y medición.

Algunos ejemplos de medida a efectuar por un sistema de control pueden ser: medida de la temperatura interna de un horno, medida de la posición o del esfuerzo en un brazo robot, etc.

Un esquema general para la gran mayoría de los sistemas de control se puede observar en la figura 2.3.

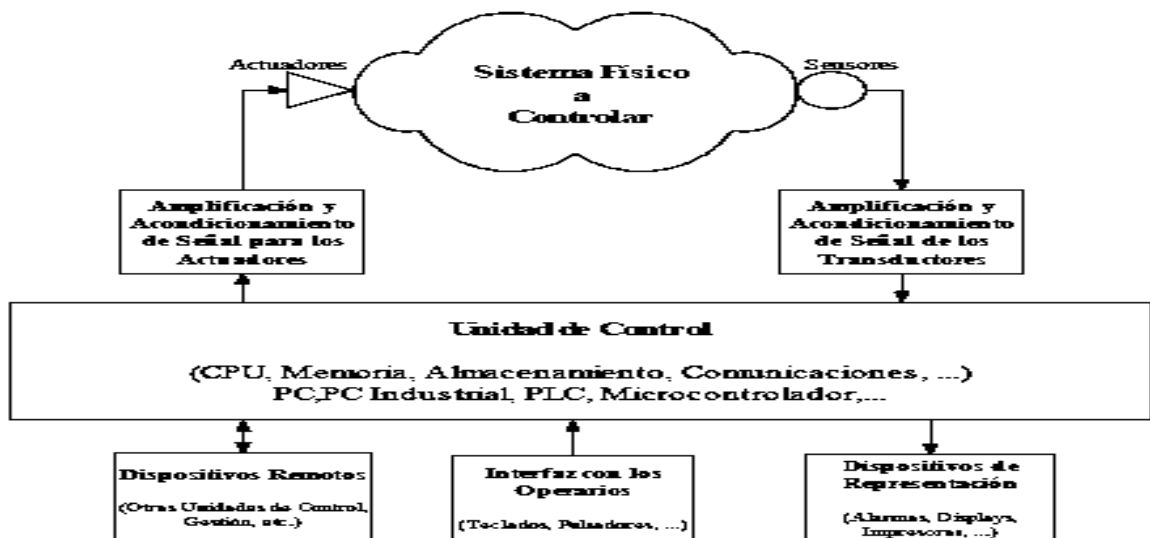


Figura 2.3 Esquema de Instrumentación y control

En primer lugar el sistema de control capta las magnitudes del sistema físico (presión, temperatura, caudal,...) mediante los Transductores (también denominados de una forma no muy exacta, Sensores). Los transductores generan una señal eléctrica que será amplificada y acondicionada para su correcta transmisión a la Unidad de Control. Para que la transmisión sea más inmune al ruido, normalmente se hace de forma digital, lo que requiere una conversión previa Analógica/Digital. Una vez recibidos, los datos serán tratados por la unidad de control (PC, autómatas programables, microcontrolador), que generará unas actuaciones de acuerdo con los objetivos previstos para el sistema. Ya que estas señales son de baja potencia se amplifican y envían a los Actuadores. La transmisión hacia los actuadores también puede ser digital, lo que requeriría de una conversión Digital/Analógica.

2.4 Etapas de un sistema de instrumentación y control.

Las etapas fundamentales de un Sistema de Instrumentación y Control son:

- 1) Transducción.
- 2) Acondicionamiento de Señal.
- 3) Conversión Analógica Digital.
- 4) Transmisión de Datos.
- 5) Procesado.
- 6) Visualización y Registro.
- 7) Transmisión de Órdenes.
- 8) Conversión Digital Analógica.
- 9) Acondicionamiento de la Salida.
- 10) Actuación.

Cada uno de los puntos anteriores supone un sistema completo que puede llegar a alcanzar una enorme complejidad. A continuación se van a describir someramente.

2.4.1 Transducción.

Un Transductor es aquel dispositivo que transforma una magnitud física (mecánica, térmica, magnética, eléctrica, óptica, etc.) en otra magnitud, normalmente eléctrica. Es necesario diferenciar el elemento sensor del transductor, ya que este último es un dispositivo más complejo que puede incluir un amplificador, un conversor A/D, etc. El Sensor es el elemento primario que realiza la transducción, y por tanto, la parte principal de todo transductor. La señal de salida de los transductores suele ser eléctrica, ya que esto supone una serie de ventajas:

- 1) Debido a la estructura electrónica de la materia, cualquier variación de un parámetro no eléctrico de un material vendrá acompañada de la variación de un parámetro eléctrico. Escogiendo un material adecuado a cada caso, es posible realizar transductores con salida eléctrica para medir cualquier magnitud física.
- 2) Dado que no es conveniente absorber energía del sistema a medir, es muy ventajoso la utilización de transductores de salida eléctrica, que puede ser amplificada posteriormente.

- 3) Las señales eléctricas pueden ser filtradas, moduladas, etc. gracias al gran número de circuitos integrados que facilitan estos recursos.
- 4) Existen multitud de recursos para registrar y presentar información de forma electrónica (LEDs, displays, bancos de memoria, PCs,...).
- 5) La transmisión de señales eléctricas es más versátil que la de otro tipo de señales, como las neumáticas o hidráulicas, que requieren equipos más costosos y difíciles de mantener. No obstante, se utilizarán estos sistemas en lugares donde el riesgo de incendio o explosión lo requieran.

2.4.2 Acondicionamiento de Señal

Los Acondicionadores de Señal, adaptadores o amplificadores, son los elementos del sistema de medida y control que reciben la señal de salida de los sensores electrónicos y la preparan de forma que sea una señal apta para usos posteriores (principalmente su procesado en un PLC o PC Industrial).

Los acondicionadores no sólo amplifican la señal, sino que también pueden filtrarla, adaptar impedancias, realizar una modulación o demodulación, etc.

Si se considera, por ejemplo, el caso en que una de las etapas de tratamiento de la señal de medida es digital, si la salida del sensor es analógica, que es lo más frecuente, hará falta un convertidor A/D. Éstos tienen una impedancia de entrada limitada, exigen que la señal aplicada sea continua o de frecuencia de variación lenta, y que su amplitud esté entre unos límites determinados, que no suelen exceder de 10V. Todas estas exigencias obligan a interponer un acondicionador de señal entre el sensor, que muchas veces ofrecen señales de apenas unos milivoltios, y el convertidor A/D.

2.4.3 Conversión Analógica Digital

La mayoría de sensores generan una señal de salida analógica. Si el controlador es un sistema digital, por ejemplo un PC, un autómata programable o un microcontrolador, habrá que digitalizar las señales para que éste pueda interpretarlas.

La conversión analógico-digital se realiza en dos etapas: primero se cuantifica la señal (representar la magnitud de la señal mediante un número finito de valores) y, posteriormente, se codifica (representar el valor mediante un código determinado: binario, Gray,...).

2.4.4 Transmisión de Datos

Una vez que las lecturas de los sensores han sido adaptadas al sistema de transmisión, se envían mediante éste al sistema de control para su procesamiento. La transmisión puede realizarse mediante líneas independientes o por buses. En función de la complejidad el sistema de control, la

transmisión puede ser a corta distancia o incluso a nivel mundial a través de redes WAN (*Wide Area Network*) e Internet.

2.4.5 Procesado

Una vez que los datos han sido recogidos del sistema y enviados al sistema de control, éste los analiza y calcula las actuaciones necesarias para cumplir los objetivos que se hayan especificado. Dada la potencia de los sistemas actuales, se pueden controlar sistemas mediante métodos de control avanzados, realizar cálculos matemáticos altamente complejos, aplicar redundancia al sistema de control en casos críticos, etc.

2.4.6 Visualización y Registro

La visualización del estado del sistema y su registro es una tarea fundamental en todo sistema de instrumentación. La visualización de variables importantes del proceso permite a un operario calificado valorar la calidad del control que está realizando el sistema, reajustarlo o tomar decisiones de otra índole. La presentación de alarmas de forma clara y llamativa permitirá a los operarios tomar medidas al respecto a la mayor brevedad posible.

El registro permite analizar la evolución del sistema más detalladamente para modificar estrategias, hacer estudios de rendimiento, etc.

La presentación de los resultados puede ser de forma analógica (óptica, acústica, o táctil) o numérica (óptica), el registro puede ser magnético o sobre papel, e incluso electrónico (memorias eléctricas), y exige siempre que la información de entrada este en forma eléctrica.

2.4.7 Transmisión de Órdenes

Una vez que las actuaciones han sido calculadas, éstas han de enviarse al sistema para que sean aplicadas por los actuadores. Al igual que en la transmisión de datos, las órdenes pueden enviarse a los actuadores mediante líneas independientes, por buses específicos, o por los mismos buses utilizados para la transmisión de datos.

2.4.8 Conversión Digital Analógica

Si el controlador está implementado con un sistema digital, puede ser necesario (dependiendo de la naturaleza del actuador) una conversión previa de la señal.

2.4.9 Acondicionamiento de la Salida

Normalmente esta etapa está compuesta por un amplificador de potencia que adapta la señal de salida del controlador al actuador.

2.4.10 Actuación

Los Actuadores o Accionadores son aquellos elementos que realizan una conversión de energía con objeto de actuar sobre el sistema a controlar para modificar, inicializar y corregir sus parámetros internos.

La actuación es la etapa final del proceso de control. Las órdenes son enviadas por el controlador y se aplican al sistema físico a través de los actuadores. Esta actuación modificará el estado del sistema, que volverá a ser medido por los transductores para realizar un nuevo bucle de control.

2.5 Tipos de sistemas de instrumentación y control.

Dependiendo del criterio que se utilice para clasificar los sistemas de instrumentación, estos pueden ser:

a) Atendiendo a la Naturaleza de las Señales:

- Analógico.- El controlador es un sistema analógico, normalmente electrónico. Las ventajas principales de los controladores analógicos son su velocidad y robustez. Su principal inconveniente es la imposibilidad de controlar sistemas complejos e implementar controladores avanzados.
- Digital.- El controlador es un computador digital, normalmente un PC industrial o un autómatas programable (PLC). La potencia de los sistemas digitales actuales permite que estos sistemas de control sean extremadamente eficientes, ya que se pueden resolver problemas de gran complejidad. Los sistemas digitales posibilitan la utilización de sistemas de registro como discos duros, cintas magnéticas, así como dispositivos de representación como displays, monitores, etc.
- Híbrido.- Los controladores híbridos intentan aprovechar las grandes ventajas de los sistemas digitales y la velocidad y robustez de los analógicos. Esta cohabitación se consigue mediante la jerarquización del sistema de control, es decir, se divide el problema de control en distintas capas que siguen una estructura piramidal, de forma que las capas inferiores realizan un control más sencillo partiendo de los parámetros y ajustes enviados por las capas superiores a ellas.

b) Atendiendo al Bucle de Control:

- Bucle Abierto.- No existe realimentación con el sistema y, por tanto, no se ajusta el controlador a la evolución del sistema físico. Los sistemas en bucle abierto se emplean para la monitorización o registro del sistema a controlar, pero no para su control.

- Bucle Cerrado.- La señales medidas por los transductores es comparada con una señal de referencia deseada, de forma que la discrepancia de estas señales implica la acción que debe tomar el controlador. Los controladores siempre deben ser en bucle cerrado para que se adapten a la evolución real del sistema.

c) Atendiendo a la Distribución del Sistema

- Centralizado.- El procesamiento y control corren a cargo de un único elemento central al cual han de llegar todas las medidas y del cual parten todas las actuaciones.
- Descentralizado.- El procesamiento se realiza en varios elementos coordinados entre sí, encargándose cada uno de ellos de un sector o zona.
- Distribuido.- La descentralización es aún mayor, siendo los sectores que controlan cada elemento mucho menores. La comunicación entre cada uno de estos controladores resulta fundamental.

2.6 Interfaces, dominio de datos y conversiones.

En los sistemas de medida, las funciones de transducción, acondicionamiento, procesamiento y presentación, no siempre pueden asociar a elementos físicos distintos. A demás, la separación entre el acondicionamiento y el procesamiento puede ser a veces difícil de definir, pero en general, siempre es necesaria una acción sobre la señal del sensor antes de su utilización final. Con el término interfaz se designa, en ocasiones, el conjunto de elementos que modifican las señales cambiando incluso el dominio de datos, pero sin cambiar su naturaleza, es decir, permaneciendo siempre en el dominio eléctrico. Se denomina dominio de datos al nombre de una magnitud mediante la que se representa o transmite información, El concepto de dominios de datos y el de conversiones entre dominios, es de gran interés para describir los transductores y los circuitos electrónicos asociados.

En el dominio analógico, la información está en la amplitud de la señal, bien se trate de carga, corriente, tensión o potencia. En el dominio temporal, la información no está en las amplitudes de las señales, sino en las relaciones temporales: periodo o frecuencia, anchura de pulsos, fase. En el dominio digital, las señales tienen sólo dos niveles. La información puede estar en el número de pulsos, o venir representada por palabras serie o paralelo codificadas.

El dominio analógico es, en general, el más susceptible a interferencias eléctricas. En el dominio temporal, la variable codificada no se puede medir, es decir, convertir al dominio de números, de forma continua, sino que hay que esperar un ciclo o la duración de un pulso, En el dominio digital, la obtención de números es inmediata.

La escritura de un sistema de medida refleja, pues, las conversiones entre dominios que se realizan, e influye particularmente en ella el que se trate de una medida directa o indirecta. Una medida física es directa cuando se deduce información cuantitativa acerca de un objeto físico o acción mediante comparación directa con una frecuencia.

En las medidas indirectas la cantidad de interés se calcula a partir de otras medidas y de la aplicación de la ecuación que describe la ley que relaciona dichas magnitudes. Los métodos empleados suelen ser siempre eléctricos.

2.7 Características estáticas de los transductores.

En muchos de los sistemas de medida, la variable de interés varía de forma lenta, así que basta con conocer las características estáticas del transductor. Si la evolución de la magnitud física es más rápida, será necesario conocer también las características dinámicas.

Algunas de las características estáticas más importantes se describen a continuación:

2.7.1 Exactitud o Precisión (Accuracy).

Representa la capacidad de un instrumento de medida de dar indicaciones que se aproximen al verdadero valor de la magnitud medida.

2.7.2 Fidelidad (Precision).

La fidelidad, es la capacidad de un instrumento de dar el mismo valor de la magnitud medida al realizar la medición varias veces en las mismas condiciones.



Figura 2.4 Fidelidad y exactitud

A la izquierda de la figura 2.4 puede observarse una representación de un sistema con alta fidelidad pero baja exactitud, mientras que en la segunda el sistema es más exacto pero menos fiable. Dado que en un sistema fiable el error es predecible y corregible, es más adecuado el primer caso que el segundo.

2.7.3 Repetibilidad (Repeatability).

Es el mismo concepto que la fidelidad, salvo que nos referimos a repetibilidad cuando las medidas se realizan en un corto espacio de tiempo. Se expresa con la ecuación 2.3:

$$\text{Repetibilidad} = \sqrt{\frac{\sum (S_i - S_n)^2}{N}} \quad (2.3)$$

Siendo 'Si' el resultado de las lecturas individuales, 'Sn' la media de las lecturas realizadas y 'N' el número total de lecturas.

2.7.4 Linealidad (Linearity).

En muchos casos se asume que la respuesta de los transductores es lineal, facilitando el diseño del sistema de medida y control. Esta suposición introduce errores debido a la no linealidad. Existen varios tipos de linealidad, en función de qué recta se toma como referencia:

- a) Linealidad Independiente.- La línea de referencia se define según el método de los mínimos cuadrados. Suele ser la mejor forma de representación.
- b) Linealidad ajustada a cero.- La recta se define por el método de los mínimos cuadrados, pero imponiendo que ésta pase por el origen.
- c) Linealidad terminal.- La recta se define entre los puntos de respuesta teórica del transductor con la mínima y la máxima entrada admisible.
- d) Linealidad a través de los extremos.- La recta se define entre los puntos de respuesta real del transductor con la mínima y la máxima entrada admisible.
- e) Linealidad teórica.- La recta se define en función de las previsiones teóricas formuladas al diseñar el transductor en la figura 2.5 se observan los diferentes tipos de linealidad.

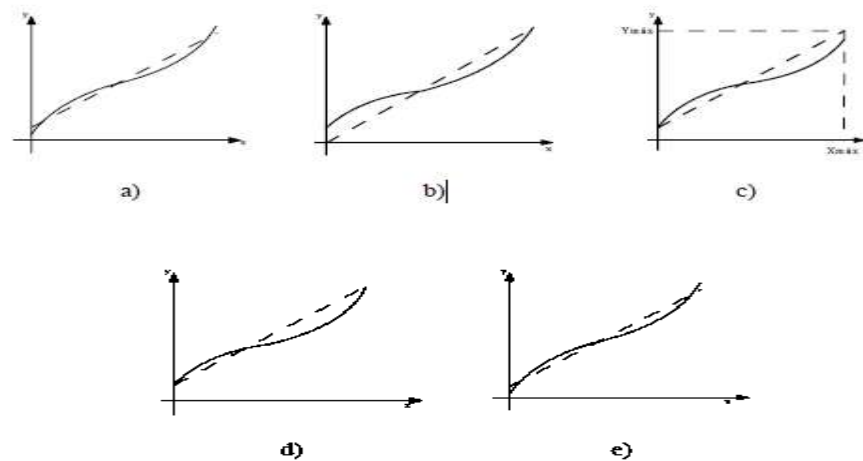


Figura 2.5 Tipos de respuesta a la linealidad en transductores

2.7.5 Sensibilidad (Sensitivity)

Se define la sensibilidad como la pendiente de la curva de calibración que relaciona la salida eléctrica del transductor con la magnitud física. Para un transductor cuya salida 'y' esté relacionada con la entrada 'x' mediante la ecuación $y=f(x)$, la sensibilidad en el punto 'xp' es calculada por la ecuación 2.4:

$$S_{xp} = \left. \frac{dy}{dx} \right|_{x = xp} \quad (2.4)$$

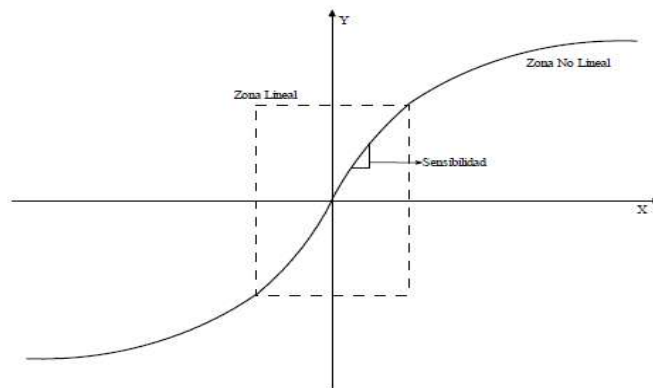


Figura 2.1 Curva de calibración del sensor

Interesa que la sensibilidad del transductor sea alta y lo más constante posible. Si la respuesta del transductor no es lineal, la sensibilidad variará a lo largo del rango de medida. Esto no es deseable. En otras palabras la sensibilidad es la razón entre el incremento de la señal de salida o de la lectura y el incremento de la variable que lo ocasiona, después de haberse alcanzado el estado de reposo.

En los transductores activos, la sensibilidad viene reflejada como $\frac{\text{Magnitud Eléctrica}}{\text{Magnitud Física}}$, mientras que en los transductores pasivos viene dada por las relaciones eléctricas $\frac{\text{Salida de Fondo de escala}}{\text{Tension de Alimentacion}}$.

2.7.6 Resolución (Resolution.)

La resolución de un transductor es la variación más débil de la magnitud física capaz de detectar. Si la mínima variación detectable es cero, se dice que el transductor tiene resolución infinita, y los límites de resolución vendrán impuestos por el aparato de medida. Es importante que el transductor tenga la resolución necesaria, ya que en defecto perjudicaría la calidad del sistema de instrumentación, y en exceso supondría un coste innecesario.

2.7.7 Rango (Range).

El rango define los límites superior e inferior entre los cuales puede realizarse la medida. No respetar el rango de medida de un transductor o un instrumento puede ocasionar un error grave en el sistema.

2.8 Características dinámicas de los transductores.

En los transductores y en los sistemas de medida se pueden encontrar elementos almacenadores de energía. Dichos elementos hacen que la respuesta del transductor a señales de entrada variables, sea distinta de la que presenta cuando las señales son constantes (Características Estáticas), por lo que se hace necesario describir las propiedades relacionadas con la evolución temporal de las salidas de los transductores, estas son las Características Dinámicas.

- 1) Error Dinámico.- Es la diferencia entre el valor indicado y el valor exacto de la variable medida, siendo nulo el error estático.
- 2) Velocidad de Respuesta.- Indica la rapidez con que el sistema de medida responde a los cambios en la variable de entrada.
- 3) Tiempo de Subida o *Rise Time* (t_r).- En los sistemas de primer orden y sobreamortiguados, es el tiempo transcurrido desde que la salida tiene el 10% de su valor final hasta que llega al 90% de dicho valor, aplicando un escalón a la entrada. En los sistemas subamortiguados, es el tiempo que tarda la salida en alcanzar su valor final por primera vez, aplicando un escalón a la entrada.

4) Tiempo de Establecimiento o *Settling Time* (t_s).- Es el tiempo que requiere el sistema para que su salida se asiente en un margen del valor final, normalmente el 2 ó 5%.

5) Sobreimpulso (M_p).- Es el valor máximo que sobrepasa la salida del sistema a su valor final. Se suele expresar en %. Las características dinámicas se estudian mediante la aplicación al transductor de señales de entradas variables tipo, como son la entrada impulsiva, escalón, rampa o sinusoidal. Una vez obtenida la respuesta del sensor, ésta se ha de comparar con las de los sistemas dinámicos, para así hallar la descripción matemática que lo modela. Los sistemas dinámicos más empleados son los de orden cero, uno y dos

2.9 Clases de sensores.

El número de sensores disponibles para las distintas magnitudes físicas es tan elevado que no se puede proceder racionalmente a su estudio sin clasificarlos previamente de acuerdo con algún criterio.

Según el aporte de energía, los sensores se pueden dividir en moduladores y generadores. En los sensores moduladores o activos, la energía de la señal de salida procede, en su mayor parte, de una fuente de energía auxiliar. La entrada sólo controla la salida. En los sensores generadores o pasivos, en cambio, la energía de salida es suministrada por la entrada.

Los sensores moduladores requieren en general más hilos que los generadores, ya que la energía de alimentación suele suministrarse mediante hilos distintos a los empleados para la señal. Además, esta presencia de energía auxiliar puede crear un peligro de explosiones en algunos ambientes. Por el contrario, su sensibilidad se puede modificar a través de la señal de alimentación, lo que no permiten los sensores generadores.

Según la señal de salida, los sensores se clasifican en analógicos o digitales. En los analógicos la salida varía, a nivel macroscópico, de forma continua. La información está en la amplitud, si bien se suelen incluir en este grupo los sensores con salida en el dominio temporal. Si es en forma de frecuencia, se denominan, a veces “casi digitales”, por la facilidad con que se puede convertir en una salida digital.

En los sensores digitales, la salida varía en forma de saltos o pasos discretos. No requieren conversión A/D y la transmisión de su salida es más fácil. Tienen también mayor fidelidad, mayor fiabilidad y muchas veces mayor exactitud, pero lamentablemente no hay modelos digitales para muchas de las magnitudes físicas de mayor interés.

Los sensores pueden ser de deflexión o de comparación, en el caso de sensores que funcionan por deflexión, la magnitud medida produce algún efecto físico, que engendra algún efecto similar, pero opuesto, en alguna parte del instrumento, y que está relacionado con alguna variable útil.

En los sensores que funcionan por comparación, se intenta mantener nula la deflexión mediante la aplicación de un efecto bien conocido, opuesto al generado por la magnitud a medir. Hay un detector del desequilibrio y un medio para restablecerlo.

Las medidas por comparación suelen ser más exactas porque el efecto conocido opuesto se puede calibrar con un patrón o magnitud de referencia de calidad.

El detector de desequilibrio sólo mide alrededor de cero, y por lo tanto, puede ser muy sensible y no necesita estar calibrado. Por el contrario tienen en principio menor respuesta dinámica y, si bien se pueden automatizar mediante un servomecanismo, no se logra normalmente una respuesta tan rápida como en los de deflexión.

Según el tipo de relación entrada-salida, los sensores pueden ser de orden cero, de primer orden, de segundo orden o de orden superior. El orden está relacionado con el número de elementos almacenadores de energía independientes que incluye el sensor, y repercute en su exactitud y velocidad de respuesta. Esta clasificación es de gran importancia cuando el sensor forma parte de un sistema de control en lazo cerrado. Para el estudio de un gran número de sensores se suele acudir a su clasificación de acuerdo con la magnitud medida. Se habla en consecuencia, de sensores de temperatura, presión, caudal, humedad, posición, velocidad, aceleración, fuerza, par, etc. Sin embargo esta clasificación difícilmente puede ser exhaustiva ya que la cantidad de magnitudes que se pueden medir es prácticamente inagotable. Este trabajo se centrará en la medición de algunas variables de calidad del agua en los temas siguientes se abordan algunas definiciones.

2.10 Fundamentos de la física y química del agua.

El agua es una sustancia fundamental en muchos procesos industriales en los que puede intervenir como:

- Materia prima de un proceso.
- Disolvente, diluyente o medio de transporte de otras materias.
- Medio de transporte térmico adicionando calor (agua caliente, vapor) o retirándolo (agua fría).
- Sistema auxiliar (lavado, limpieza, etc.).

Una condicionante para la implantación de la mayoría de industrias es la disponibilidad del agua en cantidad y calidad suficientes a las aplicaciones previstas.

Los múltiples usos a que se destina el agua (consumo urbano, agricultura, ganadería, producción de energía, e incluso el ocio, además de la industria y la creciente demanda la han convertido en un recurso limitado, cuando no escaso. Por otra parte, las residuales pueden ser la causa de un impacto ambiental cuyo control forma parte de los programas de bienestar social de cualquier gobierno. Todo ello ha significado una creciente intervención de las autoridades en gestión cuantitativa y en su regulación cualitativa.

La gestión de la calidad del agua es, por lo tanto, uno de los múltiples factores de la gestión industrial.

El agua natural puede contener una gran variedad de impurezas, características del ciclo hidrológico que ha experimentado previamente. El agua natural puede llegar directamente a la industria desde una captación independiente o a través de una red de suministro que probablemente entregara el agua con algunas modificaciones en su composición original. Cuando las impurezas representan elementos nocivos para el uso a que va destinada el agua lo denominamos contaminantes. Como también los afluentes están sujetos a unas calidades mínimas de vertido, establecidas para el cauce del receptor; si no cumple deben someterse a tratamientos que permitan la recuperación interna del agua.

Las técnicas de tratamiento de agua cubren una amplia variada de procesos de purificación. Si el agua fuese siempre pura o si siempre tuviese una composición constante de los contaminantes presentes, su acondicionamiento para uso industrial determinado seria simple y uniforme. Sin embargo este no es el caso, y la variabilidad de las impurezas, junto con las alternativas diferentes de tratamiento que podemos elegir, cada una óptima para las condiciones determinadas, requieren una evaluación experta, basada en conocimientos especializados.

El tratamiento tiene por objeto evitar la introducción de sustancia extrañas en un proceso de fabricación, los problemas asociados a la corrosión en usos energéticos, o la perturbación ecológica del medio receptor del agua residual.

Antes de proceder a una descripción de los procesos disponibles para mejorar la calidad de las aguas, es conveniente revisar los parámetros utilizados para definir su calidad. Algunos de estos parámetros se utilizan en el control de los procesos de tratamiento realizando mediciones de forma continua o discreta. Además de las definiciones se resumen sus tratamientos adecuados. Los parámetros se pueden clasificar en cuatro grandes grupos: físico, químico, biológicos y radiológicos.

Este trabajo solo se enfocara a la definición, aplicación y medición de algunos parámetros como son: Temperatura, Caudal, Determinación de pH, Conductividad y Turbidez. En los siguientes apartados se describe cada uno de ellos.

2.11 Variable de temperatura.

La temperatura del agua no es sólo importante para los que se dedican a la natación o a la pesca, pero también para las industrias y aún los peces y las algas. Mucha agua se utiliza para enfriar las plantas generadoras de energía que producen electricidad. Estas plantas necesitan enfriar el agua y generalmente la liberan posteriormente al ambiente más caliente que en su estado normal. La temperatura de esta agua que se regresa, puede dañar la vida acuática. También puede afectar la habilidad del agua para retener oxígeno y la habilidad de los organismos para resistir ciertos tipos de contaminantes.

La temperatura de un cuerpo de agua influye en su calidad general. La temperatura del agua fuera del rango "normal" de un arroyo o río puede causar daño a los organismos acuáticos que viven allí. Es por esta razón que el cambio en la temperatura del agua en una sección de una corriente se mide no sólo la temperatura en un solo lugar. Si los cambios de temperatura del agua, incluso por unos pocos grados en un tramo de un kilómetro de la corriente, podría indicar una fuente de la contaminación térmica.

La contaminación térmica causada por las actividades humanas es un factor que puede afectar la temperatura del agua. Muchas industrias utilizan agua de río en sus procesos. El agua es tratada antes de ser devuelta al río, pero es más cálido de lo que era antes. **Escorrentía** entrar una corriente de estacionamientos y techos es a menudo más caliente que la corriente y aumentará su temperatura en general, como se muestra en la figura 2.7 por la incidencia de la temperatura en el agua en el medio ambiente.



Figura 2.7 Incidencia de temperatura.

La sombra es muy importante para la salud de una corriente a causa de la influencia del calentamiento de la luz solar directa. Algunas actividades humanas pueden quitar los árboles de sombra de la zona que permitirá llegar más luz del sol al agua, haciendo que la temperatura del agua aumente.

Factores que afectan la temperatura del agua:

- Temperatura del aire.
- La cantidad de sombra.
- La erosión del suelo aumentando la turbidez.
- La contaminación térmica de las actividades humanas.
- Confluencia de los ríos.

Otro factor que puede afectar a la temperatura del agua es la temperatura del aire sobre el agua. La extensión de su influencia tiene mucho que ver con la profundidad del agua. Una corriente superficial es más susceptible a los cambios de temperatura de lo que sería en un río profundo.

Aunque muchos factores pueden contribuir al calentamiento de las aguas superficiales, pocos hacen que se enfríe. Una forma en que se puede enfriar la temperatura del agua es si el aire es frío. Un segundo método, natural de enfriamiento de un río o lago proviene de la introducción de agua fría de un afluente o de un manantial.

Un cambio en la temperatura del agua puede afectar la salud general de los organismos acuáticos, cambiando así la calidad de la corriente.

La temperatura del agua puede oscilar entre 0 ° C en el invierno a más de 30 ° C en el verano. El agua enfriada en una corriente general, se considera más saludable que el agua más

caliente, pero no hay normas definitivas. Los problemas ocurren generalmente cuando los cambios en la temperatura del agua se observan a lo largo de un arroyo en el mismo día.

Además de afectar las características físicas la temperatura es un factor determinante en la medición de algunas variables ya que modifica algunos parámetros con respecto al cambio que presenta.

2.11.1 Medición de temperatura

En el campo de la instrumentación, las mediciones de temperatura son de lo más común, sin embargo, si no se emplean las técnicas o los equipos adecuados, estas mediciones pueden ser erróneos y/o costosos. Algunos instrumentos de medición se describen a continuación:

Termómetro de vidrio

Este tipo de instrumento, es el más conocido por nosotros; consta de un tubo de vidrio hueco, con un depósito lleno de un fluido muy sensible volumétricamente a los cambios de temperatura.

Dependiendo del fluido usado, tendremos diferentes rangos de temperatura para este tipo de instrumento, los cuáles, vendrán limitados, por los puntos de solidificación y de ebullición de los antes citados fluidos. Algunos de estos son:

- Mercurio -35 a 280 °C
- Mercurio (tubo de gas) -35 a 450 °C
- Pentano -200 a 20 °C
- Alcohol -110 a 50 °C
- Tolueno -70 a 100 °C

Estos son frágiles, requieren de una posición específica para funcionar, además de tener un rango muy limitado de la variable.

Termómetros Bimetálicos

Todos los instrumentos de medición de temperatura utilizan algún cambio en un material para indicar la temperatura. Algunos de los efectos que se utilizan para indicar la temperatura son los cambios en las características físicas y variación en las dimensiones físicas. Una de las características físicas más importantes usadas en instrumentos de medida de temperatura es el cambio en la longitud de un material en la forma de expansión y contracción, obsérvese el termómetro bimetálico de la figura 2.8.

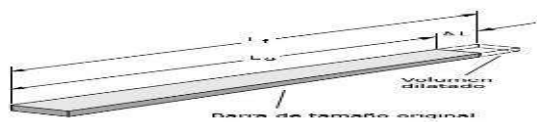


Figura 2.8 Termómetro bimetalico

Termopar

El termopar se basa en el principio, del efecto que fuera descubierto en 1821 por Seebeck, que establece que cuando la unión de dos materiales diferentes se encuentra a una temperatura diferente que la del medio ambiente, a través de esos materiales circulará una corriente como se muestra en la figura 2.9.

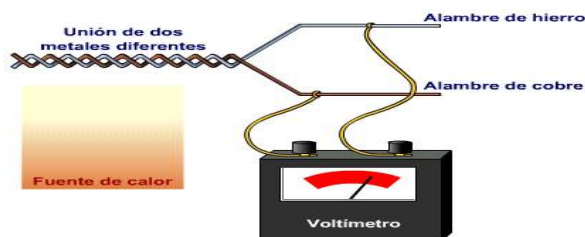


Figura 2.9 termopar

El uso de termopares en la industria se ha popularizado, ya que son altamente precisos y muchos más económicos que las termoresistencias.

Existen muchos métodos para realizar mediciones prácticas de temperatura. De todos ellos, unos fueron desarrollados para aplicaciones particulares mientras que otros han ido cayendo en desuso.

Los termopares constituyen el sistema de medición de temperatura más usado y de mejor acceso, pueden cubrir rangos que van desde los 250 °C a 2000 °C o más. Los termopares comerciales se designan por letras (K, E, J, B, R, S, T) que identifican los materiales que contienen, se especifican generalmente por su sensibilidad o coeficiente térmico MV/°C.

- Tipo K (Cromo (Ni-Cr) / Aluminio (aleación de Ni-Al)): con una amplia variedad de aplicaciones, está disponible a un bajo costo y en una variedad de sondas. Tienen un rango de temperatura de -200 °C a +1.200 °C y una sensibilidad 41μV/°C aprox.
- Tipo E (Cromo / Constantán (aleación de Cu-Ni)): No son magnéticos y gracias a su sensibilidad, son ideales para el uso en bajas temperaturas, en el ámbito criogénico. Tienen una sensibilidad de 68 μV/°C.

- Tipo J (Hierro / Constantán): debido a su limitado rango, el tipo J es menos popular que el K. Son ideales para usar en viejos equipos que no aceptan el uso de termopares más modernos. El tipo J no puede usarse a temperaturas superiores a 760 °C ya que una abrupta transformación magnética causa una descalibración permanente. Tienen un rango de -40°C a +750°C.

Por otro lado, los termopares tipo B, R y S son los más estables, pero debido a su baja sensibilidad (10 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ aprox.) generalmente son usados para medir altas temperaturas (superiores a 300 °C).

- Tipo B (Platino (Pt)-Rodio (Rh)): son adecuados para la medición de altas temperaturas superiores a 1.800 °C. El tipo B por lo general presentan el mismo resultado a 0 °C y 42 °C debido a su curva de temperatura / voltaje.
- Tipo R (Platino (Pt)-Rodio (Rh)): adecuados para la medición de temperaturas de hasta 1.600 °C. Su baja sensibilidad (10 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$) y su elevado quitan su atractivo.
- Tipo S (Hierro / Constantán): ideales para mediciones de altas temperaturas hasta los 1,600 °C, pero su baja sensibilidad (10 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$) y su elevado precio lo convierten en un instrumento no adecuado para el uso general. Debido a su elevada estabilidad, el tipo S es utilizado para la calibración universal del punto de fusión del oro (1064,43 °C).
- Tipo T: es un termopar adecuado para mediciones en el rango de -200 °C a 0 °C. El conductor positivo está hecho de cobre y el negativo, de constantán.

2.12 Variables de flujo y caudal.

El caudal, flujo o descarga es la cantidad de agua que pasa a través de una sección del canal por unidad de tiempo. Se calcula multiplicando la velocidad del agua (m/s) por el área de la sección (m²), lo que produce un volumen (m³/s). Por lo tanto, este aspecto solamente será aplicable a sistemas de aguas corrientes como ríos, arroyos, cañadas. Los cambios en el caudal, afectan la profundidad del agua, la composición de los sedimentos y la carga de sedimentos en suspensión. Por estos motivos, afectan tanto la estructura física del hábitat como su variabilidad temporal, lo que a su vez determina la composición biológica del sistema.

Además conocer el caudal es importante, ya que cuanto mayor sea, mayor capacidad tendrá de ser poco afectados cuando reciban descargas, mientras que las corrientes pequeñas tienen menos capacidad de diluir y degradar desechos.

Las medidas de caudal están presentes en todos los procesos de transporte de materia y energía mediante fluidos, bien sea para control de dichos procesos o como simple indicación, con la finalidad de determinar tarifas.

2.12.1 Medición del caudal.

La medición de flujo constituye tal vez, el eje más alto porcentaje en cuanto a medición de variables industriales se refiere. Ninguna otra variable tiene la importancia de esta, ya que sin mediciones de flujo, sería imposible el balance de materiales, el control de calidad y aún la operación de procesos continuos.

Existen muchos métodos para medir flujos, en la mayoría de los cuales, es imprescindible el conocimiento de algunas características básicas de los fluidos para una buena selección del mejor método a emplear. Estas características incluyen viscosidad, densidad, gravedad específica, compresibilidad, temperatura y presión, las cuales no vamos a detallar aquí.

Básicamente, existen dos formas de medir el flujo: el caudal y el flujo total. El caudal es la cantidad de fluido que pasa por un punto determinado en cualquier momento dado. El flujo total de la cantidad de fluido por un punto determinado durante un periodo de tiempo específico.

La mayoría de los caudalímetros se basan en métodos de medida indirectos y, en particular, en la detección de diferencias de presión provocadas por la inserción de un elemento en el conducto donde se desea medir.

Se denomina flujo viscoso o laminar al de un fluido a lo largo de un conducto recto, con paredes lisas y sección transversal uniforme, donde la trayectoria de cada una de las partículas es paralela a las paredes del tubo y con la misma dirección. En tanto se habla de flujo turbulento cuando algunas de las partículas del fluido poseen componentes de velocidad longitudinal y transversal, y aparecen remolinos o torbellinos.

Para un fluido incomprensible, en el que la gravedad sea la única fuerza interna, es decir. Sin rozamientos, que fluya en régimen estacionario y sin que entre ni salga calor de él, se cumple el teorema de Bernouilli, el cual establece que todo cambio de velocidad provoca un cambio de sentido opuesto en la presión, cambio que es igual al que experimenta la energía cinética de la unidad de volumen, sumado a cualquier cambio debido a diferencia de nivel, para este cálculo se emplea la ecuación 2.5.

$$p + \rho gz + \frac{\rho v^2}{2} = \text{Constante} \quad (2.5)$$

Dónde:

p= es la presión estática

ρ =es la densidad del fluido (incomprensible)

g=es la aceleración de la gravedad

z=es la altura geométrica respecto a un nivel de referencia

v=es la velocidad del fluido en el punto considerado

$\rho v^2/2$ =Se denomina presión dinámica

Factores que influyen en la velocidad de flujo

- La profundidad del canal de la corriente.
- Ancho de canal de la corriente.
- La rugosidad del fondo de la corriente.
- Pendiente o inclinación del terreno circundante.

Medición por presión diferencial

Utiliza dispositivos que originan una presión diferencial debido al paso de un fluido por una restricción. La razón de hacer esto es que el caudal es proporcional a la raíz cuadrada de la diferencia de presiones entre dos puntos, antes y después de la restricción. Uno de estos elementos es la placa - orificio o placa perforada. Allí, el fluido sufre una disminución de su presión, la cual es mínima en el punto denominado "vena contracta". Si bien es cierto, la presión tiende a recuperarse, existe al final una pérdida de presión.

Una placa- orificio se coloca en una tubería, sujeta entre dos bridas. La forma y ubicación del agujero son el rasgo distintivo de tres tipos de este dispositivo: la placa concéntrica, la excéntrica y la segmental; la selección de algunas de éstas depende de las características del fluido a medir. Existen tres tipos de tomas de presiones a ambos lados del elemento primario: tomas de bridas, tomas de tubería y tomas de vena contracta. Igualmente, aquí las características del fluido influirán en la elección de alguna de estas.

Típicamente se utiliza un transmisor de presión diferencial para la toma de las presiones y el envío de una señal que represente al flujo. A esta señal sin embargo se le debe extraer la raíz cuadrada para obtener una respuesta lineal con respecto al flujo. Antiguamente se empleaban instrumentos especiales para tal fin. Hoy, esta es una función de software en instrumentos digitales.

La placa perforada es finalmente, un elemento simple, barato, aunque no muy preciso, como otros dispositivos de presión diferencial. Aunque funcionalmente es sujeta a la erosión y daño, es fácil de reemplazar en la figura 2.10 se muestra su implementación.

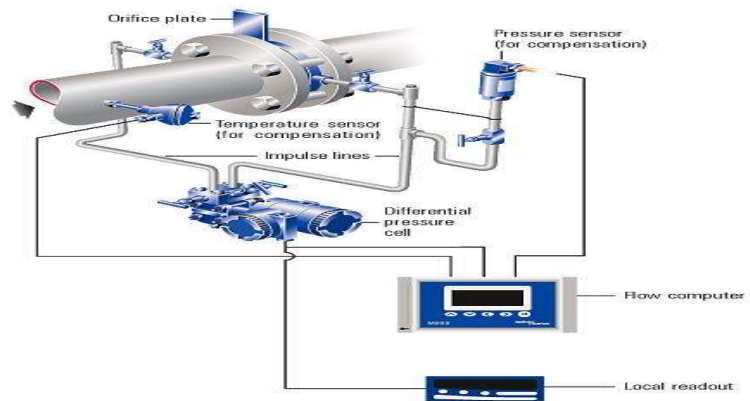


Figura 2.10 Medición con placa - orificio y transmisor de presión diferencial

Otra restricción de tubería para la medición del flujo es el tubo Venturi, el cual es especialmente diseñado a la longitud de la "tubería". Tiene la forma de dos embudos unidos por sus aberturas más pequeñas y se utiliza para tuberías grandes; es más preciso que la placa-orificio, pero es considerablemente más costoso y más difícil de instalar, en la figura 2.11 se muestra el funcionamiento del tubo venturi.

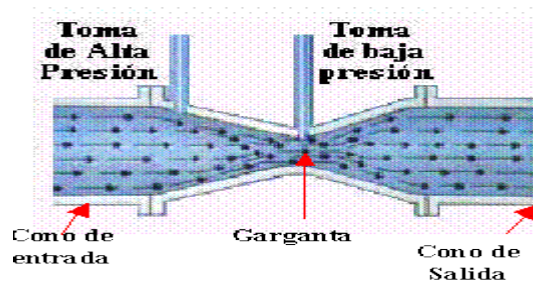


Figura 2.11 Principio Venturi

Un promedio entre la placa-orificio y el tubo Venturi es la tobera de flujo, la cual asemeja la mitad de un tubo Venturi por donde entra el fluido; este dispositivo es tan preciso como el tubo Venturi, pero no tan costoso ni difícil de instalar. Las tomas de presión utilizadas para el tubo Venturi, están situadas en los puntos de máximo y mínimo diámetro de tubería. Para el caso de la tobera, se ubican según recomendaciones del fabricante.

Se utiliza cuando es importante limitar la caída de presión (perdidas mínimas), y para fluidos sucios y contaminados, el alto costo restringe su utilización para flujos continuos.

Otro elemento primario para medir flujo por el método de presión diferencial es el Tubo Pilot, el cual en su forma más simple, consiste en un tubo con un orificio pequeño en el punto de medición (impacto), en la figura 2.12 se muestra su descripción.



Figura 2.12 Tuvo pilot

Cuando el fluido ingresa al tubo, su velocidad es cero y su presión es máxima. La otra presión para obtener la medida diferencial, se toma de un punto cercano a la pared de la tubería. Realmente, el tubo Pilot mide velocidad de fluido y no caudal y además no necesariamente el fluido debe estar encerrado en una tubería. Podría por ejemplo, ser usado para medir el flujo del agua de un río o flujo de aire al ser suspendido desde un avión.

Sus ventajas son la escasa caída de presión y bajo precio, siendo por ello una buena elección para tuberías de gran diámetro y para gases limpio. Tiene una precisión de 1.5 a 4% (baja).

Medidores de área variable

Se distinguen de los anteriores en que en aquellos existe una variación de presión, mientras el área permanece constante. Aquí sin embargo, lo que permanece constante es la presión diferencial, gracias a la suficiente variación del área. Uno de estos es el rotámetro el cual consta de un tubo cónico vertical que encierra un flotador; éste, dependiendo del caudal, toma una posición en el tubo que aumenta o disminuye el tamaño del área y así mantiene la presión constante. Una escala graduada dentro del tubo, estará calibrada en unidades de presión y así tener una lectura directa de la misma.

Los rotámetros se pueden fabricar con tubos de vidrio, metal y plástico. Estos dos últimos se utilizan cuando el fluido es muy corrosivo o muy oscuro para permitir la colocación de una escala interna. En esos casos se usa un seguidor magnético relacionado a un imán colocado en el flotador interno y así transmitir mecánicamente la variación del caudal a un indicador, la figura 2.13 muestra la descripción de algunos medidores de área variable.



Figura 2.13 Medidor de área variable

Medidores magnéticos

Utilizan la ley de inducción de Faraday, que establece que cuando una corriente pasa por un conductor y existe un campo magnético en dirección transversal al mismo, se crea un potencial eléctrico proporcional a la corriente.

En la aplicación para medir caudal, se coloca un tubo aislado eléctricamente con un par de electrodos montados a ambos lados del tubo y rasantes con el fluido. Unas bobinas eléctricas se colocan alrededor del tubo de modo tal de generar un campo magnético en un plano perpendicular, tanto al eje del cuerpo del voltaje de salida es proporcional a la velocidad promedio del fluido; no interesa si este es laminar o turbulento. Además, es independiente de la viscosidad, densidad, temperatura y presión.

Si bien es cierto, se requiere que el fluido tenga cierta conductividad mínima, la señal de salida no varía con el aumento de la conductividad, lo cual es una ventaja. En aplicaciones en donde es necesario medir flujo de masa, se puede lograr esto midiendo la densidad del fluido y multiplicando las dos señales. Tiene una precisión de 0.25 a 1%

Medidores a turbina

Un instrumento de este tipo consiste de una rueda de turbina de precisión, montada en cojinetes de una porción de tubería, y una bobina electromagnética colocada en la pared de la tubería, causa el giro de la turbina a una velocidad que varía directamente con el caudal del fluido de proceso. La interrupción del campo magnético, con cada paso de cada hoja de la turbina produce un pulso eléctrico. La frecuencia de estos pulsos determina la velocidad del fluido.

Existen dos tipos de convertidores para captar la velocidad de la turbina:

- 1.- De reluctancia, en este la velocidad viene determinada por el paso de los alabes individuales de la turbina a través de un campo magnético creado por un imán permanente montado en una bobina captadora exterior.

2.-Inductivo, en este el rotor lleva incorporado un imán permanente y el campo magnético giratorio que se origina induce una corriente alterna en una bobina captadora exterior.

Su uso está limitado por la viscosidad del fluido. (Líquidos limpios y filtrados) son los más precisos (precisión 0.15-1%), la figura 2.14 muestra un medidor de caudal tipo turbina.



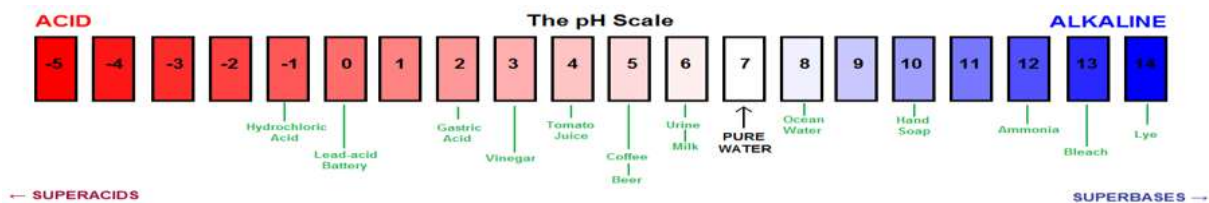
Figura 2.14 Medidor de turbina

2.13 Variable de PH.

El PH es una medida utilizada por la ciencia, en particular la Química, para evaluar la acidez o la alcalinidad de una solución. Por lo general, la medida se realiza en estado líquido, pero también se puede utilizar para gases.

Como cualquier medida, el PH posee una escala propia que indica con exactitud un valor. La tabla que se muestra a continuación, que va de PH = 0 a PH= 14 (normalmente usada*, pero puede extenderse en ambos extremos); el PH 7 es el que simboliza la neutralidad. Si el PH es < 7 la solución es considerada ácida; por el contrario, si el PH es > 7, la solución se considera alcalina. Mientras más ácida la solución, más cerca del 0 estará; y mientras más básica o alcalina el resultado se aproximará a 14, en la tabla 2.1 se muestra la escala de PH.

Tabla 2.1 Escala de PH



Recuerde que $[H^+]$ es concentración molar de protones; su unidad es mol / L.

En esta escala, podemos observar que el PH varía en forma inversa a la concentración de protones H^+ (en realidad la concentración varía en forma inversa a través de un factor exponencial). Esto se debe a que se define el PH de acuerdo a la siguiente expresión:

$$PH = -\log [H^+] \quad (2.6)$$

De acuerdo a la ecuación (2.6), el pH puede ser negativo.

Al despejar la concentración de H^+ resulta:

$$[H^+] = 10^{-pH} \quad (2.7)$$

Si la concentración de protones es 1 M, el $-\log(1)$ será 0, si la concentración de protones es 10^{-7} M, entonces el PH será 7 y así sucesivamente.

La deducción de la constante del agua a 25°C, se puede describir por la siguiente expresión:

$$K_e = 10^{-14} = [H^+] [OH^-] \quad (2.8)$$

De la ecuación (2.8), se puede deducir que si el $PH = 7$, entonces la concentración de OH^- es también 10^{-7} M; lo que indica esta igualdad entre la concentración de protones y la de iones OH^- es que se ha obtenido la neutralidad de la solución.

Si la solución posee un PH siete, es considerada neutra. Sin embargo, el pH siete neutro, se limita con seguridad, tan sólo a las soluciones acuosas, pues las que no son, si no están a una temperatura y presión normal, el valor de la neutralidad puede variar.

La medición del PH del agua de riego y de la solución del suelo tiene gran importancia, y realmente puede determinar el éxito o el fracaso de la cosecha.

Desde que la escala del pH es una escala logarítmica, un cambio de una unidad del pH (por ejemplo de 5,0 a 6,0) significa un cambio de 10 veces en la concentración de los iones de hidrógeno.

Los iones de hidrógeno participan en la mayoría de las reacciones químicas en el agua y el suelo. La concentración de los iones de hidrogeno (y por lo tanto, el PH) influye en la solubilidad de los fertilizantes, la disponibilidad de los nutrientes a las plantas, la estabilidad de los quelatos etc.

Un agua o una solución del suelo con un PH demasiado alto, puede resultar en deficiencias de nutrientes, principalmente de micro-nutrientes, como el hierro. Mantener el PH del agua de riego por debajo de 7,0 es también importante para prevenir las obstrucciones de emisores, debido a la precipitación de sales.

Por otra parte, un PH demasiado bajo, podría dar lugar a la toxicidad de los micro-nutrientes y daños al sistema radicular de la planta. El rango deseable del PH en la zona radicular para la mayoría de las plantas es entre 5.5 a 6.5. Por lo tanto, muchos agricultores deben añadir un ácido al agua de riego, para bajar el PH del agua.

El valor de PH de los ríos y lagos es por lo general entre PH 7 y 8. Los niveles de PH entre 6,5 y 8,5 son aceptables para la mayoría de los estándares de agua potable. Las áreas con mayores niveles de dureza del agua (altas concentraciones de Mg^{2+} , Ca^{2+} y HCO_3^-) a menudo tienen agua con valores de PH más alto (entre 7,5 y 8,5). La adición de un ácido significa la adición de iones de hidrógeno. Sin embargo, para determinar la cantidad de ácido que se debe agregar, no es suficiente saber el PH del agua. Otro parámetro vital debe ser tomado en cuenta: la alcalinidad del agua.

Factores que afectan los niveles de PH

- Las lluvias ácidas.
- Los florecimientos de algas.
- Nivel de agua dura minerales.
- Las emisiones procedentes de procesos industriales.
- El ácido carbónico de la respiración o descomposición.
- La oxidación de los sulfuros en los sedimentos

2.13.1 Medición de PH

Hay distintas formas de medir el pH de una solución. La más sencilla es sumergir un papel indicador o tornasol en la solución durante algunos segundos; éste cambiará de color según si es ácida (color rosa) o alcalina (color azul). Este método no es tan preciso como otros, pues indica ambiguamente qué tan ácida o qué tan alcalina es la solución, pese a la evolución que han experimentado los papeles en cuanto a su exactitud. Otra desventaja que presentan los papeles tornasol es que no pueden ser utilizados para ciertas sustancias, como por ejemplo, aquellas que son muy coloreadas o turbias. Una manera más exacta para la medición del PH, es utilizando un pH metro y dos electrodos, uno de referencia y otro de cristal. Un PH metro es un voltímetro que posee dos electrodos; éstos al ser sumergidos en una solución, generan una corriente eléctrica. Esta corriente eléctrica dependerá de la concentración de iones de hidrógeno que presente la solución. El pH metro mide la diferencia de

potencial entre el electrodo de referencia (Ag^+/AgCl) y el de cristal que es sensible a los iones de hidrógeno.

Para obtener con exactitud el PH de una solución, se debe calibrar el PH metro con soluciones llamadas *buffer* o *tampones* que mantienen casi invariable el PH de una solución cuando a ésta se le agrega ácido o base o la solución se diluye. Las soluciones tampones se pueden preparar con un valor de PH bien definido.

En la calibración de un PH metro, por lo general, se utilizan tampones de PH=7, de PH= 4 y de PH = 10, dependiendo a qué tipo de solución se le medirá su PH En la figura 2.15 se muestra el esquema general de un PH metro.

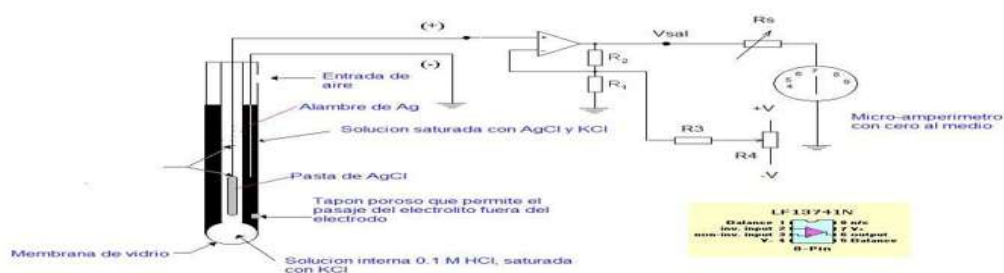


Figura 2.15 Esquema de un PH metro

El Funcionamiento del PH metro es el siguiente:

El electrodo de vidrio y el de referencia actúan como un generador de potencial o tensión cuando están sumergidos en la solución a medir, la tensión producida por ellos, de 59,16 milivoltios por cada unidad de pH a temperatura ambiente, es aplicada a un amplificador con entrada por FET (Field Effect Transistor) con alta impedancia (resistencia generalizada) de entrada, con el fin de no provocar corto circuitos sobre las bajísimas corrientes producidas. El electrodo para la medición de PH es un elemento relativamente caro, la foto anterior es una versión económica del mismo con un gel interno en lugar del electrolito, El amplificador operacional posee una alta impedancia de entrada, puede ser uno tipo TF13741, con una impedancia de 5×10^{11} ohm. Este circuito opera como amplificador no inversor con una determinada ganancia dada por R2 y R1. El control de Offset R4 sirve para establecer el nivel de cero milivoltios, el electrodo ideal produce 0 mV a un PH de 7, la salida real de un electrodo PH será variable, especialmente con la edad, y requiere la calibración

frecuente en una solución tampón de PH conocido para mantener la precisión de la medida. Se debe usar calibración de dos puntos, una solución tampón para PH 7, con la cual la salida del electrodo debería ser de 0 volts, si difiere de este valor se ajusta el instrumento con R4.

Los accesorios requeridos para la calibración del instrumento utilizan una solución tampón para PH 7 y otra solución tampón para PH 4, si se quiere medir PH para soluciones ácidas; otra solución, además de la solución tampón PH 7, de PH 10, si la solución a medir es básica.

Los valores se miden, dependiendo del tipo de instrumento de salida, que puede ser un microamperímetro; la resistencia Rs limita la corriente del micro amperímetro, la resistencia R2 puede ser variable y se puede instalar en el frente del equipo para un ajuste aproximado de temperatura de la solución a medir, el resistor R4 también se debe instalar en el frente y ajusta cero del instrumento cuando se ajusta al mismo con PH 7.

2.14 Variable de conductividad (TDS).

La conductividad eléctrica es la capacidad de un cuerpo de permitir el paso de la corriente eléctrica a través de sí. También es definida como la propiedad natural característica de cada cuerpo que representa la facilidad con la que los electrones pueden pasar por él. Varía con la temperatura. Es una de las características más importantes de los materiales.

Entre dos conductores eléctricos (los clavos metálicos) se puede producir una descarga eléctrica. La tensión de la descarga debe ser suficiente para superar el medio no conductor (el aire o el vacío) entre los conductores. Si la tensión es demasiado reducida, no pasa corriente. La conductividad en medios líquidos (solución) está relacionada con la presencia de sales en solución, cuya disociación genera iones positivos y negativos capaces de transportar la energía eléctrica si se somete el líquido a un campo eléctrico. Estos conductores iónicos se denominan electrolitos o conductores electrolíticos en la figura 2.16 se observa la circulación de iones a través de una solución.

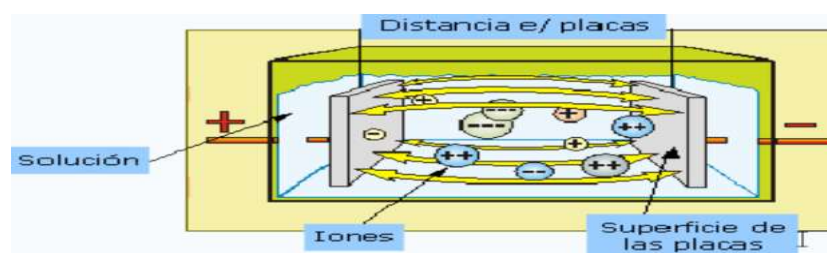


Figura 2.16 Conductividad en medios líquidos

Las determinaciones de la conductividad reciben el nombre de determinaciones conductométricas y tienen muchas aplicaciones como, por ejemplo:

- En la electrólisis, ya que el consumo de energía eléctrica en este proceso depende en gran medida de ella.
- En los estudios de laboratorio para determinar el contenido de sal de varias soluciones durante la evaporación del agua (por ejemplo en el agua de calderas o en la producción de leche condensada).
- En el estudio de las basicidades de los ácidos, puesto que pueden ser determinadas por mediciones de la conductividad.
- Para determinar las solubilidades de electrólitos escasamente solubles y para hallar concentraciones de electrólitos en soluciones por titulación.

La base de las determinaciones de la solubilidad es que las soluciones saturadas de electrólitos escasamente solubles pueden ser consideradas como infinitamente diluidas. Midiendo la conductividad específica de semejante solución y calculando la conductividad equivalente según ella, se halla la concentración del electrolito, es decir, su solubilidad.

El agua pura, prácticamente no conduce la corriente, sin embargo el agua con sales disueltas conduce la corriente eléctrica. Los iones cargados positiva y negativamente son los que conducen la corriente, y la cantidad conducida dependerá del número de iones presentes y de su movilidad.

En la mayoría de las soluciones acuosas, entre mayor sea la cantidad de sales disueltas, mayor será la conductividad, este efecto continúa hasta que la solución está tan llena de iones que se restringe la libertad de movimiento y la conductividad puede disminuir en lugar de aumentas, dándose casos de dos diferentes concentraciones con la misma conductividad. Todos los valores de conductividad están referidos a una temperatura de referencia de 25 °C.

En la tabla 2.2 se muestran valores de conductividad de algunas muestras típicas.

Tabla 2.2 Ejemplos de Conductividad

Temperatura de la muestra 25 ° C	Conductividad, $\mu\text{S}/\text{cm}$
Agua ultra pura 0.05	0.05
Agua de alimentación a calderas	1 a 5
Agua potable	50 a 100
Agua de mar	53,000
5 % NaOH	223,000
50 % NaOH	150,000
10%HCl	700,000

Algunas sustancias se ionizan en forma más completa que otras y por lo mismo conducen mejor la corriente. Cada ácido, base o sal tienen su curva característica de concentración contra conductividad.

- Son buenos conductores: los ácidos, bases y sales inorgánicas: HCl, NaOH, NaCl, Na₂CO₃, etc. -
 Son malos conductores: Las moléculas de sustancias orgánicas que por la naturaleza de sus enlaces son no iónicas: como la sacarosa, el benceno, los hidrocarburos, los carbohidratos, etc, estas sustancias, no se ionizan en el agua y por lo tanto no conducen la corriente eléctrica.

Un aumento en la temperatura, disminuye la viscosidad del agua y permite que los iones se muevan más rápidamente, conduciendo más electricidad. Este efecto de la temperatura es diferente para cada ión, pero típicamente para soluciones acuosas diluidas, la conductividad varía de 1 a 4 % por cada ° C. Conociendo estos factores, la medición de la conductividad nos permite tener una idea muy aproximada de la cantidad de sales disueltas, en la figura 2.17 se muestra el método de medición de la conductividad por puente Wheastone.

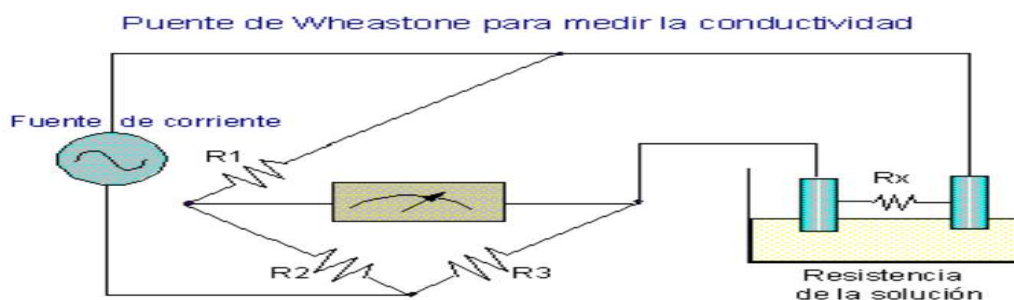


Figura 2.17 Ejemplo de medición de la resistividad en líquidos

Ley de Ohm:

Expresa que cuando se mantiene una diferencia de potencial entre dos puntos de un conductor se produce por él una circulación de corriente eléctrica que es directamente proporcional al voltaje aplicado e inversamente proporcional a la resistencia de tal conductor esta expresión se resume en la ecuación 2.9.

$$I=V/R \qquad (2.9)$$

Dónde:

I: Intensidad de la corriente eléctrica en Amperes.

V: Diferencia de potencial en Voltios.

R: Resistencia en Ohms.

El agua purísima no conduce la corriente eléctrica. No obstante, cuando el agua contiene un electrolito disuelto en ella se convierte en un conductor donde la resistencia es proporcional a la distancia entre electrodos e inversamente proporcional al área de estos como lo describe la ecuación 2.10.

$$R = r \cdot L / A \quad (2.10)$$

Dónde:

r: es la resistividad específica medida en Ohms.

L: es la distancia entre electrodos en centímetros.

A: es el área de estos en cm².

La inversa de la resistividad específica es la conductividad específica (k).

$$K = 1/r \quad (2.11)$$

En la tabla 3 se muestran algunas equivalencias de la conductividad en múltiplos y submúltiplos.

Tabla 2.3 Equivalencias de conductividad

	Unidad de Conductividad	Submúltiplo 1/1000	Submúltiplo 1/1000000
Principal	1 S/cm	0,001 S/cm	0.000001 S/cm
Otras formas utilizadas para nombrar las unidades		1 mS/cm	1 µS/cm
			0,001 mS/cm
	1 S . cm ⁻¹		
	1 mho/cm	1 mmho/cm	1 µmho/cm
	1 mho . cm ⁻¹		
		1000µS/cm	
		1000 µmho/cm	0.001mmho/cm
		1 dS/m	0,001 dS/m
			1 CE
Equivalencias entre las cuatro unidades mas utilizadas en hidroponía			
1 CE = 0.01 CF = 0.001 dS/m = ~ 0.64 ppm			

TDS y Conductividad eléctrica:

El término TDS describe la cantidad de sólidos totales disueltos en el agua. Cuanto mayor sea la cantidad de sales disueltas en el agua, mayor será el valor de la conductividad eléctrica. La mayoría de los sólidos que permanecen en el agua tras una filtración de arena, son iones disueltos.

Cuando la concentración de las sales llega a un cierto nivel, la conductividad eléctrica ya no está directamente relacionada con la concentración de las sales en el agua. Esto es porque se forman pares de iones. Los pares de iones debilitan la carga de uno al otro, de modo que por encima de un cierto nivel, un TDS más alto no resultará en una conductividad eléctrica más alta, en la figura 2.18 se muestra la curva de saturación de conductividad eléctrica ante un incremento de iones.

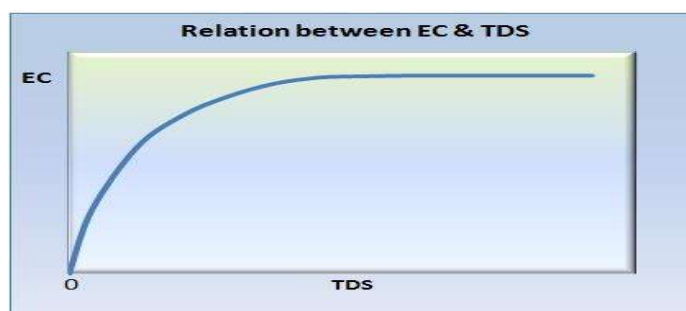


Figura 2.18 Saturación de Conductividad eléctrica

La temperatura del agua afecta a la conductividad eléctrica de forma que su valor aumenta de un 2 a 3% por grado Celsius.

La conductividad eléctrica del agua es realmente una medida de la salinidad. Altos niveles excesivos de salinidad pueden afectar a las plantas en varias maneras:

1. La toxicidad específica de un ion particular (como el sodio).
2. La presión osmótica más alta alrededor de las raíces previene una absorción eficiente de agua por la planta. Distintas plantas son más susceptibles a los efectos de salinidad que otros.

El TDS se mide por medio de un medidor de conductividad, se mide éste y automáticamente se convierte en TDS, la ecuación 2.12 muestra la relación.

$$\text{TDS (ppm)} = 0.64 \times \text{EC } (\mu\text{S/cm}) = 640 \times \text{EC (dS/m)} \quad (2.12)$$

El factor de conversión entre la conductividad eléctrica y el TDS está entre 0,64 y 0,70 entre C.E. y TDS.

Fuentes de TDS.

- La erosión del suelo
 - Sedimentos
 - Arcilla
 - Minerales disueltos
- La escorrentía agrícola
 - Fertilizantes
 - Pesticidas
 - La erosión del suelo
- La escorrentía urbana
 - Suciedad de carretera
 - Tejados
 - Estacionamientos
- Residuos industriales
 - Sales disueltas
 - El tratamiento de aguas residuales
 - partículas

2.14.1 Medición de la Conductividad

El conductímetro es un dispositivo diseñado para medir una característica de todos los materiales que es la CONDUCTIVIDAD. La conductividad se mide en Siemens*m²/m, o lo que es lo mismo Sm*m. Siemens es una unidad, por el área transversal del conductor, sobre la longitud del conductor (Un conductor más "grueso" conduce más y uno más largo menos). En pocas palabras la conductividad dice que tan fácil atraviesa la electricidad a ese material. La conductividad se puede medir de manera directa o inversa. De manera directa, se observa cuanta corriente pasa para determinada diferencia de voltaje entre los extremos de la muestra.

De manera indirecta, se observa cuanta diferencia de potencial se genera por una corriente determinada, es decir que se mide en realidad la Resistividad, que es la inversa de la conductividad. La resistividad se mide en Ohm*m/m² (O sus múltiplos y submúltiplos, por supuesto).

La relación entre La conductividad y la resistividad es la inversa, es decir que $1\mu\text{Sm}$ ($1\text{ microsiemen}=10^{-6}$)= $1\text{M}\Omega$ ($1\text{megaohm}=10^6$).

A diferencia del voltaje y la corriente, la conductividad es una propiedad física del material, no de un circuito. Es decir que un cable, o un pedazo de metal, o una alpargata, tienen una conductividad determinable, y que no depende del circuito en el que están metidas. Por lo tanto, la conductividad no se mide en paralelo o en serie, sino que se mide en una muestra del material, independientemente del modo en que se mida.

Si tú quieres saber la conductividad de un material determinado, lo puedes hacer caseramente con dos polímetros, uno en modo de voltímetro y otro en modo de amperímetro. Se coloca el amperímetro en serie con la muestra dentro de un circuito de CC. Luego pones el voltímetro en paralelo con la muestra. Cabe destacar que la conductividad no siempre es una función lineal. Hay materiales que empiezan a conducir por encima de cierto voltaje aplicado a ellos, o que conducen a diferentes ritmos de acuerdo a ellos. La capacidad también se ve muy afectada por la temperatura.

2.15 Variable de Turbidez

La turbidez es una característica óptica o propiedad de un líquido, En términos generales la “turbidez” se utiliza para describir el aspecto turbio o lechoso de pruebas líquidas como agua (potable, mineral, de baño o residual), bebidas (cerveza, vino o jugos) o medios sólidos como cristal de ventanas (vidrio opaco). La turbidez siempre se basó en la observación humana y a la vez que este fenómeno es cuantificable de diferentes formas, todavía se discute mucho acerca de las diferentes técnicas de medición de turbidez de los fluidos.

La turbidez de una muestra de agua, no tiene que ver con el color, sino que se relaciona mas con la reducción de su transparencia ocasionada por el material particulado en suspensión. En términos analíticos, la turbidez es producida por partículas de diferentes tamaños, que absorben o dispersan la luz, produciendo el característico aspecto lechoso de la prueba. La turbidez es producida por sustancias en suspensión como lodo, cal, levadura o microorganismos. Por esta misma razón, la turbidez debe medirse directamente en campo o en su defecto, dentro de las 24 horas siguientes al muestreo. Si bien el cambio de color alterará el efecto de la luz que atraviese ese líquido, la turbidez misma no cambiará sólo por un cambio de color, en la figura 2.19 se observan algunos métodos tradicionales de medición de la transparencia como lo es el disco.



Figura 2.19 Turbidez y transparencia del agua

Mientras que algunas especies de peces requieren agua totalmente transparente para su supervivencia, otras no se afectan apreciablemente por la turbidez del medio. Sin embargo, en términos genéricos, se acepta que la turbidez afecta adversamente el desarrollo de los peces, al interferir con la profundidad de penetración de la luz.

En lo que respecta al agua para consumo humano (figura 2.20), la turbidez le confiere al agua un aspecto desagradable que suele ser tomado como sospecha de algún tipo de contaminación especialmente bacteriológica. Pese a ello, se debe considerar también que la mayor parte de las bebidas que se ingieren regularmente poseen elevados valores de turbidez (sólidos en suspensión) e incluso de sólidos sedimentables sin que ello represente ningún riesgo para la salud.



Figura 2.20 Claridad del agua.

Fuentes de Turbidez

- Ecurrimiento urbano
- Suciedad de la carretera
- Los residuos industriales
- Agitar sedimentos
- Microorganismos
- Plantas y animales en descomposición
- La gasolina o el aceite de las carreteras, etc.

Efectos de la Turbidez del agua

- Reduce la claridad del agua
- Estéticamente desagradable
- Disminuye la tasa de fotosíntesis
- Aumenta la temperatura del agua

2.15.1 Medición de turbidez

En otros tiempos se intentaba analizar la turbidez por medio visual. Así, por ejemplo, las llamadas unidades “Jackson Turbidity Units (JTU)” estaban basadas en una cantidad definida de ácido silícico, procedente de tierras diatomeas en agua. La turbidez se medía con el turbidímetro de vela Jackson, un aparato con un recipiente de cristal y una vela el cual permitía la comparación visual de la suspensión con la solución de ácido silícico.

Hoy en día, es todavía usual para la determinación de turbidez utilizar un disco opaco hecho de bronce. Dicho disco se sumergirá en el agua mediante una cuerda hasta su desaparición. La turbidez se calcula según la profundidad de inmersión de dicho disco.

El fenómeno la turbidez se mide hoy en día por medio de aparatos opto-electrónicos. La prueba es iluminada por luz artificial emitida por una fuente luminosa con intensidad conocida y las partículas suspendidas dispersan o absorben la luz. La luz dispersa es analizada por un fotodetector. La luz dispersa se suele analizar en un ángulo de 90°. Y de tres formas en forma continua.

Sensores de transmisión (luz directa absorbida). La lámpara y la célula están situadas una enfrente de la otra, separadas por un tubo transparente lleno de la muestra de agua. La célula mide la absorción de la luz por los sólidos en suspensión. La señal disminuye con el aumento de la turbidez. La exactitud en la medida es de $\pm 5\%$ al $\pm 10\%$ y el campo de medida es de 0-2400NTU.

Sensores de dispersión (luz reflejada). Es el método más utilizado. Una lámpara emite un rayo de luz blanca, o bien una luz infrarroja, que un sistema de lentes enfoca en la muestra de agua. Una célula fotoeléctrica situada a 90 ° del haz de luz capta la luz reflejada por las partículas en suspensión. La intensidad de la luz detectada es directamente proporcional a la turbidez del agua.

El aparato utiliza un detector de luz adicional para corregir las variaciones de intensidad luminosa, los cambios de color y la ligera suciedad de la lente. La señal aumenta con el aumento de la turbidez, lo que es favorable para detectar valores bajos de la turbidez. El campo de medida es de 0 a 1000 NTU y la exactitud es de $\pm 1\%$.

Sensores de relación (relación entre la luz absorbida y la reflejada). Combina los dos métodos anteriores y favorece la eliminación de la influencia de los cambios de temperatura, la intensidad de luz de la fuente y aberraciones de la lente.

Si bien, en rigor, la medición se fundamenta en la aplicación de una técnica nefelométrica, en este texto se expone una derivación de éste método utilizando un fotómetro. El método estándar se basa en la comparación de la magnitud de la luz dispersada por las partículas coloidales presentes en una muestra de agua, con la intensidad de la luz que emerge a través de la misma muestra previamente filtrada sobre membranas con diámetro de poro de 0,45 micras. Esta forma de blanco reduce apreciablemente las interferencias causadas por absorción en las muestras.

La diferencia del método fotométrico en relación con el método nefelométrico, radica en que en éste último, el detector del instrumento se halla colocado en ángulo recto con relación a la dirección del haz de luz que incide sobre la muestra, (figura 2.21).



Figura 2.21 Diferenciación entre Fotometría y Nefelometría

La turbidez se expresa en “unidades de turbidez, UT”, en donde una unidad de turbidez equivale a una suspensión de formacina en agua, de concentración igual a 1,0 ppm.

Las Unidades de Turbidez Nefelométricas (NTU por sus siglas en inglés) específicamente detallan una técnica de medición a 90º y también están basadas en formacina, aunque existen suspensiones de polímeros en suspensión más estables disponibles en el mercado, y se reconocen como una alternativa aceptable en la figura 2.22 se exponen algunas muestras estándar de formacina utilizadas para referenciar las mediciones de turbidez.

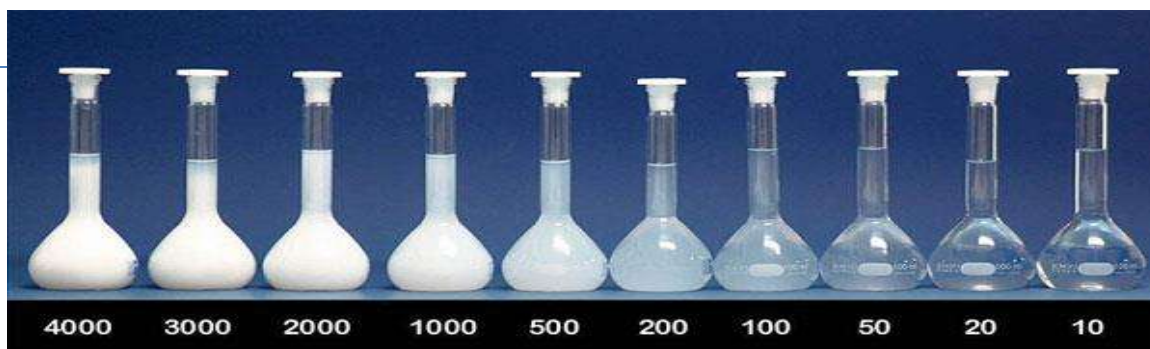


Figura 2.22 Estándares de formacina expresados en NTU/FTU.

Según el USGS, la turbidez de las aguas superficiales es por lo general entre 1 NTU y 50 NTU. La turbidez es a menudo más alta que esto, sin embargo, especialmente después de fuertes lluvias, cuando los niveles de agua son altos. La turbidez puede ser menor al esperado en aguas tranquilas debido a la sedimentación de partículas en suspensión que pudiera ocurrir.

El agua es turbia visiblemente en niveles superiores a 5 NTU. La norma para el agua potable es de 0.5 NTU a 1.0 NTU.

Después de haber descrito cada una de las variables a medir, en los siguientes capítulos se establecerá la metodología para realizar la medición y representación con la LabQuest y los sensores vernier conjuntamente de una breve comparación con algunos instrumentos de medición descritos en las secciones anteriores. En dichos capítulos además se describirá el funcionamiento de las aplicaciones de LabQuest y los sensores vernier.

CAPITULO 3

LA TARJETA DE ADQUISICION DE DATOS LABQUEST

3.1 Características de LabQuest.

La interfaz LabQuest mide los valores de cualquier variable con los sensores, comprueba los valores obtenidos y la evolución de las mismas, sin necesidad de conectarla al PC. Permite almacenar después valores obtenidos y las gráficas resultantes en un dispositivo de memoria USB o SD, o imprimir los datos directamente desde la interfaz, en la figura 3.1 se muestra la interfaz LabQuest.



Figura 3.1 Interfaz LabQuest.

Las principales características de LabQuest son:

Versatilidad: Funciona como dispositivo autónomo o conectado a un PC, esto permite realizar experiencias fuera del laboratorio.

Durabilidad: Resistente al agua y provista de protecciones para evitar daños por golpes y caídas. Batería recargable instalada de gran capacidad.

Tecnología: Pantalla táctil, 40 Mb de memoria interna y zócalo de expansión SD/MMC para ampliación de memoria. Sensor de temperatura y micrófono integrados.

Especificaciones Técnicas

- Pantalla de 7 x 5.3 cm (8.89 de diagonal).
- Resolución 324X240 en color.
- Peso 350 g.
- Procesador de 416 Mhz.
- Retro-iluminación de LED.
- Pantalla táctil.
- Botones de navegación.
- Teclado en pantalla, para tomar notas durante el desarrollo del experimento.
- Tabla periódica integrada.
- Función cronómetro.

Adquisición de datos

- Trabaja con todos los sensores existentes de Vernier.
- Tasa de muestreo de señales de 100k muestras por segundo.
- Memoria interna instalada de 40 Mb, zócalo de expansión SD y puerto USB para ampliación de memoria o almacenamiento de datos de los experimentos.
- 12 Bits de resolución.
- Sensor de temperatura y de sonido
- integrados en su interior.

Conexiones al exterior

- Seis canales de conexión para utilizar con los sensores Vernier.
- Puerto USB standar, para conexión de impresoras o de dispositivos de almacenamiento. (Consulte la lista de impresoras homologadas para su correcto funcionamiento).
- Puerto Mini-USB.
- Conexión de alimentación.
- Slot de expansión SD/MMC.
- Audio IN, audio OUT y micrófono integrado.

En la ilustración 3.2 se muestran las dimensiones y periféricos de la interfaz Labquest.



Figura 3.2 Características de LabQuest.

Alimentación

- Batería recargable de alta capacidad.
- Recarga mediante adaptador externo (incluido en pack de LabQuest).

Condiciones de uso

- Temperatura de uso, de 0 a 70 °C.
- Resistente al agua.
- Diseño robusto, provisto de protecciones para evitar daños por golpes y caídas.

El Hardware LabQuest es el siguiente:

El botón de encendido se encuentra en la esquina superior izquierda, y presionar. Si la pantalla no se ilumina después de un momento, conectar el adaptador de corriente LabQuest a una fuente de alimentación.

LabQuest es controlada tanto por la pantalla táctil y las teclas de hardware debajo de la pantalla. El botón que se utiliza con más frecuencia es el botón de recoger situado justo debajo de la pantalla. En el lado izquierdo de LabQuest son los puertos de audio y el puerto de alimentación, que se utiliza para recargar la batería. En el lado derecho dos puertos de los sensores digitales, utilizado para Detectores de movimiento, contadores de gotas, y otros sensores digitales. El borde superior de LabQuest tiene cuatro puertos para sensores, tales como pH, temperatura y fuerza. También en el borde superior esta una ranura para almacenamiento del lápiz, un puerto USB de tamaño completo de las impresoras, unidades USB y otros periféricos, una tarjeta SD. Ranura para expansión de memoria y un puerto mini USB para la conexión de LabQuest a un ordenador. En la parte inferior son el compartimiento de pilas y una correa de sujeción del lápiz. Apagar el LabQuest pulsando el botón de encendido durante aproximadamente unos segundo.

3.2 Recopilación de datos con LabQuest.

A continuación se muestra cómo recoger rápidamente algunos datos con LabQuest.

1. Encender LabQuest pulsando el botón plata de encendido que se localiza en la esquina superior izquierda. Si LabQuest no se enciende, puede ser que la batería se encuentre descargada. Conecte el LabQuest a su adaptador de energía, y continuar, la figura 3.3 muestra la pantalla principal.

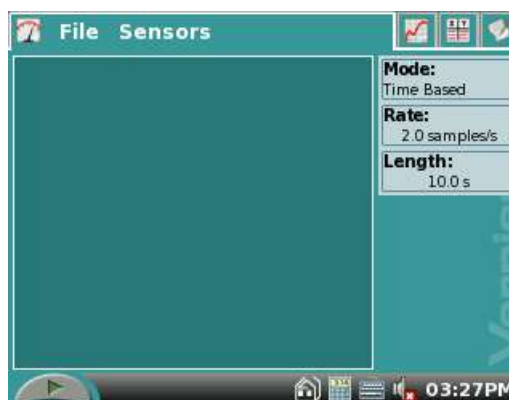


Figura 3.3 Pantalla de inicio de LabQuest.

2. Conectar un sensor analógico (auto-ID) a uno de los puertos en el borde superior de Labquest. Algo tan simple es lo mejor como la temperatura, la luz o sensor de fuerza. Labquest se fijó para recopilación de datos con el sensor. Note la aparición de lectura en la pantalla del medidor en la figura 3.4.

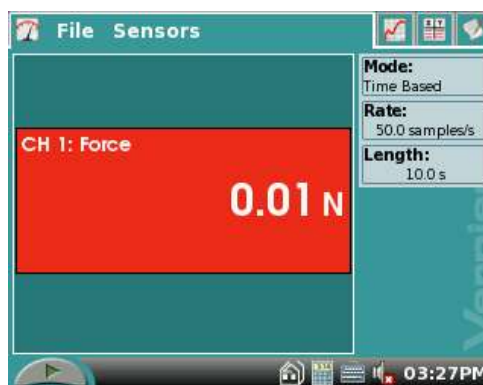


Figura 3.4 Sensor acoplado a LabQuest.

3. Presionar el botón Recoger justo debajo de la pantalla LabQuest. La recolección de datos se iniciará, y un gráfico que mostrará los datos que se trazan en tiempo real, obsérvese la figura 3.5 Cargar LabQuest para que la batería tenga una carga completa.

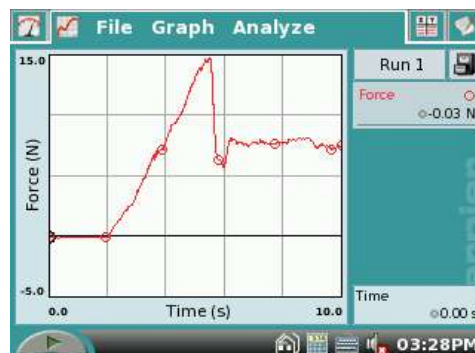


Figura 3.5 Recolección de datos

3.3 Introducción a LabQuest App.

La LabQuest es tanto hardware como software. El software llamado LabQuest App es el corazón de la colección de los datos de LabQuest. Cuando se enciende la LabQuest, la aplicación LabQuest se ha iniciado. Lo que sigue es una breve introducción a las aplicaciones LabQuest. Tomar algunos datos siguiendo los pasos de la sección anterior, y luego tratar algunas de las características de análisis de LabQuest.

3.3.1 Uso del lápiz para examinar los datos

Toque en el mismo gráfico, cerca de alguna característica de interés en el gráfico como se muestra en la figura 3.6. Examine con el cursor para saltar a los puntos de datos más cercanos del valor de x que ha tocado. Usted puede hacer ajustes precisos en la posición del cursor con las teclas izquierda y derecha de cursor localizadas debajo de la pantalla. Destacar los valores del eje X e Y, y ala derecha mostrar los valores numéricos asociados.

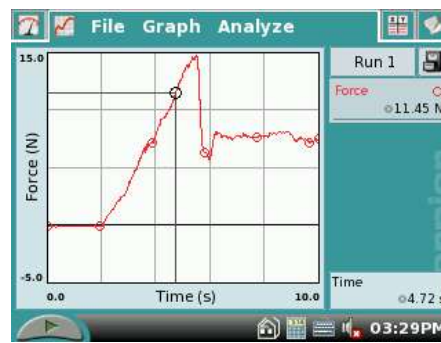


Figura 3.6 Selección de un punto de interés.

El menú Analizar permite inspeccionar de maneras adicionales sus datos. Pulse Analizar y, a continuación, toque la tangente. A continuación, puntee cerca de un lugar interesante en el gráfico, una línea tangente es elaborada, además de examinar con los cursores. Al lado derecho de la gráfica se muestra el valor numérico de la pendiente.

Para desactivar la función de la tangente, lo escogería de nuevo a partir del menú Analizar.

3.3.2 Seleccione una región para Estadísticas

Algunas funciones de análisis permiten seleccionar un rango de datos. Para seleccionar un rango, utilice el lápiz táctil para arrastrar a través de la región de interés. Ahora usted puede realizar tareas como integrales, las estadísticas, o la curva de ajuste. Por ejemplo: Arrastre a través de una función en el gráfico, a continuación, seleccione Estadísticas del menú Analizar, la elección del sensor en particular o columna. El gráfico muestra ahora la región seleccionada, y la estadística descriptiva se muestra a la derecha de la gráfica como se observa en la figura 3.7. Se puede quitar la pantalla de estadísticas por la elección de Estadística de nuevo desde el menú Analizar.

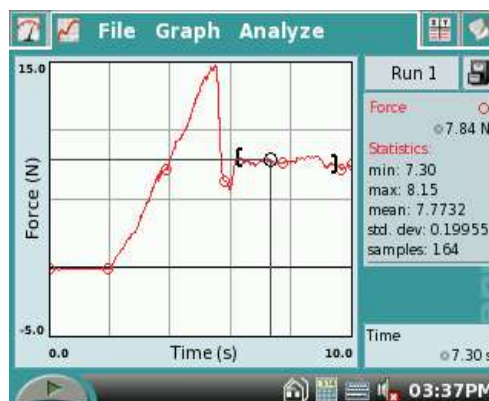


Figura 3.7 Selección de estadísticas.

3.3.3 Seleccione una región para Ajuste de curva

El ajuste de curva puede comenzar también con una selección. De lo contrario, se utiliza todo el grafico. Al realizar un ajuste de la curva, arrastre a través de una región de la gráfica si quiere hacer

una selección. Elija Entonces Ajustar la curva en el menú Analizar. En la nueva pantalla, podrá ver el gráfico, así como un menú de ecuaciones de ajuste. Mostrar las ecuaciones pulsando la flecha hacia abajo de la lista de la derecha. Pulse Lineales para llevar a cabo un ajuste lineal a los datos. Los coeficientes de ajuste se muestran. Para realizar el ajuste en la gráfica principal, pulse Aceptar. El ajuste y las estadísticas se muestran en la pantalla principal como muestra la figura 3.8.

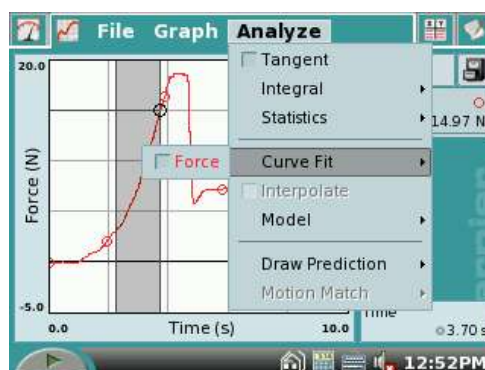


Figura 3.8 Ajuste de curva del grafico

Una vez que se haya realizado el ajuste de la curva, se puede utilizar la función Interpolador para leer los valores de la función ajustada. Elija Interpolador, y pulse en el gráfico. Las líneas de examinar ahora localizan una posición en la función ajustada, y se coordina a lo largo de la línea de ajuste y se muestran al lado derecho de la gráfica. Se puede decir que LabQuest está en el modo de interpolación por el cursor cuadrado que se muestra en el punto de examinar como se muestra en la figura 3.9. Para eliminar el ajuste, elija Ajustar curva de nuevo desde el menú Analizar.

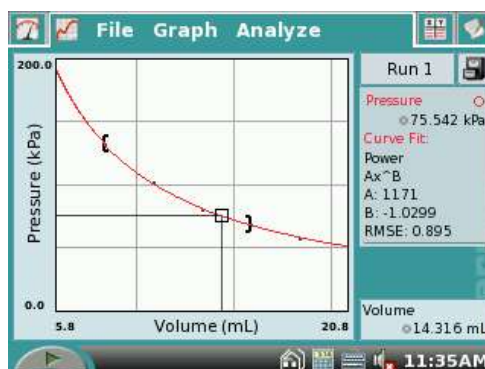


Figura 3.9 Interpolación del grafico

3.3.4 Ejecuciones múltiples

Pueden reunirse varias pistas para la comparación. Toque en Archivo en el icono de gabinete la ejecución se guardara y el grafico será borrado. Recogerá otra ejecución pulsando el botón Recoger. La nueva ejecución se muestra en el gráfico. Para ver la primera ejecución, tocar el botón de lectura Run 2, y seleccionar Ejecutar una o ejecutar todas, como muestra la figura 3.10. De esta manera pueden reunirse varias ejecuciones para la comparación y ver sólo la que se desee.

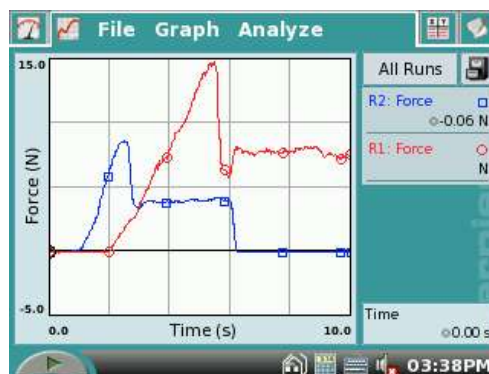


Figura 3.10 Ejecuciones múltiples.

3.4 Características adicionales de LabQuest App.

Esta sección examina las características y funciones de la LabQuest App en detalle. En primer lugar la pantalla general LabQuest, y luego se describen las cuatro pestañas y su contenido especial.

3.4.1 La pantalla LabQuest App

Hay cuatro pestañas en la parte superior de la pantalla LabQuest: el medidor, gráficos, tablas, y las fichas de notas como se observa en la pantalla principal vea figura 3.11. Toque una ficha para mostrar en la pantalla. En la parte inferior de la pantalla son iconos para Ejecutar, casa, calculadora, Teclado, los sonidos, la batería y la hora actual. La fila de iconos de la parte inferior son siempre visibles, pero las fichas sólo se muestran cuando LabQuest App está activo.

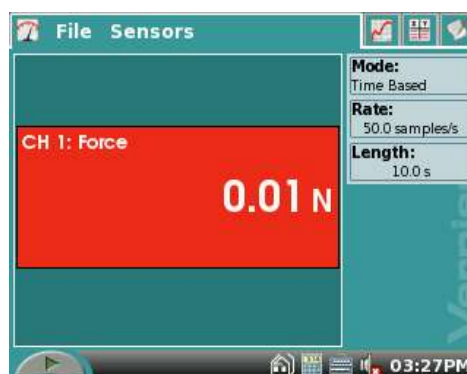


Figura 3.11 Características adicionales de LabQuest.

Las cuatro fichas comparten el mismo menú Archivo, se utiliza para abrirlos archivos existentes, guardar los datos en un archivo, imprimir y llevar a cabo otras tareas.

Menú Archivo

El menú Archivo es similar al menú de archivos en una computadora. Aquí se puede guardar y abrir archivos, imprimir, cambiar la configuración y salir de la aplicación obsérvese la figura 3.12. LabQuest App puede leer y escribir archivos en la memoria LabQuest, una especie de disco duro virtual. Los archivos contienen la configuración experimental, los datos, análisis y notas. Archivos le permiten mantener una colección de trabajos anteriores, ya sea para la remisión después en la LabQuest, o para descargar a un ordenador.

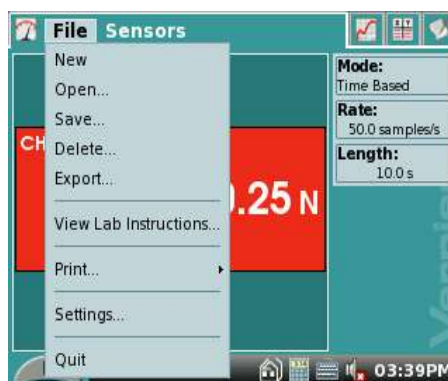


Figura 3.12 Menú archivo

Nuevo.

Nuevo modo de restablecer la recolección de datos y calibraciones a los valores predeterminados, y hacer todo tipo de datos existentes.

Abrir.

Abrir muestra una lista de los archivos disponibles en LabQuest. Inicialmente, esta lista está vacía. Elegir un archivo tocándolo, y luego pulsar Aceptar. Los archivos pueden estar ubicados en la memoria flash del LabQuest, una tarjeta SD o una memoria USB.

Guardar.

Guardar le permite dar a la sesión actual LabQuest un nombre, y luego lo escribe en la ubicación seleccionada. Esta ubicación podría ser la memoria interna LabQuest, una tarjeta SD, o una unidad USB.

Eliminar.

Eliminar no solo muestra la misma lista abierta, sino que le permite seleccionar un archivo para su eliminación. Puede borrar un solo archivo a la vez.

Exportación.

Exportación se utiliza para crear archivos de datos en formato de texto para su uso con otras aplicaciones. Un uso típico de esto es para guardar un archivo de texto en una tarjeta SD o una unidad

flash USB, con el fin de abrir más adelante en una hoja de cálculo del equipo. Un archivo exportado contiene todos los valores de las columnas de todas las ejecuciones en el período de sesiones. Las operaciones descritas anteriormente se realizan en la pantalla de la figura 3.13.

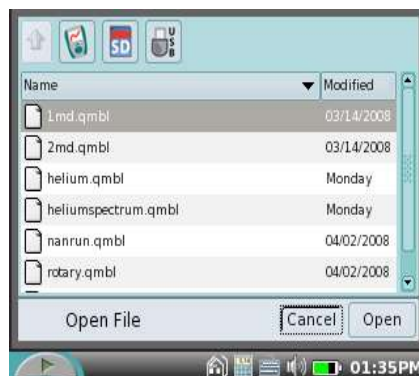


Figura 3.13 Operaciones de archivo.

Ver las instrucciones de laboratorio.

Ver las instrucciones de laboratorio muestra una lista de las instrucciones del laboratorio incorporada.

Imprimir.

Imprimir → gráficos, tablas, mis notas, instrucciones de laboratorio, de la pantalla. Estas opciones envían el objeto elegido a una impresora HP conectada.

Configuraciones.

Configuración de opciones de control para el actual período de sesiones; estos ajustes se guardan en un archivo LabQuest. Las columnas calculadas pueden utilizar los cálculos trigonométricos; elegir grados o radianes ver figura 3.14. El valor predeterminado es radianes. Funciones derivadas, que son parte de la instalación automática de detectores de movimiento, se puede configurar para utilizar el número de puntos para el cálculo de una variable.

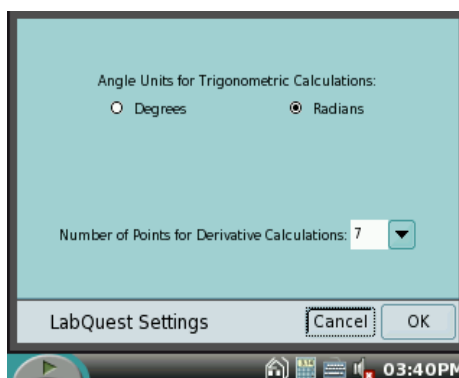


Figura 3.14 Configuración de parámetros de recolección.

El valor por defecto es de 7 puntos es bueno para muchos experimentos, pero puede que se desee elegir un mayor número dependiendo los experimentos, o un número menor. Ambos valores vuelven a los por defecto en la elección de nuevo en el menú Archivo, o después de encender el LabQuest.

3.5 Medidores de la pantalla.

La pantalla del medidor muestra un medidor digital para cada sensor, el modo actual, y los datos de los parámetros de la colección. Varios accesos directos están disponibles en la pantalla del medidor. Pulse sobre un metro de cero, calibrar, revertir o cambiar las unidades en su sensor. Toque el campo Modo para ajustar los Detalles de la colección de datos.

Menú sensores

El menú de sensores permite el acceso a la configuración detallada de controles, en la figura 3.15 se muestra la descripción del menú.

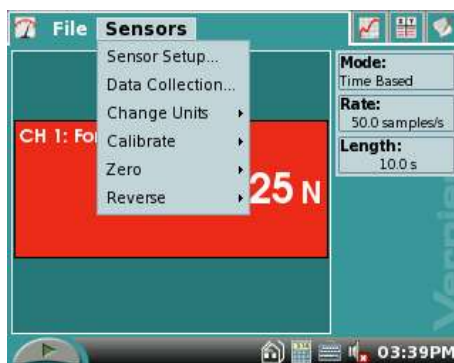


Figura 3.15 Menú sensores

Configuración de sensor

Utilice el ajuste del sensor para configurar el micrófono interno y sensores de temperatura interna, así como el auto-ID de los sensores. Para cada canal en uso, seleccione un nombre del sensor, y luego seleccione las nuevas unidades como desee. La mayoría de los sensores se auto-ID, y por lo que no es necesario ponerlos en marcha de esta manera véase la figura 3.16.

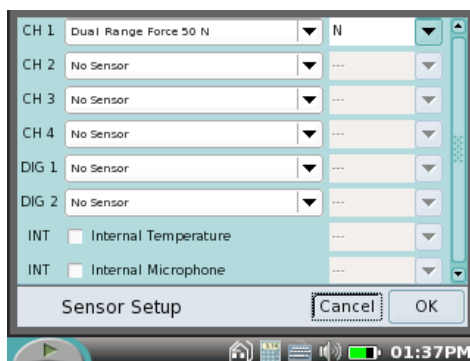


Figura 3.16 Configuración de sensores activados en LabQuest.

Recopilación de datos

El menú de la recopilación de datos permite definir los modos de recopilación y parámetros de datos. Elejir entre: basado en el tiempo, eventos con entrada y recogida de datos de otros modos. Por el tiempo basado en los experimentos, establecer el experimento longitud y velocidad de datos. Se puede llegar a la misma configuración pulsando sobre el campo Modo de la ficha del medidor. LabQuest elige el ritmo adecuado y la longitud de la prueba de acuerdo a los sensores conectados, pero se puede reemplazar por el defecto en este diálogo.

Nivel amarillo / advertencia

- La tasa es más rápida que la tasa más alta recomendada de un sensor conectado.
- La tasa es más lenta que la tasa más baja recomendada de un sensor conectado.
- El número de muestras podría conducir a problemas de rendimiento. El rendimiento de LabQuest App se reduce en la recogida de más de 10.000 muestras.

Nivel Rojo / no compatibles a

- La tasa es más rápida que un dispositivo conectado y / o configuración del sensor que es posible manejar.
- La tasa es más lenta que un dispositivo conectado y / o configuración del sensor que puede manejar.
- El número de muestras excede el espacio de almacenamiento.
- El número de muestras superior a 2000 a tasas de más de 80kHz. El número de muestras siempre incluye las muestras de pre-disparo.

Modo: Disparo

Disparo sólo está disponible en el modo basado en tiempo. Cuando está activada, LabQuest esperará una condición de disparo que se reunió antes de comenzar la recolección de datos. Por ejemplo, usted podría esperar para recoger datos hasta que un sensor de fuerza está aumentando más de 2 N. El nombre del sensor, el nivel y la dirección del cambio (aumento o disminución) se pueden configurar aquí como muestra la figura 3.17. Un número limitado de puntos antes de que la condición de disparo se cumpla también se pueden guardar con sus datos.

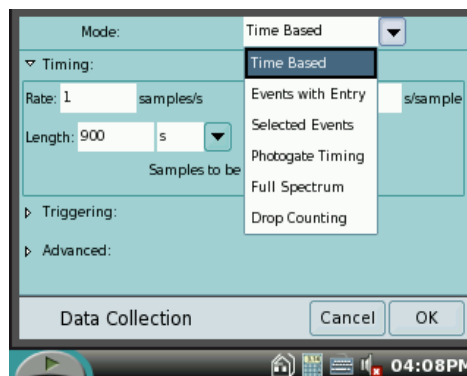


Figura 3.17 Modo de recolección de datos.

Modo: Configuración avanzada

El campo de avanzada le permite activar sobre muestreo, que toma las muestras del sensor a una velocidad promedio mayor que el número de muestras por segundo definido, y luego promedia las lecturas. Además, puede activar el modo de repetición, que se inicia una nueva ejecución tan pronto como la ejecución actual se ha terminado.

Modo: Eventos con Entrada

A veces los experimentos no dependen del tiempo, pero dependen de la configuración de otra cantidad. En este caso, se utilizan los eventos con el modo de entrada en la figura 3.18 se muestra el modo de eventos de entrada. Cuando se crea de este modo, se puede introducir un nombre y unidades para la columna de entrada, tales como "Volumen". Desplazarse hacia abajo para ver la opción media de más de 10 segundos. Este ajuste hará que LabQuest tome un promedio de diez segundos para cada lectura, que es particularmente útil para estudios de calidad del agua. Una vez que la recolección de datos se inicia con el botón recoger, aparece el botón Mantener. Tocar en el botón Mantener para registrar el valor del sensor, y luego LabQuest le pedirá el valor de entrada. Valores de los sensores están trazados con los valores de entrada. No hay información del tiempo registrado en los eventos con el modo de entrada.

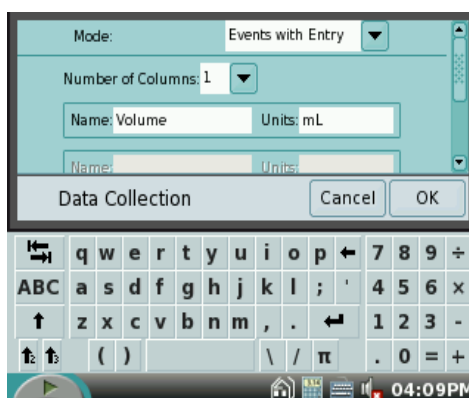


Figura 3.18 Modo de eventos de entrada

Modo: Eventos seleccionados

Eventos seleccionados es igual que los eventos de entrada, salvo que entradas de 1, 2, 3... Se introducen automáticamente. No hay información de tiempo se registra seleccionado en el modo de eventos en la figura 3.19 se observa este modo de recolección de datos.

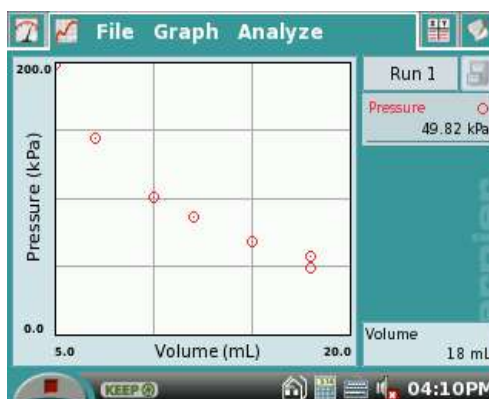


Figura 3.19 Modo eventos seleccionados

Modo: El tiempo Fotopuerta

Fotopuerta requiere un conjunto diferente de opciones de sincronización. Cuando se detecta un fotopuerta, LabQuest cambia a Fotopuerta el modo de sincronización. El tiempo en Fotopuerta hay modos adicionales.

Configuración final de recopilación de datos en el tiempo Fotopuerta tiene dos opciones: o bien la colección corre hasta que el usuario deje presionado, o la colección se puede configurar para poner fin después de un número determinado de eventos. Un bloquear / desbloquear cuenta par como dos eventos.

Modo: El tiempo de movimiento

El tiempo de movimiento se utiliza para cercas y los experimentos de ultra polea, y la posición de los rendimientos, velocidad y aceleración. La distancia entre los eventos de bloqueo se puede configurar, valores por defecto para los objetos comunes ya están definidos.

Modo: Tiempo Puerta

La velocidad puede ser calculada a partir de conocer el bloqueo para desbloquear el tiempo de un objeto conocido de longitud que pasa a través de una fotopuerta. El tiempo en la puerta que introduce una longitud en metros, y LabQuest App encuentra la velocidad del bloque para desbloquear intervalo de tiempo.

Modo: El tiempo de pulso

Si se conoce la distancia entre un par de fotopuertas, el intervalo de tiempo de bloque a bloque puede ser utilizado para encontrarla velocidad. El tiempo del pulso encuentra una velocidad basado en el intervalo de tiempo de bloque a bloque, y una distancia introducida.

Modo: El tiempo del péndulo

El período de un péndulo puede determinarse con precisión si la masa del péndulo pasa a través de la puerta. LabQuest informa el tiempo de un evento de bloque a bloque el tercer evento de bloque, haciendo caso omiso de uno en el medio, de modo que un período completo se mide.

Modo: Contador de caída

Modo Contador de caída es un modo de combinación analógico / digital. Cada vez que una gota pasa a través de un Contador Vernier este detecta una caída, se incrementa un contador, y los sensores analógicos, tales como un sensor de pH, se leen. De esta manera el PH como una función volumen se puede trazar.

En cualquier diálogo que requiere la entrada de texto o números un teclado aparecerá cuando sea necesario. Tocar en el campo en el que se desee colocar texto o números, y pulsar las teclas necesarias.

Cambio de unidades

Cada sensor tiene su propio conjunto de unidades disponibles para mostrar. Para ver las opciones disponibles, seleccionar Cambiar Unidades, la elección del sensor en cuestión. La elección de una nueva unidad va a cambiar todas las unidades para las carreras existentes del sensor a la nueva unidad, así como las posteriores ejecuciones. Se puede cambiar las unidades en el menú de sensores o en el metro del menú emergente como se observa en la figura 3.20.

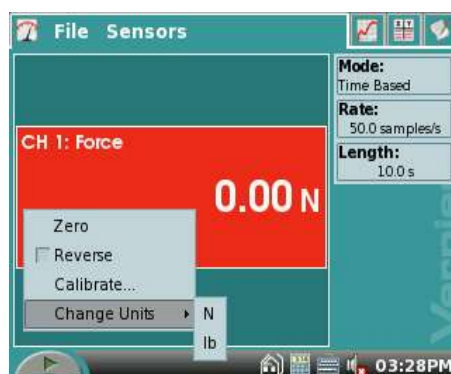


Figura 3.20 Cambio de unidades

Calibrar

La mayoría de los sensores no necesita ser calibrados, como la calibración del sensor viene de fábrica para que cuando LabQuest lea el sensor lo identifique. Sin embargo, algunos sensores requieren una calibración. La calibración requiere que se tenga dos condiciones de referencias para un sensor. Por ejemplo, para un sensor de PH que se cuente con Buffer de PH 4 y 10. Elegir la calibración del sensor en particular cuando sea necesario. En el dialogo de calibración, pulse el botón calibrar ahora y comenzar. Coloque el sensor de pH en la solución PH 4. Dejar que se estabilice la lectura unos segundos, o hasta que sólo se vean pequeñas variaciones. Usar el teclado para introducir un 4 en la lectura de un campo de valor conocido, y presionar mantener. Colocar el sensor de PH en la solución de PH 10. Introducir 10 en el campo de la lectura 2. Después de la lectura se, tocar mantener. Pulsar Aceptar para completar la calibración, en la figura 3.21 se observan los campos para realizar la calibración del sensor.

La opción de calibración de un punto permite calibrar con una sola referencia. Esto sólo presenta una desviación en la lectura, pero a veces todo lo que se necesita. La calibración de la sonda temperatura de acero inoxidable y de la sonda de temperatura de la superficie no son Compatible con LabQuest en este momento. La selección de unidades en el diálogo de calibración le permite modificar las unidades de la selección.

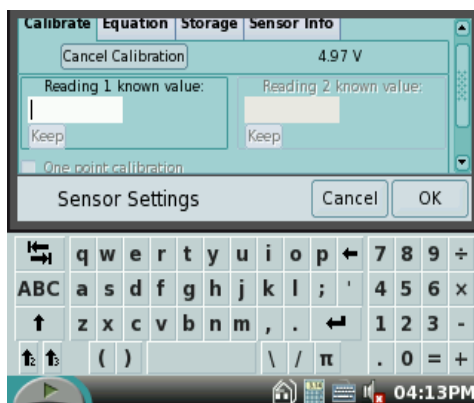


Figura 3.21 Calibración del sensor en LabQuest.

Hay pestañas adicionales en el cuadro de diálogo de calibración. La ecuación permite ver o modificar la información numérica de calibración. Pulsar Aplicar si se realizan cambios en el uso de los nuevos valores. Almacenamiento permite elegir la forma en la que se guardara la nueva calibración. Por ejemplo, si realiza una calibración y se quiere volver a ella más adelante, tiene la opción de almacenamiento para guardar y comprobar la calibración con el archivo LabQuest. Pulse Aceptar,

guarde el archivo LabQuest. La ficha Información del sensor contiene la información del chip de identificación automática en el sensor, si está presente.

Cero

Cero, se establece la lectura del sensor a cero mediante la adición de un desplazamiento a la lectura actual. No todos los sensores permiten a cero.

Marcha atrás.

Algunos sensores pueden leer tanto positivos como negativos. Por ejemplo, el sensor de fuerza lee positivos cuando se estira, y negativos cuando se comprime. La elección de la opción marcha atrás bajará los signo de las lecturas. No todos los sensores se pueden revertir.

3.6 Pantalla de gráfico.

LabQuest App cambia automáticamente a la pantalla de gráfico cuando se inicia la recolección de datos.

Hay varios accesos importantes en la pantalla gráfica. Después de la recolección de datos, pulsar en el gráfico de sí mismo para leer los valores de los cursores a examinar. Leer los valores de las lecturas a la derecha. Tocar el icono de archivador para guardar una ejecución, elegir entre las ejecuciones de almacenado con el menú de la izquierda del icono de gabinete.

Menú Grafico

En el menú gráfico en sí, se puede elegir lo que se representa, cómo la gráfica se escala, elegir protectores de puntos o líneas de conexión y elegir los datos que se ignoran al seleccionar a través de la valores. Se puede optar por mostrar dos gráficos más pequeños si se desea.

Opciones de gráfico

Para un control total sobre cómo los datos se representan gráficamente, elija Opciones de gráfico. Aquí puede elegir las columnas utilizadas para los ejes X e Y, y los límites de la parte superior/inferior e izquierda / derecha. Selección Auto escala hará que el rango del gráfico se ajustaste a la gama de datos después de que termine la recolección de datos. Auto escala de 0 hace lo mismo, sino que además incluye el origen, véase la figura 3.22 de configuración del gráfico.

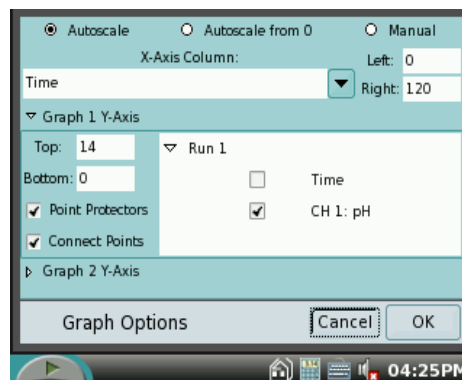


Figura 3.22 Configuración del gráfico.

En la escala manual se respetan los valores inscritos en los límites del rango, a menos que los datos de entrada estén *fuera* del rango. En este caso el rango se ampliará para incluirlos datos. Para entrar en los límites del rango, pulsar en cada campo y utilizar el teclado para introducir valores numéricos. Descartar el teclado pulsando el icono del teclado.

La opción de Protectores de punto marcará algunos, pero no todos, marcará los puntos como un círculo o diamante. Esto permite una fácil identificación de una huella por la marca correspondiente en la leyenda del gráfico. Por defecto, desactivarlos protectores de punto puede ser conveniente si sólo se está viendo un trazo.

La opción de puntos de conexión conecta puntos de datos con segmentos de línea recta. Estas líneas ayudarán al ojo a seguir la tendencia de los datos, pero en algunos casos no son apropiados. Por defecto, desmarcando puntos de conexión se irá sólo a los puntos reales en el gráfico. Si ejecuciones múltiples están presentes, se puede elegir rápidamente que ejecución se trazara aprovechando para colocar marcas de verificación en las pistas que desea ver.

LabQuest puede mostrar uno o dos gráficos. Los dos gráficos comparten un eje de abscisas columna y el rango. Tocar en el diamante junto al gráfico 1 Eje Y o Gráfico 2 Eje Y para mostrar u ocultar la configuración de ese eje. Si no hay una columna seleccionada para el gráfico 2, solamente un gráfico se dibujará. Cuando se haya terminado la configuración de las opciones de gráficos, tocar OK para regresar a la pantalla gráfica.

Mostrar Gráfico

Mostrar el gráfico del menú le permite saltar rápidamente entre los dos gráficos o ambos gráficos.

Auto escala

Una vez que se auto escala establecer los rangos de gráfico de modo que todos los puntos se dibujen.

Zoom In/ Zoom Out

Puede ver una región más pequeña de la gráfica arrastrando a través de ella para seleccionar y elegir Zoom In. Zoom out. Alejara y revertirá ese zoom.

Menú analizar

El menú Analizar proporciona acceso a herramientas adicionales, como líneas tangentes, integrales, las estadísticas y ajuste a la curva. Estas funciones que dependen de un conjunto de datos lo harán en el gráfico completo o sólo una parte de los datos, con una selección arrastrando el lápiz táctil a través del gráfico. Si no se hace la selección, el cálculo se utilizara en todo el rango. El análisis de la información se muestra en la parte derecha de la pantalla. Flechas de desplazamiento aparecerán si son necesarias. Tocar en el análisis de la información para mostrar los valores en un cuadro de diálogo de detalle para facilitar la lectura, en la figura 3.23 se observa el menú analizar.

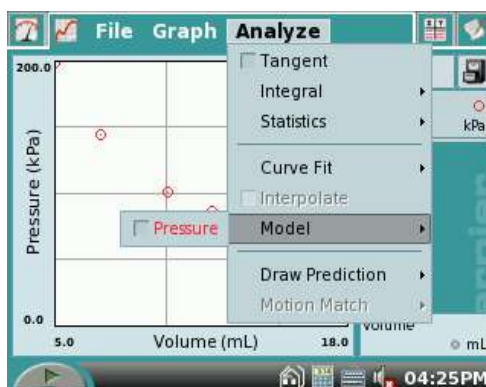


Figura 3.23 Menú analizar.

Tangente

El modo de tangente aumenta el cursor Examinar por la adición de una línea tangente y la pantalla numérica de la pendiente como tocar puntos en el gráfico.

Integral

Seleccionar una región, si es necesario, y luego elegir Integral, seguido por el sensor o el nombre de la columna. La Integral se elaborará, y el resultado numérico se mostrara a la derecha de la gráfica.

Estadística

Seleccione una región si fuera necesario, a continuación, seleccione Estadísticas, seguido por el sensor o el nombre de la columna. La descripción de las estadísticas se muestra ala derecha de la gráfica. Si una región se ha seleccionado, se dibuja entre paréntesis para indicar la región utilizada para los cálculos.

Ajuste de la curva

Ajuste de la curva permite ajustar automáticamente una función elegida de los datos. Si una región de la gráfica es seleccionada, solo esa región se utiliza para el montaje. Si no hay selección, todo el ancho de la gráfica se utiliza. Elegir la ecuación ideal deseada proporcional, Lineal, cuadrática, potencia y

exponente natural. En elección de la ecuación que se ajusta, LabQuest llevará a cabo el ajuste y mostrara los coeficientes y **Root Mean Square Error (ECM)**. Pulsar Aceptar para volver a la gráfica la pantalla principal.

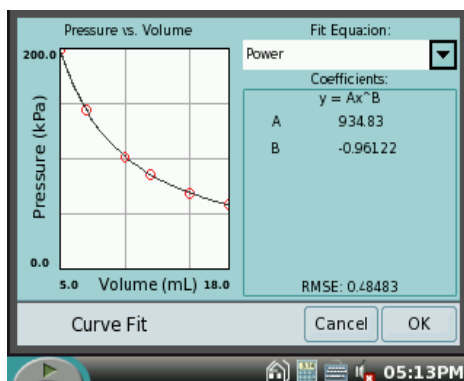


Figura 3.24 Ajuste de la curva de un gráfico.

Una vez que haya un ajuste en el gráfico principal, se puede elegir Interpolar del menú Analizar. Pulsar en el gráfico para leer los valores de la curva ajustada (en comparación con la lectura de los datos) en función del valor del eje X. Como muestra la figura 3.24 anterior.

Modelo

Modelo permite ajustar manualmente la función elegida para sus datos. Elegir modelo, y luego elegir una función. A los parámetros A, B y C son ajustables. Cambiarlos por ingreso directo o mediante el Uso de las flechas arriba y abajo para visualizar los valores ala derecha. Pulsar Aceptar para colocar el modelo en la gráfica principal, véase la figura 3.25.

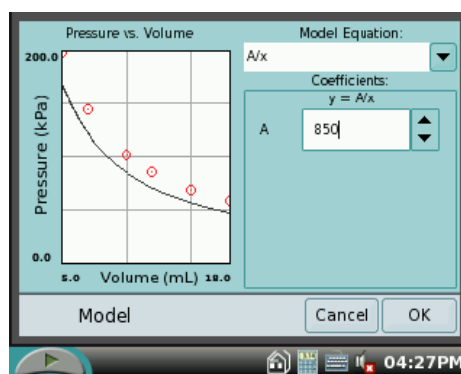


Figura 3.25 Modelo de ajuste de la curva

Predecir Dibujo

La elección de predecir Dibujo da una herramienta de mano libre del dibujo superpuesto sobre un gráfico. Esto puede ser utilizado para una variedad de propósitos, pero más a menudo se utiliza para esbozar una predicción de cómo una gráfica aparecerá una vez que los datos son posteriormente recogidos. Elegir Dibujar Predicción, a continuación, el gráfico 1 o 2, como se desee como se muestra en la figura 2.26.

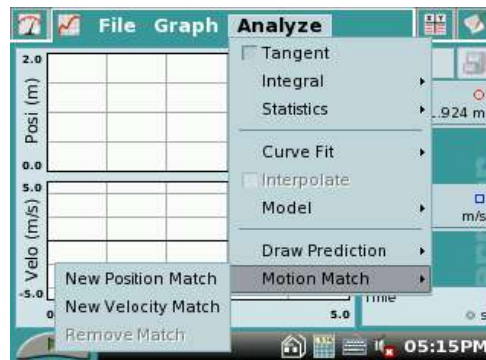


Figura 3.26 Selección de predecir el dibujo de un gráfico.

A continuación aparecerá una pantalla de dibujo. Arrastrar el lápiz suavemente por la pantalla de curvas, o tocar la pantalla para conectar los puntos con segmentos de línea recta. El botón Reset eliminará el esquema si es necesario empezar de nuevo. Pulsar Aceptar para realizar su boceto en el gráfico principal. Para eliminar una predicción, seleccione Dibujar Predicción de nuevo desde el menú Analizar, como muestra la figura 3.27.

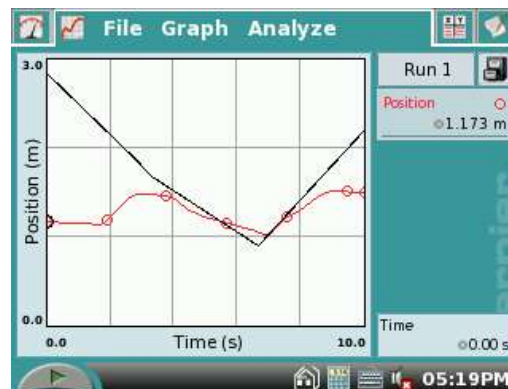


Figura 3.27 Predicción de dibujo.

Equipar Movimiento

El menú Equipar Movimiento solo está disponible si un detector de movimiento está conectado. Se tiene la opción de una posición nueva. LabQuest genera un gráfico de objetivo al azar para los ejercicios correspondientes. Sólo el gráfico seleccionado, posición o velocidad, se muestra en el **modo de movimiento**. Se pueden recoger datos sobre el objetivo gráfico tantas veces como lo requiera. Para ver un nuevo objetivo gráfico, elegir coincidir con la posición nueva o nueva velocidad.

3.7 La pantalla de tabla.

La pantalla de tabla muestra una vista de tabla de datos de su experimento. Hay varios accesos directos en esta pantalla, obsérvese la figura 3.28.

- Toque en el campo de ejecución, inicialmente llamada Run1, Run2 y así sucesivamente, para editar el nombre de la carrera.
- Toque en un encabezado de columna (tiempo, fuerza, etc.) para cambiar el nombre de la columna, la precisión de pantalla, o unidades.

Run 1		Run 2	
Time (s)	Force (N)	Time (s)	Force (N)
0.00	-0.03	0.00	-0.03
0.02	-0.03	0.02	-0.03
0.04	-0.03	0.04	-0.03
0.06	-0.06	0.06	-0.03
0.08	-0.06	0.08	-0.03
0.10	-0.03	0.10	-0.03

Figura 3.28 Pantalla de tabla

Menú Tabla.

El menú de la tabla le permite crear, modificar o eliminar columnas de datos. Nada en las columnas se puede representar gráficamente, en la figura 3.29 se desglosa el menú tabla.

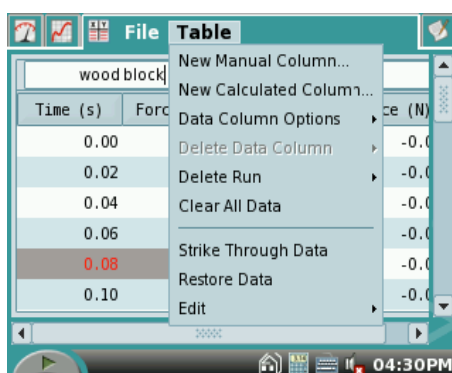


Figura 3.29 Menú de tabla

Nueva columna manual.

Nueva Columna Manual crea una columna vacía en que se pueden introducir o generar valores directamente.

Nueva columna calculada

Crea una nueva columna cuyos valores se basan en otras columnas por una fórmula matemática. Por ejemplo, se puede definir una columna calculada como el cuadrado inverso de la otra columna, como se muestra en la figura 3.30. Una columna calculada puede ser utilizada en los gráficos o en columnas adicionales calculadas.

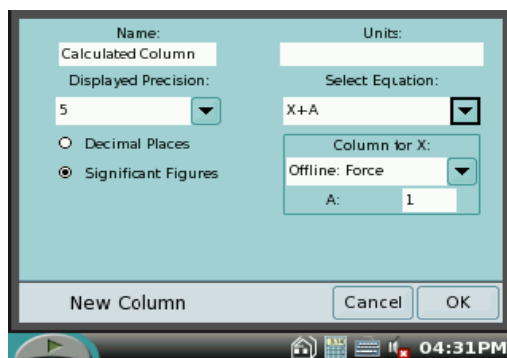


Figura 3.30 Nueva columna calculada.

Opciones de datos de las columnas.

Opciones de datos de columnas permite establecer el nombre de columna, las unidades y la precisión de la pantalla.

Eliminar columna de datos, ejecutar y borrar todos los datos.

Permite quitar las columnas, ejecutar, eliminar o borrar la totalidad de sus datos. A través del paro y la restauración de datos permite hacer caso omiso de forma no destructiva y restaurar los datos. Seleccione una o varias filas en la tabla de datos, y luego usar estos comandos. También se puede seleccionar los datos en un gráfico, y usar los mismos comandos.

El tema de edición le permite copiar y pegar valores de un lugar a otro. En particular es posible copiar un rango de valores y pegarlos en las notas de la pantalla siguiente, llamando a la pantalla de notas.

Pantalla de notas.

La pantalla de notas es un lugar para entrar y ver los textos e imágenes. El labQuest incluye más de cincuenta actividades preparadas para su uso por los estudiantes y se puede entrar a notas propias a medida que se realiza un experimento.

Para abrir una de las actividades preparadas, seleccionar ver instrucciones de laboratorio en el menú archivo y seleccionar el archivo deseado. Más de medio centenar de experimentos populares en Química, Física, Biología, Ciencias de la tierra y la calidad del agua están disponibles.

Menú de notas.

El menú de notas permite alternar entre instrucciones de laboratorio y notas propias, llamando Mis notas. El menú también permite el acceso a los comandos estándar de edición de cortar, copiar, pegar y borrar todo, Para introducir texto en mis notas, tocar en el icono del teclado en la fila inferior de la

pantalla. También se puede adjuntar un teclado estándar en la USB de la LabQuest y usarlo para introducir texto, en la figura 3.31 se muestra la pantalla de notas.

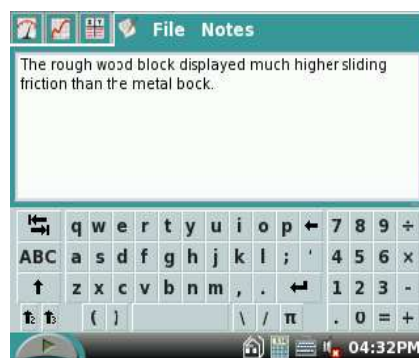


Figura 3.31 Menú de notas

Sensores especiales.

Algunos sensores merecen instrucciones especiales. Son dos sensores internos, y los espectrómetros basados en USB.

Microfono interno.

Configurar el micrófono interno mediante la instalación de sensores. En el menú de los sensores tocar en la casilla de verificación para el micrófono interno, y pulsar aceptar. En este punto, el micrófono se usa igual que un sensor externo.

Sensor de temperatura interno.

Configurar el sensor de temperatura interno mediante la instalación de sensores. En el menú de sensores toque la casilla de verificación de temperatura interna, y pulsar en aceptar. En este punto, el sensor de temperatura se utiliza como un sensor externo. Sin embargo, ya que el sensor de LabQuest es interno, no puede responder con rapidez a los cambios de temperatura. Está diseñado solo para medir la temperatura ambiente y el cambio asociado lento. La velocidad de datos está limitada a no más rápido de un punto cada 20 segundos.

Espectrómetros.

LabQuest App es compatible con los siguientes espectrómetros USB:

- Vernier Spectro Vis (SVSIS)
- Vernier Spectrometer (V-SPEC)
- Ocean Optics Marea Roja (SPRT-VIS, SPRT-UV-VIS, ESRT-VIS)
- Ocean Optics USB2000

Todos los espectrómetros se auto identifican, conectar un dispositivo, y seleccionar Nuevo en el menú Archivo de la LabQuest App si el espectrómetro no se encontró inmediatamente.

Los espectrómetros tienen sus propios datos especializados modos de recopilación y unidades. Se puede medir la absorbancia, transmitancia e intensidad, obsérvese la figura 3.32. Absorbancia y Transmitancia, requieren una calibración con una cubeta clara antes de poder recoger los datos. Informe de la intensidad de la luz cruda detectados en función de la longitud de onda, y no requiere de calibración.

Una vez que las unidades de recolección de datos se eligen, un modo de recopilación de datos se puede elegir.

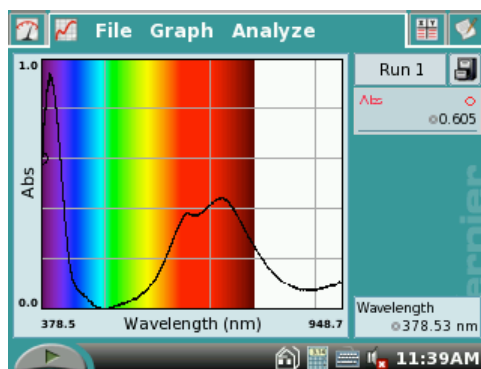


Figura 3.32 Medición de absorbancia con el espectrómetro

Procedimientos apropiados para espectrómetros están basados en tiempo, Eventos con Entrada, eventos seleccionados y el valor por defecto, Full Spectrum, en la figura 3.33 se muestra la configuración del espectrógrafo.

En el modo Full Spectrum de LabQuest App mostrará las unidades elegidas (Absorbancia, Transmitancia o la Intensidad) como una función de longitud de onda. Este gráfico le permite inspeccionar el espectro completo de características, a menudo para su posterior análisis mediante la elección de recoger los datos en una sola longitud de onda.

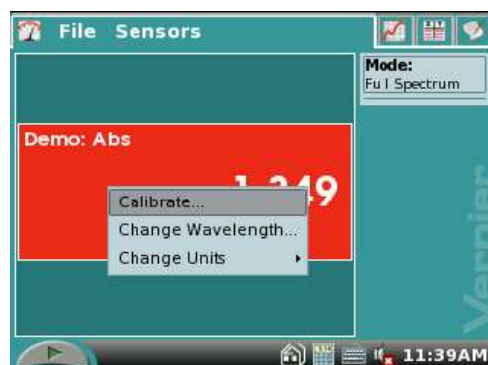


Figura 3.33 Configuración del espectrógrafo.

Tiempo de muestreo

El tiempo de muestreo se ajusta en tiempo que el espectrómetro recoge la luz para cada muestra. Este valor se establece por la rutina de calibración. La alteración de este valor es útil para mediciones de la intensidad para mantener los picos en el rango.

Suavizar la longitud de onda.

Suavizar la longitud de onda, ajusta el número de lecturas adyacentes a ambos lados de un valor dado que se utilizan para calcular un valor promedio. El aumento de esta cifra representa un amplio espectro, reduciendo efectivamente la resolución de longitud de onda.

Medida de las muestras.

Esto establece el número de muestras temporales tomadas para calcular un promedio. El aumento de este valor puede mejorar la relación señal-ruido.

Rango de longitud de onda.

La longitud de onda puede ser reducida antes de la calibración para optimizar la calibración para este rango de longitudes de onda. El modelo del espectrómetro en particular determina el rango de longitudes de onda por defecto.

3.8 Herramientas adicionales de LabQuest.

En la parte inferior de la pantalla son los iconos para recoger, casa, calculadora científica, teclado, sonido la batería y la hora actual.

Al tocar el icono muestra un menú para el lanzamiento de las aplicaciones. Aplicaciones de la tabla periódica, grabadora de sonidos y cronómetro también están disponibles. No es necesario salir de la aplicación de LabQuest para poner en marcha otra aplicación véase la figura 3.34.

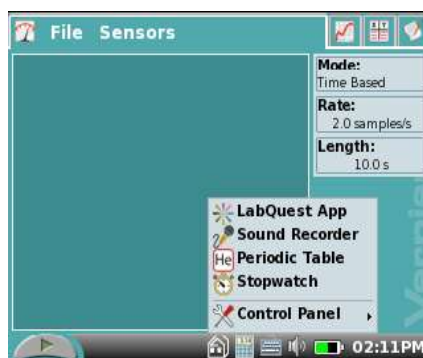


Figura 3.34 Herramientas adicionales de LabQuest.

Una calculadora científica se llama pulsando sobre el icono de la calculadora, como se muestra en la figura 3.35. La calculadora de notación algebraica, se puede usar en cualquier momento, para descartarla, pulsar de nuevo el icono de la calculadora. Se puede copiar el resultado de la calculadora y pegar en la ficha notas.

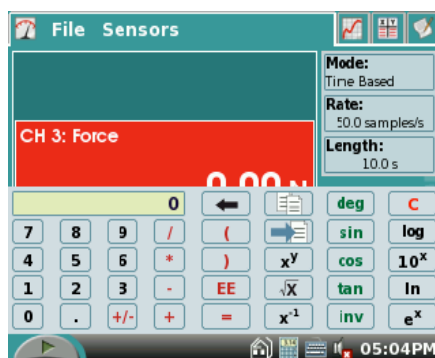


Figura 3.35 Calculadora científica.

Un teclado Qwerty se llama y oculta pulsando sobre el icono del teclado. A menudo, no se tendrá que convocar el teclado, ya que se mostrará cada vez que se requiere introducción de datos alfanuméricos.

El icono de altavoz permite ajustar el volumen de sonidos producidos por la LabQuest.

Pulsar el icono de la batería para ver un informe de estado de energía de la batería.

Ajustar la hora y fecha tocando la pantalla de tiempo abajo a la derecha. Por lo general no es necesario el tiempo, el LabQuest está sincronizado con el reloj del equipo.

Grabadora de sonidos.

La grabadora de sonidos se utiliza para capturar a corto clips de audio, por lo general notas de voz. Para grabar un clip, pulse el botón redondo de registro de color verde. Para detener pulsar el botón rojo de parada. Reproducir el clip de nuevo utilizando el botón de reproducción verde. El botón de disco permite guardar el clip, que más tarde se puede abrir mediante el icono de la carpeta de archivos abiertos. El icono de la página en blanco limpia el clip de audio actual.

Tabla periódica.

La tabla periódica contiene información estándar de referencia en los elementos, véase la figura 3.36. Pulsar en un elemento para ver los detalles, cierre la ventana de detalle utilizando el botón de cierre superior derecha.

Figura 3.36 tabla periódica de LabQuest.

Cronómetro.

La aplicación cronómetro es un simple temporizador. Pulsar el botón de inicio para comenzar a medir, presionar de nuevo para detener. Tomas posteriores siguen para iniciar y detener el cronómetro. Pulsar el botón de reinicio medio para devolver el contador a cero. El botón de copia pondrá la hora actual en el portapapeles para pegar en la pantalla Notas del LabQuest App, o en la calculadora.

Panel de control.

El panel de control da acceso a la configuración de LabQuest. Para despedir a un panel de control, pulsar el botón de cierre en la esquina superior derecha de la pantalla. En la figura 3.37 se muestran desglosadas del panel de control.

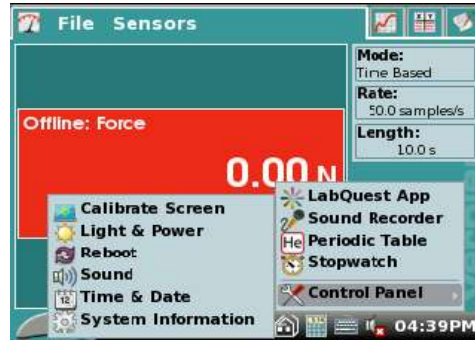


Figura 3.37 Panel de control de LabQuest.

Calibración de la pantalla.

Se utiliza esta opción si la pantalla no responde a los toques en los lugares que se espera.

Luz y Poder.

Controla el brillo de la pantalla y el tiempo de luminosidad de la pantalla. Una pantalla más brillante utiliza más energía de la batería.

Reiniciar.

Reinicia LabQuest.

Sonido.

Controles de sonido el volumen de salida, tanto para el altavoz interno y para cualquier altavoz conectado externamente.

Sistemas de información.

Muestra los números de versión del software instalado. Hay varias pestañas en esta pantalla. La fecha de dispositivos incluye un botón de visualización de licencia marcado que mostrará el texto completo de la licencia de software GPL. La ficha región contiene una selección de los idiomas de visualización. En la figura 3.38 se muestran las opciones del sistema de información.



Figura 3.38 sistema de información de LabQuest.

Hora y Fecha.

Este elemento contiene la configuración de fecha y hora. Cuando LabQuest está conectado a una computadora, el reloj interno se ajusta automáticamente.

Establecer idiomas de LabQuest.

Esta aplicación de labQuest puede mostrar los menús en Inglés, francés, italiano, español y alemán. Para configurar el idioma del dispositivo, abrir el Panel de control descrito anteriormente, y seleccionar Información del sistema. Seleccionar la ficha Región, y elegir el idioma deseado. Un reinicio será necesario. En la figura 3.39 se muestran las opciones de configuración de idioma.

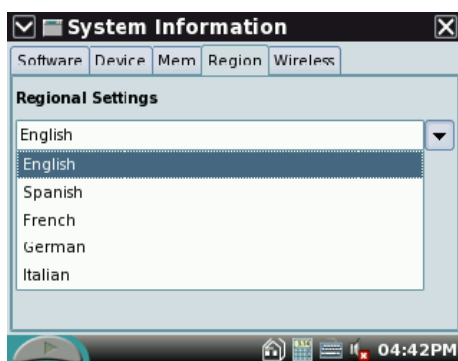


Figura 3.39 Configuración de idioma.

3.9 Llaves de hardware en el LabQuest.

El panel frontal del LabQuest contiene las claves que permiten realizar muchas tareas sin un lápiz óptico. El botón Recoger se muestra en pantalla. 

El resto de botones son los siguientes:

- Escape. Despide a un menú o cuadro de diálogo y no toma ninguna acción. 
- Pantallas. Se desplaza por las pantallas de las aplicaciones de LabQuest. 
- Menú. Tira hacia abajo el menú disponible en primer lugar, para ver los menús de uso adicionales la tecla de flecha derecha. 
- Casa. Muestra el menú casa. 
- Aceptar. Ejecuta la acción seleccionada. 

- Las teclas de cursor. Use las teclas de flecha para desplazarse por un menú o entre menús o para mover el cursor examinar a través de un gráfico. 

El botón de encendido  en la parte superior izquierda se utiliza para colocar LabQuest en un estado de bajo consumo, y para despertar de ese estado. LabQuest no está del todo cuando se encuentre en el estado de bajo consumo, y para que la batería no se descargue con el tiempo cuando se deja en este estado.

Si se tiene los datos no guardados cuando se pulsa el botón LabQuest de encendido, la aplicación de LabQuest preguntará si desea guardar o descartar los datos antes de apagarse. O, si se mantiene pulsado el botón de encendido durante más de cinco segundos, LabQuest se apagará, descartando los datos no guardados.

LabQuest protege los datos en situaciones de batería baja. Poco antes de que la batería no tenga carga suficiente para mantener encendida LabQuest, LabQuest App pondrá fin a cualquier recopilación de datos en curso y guardará datos en un archivo temporal. Más tarde, cuando el LabQuest es recargado y LabQuest App se reinicia, se pedirá que abrir o descartar el archivo temporal. Cuando LabQuest se enciende, se reinician las aplicaciones de LabQuest, libre de los datos anteriores o de configuración del sensor.

3.9.1 Cuidados de LabQuest

Batería de LabQuest.

La pantalla de LabQuest se oscurecerá después de unos minutos de no usar, incluso durante la recolección de datos. Sin embargo, no se apagará hasta que la batería este casi descargada. Utilizar sólo el adaptador de CA suministrado para cargar la batería de LabQuest. Utilizar una batería de litio ion de alta calidad. Esta es la misma química utilizada en la computadora portátil de primera calidad y baterías de teléfonos móviles, y que puede esperar un rendimiento similar.

Para optimizar la batería la vida de la batería, ajustar el brillo de la pantalla al nivel mínimo aceptable, y apagar el LabQuest cuando no está en uso. Desconectar todos los sensores que no utilizan activamente. La duración de la batería depende de los sensores utilizados, pero en la mayoría de los casos se puede obtener seis o más horas de uso de LabQuest entre la carga. Cuando la batería llega al final de su vida útil, el tiempo de ejecución se convertirá cada vez más cortos. Cuando el tiempo de ejecución sea demasiado corto para su aplicación, se tendrá que reemplazar la batería.

CAPITULO 4

ANALISIS APLICADO A LA CALIDAD DEL AGUA.

4.1 Introducción.

En este capítulo se presenta una de las aplicaciones para LabQuest y los sensores Vernier. Como se describió en el capítulo 2 el agua es uno de los recursos indispensables para diversos factores de la vida. Sin embargo, en gran parte no se realiza una medición de los diversos factores presentes en el agua, y que además podrían representar un gran riesgo para la salud o en el desempeño de la producción en la industria, entre otros.

A continuación se muestra la medición de algunos factores que repercuten en la calidad del agua en la Comunidad Sabino de Santa Rosa y que fueron analizados con los sensores Vernier. Se eligió este lugar por ser un ejemplo representativo de no tener un control por lo menos básico en el agua potable, y para mostrar el funcionamiento de los sensores con el agua de riego y los niveles de calidad que se encuentran en ella.

4.2 Descripción del sensor de temperatura.

El sensor de temperatura de acero inoxidable es muy robusto, es un sensor de propósito general en el laboratorio. Está diseñado para ser usado como termómetro para experimentos en química, física, biología, geología y ciencia medioambiental en la figura 4.1 se muestra el sensor de temperatura utilizado.



Figura 4.1 sensor de temperatura Vernier.

Usos Típicos:

- Experiencias con calor
- Estudios del tiempo.
- Calor específico.
- Estudios de aislamiento.

Especificaciones de la Sonda de Temperatura

- Rango de temperatura: -40 a 135°C (-40 a 275°F)
- Máxima temperatura que puede tolerar el sensor sin sufrir daños: 150 °C

- 13-bit resolución (LabQuest):

0.09°C (–40 a 0°C)

0.02°C (0 a 40°C)

0.05°C (40 a 100°C)

0.13°C (100 a 135°C)

- 12-bit resolution (LabQuest, LabPro):

0.17°C (–40 a 0°C)

0.03°C (0 a 40°C)

0.1°C (40 a 100°C)

0.25°C (100 a 135°C)

- Sensor de temperatura 20 k NTC Thermistor

- Exactitud $\pm 0.2^\circ\text{C}$ a 0°C , $\pm 0.5^\circ\text{C}$ a 100°C

- Tiempo de respuesta (Tiempo para el 90% de variación en la lectura):

10 segundos (en agua, con agitación)

400 segundos (en el aire)

90 segundos (en el aire con agitación)

- Dimensiones de la sonda:

- Longitud sonda (mango + cuerpo): 15.5

Cuerpo de acero inoxidable: longitud 10.5 cm, diámetro 4.0 mm

Mango de la sonda: longitud de 5.0cm, diámetro 1.25cm

4.2.1 Funcionamiento la sonda de temperatura de acero inoxidable.

Esta sonda utiliza el Termistor NTC de 20 K Ω . El termistor es una resistencia variable cuya resistencia disminuye de forma no lineal conforme aumenta la temperatura. El ajuste óptimo a esta característica no lineal le da la ecuación de Steinhart-Hart. A 25°C .

La resistencia es aproximadamente el 4.3% por $^\circ\text{C}$. Las interfaces LabPro o CBL 2 miden valores de resistencia, R , a una temperatura particular, y convierte la resistencia utilizando la ecuación 4.1 de Steinhart-Hart:

$$T = [K_0 + K_1 (\ln 1000R) + K_2 (\ln 1000R)^3]^{-1} - 273.15 \quad (4.1)$$

Dónde:

T es la temperatura en ($^\circ\text{C}$)

R es la medida de la resistencia en K Ω

$K_0 = 1.02119 \times 10^{-3}$

$$K_1 = 2.22468 \times 10^{-4}$$

$$K_2 = 1.33342 \times 10^{-7}$$

4.2.2 Tolerancia química de la sonda.

El cuerpo de la sonda de acero inoxidable está construido de una aleación de alta calidad, grado 316. Este alto grado de aleación de acero, le confiere una alta resistencia a la corrosión y por tanto ideal para ser usado en clase de ciencias.

4.2.3 Medición de temperatura.

Lista de materiales:

- ❖ Interfaz LabQuest o LabProb.
- ❖ La sonda de temperatura.
- ❖ Papel pequeño o taza de plástico (opcional).

Recolección y almacenamiento de muestras.

1. La temperatura del agua debe ser medida en el sitio ya sea por la colocación de la sonda directamente en la corriente o por tomar una muestra y de inmediato la medición de su temperatura.
2. Si se requiere tomar una muestra en el lugar, es importante obtener la muestra de agua de debajo de la superficie del agua y lo más lejos de la orilla como sea seguro. Si las áreas adecuadas de la corriente parece ser inalcanzable, construya un muestreador con una varilla y el contenedor para la recolección de la muestra.

Procedimiento de prueba

1. Conectar la sonda de temperatura en el Canal1 de la interfaz LabQuest o Lab Prob. Pulsar el botón de encendido de LabQuest. El software identificará el sensor de temperatura y carga por defecto la configuración para la toma de datos. Esperar unos segundos para iniciar la recolección. (No es necesario hacer una calibración de la sonda de temperatura).
2. Configurar el modo de recopilación de datos.
 - a) En la pantalla Configuración, hacer clic, a continuación, elegir un solo punto.
 - b) Pulsar para volver a la pantalla principal.
3. Recoger datos de temperatura.
 - a) Colocar la punta de la sonda de temperatura directamente en el torrente en el Sitio 1(o en un vaso que contiene una muestra tomada en el Sitio 1). Sumergir la punta de la sonda a una profundidad de unos 10cm

- b) Pulsar para comenzar el muestreo. Importante: Dejar la punta de la sonda sumergida mientras que los datos están siendo recogidos por 10 segundos.
- c) Después de 10 segundos observar el valor de la temperatura en la pantalla. Registrar este valor en la hoja de datos y cálculos (con una aproximación de 0,1° C).
- d) Pulsar para repetir la medición.
- e) Después de 10 segundos observe, el valor de la temperatura en la pantalla. Registre este valor en la hoja de datos y cálculos (con una aproximación de 0,1° C).
- f) Pulsar para volver a la pantalla principal.

4.2.4 Test de medición de temperatura.

Río o lago: Canal de Riego del Ejido de Sabino de Santa Rosa.

Fecha: 7 de Enero de 2012.

Tabla 4.1 valores obtenidos durante el muestreo.

Columna	A	B	C	D
Sitio	Temperatura 1 (°C)	Temperatura 2 (°C)	Promedio de Temperatura (°C)	Cambio de Temperatura (°C)
1	22.8	22.6	22.7	-0.2
2	23.1	22.8	22.95	-0.3

Procedimiento de Columnas:

- A.-Registro primera lectura de la temperatura del agua en cada sitio.
- B.-Registro de segunda lectura de la temperatura del agua en cada sitio.
- C.-Promedio de la temperatura del agua en cada sitio= $(A+B) / 2$.
- D.-El cambio de temperatura=temperatura medida del Sitio1 – La temperatura del Sitio2.

Se puede observar un ligero aumento de la temperatura en el sitio 2 pero no es algo considerable.

Observaciones de campo:(por ejemplo, el clima, la geografía, la vegetación a lo largo de la corriente):
Con clima templado de 26.5°C y con algo de vegetación sobre el lecho del canal.

En las ilustraciones siguientes se muestra una prueba anexa de la sonda de temperatura VS termómetro de mercurio en una solución concentrada de salmuera.



Figura 4.2 temperatura de agua en el ambiente

Como se muestra en la figura 4.2 anterior se observa una temperatura de 21.4°C en la interfaz y en de 21.5 °C. Lo cual nos da una exactitud adecuada.

A continuación se le agrego la salmuera al agua y se tomó la temperatura del agua al punto de ebullición.



Figura 4.3 temperatura en el punto de ebullición de la solución concentrada de salmuera.

Al llegar al punto de ebullición la interfaz muestra una temperatura de 91.6°C y el termómetro de 92°C aproximadamente.

Se realizó la misma prueba para una solución concentrada de sacarosa.



Figura 4.4 temperatura punto en el punto de ebullición de solución concentrada de sacarosa

Para el punto de ebullición de la solución anterior se registró en la interfaz una temperatura de 91.2°C y en el termómetro de 92°C.

Observación: para esta prueba se pudo observar la velocidad de respuesta de la sonda ante el termómetro de mercurio, el termómetro tardaba más en establecer una temperatura mientras que la interfaz registraba valores continuamente.

4.3 Descripción del sensor de turbidez.

El sensor de turbidez mide la turbidez de las muestras de agua dulce o agua de mar en NTU (unidades nefelométricas de turbidez, la unidad estándar utilizada por la mayoría de las agencias de captación de agua y de las organizaciones mundiales). Su diseño pequeño, elegante y fácil instalación hacen que sea fácil de usar en el lugar de recolección o en el aula.

Además de los estudios de calidad del agua, también puede ser usado para monitorear la formación de precipitados o las algas y las poblaciones de levadura en las clases de química y biología. El sensor de turbidez de alta calidad incluye HachStablCal™ estándar 100NTU para una calibración rápida y una cubeta de vidrio de alta calidad para la muestra de agua, en la figura 4.5 se muestra el sensor de turbidez utilizado.



Figura 4.5 sensor de turbidez Vernier.

Especificaciones del sensor de turbidez

- Rango: 0 a 200 NTU
- Resolución:
 - 13-bit (SensorDAQ): 0.13 NTU
 - 12-bit (LabQuest, LabQuestMini, LabPro): 0.25 NTU
 - 10-bit (CBL 2): 1 NTU
- Precisión: ± 2 NTU para las lecturas de menos de 25 NTU
 $\pm 5\%$ de las lecturas por encima de 25 NTU
- LED de longitud de onda: 890 nm
- Estándar: StablCal formacina estándar 100 NTU

4.3.1 Funcionamiento del sensor de turbidez

La luz infrarroja se dirige a una cubeta que contiene la muestra de agua. Esta luz es dispersada en todas las direcciones de las partículas en el agua. Un detector, que consiste en un fotodiodo, se coloca en un ángulo de 90° a la fuente de la luz. La cantidad de luz que se dispersa directamente en el detector se mide en voltios y traducido a las unidades de turbiedad. Este estilo de sensor de turbidez se llama nefelómetro. Un estándar se utiliza para calibrar el sensor de turbidez en unidades de NTU, unidades nefelométricas de turbidez. Otras dependencias, como JTU (Unidades de Turbidez de Jackson), y FTU (unidades de turbidez de formacina), tienen valores similares a la NTU, pero no son exactamente lo mismo, en la figura 4.6 se muestra el funcionamiento del sensor de turbidez.

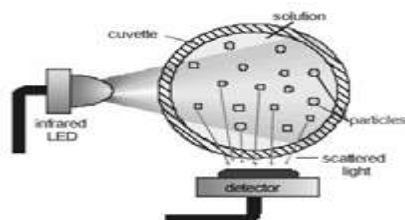


Figura 4.6 Vista superior de la turbidez

4.3.2 Medición de turbidez.

Lista de materiales:

- ❖ Interfaz LabQuest o LabPro.
- ❖ Sensor de Turbidez Vernier.
- ❖ Pañuelo o tejido suave y sin pelusa.
- ❖ Botella con tapa para muestreo.
- ❖ La cubeta de turbidez.
- ❖ La cubeta de turbidez estándar (StableCal®formacinaestándar100 NTU).
- ❖ Agua destilada.

Recolección y almacenamiento de muestras.

1. Esta prueba se puede realizar en sitio o en el laboratorio. Obtener la muestra en un frasco con tapa para permitir la mezcla suave justo antes de la prueba. Aproximadamente 100ml de agua se requiere.
2. De pie arriba de cualquier actividad que pueda levantar los sedimentos y afectar las lecturas. Sostenga la botella de muestreo aguas arriba de su cuerpo.

Procedimiento de prueba

1. Conectar el sensor de turbidez en el Canal 1 de la interfaz LabQuest o LabPro. Presionar firmemente en los extremos del cable.
2. Pulsar el botón de encendido del LabQuest para activarlo.
3. Invertir suavemente la muestra de agua para mezclar las partículas que se puedan haber asentado en la parte inferior. Importante: No agitar la muestra. Sacudir introducirá aire, diminutas burbujas que afectan al a turbidez
4. Vaciar el agua destilada de la cubeta y enjuagarla con agua de la muestra. llenar la cubeta hasta la parte superior de la línea de agua de la muestra.
5. Atornillar la tapa de la cubeta. Limpiar el exterior con un paño suave y sin pelusa o tejido.
6. Mantener la cubeta por la tapa y colocarla en el sensor de turbidez. Asegurarse de que las marcas están alineadas. Cerrar la tapa.

7. Observar el valor de la turbidez. Nota: Las partículas en el agua se depositarán sobre el tiempo y muestran una lenta deriva a la baja en las lecturas de turbidez, por lo tanto, tomar las lecturas un poco después de colocar la cubeta en el sensor.
8. Calibración del sensor de turbidez. En caso de ser necesario.
 - a) Si la muestra de agua es muy clara, es posible que se desee que el sensor de turbidez se caliente durante unos cinco minutos para asegurar un voltaje estable.
 - b) Entrar en la rutina de calibración para la recolección de datos del programa.
 - c) **Primer punto de calibración:** Obtener la cubeta que contiene el patrón de turbidez (100 NTU) y suavemente invertir cuatro veces para mezclar las partículas que pueden tener asentado en el fondo. Importante: No agitar la norma. El sacudimiento excesivo puede introducir pequeñas burbujas de aire que afectan a las lecturas de turbidez.
 - d) Limpiar el exterior de la cubeta con un paño o tejido suave y sin pelusa.
 - e) Mantener el estándar de la tapa, en el lugar de sensor de turbidez. Alinear la marca en la cubeta con la marca en el sensor de turbidez. Importante: Estas marcas deben estar alineadas cuando se toma una lectura.
 - f) Cerrar la tapa.
 - g) Escribir 100 como el valor de NTU.
9. Remover la medida de la norma.
10. **Segundo punto de calibración:** Preparar un *blanco* entre la cubeta vacía con agua destilada, y luego llenar la parte superior de la línea con agua destilada. Importante: La parte inferior del menisco debe ser en la parte superior de la línea para cada medida a lo largo de esta prueba. Este nivel de llenado es fundamental para obtener los valores correctos de turbidez.
 - a) Atornillar la tapa de la cubeta. Limpiar el exterior con un paño suave y sin pelusa o tejido.
 - b) Sujetando la cubeta por la tapa, colocarla en la ranura del sensor de turbidez. Asegurarse de que las marcas están alineadas. Cerrar la tapa.
 - c) Ingresar 0 como el valor de NTU.
11. Recolectar datos de Turbidez
12. Invertir suavemente la muestra de agua cuatro veces para mezclar las partículas que pueden haber depositado en el fondo. Importante: No agitar la muestra. Sacudir introducirá pequeñas burbujas de aire que afectan a la turbidez.
 - a) Obtener una cubeta vacía o vaciar el agua destilada de la cubeta en el paso 10 si se ha realizado una calibración.
 - b) Enjuagar el tubo con la muestra de agua, entonces se llenan de agua de la muestra para que la parte inferior del menisco con la parte superior de la línea blanca.

- c) Colocar la tapa en la cubeta. Limpiar con cuidado la parte exterior con un paño suave y sin pelusa o tejido.
 - d) Comprobar la cubeta de burbujas de aire. Si hay burbujas de aire, golpear suavemente la parte inferior de la cubeta en una superficie dura para desalojarlos.
 - e) Colocar la cubeta en el sensor de turbidez. Asegurarse que la marca de la cubeta esté alineada con la marca del sensor de turbidez. Cerrar la tapa. Pulsar para comenzar el muestreo.
 - f) Después de 10 segundos, el valor de turbidez (en NTU) aparecerá en la pantalla. Registrar este valor en la hoja de datos y cálculos (todo con una precisión de 1 NTU).
13. Repita el paso 12 con una segunda muestra de agua.

4.3.3 Test de medición de turbidez.

Río o Canal: Canal de Riego del Ejido de Sabino de Santa Rosa.

Fecha: 7 de Enero de 2012.

➤ *Medición de la Turbidez con la solución Estandar de Calibra 100 NTU.*

En la figura 4.7 se comprobó el funcionamiento del sensor de Turbidez, utilizando una solución estándar de 100 NTU, al examinar la muestra en el LabQuest se observa un valor de 102.2 NTU, lo cual nos da precisión adecuada de la muestra y se procedió a realizar la medición de las muestras siguientes.

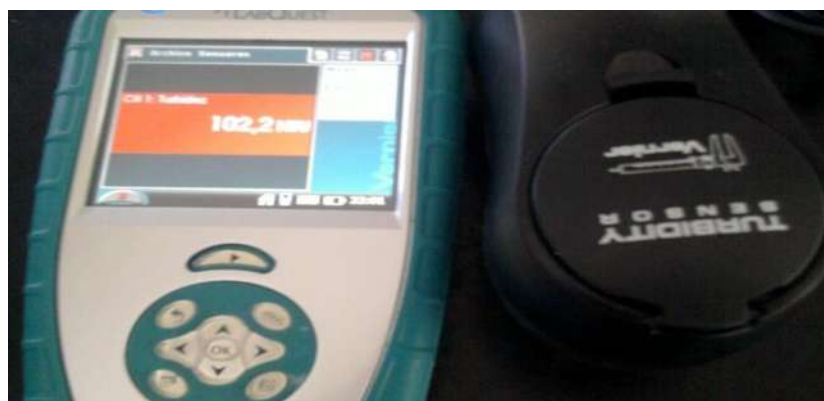


Figura 4.7 muestra de calibración 100 NTU.

➤ *Medición de la Turbidez del Agua destilada.*

En la figura 4.8 siguiente se observa un valor de 17.1 NTU en el agua destilada.



Figura 4.8 turbidez de agua destilada

➤ *Medida de la Turbidez en el sitio 1*

En la muestra 1 del agua de riego se observa una turbidez de 114.3 NTU, vea figura 4.9.



Figura 4.9 turbidez sitio 1

➤ *Medida de la Turbidez en el sitio 2*

En la muestra 2 del agua de riego se observa una turbidez de 132.1 NTU, vea figura 4.10.



Figura 4.10 turbidez sitio 2

➤ *Medida de la Turbidez en el agua potable.*

En la figura siguiente se puede observar un valor de 16.9 NTU

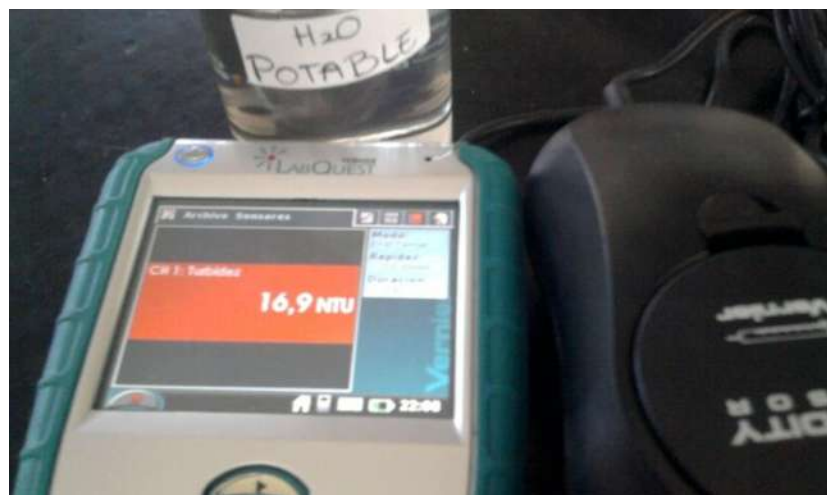


Figura 4.11 turbidez del agua potable

En la siguiente tabla 4.2 se muestran los valores obtenidos.

Tabla 4.2 Valores de turbidez obtenidos

Columna	A
Lectura	Turbidez (NTU)
Sitio 1	114.3 NTU
Sitio 2	135.1 NTU
Promedio De Temperatura (NTU)	124.7 NTU
Agua potable	16.9 NTU

Procedimiento de columnas:

A.- Registro de turbidez como se lee en el LabQuest.

Como se puede observar en la tabla anterior el agua utilizada para el riego es muy turbia aunque hasta el momento no se puede determinar que sea de mala calidad o perjudicial para las plantas, sin embargo para el agua potable hay un nivel de turbidez considerable ya que según el estándar para el agua potable la turbidez debe ser menor a 5 NTU.

Observaciones de campo por ejemplo, el clima, la geografía, la vegetación a lo largo de la corriente): Con clima templado de 26.5°C y con algo de vegetación sobre el lecho del canal.

4.4 Descripción del sensor de conductividad.

La sonda de conductividad tiene tres escalas, proporcionando una precisión óptima en cualquier rango dado. Los profesores de biología pueden utilizar esta sonda para demostrar la difusión de iones a través de las membranas. Los estudiantes de química son capaces de investigar rápidamente la diferencia entre los compuestos iónicos y moleculares, ácidos fuertes y débiles, o los compuestos iónicos que producen diferentes proporciones de los iones. Estudiantes de ciencias del medio ambiente lo utilizan para medir TDS, el total de sólidos disueltos, en la figura 4.11 se muestra el sensor de conductividad utilizado.



Figura 4.11 Sensor de Conductividad Vernier

Características adicionales

- El tiempo de respuesta rápido: alcanza el 98% del valor total en menos de 5 segundos.
- Calibración rápida y fácil usando el software de Vernier.
- La compensación de temperatura le permite calibrar la sonda en el laboratorio, y luego hacer las mediciones al aire libre sin que los cambios de temperatura afecten a los datos.
- La corriente alterna en sus electrodos, para evitar la polarización y la electrólisis, y la reducción de la contaminación de las soluciones.
- El cuerpo Epoxi y los electrodos de grafito eliminan la preocupación sobre la corrosión de los electrodos metálicos.

La sonda de conductividad se puede utilizar para medir la conductividad de la solución ya sea total o concentración de iones de muestras acuosas, se investiga en el campo o en el laboratorio. La conductividad es una de las pruebas más fáciles de muestras del medio ambiente acuático. A pesar de que no le dice los iones específicos que están presentes, lo hace con rapidez y determina la concentración total de iones en una muestra.

Se puede utilizar para realizar una amplia variedad de pruebas experimentos planeados para determinarlos cambios en los niveles de total de los iones disueltos o salinidad:

Usos típicos:

- Utilizar la sonda para confirmar la relación directa entre la conductividad y la concentración de iones en una solución acuosa. Las concentraciones de muestras desconocidas pueden entonces ser determinadas.
- Medir los cambios en la conductividad resultante de la fotosíntesis en las plantas acuáticas, con la consiguiente disminución en la concentración de iones de bicarbonato de carbono y dióxido de carbono.
- Utilizar este sensor en campo para una precisa medición de sólidos disueltos totales (TDS) en un arroyo o lago en encuesta.

- Monitoreo de la velocidad de reacción en una reacción química en la que los iones disueltos y la conductividad de la solución varían con el tiempo debido a una especie iónica que se consume.
- Realizar una valoración de conductividad para determinar cuándo las cantidades estequiométricas de dos sustancias se han combinado.
- Monitorear los cambios en la conductividad o sólidos disueltos totales en un acuario que contienen las plantas y animales acuáticos. Estos cambios podrían deberse a la fotosíntesis o la respiración.
-

Especificaciones técnicas:

- Rango de la sonda de conductividad:
 Rango Bajo: 0 a 200 $\mu\text{S} / \text{cm}$ (0 a 100 $\text{mg} / \text{L TDS}$)
 Rango medio: 0 a 2000 $\mu\text{S} / \text{cm}$ (0 a 1000 $\text{mg} / \text{L TDS}$)
 Rango Alto: 0 a 20.000 $\mu\text{S} / \text{cm}$ (0 a 10.000 $\text{mg} / \text{L TDS}$)
- Resolución de 12 bits (con LabQuest, MiniLabQuest, LabPro):
 Rango bajo: 0.1 S / cm (0,05 mg / LTDS)
 Rango Medio: 1 S / cm (0,5 mg / LTDS)
 Rango Alto: 10 S / cm (5 mg / LTDS)
- Precisión: + / -1% de plena escala de lectura para cada rango
- Tiempo de respuesta: 98% de la lectura de escala completa en 5 segundos, el 100% de escala completa en 15 segundos
- Compensación de temperatura: automática de 5 a 35 ° C
- Rango de temperatura (se puede colocar en): 0 a 80 ° C
- Constante de la celda: 1.0 cm^{-1}
- Descripción: El cuerpo de ABS, electrodos de carbono en paralelo (grafito).
- Dimensiones: 12 mm de diámetro externo y 150 mm de longitud.

4.4.1 Funcionamiento de la sonda de conductividad

La sonda de conductividad de Vernier mide la habilidad de una solución para conducir una corriente eléctrica entre dos electrodos. En una solución, la corriente fluye por el transporte iónico. Por lo

tanto, un incremento en la concentración de iones en la solución implicará valores de conductividad más altos.

La sonda de conductividad está midiendo en realidad la conductancia, definido como el recíproco de resistencia. Cuando la resistencia es medida en ohmios, la conductancia es medida usando el SI de unidades, siemens (formalmente conocido como mho). Como el siemens es una unidad muy grande, las muestras acuosas son comúnmente medidas en microsiemens, o μS . Aunque la sonda de conductividad está midiendo conductancia, nos interesa encontrar la conductividad de una solución. La conductividad, C , la hayamos con la ecuación 4.1 siguiente:

$$C = G * K_c \quad (4.1)$$

Dónde:

G es la conductancia.

K_c es la cte de la celda.

La constante de la celda se determina para una sonda usando ecuación 4.2 siguiente:

$$K_c = \frac{d}{A} \quad (4.2)$$

Dónde:

d es la distancia entre los dos electrodos

A es el área de la superficie del electrodo.

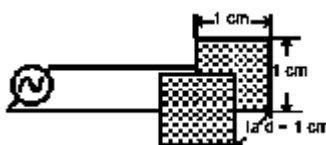


Figura 4.12 Conductancia de una placa

Por ejemplo, la celda en la figura 4.12 tiene una constante: $k_c = d/A = 1.0 \text{ cm}/1.0 \text{ cm}^2 = 1.0 \text{ cm}^{-1}$. El valor de la conductividad lo obtenemos multiplicando la conductancia con la cte de la celda. Como la sonda de conductividad de Vernier tiene una constante de celda 1.0 cm^{-1} , la conductividad y la conductancia tienen el mismo valor numérico. Para una solución con un valor de conductancia de $1000 \mu\text{S}$, la conductividad, C , utilizando la ecuación 14 sería:

$$C = G * K_c = (1000 \mu\text{S}) \times (1.0 \text{ cm}^{-1}) = 1000 \mu\text{S/cm}$$

Una diferencia de potencial es aplicada entre los dos electrodos en la sonda de conductividad. La corriente resultante es proporcional a la conductividad de la solución. Esta corriente es convertida en un voltaje.

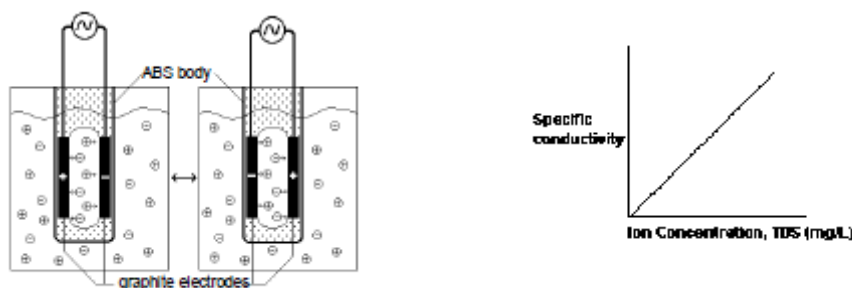


Figura 4.13 Medición de conductividad y Grafica de proporcionalidad.

La corriente alterna es suministrada para prevenir la migración completa de los iones a los dos electrodos. Como se muestra en la figura 4.13, con cada ciclo corriente alterna, la polaridad de los electrodos es revertida, lo cual revierte a su vez en la dirección en que fluye el ión. Este es un rasgo muy importante de la sonda de conductividad, ya que previene la mayor parte de la electrólisis y polarización que ocurre en los electrodos. Así, las soluciones que se están midiendo por conductividad no se contaminan. Ello reduce **también los productos redox** que se puedan formar sobre los relativamente inertes electrodos de grafito. Uno de los usos más comunes de la sonda de conductividad es la de hallar la concentración total de sólidos disueltos, o TDS, en una muestra de agua. Esto se puede medir porque existe una relación directa entre la conductividad y la concentración de iones en una solución, como mostramos aquí. La relación persiste hasta que se alcanzan concentraciones de iones muy grandes.

4.4.2 Medición de conductividad.

Lista de materiales:

- ❖ Interfaz LabQuest o Labprob.
- ❖ La sonda de conductividad Vernier.
- ❖ Tejidos o toallas de papel.
- ❖ Papel pequeño o taza de plástico (opcional).
- ❖ Lavar la botella con agua destilada.
- ❖ 50mg / LTDS solución(opcional)

Recolección y almacenamiento de muestras.

1. Esta prueba se puede realizar en campo o en el laboratorio. Se requiere una muestra de 100 mL de agua.

2. Si las pruebas no pueden llevarse a cabo dentro de unas horas, colocar las muestras en una hielera o nevera.

Procedimiento de prueba

1. Ajustar el interruptor en la caja de sonda de conductividad de ($2000\mu\text{S} / \text{cm} = 1000 \text{ mg /L de TDS}$).
2. Conectar la sonda de Conductividad en el Canal1 de la interfaz LabQuest o LabProb. Conectar el dispositivo a la LabProb usando el cable de interfaz. Presionar firmemente en los extremos del cable
3. Pulsar el botón de encendido de LabQuest. El software identificará el sensor de Conductividad y cargará por defecto la configuración para la toma de datos.
4. Configurar el modo de recopilación de datos.
 - a) En la pantalla Configuración, hacer clic, a continuación, elija un solo punto.
 - b) Pulsar para volver a la pantalla principal.
5. Recoger datos de Conductividad.
 - a) Enjuagar la punta de la sonda con agua destilada. (Opcional): Secar la parte interior del electrodo si preocupa que gotas de agua diluyan o contaminen la muestra que va a ser testada.
 - b) Insertar la punta de la sonda en la muestra para ser examinada. **Importante:** Asegurarse que la superficie del electrodo a lo largo de la célula está completamente sumergido en el líquido.
 - c) Mientras se agita suavemente la sonda, esperar a la lectura en su ordenador, pantalla de la calculadora, o Palm hasta que se estabilice. Esto puede tomarse no más de 5 a 10 segundos. **Nota:** No sumergir completamente el sensor. El mango no es impermeable.
 - d) Enjuague el extremo de la sonda con el agua destilada antes de tomar otra medida.
 - e) Si usted está tomando lecturas a temperaturas por debajo de 15°C o por encima de 30°C , permita mayor tiempo para la compensación de temperatura para ajustar y proporcionar una lectura de conductividad estable.
 - f) **Importante:** No ponga el electrodo en líquidos viscosos, orgánicos, tales como aceites pesados, glicerina (glicerol), o etilenglicol. No ponga la sonda en acetona o disolventes no polares, tales como pentano o hexano.
6. Pulsar para comenzar el muestreo. Importante: Dejar la punta de la sonda sumergida mientras que los datos están siendo recogidos por 10 segundos.

7. Pulsar para volver a la pantalla principal.

4.4.3 TEST DE TDS CON LA Sonda DE CONDUCTIVIDAD

Río o lago: Canal de Riego del Ejido de Sabino de Santa Rosa

Fecha: 7 de Enero de 20012.

➤ *Medición de la conductividad en el Sitio 1*

En la ilustración 76 siguiente se observa el valor de conductividad obtenido con la LabQuest 664 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la muestra 1.



Figura 4.14 Conductividad en el sitio 1

En la figura 4.15 siguiente se percibe un valor de 10mA para la muestra 1



Figura 4.15 Medición de corriente en el sitio 1

➤ *Medición de la conductividad en el Sitio 2*

En la figura 4.16 Siguiente se observa el valor de conductividad $647\mu\text{S}/\text{cm}$ obtenido en la muestra 2.



Figura 4.16 Conductividad sitio 2

En la muestra 2 se percibe un valor de 10mA igual al de la muestra 1



Figura 4.17 Medición de la corriente sitio 2

➤ *Medición de la conductividad en el agua potable.*



Figura 4.17 Medición en agua potable.

En la figura 4.17 anterior, se observa el valor de $645\mu\text{S}/\text{cm}$ en la LabQuest y un valor de 5mA en el amperímetro.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos y el promedio de los dos sitios para obtener una idea general de las condiciones de TDS.

Tabla 4.3 Valores de Conductividad obtenidos

Columna	A
Lectura	TDS (mg/L)
Sitio 1	424.96
Sitio 2	414.08
Promedio de lectura de Sitios	419.52
Agua Potable	412.8

Procedimiento de Columna:

A. Anote el valor TDS (en mg /L) de la computadora de mano

Para calcular el TDS se utilizó la formula (2.10) donde:

$$\text{TDS (ppm) (mg/L)} = 0.64 \times \text{EC } (\mu\text{S}/\text{cm}) = 640 \times \text{EC (dS/m)}$$

Tabla 4.4 Calidad del agua de riego en base a salinidad

TDS ppm o mg/L	CE dS/m	Riesgo de Salinidad
<500	<0.8	Bajo
500 - 1000	0.8 - 1.6	Medio
1000 - 2000	1.6 - 3	Alto
> 2000	> 3	Muy Alto

Como se puede observar en la tabla 4.4 anterior para el agua de riego se tiene un TDS promedio de 419.52 en base a la tabla 7 se considera que es de baja salinidad.

Sin embargo para el agua potable el TDS es de existe un alto contenido de sales ya que la norma establece un máximo de 64 mg/L. Que hace suponer que los niveles de turbidez registrados son factor en la salinidad.

Observaciones de campo:(por ejemplo, el clima, la geografía, la vegetación a lo largo de la corriente)
Con clima templado de 26.5°C y con algo de vegetación sobre el lecho del canal.

4.5 Descripción del sensor de PH.

El sensor de pH puede ser usado en laboratorio o en demostraciones en las que habitualmente se utiliza el PH metro tradicional. Este sensor ofrece la ventaja añadida de la toma de datos automática, la realización de gráficas y el análisis de datos, en la figura 4.18 se muestra el sensor de PH utilizado.



Figura 4.18 sensor de PH Vernier

Actividades típicas del uso del sensor de pH son:

- El estudio de las familias de ácidos y bases
- Marcaciones acido-base.
- Monitorización del cambio de pH durante una reacción química o durante la realización de la fotosíntesis en un acuario.
- La investigación de la lluvia ácida y de soluciones buffer.

- Investigación de la calidad del agua en lagos y ríos.

Especificaciones del electrodo de pH

- Tipo: Sellado, relleno de gel, cuerpo de epoxy, Ag/AgCl
- Tiempo de respuesta: 90% de la lectura final en 1 seg.
- Rango de temperatura: 5 a 80°C
- 12 mm OD
- Rango: pH 0–14

13-bit Resolución (SensorDAQ): .0025 unidades de pH

12-bit Resolución (LabQuest,, LabPro): .005 unidades de pH

10-bit Resolución (CBL 2): .02 unidades de pH.

- Isopotencial pH: H 7 (punto en el cual la temperatura no tiene efecto en la salida)

Salida: 9.2 mV/pH at 25°C

- Almacenados los valores de calibración:

Intersección (k0): 13.720

Pendiente (k1): -3.838

4.5.1 Funcionamiento del sensor de PH.

El amplificador de pH en el interior del mango es un circuito que permite una conexión Standard con el electrodo de pH (tales como el Vernier 7120B) para ser monitorizado por una interfaz de laboratorio. El cable del amplificador de Ph termina en una conexión BTA.

El sensor de pH producirá un voltaje de 1.75 voltios en un buffer pH 7. El voltaje aumentará en unos 0.25 voltios para cada unidad de pH que descienda. El voltaje descenderá unos 0.25 voltios por cada unidad de pH que aumente.

El gel de relleno del sensor de pH de Vernier está diseñado para hacer medidas en de pH de 0 a 14. Un cuerpo de policarbonato se extiende bajo el sensor de bulbo de vidrio del electrodo, esto hace a esta sonda ideal para las exigencias de una escuela intermedia, secundaria, para clases de ciencias en la universidad o para hacer medidas en el medio ambiente. El relleno de gel en la célula, esta sellado y no necesita ser recargado.

4.5.2 Medición del PH.

Lista de Materiales:

- ❖ LabQuest o LabPro

- ❖ Sensor de pH Vernier.
- ❖ Tejidos o toallas de papel suaves.
- ❖ Vaso de 250 ml.
- ❖ Solución buffer de pH 7.
- ❖ Solución buffer de pH 10.
- ❖ Agua destilada.

Recolección y Almacenamiento de Datos.

1. Esta prueba se puede realizar en sitio o en el laboratorio. Se requiere una muestra de 100 mL de agua.
2. Si las pruebas no pueden llevarse a cabo dentro de unas horas, las muestras se deben almacenar en una nevera o refrigerador.

Procedimiento de Prueba

Para preparar el electrodo para hacer medidas de pH, seguir el proceso siguiente:

- a) Abrir la botella de almacenamiento de los electrodos destornillando la tapa, separar la botella y tapa. Enjuagar abundantemente la parte inferior de la sonda, especialmente la zona del bulbo, usando agua destilada o desionizada.
- b) Cuando la sonda no es guardada en el bote de almacenamiento, puede ser guardada por periodos cortos de tiempo (Max 24 h) en soluciones buffer a pH 4 o pH 7. Nunca guardar en agua destilada.
- c) Conectar el sensor de pH a la interfaz, realizar una calibración si es necesario (como se describe en la sección anexa). **Nota:** No sumergir completamente el sensor. El mango no es sumergible.
- d) Cuando se haya terminado de hacer medidas, enjuagar la punta del electrodo con agua destilada. Deslizar la tapa hacia el cuerpo del electrodo, entonces atornillar la tapa en el bote de almacenamiento. Nota: cuando el nivel de la solución de almacenaje baja, se puede reponer con pequeñas cantidades de agua del grifo, las primeras veces de uso de la sonda (pero no indefinidamente). Una mejor solución es preparar una solución de pH 4 buffer/KCl y usarlo para reemplazar la pérdida de solución.
- e) Pulsar el botón de encendido de LabQuest. El software identificará el sensor de PH y carga por defecto la configuración para la toma de datos. Espere unos segundos alrededor de 4 segundos para iniciar la recolección. (No es necesario hacer una calibración para el sensor de PH). Sin embargo para tener una medición más exacta se recomienda hacer lo siguiente:
- f) Establecer calibración del sensor de PH.

1. Usar la opción de 2 puntos de calibración del software de Vernier. Enjuagar la punta del electrodo con agua destilada. Colocar el electrodo en una de las soluciones buffer (ejemplo. pH 4). Cuando la lectura de voltaje que aparece en la pantalla del PC o de la calculadora se estabilice, entrar un valor de pH 4.
 2. Para el siguiente punto de calibración, enjuagar el electrodo y colocarlo en una segunda solución buffer (ejemplo pH 7). Cuando en la pantalla se estabilice el voltaje, entrar un valor de pH 7.
 3. Enjuagar el electrodo con agua destilada y colocarlo en la muestra para realizar las medidas
- g) Configurar el modo de recopilación de datos.
1. En la pantalla Configuración, hacer clic, a continuación, elegir un solo punto.
 2. Pulsar para volver a la pantalla principal.
8. Recoger datos de PH
- a) Colocar la punta del sensor directamente en el torrente en el Sitio 1(o en un vaso que contiene una muestra tomada en el Sitio 1). Sumergir la punta de la sonda a una profundidad de unos 10cm aproximadamente y mantener.
 - b) Pulsar para comenzar el muestreo. Importante: Dejar la punta de la sonda sumergida mientras que los datos están siendo recogidos por 10 segundos y tomar el valor en que se estabilice.
 - c) Pulsar volver a la pantalla principal y repetir los pasos.
9. Repetir para la segunda muestra.

4.5.3 Test de medición de valores de PH.

Río o lago: Canal de Riego del Ejido de Sabino de Santa Rosa.

Fecha: 7 de Enero de 2012

A continuación se muestran los resultados de las muestras obtenidas, analizadas y comparadas con LabQuest, con un PH metro y papel indicador.

- *Calibración del PH metro con una solución Buffer=10.*

En la figura 4.19 siguiente se muestra la calibración, es importante mencionar que el PH metro solo registra décimas y que por lo tanto no cuenta con una alta sensibilidad.



Figura 4.19 PH en solución buffer 10.

- *Medición de PH con LabQuest y el PH metro en una solución Buffer=10.*

A continuación en la figura 4.20 se observa la comparación de la medición de PH con la LabQuest PH=9.96, PH metro PH=10.



Figura 4.20 PH con LabQuest y PH metro en solución buffer.

➤ *Medición del PH en el sitio 1.*



Figura 4.21 Medición del PH en el sitio 1

➤ *Medición del PH en el sitio 2*

En la figura 4.22 siguiente se puede observar una lectura de PH=8.47 en la LabQuest y un PH=8.6 en el PH metro.



Figura 4.22 PH en el sitio 2

➤ *Medición del PH en el Agua Potable*

En la figura 4.23 siguiente se observa una lectura de PH=8.15 en la LabQuest y un PH=8.1 en el PHmetro.



Figura 4.23 PH en el sitio 2.

➤ *Medición de las tres muestras con papel indicador.*

Este método muestra una aproximación de la medición, únicamente se introduce el papel indicador en la solución (No todas las soluciones, algunas son peligrosas), después de unos segundos se verifica la tonalidad de los colores con la tabla y se determina el nivel de PH. No es muy confiable para datos precisos.

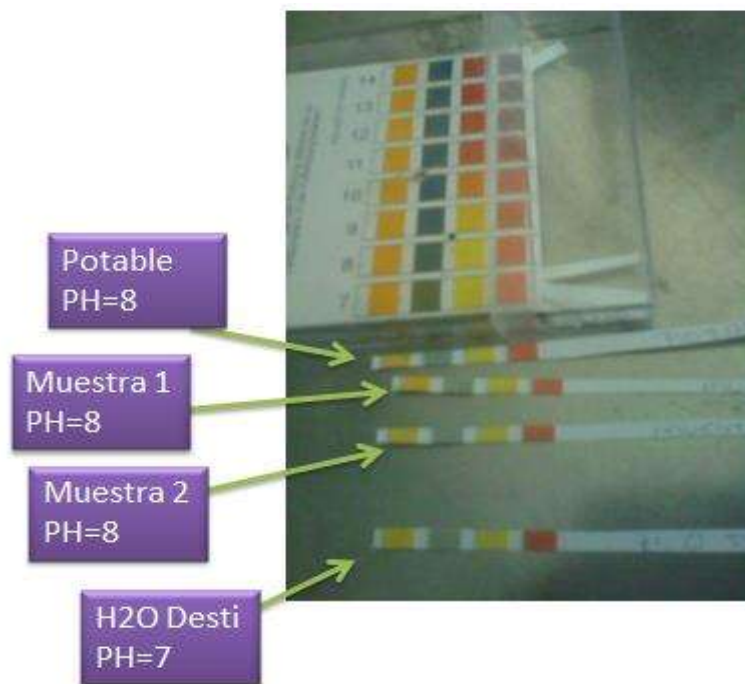


Figura 4.24 Medición de PH con papel indicador.

En la ilustración anterior se observan todas las muestras en la cual se utilizó un papel indicador para obtener en nivel de PH en cada muestra, cabe mencionar que este es un método muy ambiguo aunque útil, ya que se basa en la observación del responsable del desarrollo de la practica en los cambios de tonalidad y así determinar el PH de la muestra de una manera rápida y muy práctica.

Tabla 4.5 Valores de PH obtenidos

Columna	A
Lectura	PH (Unidades de PH)
Sitio 1	6.9
Sitio 2	8.47
Promedio de lectura de Sitios	7.68
Agua Potable	8.15

Procedimiento de Columna:

A. Anote el valor PH de la computadora de mano

Como se puede observar en la tabla 8 el promedio de PH para el agua de riego es de 7.68 PH que aparente es un nivel neutro sin embargo para el agua de riego se recomienda un PH de entre 5.5 y 6.5 ya que Un agua o una solución del suelo con un pH demasiado alto, puede resultar en deficiencias de nutrientes, principalmente de micro-nutrientes, como el hierro. Mantener el pH del agua de riego por debajo de 7,0 es también importante para prevenir las obstrucciones de emisores, debido a la precipitación de sales. En el agua potable se tiene un PH de 8.15 lo cual aunque es un nivel bajo de alcalinidad está casi en un nivel superior a la norma la cual establece un PH de 6.5 a 8.5 como máximo.

Observaciones de campo:(por ejemplo, el clima, la geografía, la vegetación a lo largo de la corriente):
Con clima templado de 26.5°C y con algo de vegetación sobre el lecho del canal.

4.6 Descripción del sensor de velocidad de flujo.

El sensor de caudal mide la velocidad de agua de un río, arroyo o un canal. Puede ser utilizado para estudio de la descarga, los patrones de flujo, y transporte de los sedimentos de un arroyo o río en la figura 4.25 se muestra el sensor de flujo utilizado.



Figura 4.25 sensor de velocidad de flujo.

4.6.1 Almacenamiento y mantenimiento del sensor de velocidad de flujo.

Cuando se haya terminado de usar el sensor de caudal, simplemente enjuagar con agua limpia y secar con una toalla de papel o tela. La sonda se puede plegar y almacenar. Para prolongar la vida del sensor de caudal, se recomienda que las partes en movimiento de la varilla impulsor sean lubricados con WD-40®, o con un lubricante similar, después de cada pocos campo de usos.

Cuando se utiliza la barra de impulsor, evitar golpearla hoja del impulsor en las rocas y otra superficie dura. Si la hoja del impulsor se dobla, se reducirá la precisión del sensor.

Especificaciones técnicas

- Rango de 0 a 4.0 m / s (0 a 13 ft / s)
 - 13 bits de resolución (SensorDAQ) 0,0006 m / s
 - Resolución de 12 bits (LabPro, LabQuest, LabQuest Mini) 0,0012 m / s
 - 10-bits de resolución (CBL 2) 0.005 m / s
- Una precisión de $\pm 1\%$ del fondo de la escala de lectura
- El tiempo de respuesta del 98% de plena escala de lectura en 5 segundos,
100% de escala completa en 15 segundos.
- Rango de temperatura (se puede colocar en) 0 a 70 ° C
- Almacena los valores de calibración
 - pendiente de 1 m / s / V
 - interceptar 0 m / s

4.6.2 Funcionamiento del sensor de velocidad de flujo.

El sensor de flujo de Vernier mide la velocidad de la corriente de agua. Cuando se coloca en una corriente, como se muestra en la figura 4.26, el agua fluye en contra de las aspas de la turbina, haciendo que a su vez. Cuanto más rápido fluye el agua, más rápidamente la hélice gira. Un imán de barra que gira con el rotor provoca un interruptor (comutador) de láminas con cada rotación medida. El interruptor envía un pulso a la caja de acondicionamiento de señales, donde los pulsos se convierten en una tensión que es proporcional al caudal. El caudal puede ser medido en m/s o ft /s.

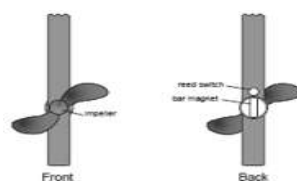


Figura 4.26 flujo en las aspas.

Usos del sensor de caudal

- Cálculo de la descarga.

Para determinar la cantidad de agua que fluye en una corriente, es necesario medir la tasa de los flujos de agua y de la zona que ocupa el agua, en un punto específico de la corriente. La descarga o caudal, es el flujo por el área del agua, podemos calcular con la ecuación 16.

$$\text{Velocidad de flujo} \times \text{área de la sección} = \text{caudal de descarga o corriente} \quad (4.3)$$

- Transporte de sedimentos

La cantidad de sedimentos y el tamaño máximo de partículas que pueden ser transportados por movimiento del agua se relaciona con la velocidad del flujo. Por lo tanto, los datos de la velocidad del flujo obtenidos utilizando el sensor de caudal pueden ser usados para determinar qué tamaño de las partículas se mantendrá en movimiento a una velocidad de flujo particular.

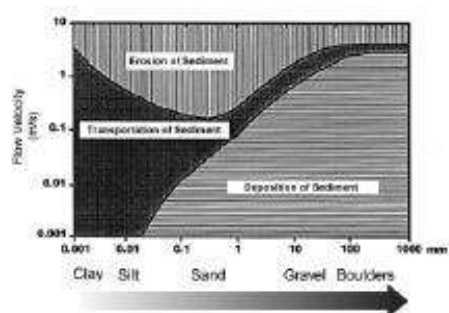


Figura 4.27 Desplazamiento de sedimentos

El gráfico de la figura 4.27 derivado de la acumulación de los datos observados, muestra que para una velocidad de flujo hay un abanico de posibilidades de comportamiento de las partículas de sedimento sobre el lecho (yacimientos), o arrastrado dentro del flujo de una corriente. A una velocidad de flujo medida de 1 m/s, limo y arena (aunque no de arcilla compactada) se erosionó desde el lecho del arroyo y son transportados aguas abajo.

A la misma velocidad, todas las partículas de sedimento de 10 mm y 100 mm que ya estaban en movimiento continuaran en movimiento. Más partículas de 100 mm serán depositadas. Un sensor de caudal puede ser una valiosa herramienta de observación cuando se usa en los estudios de transporte de sedimentos.

➤ Describiendo Flujos

Usando el sensor de caudal, es posible hacer un mapa de las características del flujo de una corriente mediante la adopción de medidas en diversos puntos y profundidades. El comprender las características del flujo dentro de las corrientes de agua en movimiento, es útil para la construcción de líneas de corriente y las líneas vectoriales. La figura 4.28 representa cómo las líneas de corriente muestran posibles vías de un solo fluido de las partículas.

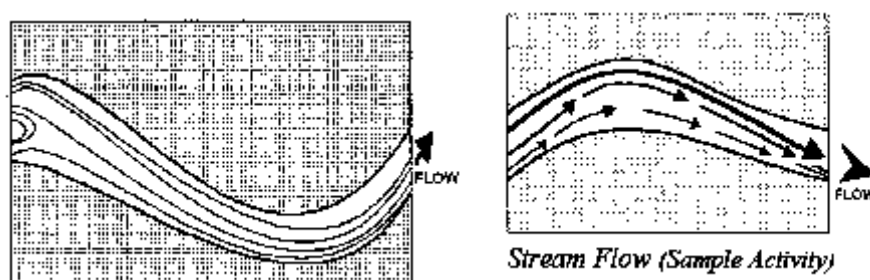


Figura 4.28 descripción de flujos.

Las líneas vectoriales representan tanto el caudal y la dirección. Entre más largo y más amplia sea la línea, mayor será la velocidad del flujo. Las líneas de vector son útiles para transmitir información sobre las características del flujo de corriente.

4.6.3 Selección del Sitio de recolección.

En la ubicación de la recolección de la muestra se recomienda seguir:

1.-Seleccionar dos sitios dentro de un tramo de 50 m de la corriente que están tan alejados como sea posible y son representativos de la corriente en su conjunto. Evitar los sitios con curvas o cortes en el flujo causados por las rocas o bancos de arena. Tratar de elegir un sitio donde un poco de flujo puede ser observado. Un sitio puede tener un rápido flujo similar al que se encuentra en un rifle observe la figura 4.29. El segundo sitio puede tener un flujo moderado o lento, como la que se encuentra después de una piscina. No es necesario que ambos sitios tengan el mismo flujo.

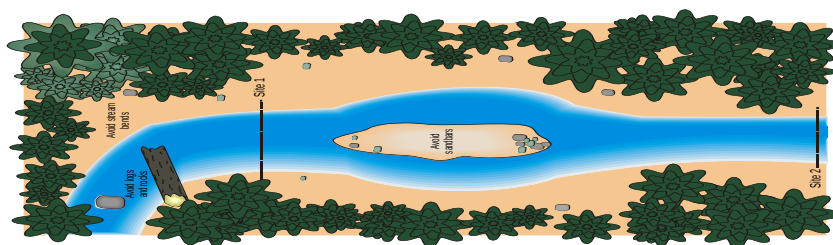


Figura 4.29 Representación de selección de sitios a muestrear

2.-En cada sitio, se tendrá una sección transversal de la corriente y se medirá su anchura y profundidad. Tratar de seleccionar una sección transversal que es de poca profundidad suficiente para medir la profundidad de un metro y fácil de cruzar.

Para medir el flujo de la corriente utilizando el sensor de caudal, evitar los sitios donde la profundidad del flujo es menor de 10cm.

3.- El sensor de caudal está equipado con un cable de 5metros. Esto le permite realizar mediciones de hasta 4 metros de la orilla sin necesidad de llevar la interfaz a la corriente. Si el flujo es mayor de 4 metros, monitorear el flujo de corriente fuera de una orilla la línea, y luego tener la persona que sostiene el interruptor de la interfaz para el otro lado de la corriente. Esto debería reducir las posibilidades de abandonar el equipo en el agua y dañarlo.

4.-Siempre seguir las precauciones de seguridad al entrar en la corriente. Si el agua es demasiado profunda o rápida, seleccionar otro sitio. Nunca aventurarse en la corriente solo, sin otra persona disponible para ayudar en caso de emergencia.

4.6.4 Medición de caudal.

Lista de materiales.

- ❖ LabQuest o Labpro.
- ❖ Sensor de velocidad de Flujo Vernier,
- ❖ Cinta métrica de 15m o 50 ft (puede utilizarse otra escala).
- ❖ Barra graduada mayor a 1m.
- ❖ Tejidos o toallas de papel suaves.

Procedimiento de prueba

La medición de una sección transversal de la corriente

1.-Utilizando la cinta de medir, determinar la anchura de la sección transversal de la corriente en metros y registrar la medida en una hoja de datos. Divide la sección transversal en seis secciones equidistantes vea figura 4.30.

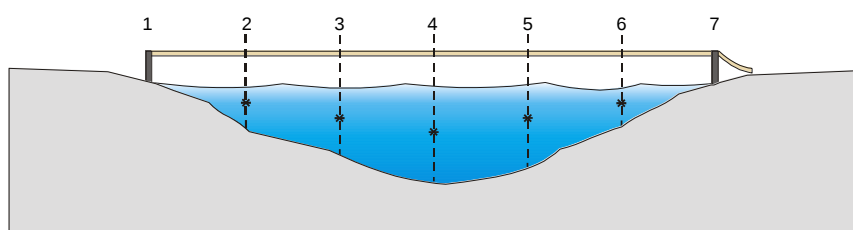


Figura 4.30 División del área transversal del canal.

2.-Utilizando la regla de un metro, medir la profundidad de la corriente en metros en cada uno de los puntos equidistantes a lo largo del cruce de sección. Registrar la profundidad y la distancia a partir de un borde de la costa, en metros, en una hoja de datos. Siempre medir desde la misma orilla vea figura 4.31. Asegurarse de incluir tanto la distancia inicial y la profundidad y la distancia final y profundidad.

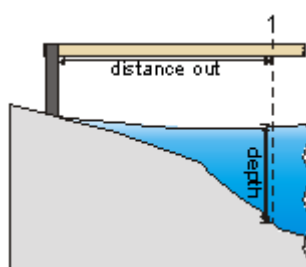


Figura 4.31 Medición de la profundidad.

Midiendo la velocidad de flujo

3.-Conectar el sensor de caudal en la interfaz y comenzar la recopilación de datos del programa.

4.-Recopilar datos de flujo.

Colocar el sensor de caudal en los mismos puntos de las mediciones de profundidad que se hizo en el paso 2 (por ejemplo, 1, 2, 3...). Los puntos 1 y 7 están en el borde de la costa, donde no hay flujo, no tomar estos puntos y realizar mediciones de caudal en los restantes cinco puntos.

- a) Sumergir el rotor del sensor de caudal alrededor de 40% de la profundidad medida en cada sección. Si la sección es poco profunda, utilice las bandas de plástico que se incluyen con el sensor de caudal para soportar el sensor en el lecho del arroyo. Las bandas que le sean más fáciles para mantener el impulsor del sensor en el mismo lugar y orientados en la misma dirección vea figura 4.32.

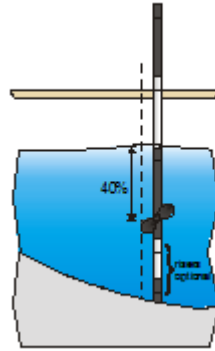


Figura 4.32 Utilización de los extensores.

- b) Colocar el punto de la turbina del sensor aguas arriba (como se muestra en la figura 4.33) y directamente en el flujo. Seleccionar **Comenzar** para comenzar el muestreo. Sostener el sensor en su lugar durante 10 segundos mientras que los datos están siendo recogidos. Una vez recogidos los datos se ha terminado, el caudal se muestra en la pantalla. Registrar la lectura en la hoja de los datos y cálculos. Repetir este procedimiento para cada una de las secciones restantes.

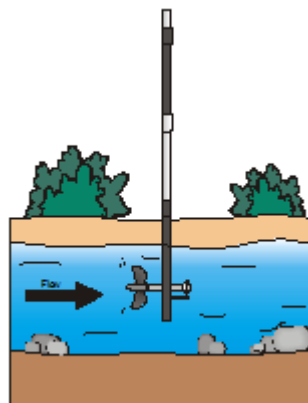


Figura 4.33 Colocación del sensor en el flujo.

- c) Mover el sensor de caudal a la siguiente sección de la corriente.

- d) **Comenzar** para realizar una lectura en la siguiente sección de la corriente. Sostener el sensor en su lugar por 10 segundos, mientras que aparezca y se estabilice la lectura en la interfaz de recopilación de datos. Registrar la lectura en la hoja de los datos y de cálculos.
- 5. -Tocar en la pantalla principal.
 - a) Hacer clic en la pantalla Configuración, a continuación, elegir entrada manual.
 - b) Introducir la etiqueta de entrada X (Dist) y la Unidad (m). Se puede ingresar esta información utilizando el teclado en pantalla (Tocar en "ABC").
 - c) Introducir la etiqueta de entrada Y (profundidad) y la Unidad (m).
 - d) Pulsar sobre la pantalla para ver una tabla de datos en blanco.
- 6. -Introducir los datos en el LabQuest.
 - a) En el campo Distancia, escribir "0", la medición de la distancia inicial en metros. Puede introducirse este valor con el teclado numérico que aparece en la pantalla. Pulsar para guardar este valor.
 - b) En el campo de profundidad en primer lugar, escriba "0", el valor de la profundidad en metros de la primera posición de la sección transversal.
 - c) Introducir la medición de la distancia en metros a la segunda posición en la sección transversal y tocar para guardar.
 - d) En el campo de profundidad que viene, entrar en la medición de la profundidad en metros de la segunda posición en la sección transversal y tocar.
 - e) Continuar con este proceso, introduciendo la distancia y la profundidad de pares, hasta que todos los pares de datos han sido ingresados. Tocar para ver un gráfico de profundidad frente a la distancia.

Calcular el área de sección transversal de un sitio

- 7.- Presionar en la pantalla de gráficos, a continuación, tocar.
 - a) La integral, que representa la sección transversal de la corriente en el m² se mostrará. Registrar este valor en la hoja de datos y cálculos. Pulsar dos veces para volver a la pantalla gráfica.

El cálculo de flujo de corriente.

- 8.-Crear un gráfico de flujo de profundidad frente a la distancia de la costa.
- 9.-Integrar los datos. El valor de la integral le dará el área de sección transversal de la corriente.

La determinación de la descarga.

- 10.-Calcular la velocidad promedio para cada sitio.

11.- Para calcular el flujo de descarga o de flujo, se multiplica la velocidad de la corriente media por el área de sección transversal. Repetir el procedimiento para el Sitio 2. Para convertir de m³/s a pies cúbicos por segundo, multiplicar por 35.315

4.6.5 Test de medición de valores de Caudal.

Río o Canal: Canal de Riego del Ejido de Sabino de Santa Rosa

Fecha: 6 de Enero de 2012.

➤ *Medición de la velocidad de flujo en el sitio 1*

En la figura 3.34 siguiente se observa la toma de muestras de velocidad, anchura, profundidad en el sitio **1**.



Figura 3.34 Medición de caudal en sitio 1.

➤ *Medición de la velocidad de flujo en el sitio 2*

En la figura 3.35 siguiente se observa la toma de muestras de velocidad, anchura, profundidad en el sitio **2** a una distancia de 80m del sitio **1**.



Figura 3.35 Medición de caudal en sitio 2.

Observación:

En este caso no se realizó la medición de la velocidad de Flujo en el agua potable ya que esta se encuentra entubada. Aunque se pudiera obtener una aproximación por medios de la medición de parámetros físicos y que no están considerados dentro de este trabajo.

Tabla 4.6 Valores de caudal obtenidos

Columna		Sitio 1							Sitio 2						
A	Amplitud (cm)														
B	Distancia (cm)	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
		0	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	0	46.5	46.5	46.5	46.5	46.5	46.5
C	Profundidad (cm)	0	27	42.0	47.5	45.3	45.0	0	0	34.3	38.4	33.5	33.0	19.3	0
D	Área de Sección Transversal (m ²)														
		1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
E	Velocidad de Flujo (m/s)	—	.015	.149	.149	.161	.090	—	—	.029	.079	.114	.096	.043	—
F	Promedio de Velocidad														
G	Corriente de Flujo (m ³ /s)														

En base a la tabla anterior se puede determinar que en el flujo del sitio 1 es un poco mayor al flujo del sitio 2 dividido a los factores físicos del terreno anchura, vegetación y profundidad, entre otros.

Observaciones de campo:(por ejemplo, el clima, la geografía, la vegetación a lo largo de la corriente): Con clima templado de 26.5°C y con algo de vegetación sobre el lecho del canal, en el sitio 1 se observa un ligero aumento en la velocidad de flujo debido a la reducción del canal.

CONCLUSIONES

La investigación arroja un buen resultado en cuanto a la facilidad y factibilidad de utilizar los sensores Vernier y la interface LabQuest para estudios experimentales en el Análisis de la calidad del agua, ya que proporcionan una exactitud y precisión bastante aceptada superando en algunos casos por mencionar a instrumentos como PH metro y medidor de corriente. Además de que varias aplicaciones de LabQuest resultaron sobradas para este caso de estudio.

Para poder obtener una medición adecuada es necesario verificar antes que el sensor está correctamente calibrado, cada sensor tiene su método de calibración en caso de no estarlo. Cabe mencionar que efectivamente como lo menciona el fabricante nos es necesario calibrar los sensores ya que viene predeterminada su calibración sin embargo con el uso periódico es recomendable y necesario hacer la calibración.

La variedad de sensores es tan diversa como las variables a medir, este caso se analizó con sensores vernier y la interface LabQuest que son herramientas recomendadas y diseñadas para propósitos escolares. Sin embargo nos dan una idea del funcionamiento y aplicación real de los dispositivos que miden dichas variables en distintos medios, debido a la gran similitud del principio de funcionamiento.

Por ser uno de los recursos indispensables en distintas áreas, el agua y las variedades de ella requieren una aplicación particular, es decir no podemos utilizar agua de la red simplemente por decir que es potable, para hacer la limpieza en equipos de producción sobre todo de carácter alimenticio o calderas ya que tiene características que pueden repercutir en el desempeño y calidad del producto y/o proceso.

A pesar de existir una norma para la establecer distribución de la calidad del agua destinada para el consumo la NOM-127-SSA1-19994 Salud Ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Y que tal vez realmente se aplique para redes potabilizadoras, es comprobado que no se aplica para los pozos de extracción de agua potable en las comunidades de valle de Santiago Guanajuato. Por lo cual aunque no represente un riesgo considerable de contaminación, en el caso de la comunidad del Sabino de Santa Rosa algunos de los niveles están fuera de la norma y nunca han sido valorados por ninguna autoridad debido a la poca importancia y conocimiento con el que se aborda.

BIBLIOGRAFIA

1. Creus Antonio. *Instrumentación industrial*. Editorial Alfaomega y marcombo.
2. Rigola Lapeña Miguel. *Tratamiento de aguas Industriales*. Editorial Alfaomega y marcombo.
3. Sánchez Acedo J. *Instrumentación*. Editorial Santillana.
4. http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_farmacia/catedraMicro/08_Tema_16_Agua.pdf
5. www.smart-fertilizer.com/articulos/conductividad-electrica.
6. www.vernier.com
7. www.cna.gob.mx
8. www.fing.edu.uy/iimpi/.../080306-Sensores-parte_I.caudal.pdf.
9. www.slideshare.net/dsrpato/instrumentacioncontrolprocesos.