



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN
NICOLAS DE HIDALGO**

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



“SISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN DE SONIDO”

T E S I S

**Que para obtener el Título de
INGENIERO EN ELECTRÓNICA**

PRESENTA:

JORGE IVAN REYES QUIROZ

Asesor de Tesis:

DR. GILBERTO GONZÁLEZ AVALOS

MORELIA MICHOÁCAN, JUNIO DEL 2017

Dedicatoria

Mi tesis la dedico a mis padres los cuales me apoyan, aconsejan y alientan en mis proyectos. A mis hermanos Francisco, Diana y Arely con los cuales paso grandes momentos los cuales me dan fuerza para cumplir mis metas.

Agradecimientos

Agradezco a la institución, a los profesores y personal administrativo. Agradezco a compañeros y amigos con los cuales compartí tiempo realizando tareas, proyectos y momentos divertidos.

Contenido

	Página
Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Contenido	iv
Resumen	vii
Abstract	viii
Lista de Figura	ix
Lista de Tablas	xi
Lista de símbolos y Abreviaciones	xii
Capítulo 1 Introducción	1
1.1 Instrumentación del sonido.....	1
1.2 Objetivo.....	2
1.3 Justificación.....	2
1.4 Estructura de la tesis.....	2
Capítulo 2 Antecedentes de medición del sonido.....	4
2.1 Antecedentes históricos	4
2.2 Sonido.....	8
2.2.1 Tono	9
2.2.2 Timbre	9
2.2.3 Intensidad	10
2.2.4 Amortiguamiento.....	12
Capítulo 3 Medición de sonido basado en Vernier y LabQuest	13
3.1 Vernier LabPro	13
3.2 LabQuest I.....	14
3.3 LabQuest II.....	20
3.4 Sensores de Vernier.....	21
3.4.1 Sensor UVA/UVB.....	21

3.4.2 Sensor de humedad del suelo (SMS-BTA).....	22
3.4.3 Sensor de campo magnético. (MG-BTA).....	23
3.4.4 Sensor de conductividad (CON-BTA).....	23
3.4.5 Sensor Plano de PH (PH-BTA y FPH-BTA)	24
3.4.6 Low-g acelerómetro (LGA-BTA).....	24
3.4.7 Sensor de presión sanguínea (BPS-BTA).....	25
3.4.8 Placa de fuerza (FP-BTA)	25
3.5 VERNIER SLM-BTA.....	26
3.5.1 Introducción	26
3.5.2 POWER/MEASUREMENT RANGE SWITCH	28
3.5.3 Time Weighting.....	29
3.5.4 Máximum leve Hold.	29
3.5.5 Frecuency Weighting.	29
3.5.6 Especificaciones físicas del sensor SLM-BTA.....	29
3.5.7 Interfaces compatibles	30
3.6 Logger Pro	30
3.6.1 Introducción	30
3.6.2 Características básicas de Logger Pro 3.9.....	30
3.6.3 Versátil de Logger Pro 3.9	31
3.6.4 Potencia de Logger Pro 3.9	31
3.7 Sistema de Instrumentación con Logger Pro.....	31

Capítulo 4 Análisis de señal de ruido con el sistema de instrumentación..... 34

4.1 Introducción a LabVIEW	34
4.1.1 Interfaz gráfica de LabVIEW	35
4.1.2 Barra de Menús de LabVIEW.....	38
4.1.3 Barra de edición (tool).....	39
4.1.4 Barra de control	39
4.2 LabVIEW con LabQuest II.	44
4.3 Análisis de Ruido en caso típicos.	47
4.4 Normas de Seguridad.....	49
4.4.1 Los efectos del ruido	52
4.4.2 Deterioro auditivo de origen laboral.....	53

Capítulo 5 Conclusiones y Recomendaciones.....	54
5.1 Conclusiones.....	54
5.2 Recomendaciones.....	55
5.3 Bibliografía y fuentes de información.....	56

Resumen

En el presente trabajo de tesis se realizó un sistema de instrumentación de sonido, el cual fue programado con el software LabVIEW. En la primera parte se encuentran biografías de personajes históricos, los cuales realizaron trabajos del estudio del sonido abarcando épocas desde los griegos hasta la actualidad. Para realizar el sistema de instrumentación es importante conocer la definición de sonido así como sus características, de las cuales se trabajo con la intensidad.

En los capítulos intermedios se explica una breve introducción de algunos sensores de la marca Vernier y el contenido del sensor SLM-BTA, también se describe sus especificaciones, características y modo de uso. Más adelante se describen las interfaces de sensor que son LabPro, LabQuest y LabQuest 2, que con ayuda del programa LoggerPro se produce una conexión directa donde se puede visualizar y analizar las gráficas de los sensores Vernier.

En el penúltimo capítulo se realizó una introducción al software LabVIEW, en donde se explica las ventanas del programa, sus barras, bloques principales los cuales fueron utilizados para realizar el programa con él cual se analizaron diferentes instrumentos y herramientas, de las cuales se observaron sus datos y gráficas. También contiene una descripción de la norma de seguridad que se establecen en México acerca de los niveles permitidos de ruido.

Palabras claves: Diseño, instrumentación, sonido, software, LabVIEW, intensidad, sensores, Vernier, sensor SLM-BTA, LabPro, LabQuest, LabQuest2, Logger Pro, instrumentos, herramientas, ruido.

Abstract

In the present thesis work has been made a sound instrumentation system, it which was programmed with the LabVIEW software. In the first part is found biographies of historical figures, which they have done of sound studio woks include time since greeks until the present. For make the instrumentation system is important know the definition of sound so as their characteristics, of them which worked with the intensity.

In the medium chapter explains a short introduction of some sensors of the Vernier mark and the content of SLM-BTA sensor, also is explained their specification, characteristics, and mode of use. Later is described the interfaces of sensor are: son LabPro, LabQuest y LabQuest 2, that with help the LoggerPro program is produced a direct connection where is could see and analyze the graphical of Vernier sensors.

The penultimate chapter was made an introduction the LabVIEW software, in where was explication the windows of program, their bars, blocks mainly the which was used for make the program with which was analyzed different instrument and tools of the which was observed their data and graphics. So include a description of security norms that were established in Mexico about of the permitted noise levels.

Lista de Figura

	Página
Figura 1.1 Estructura de un Sistema de Instrumentación.....	1
Figura 2.1 Aristóteles.....	4
Figura 2.2 Galileo Galilei.....	5
Figura 2.3 Marín Mersenne.....	6
Figura 2.4 Isaac Newton.....	6
Figura 2.5 Victor Regnault.....	7
Figura 2.6 Alexander Graham Bell.....	8
Figura 2.7 Ejemplos en decibeles.....	11
Figura 3.1 Vernier LabPro.....	13
Figura 3.2 Botones, Puertos y Componentes.....	14
Figura 3.3 LabQuest I.....	14
Figura 3.4 Medidas de LabQuest.....	15
Figura 3.5 Pantalla principal de LabQuest.....	17
Figura 3.6 Pantalla del Sensor.....	17
Figura 3.7 Configuración de modo tiempo en LabQuest I.....	18
Figura 3.8 Pantalla de grafica con LabQuest 1.....	18
Figura 3.9 Tabla de adquisición de datos.....	19
Figura 3.10 Menú de tablas.....	20
Figura 3.11 Pantalla de anotaciones.....	20
Figura 3.12 LabQuest 2.....	21
Figura 3.13 Sensor UVA/UVB.....	22
Figura 3.14 Sensor de humedad.....	22
Figura 3.15 Sensor de campo magnético.....	23
Figura 3.16 Sensor de conductividad.....	23
Figura 3.17 Sensor Plano de Ph.....	24
Figura 3.18 Sensor acelerómetro.....	24
Figura 3.19 Sensor de presión sanguínea.....	25
Figura 3.20 Placa de fuerza.....	26
Figura 3.21 Grafica de ejemplo.....	26
Figura 3.22 Sensor Vernier SLM-BTA.....	26
Figura 3.23 Vista de los tres interruptores del sensor SLM-BTA.....	27

Figura 3.24 Vista Frontal y Superior del sensor SLM-BTA.	28
Figura 3.25 Icono de Logger Pro 3.9.....	30
Figura 3.26 Diagrama de obtención de gráfica con Logger Pro.	32
Figura 3.27 Volumen intermedio de un radio estéreo.....	32
Figura 3.28 Volumen máximo de un radio estéreo.....	33
Figura 4.1 LabVIEW.....	34
Figura 4.2 Panel frontal.....	35
Figura 4.3 Diagrama de bloques.....	36
Figura 4.4 Barra de herramientas de LabVIEW 2015.....	37
Figura 4.5 Captura de la barra de Menús.....	38
Figura 4.6 Barra de edición.....	39
Figura 4.7 Barra de control.	39
Figura 4.8 Diagrama para el análisis del ruido	45
Figura 4.9 Programa en el panel frontal.....	45
Figura 4.10 Bloque Single point.	46
Figura4.11 Programa en diagrama de bloques	46
Figura 4.12 Caso típico de una aspiradora.	47
Figura 4.13 Velocidad media de instrumento doméstico.	48
Figura 4.14 Máxima velocidad instrumento doméstico.....	48
Figura 4.15 Grafica de una máquina herramienta.	49

Lista de Tablas

	Pagina
Tabla 2.1 Relación de efecto sensorial a propiedad física	9
Tabla 4.1 Descripción de los botones de la barra de herramientas	37
Tabla 4.2 Funciones básicas de la barra de control	40
Tabla 4.3 Funciones Básica de Diagrama de Bloques	42
Tabla 4.4 Límites máximos permisibles de exposición	50

Lista de símbolos y Abreviaciones

A.C	Antes de Cristo
m/s	Metro por Segundo
Cm ²	Centímetro al Cuadrado
°C	Grados Celsius
Is	Intensidad Sonora
J	Joules
N	Newton
W	Watts
mV	Milivolts
dB	Decibeles
B	Bel
Log	Logaritmo
DC	Corriente Directa
CH1	Canal 1
PC	Computadora Portátil
Mb	Megabyte
Cm	Centímetro
K	Kilo
G	Gramo
Hz	Hertz
KHz	KiloHertz
MHz	MegaHertz

Capítulo 1 Introducción

1.1 Instrumentación del sonido.

El sonido es una onda longitudinal mecánica que viaja a través de un medio elástico, las mediciones de sonido proporcionan cantidades que describen y cuantifican el sonido. Estas mediciones pueden proveer beneficios como el mejoramiento de recintos acústicos y altoparlantes. Las mediciones del sonido también nos permiten tener un análisis científico de los sonidos desagradables, llamados comúnmente como ruido. Sin embargo, debemos recordar que debido a las diferencias fisiológicas y psicológicas de las personas, el grado de molestia no puede ser medido científicamente para una persona en particular. Las mediciones de sonido nos proporcionan también una indicación clara de cuando un sonido puede causar daños al sistema auditivo y permite medidas correctivas.

La instrumentación en el área de ingeniería electrónica se encarga de la medición y procesamiento de la información proveniente de variables físicas y químicas, a partir de las cuales se realizan monitoreo, medidas y control de proceso, empleando para ello tecnologías y dispositivos electrónicos.

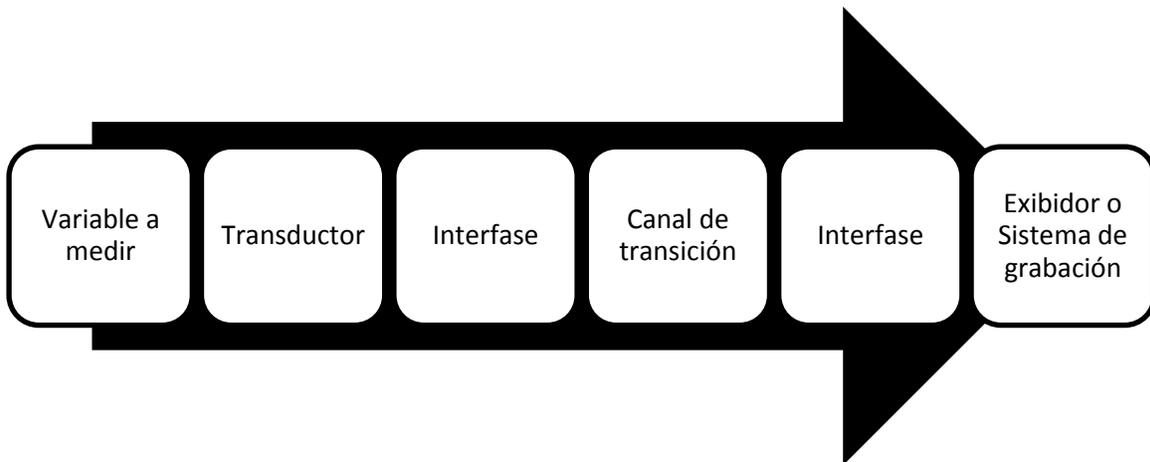


Figura 1.1 Estructura de un Sistema de Instrumentación

Transductor es un dispositivo básico en la instrumentación, ya que convierte una cantidad física no eléctrica en una señal eléctrica o viceversa. Después de obtener las señales de

salida del transductor, por lo general requiere una amplificación para adaptar sus niveles los cuales son mejores para trabajar las señales y mandarlas al módulo de filtración cuya sección es útil cuando la señal de interés tiene un contenido de frecuencias que no se desean como el ruido. La digitalización es el proceso que convierte la señal analógica a una digital, ver Figura 1.1.

1.2 Objetivo

El objetivo de la presente tesis es diseñar e implementar un sistema de instrumentación que muestre el nivel de sonido, utilizando el sensor Vernier, LabQuest 2 y LabVIEW. Así como una descripción general de las tres herramientas y la descripción del sistema de instrumentación.

1.3 Justificación

El sonido es un fenómeno físico que se encuentra en las actividades de nuestra vida diaria, por lo tanto es importante saber sus principales características, teniendo en cuenta sus características podemos diseñar un sistema de instrumentación él cual se mostrará en un entorno gráfico, servirá para identificar la intensidad. La intensidad es una de las características importantes, conociendo se puede prevenir riesgos salud: por ejemplo en las ciudades e industrias hay alta contaminación auditiva, la cual pone en riesgo a las personas que interactúan en esos sitios.

1.4 Estructura de la tesis

Capítulo 1 Introducción

En el primer capítulo contiene una breve introducción de la instrumentación y el sonido. Así como el objetivo y la justificación de la presente tesis.

Capítulo 2 Antecedentes de Medición de sonido

En el segundo capítulo se menciona a los personajes que contribuyeron al estudio del sonido; así como el concepto de sonido, sus características, clasificación y datos importantes.

Capítulo 3 Medición de sonido basado en Vernier y LabQuest

En el tercer capítulo contiene la descripción de las tarjetas LabPro, LabQuest 1 y LabQuest 2. También una breve descripción de algunos sensores de la compañía Vernier y el sensor SLM-BTA. Se describirá un sistema de instrumentación directo.

Capítulo 4 Análisis de señales de ruido con el sistema de instrumentación

El cuarto capítulo contiene una introducción a LabVIEW y se diseñara un sistema de instrumentación de sonido, se mostrarán gráficas de caso típicos. Mencionaremos las normas de seguridad mexicana.

Capítulo 5 Conclusiones y Recomendaciones

En el quinto capítulo se presentarán las conclusiones de la presente tesis y las recomendaciones.

Capítulo 2 Antecedentes de medición del sonido.

2.1 Antecedentes históricos

Aristóteles (384 a.C.- 322 a. C.). Fue un polímata: filósofo, lógico y científico de la Antigua Grecia cuyas ideas han ejercido una enorme influencia sobre la historia intelectual de Occidente por más de dos milenios, ver Figura 2.1. Entre muchas contribuciones, Aristóteles formuló la teoría de la generación espontánea, el principio de no contradicción, las nociones de categoría, sustancia, acto, potencia y primer motor inmóvil. Algunas de sus ideas, que fueron novedosas para la filosofía de su tiempo, hoy forman parte del sentido común de muchas personas.

Una de las primeras referencias al sonido como una onda se encuentra en una declaración hecha por Aristóteles cuando él indicó que el movimiento del aire se genera por una fuente, moviéndose hacia adelante para que las ondas sonoras inalteradas se propaguen hasta donde la perturbación en el aire sea sostenible.

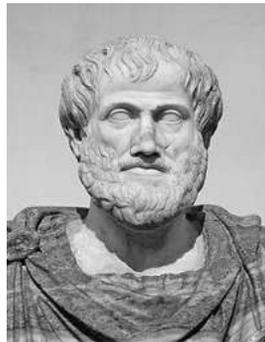


Figura 2.1 Aristóteles.

Galileo Galilei (1564 – 1642). Fue un astrónomo, filósofo, ingeniero, matemático y físico italiano, relacionado estrechamente con la revolución científica, ver Figura 2.2. Eminentemente hombre del Renacimiento, mostró interés por casi todas las ciencias y artes (música, literatura, pintura). Sus logros incluyen la mejora del telescopio, gran variedad de observaciones astronómicas, la primera ley del movimiento y un apoyo determinante al copernicanismo. Ha sido considerado como el “padre de la astronomía moderna”, el “padre de la física moderna” y el “padre de la ciencia”.

Galileo contribuyó significativamente a nuestra comprensión del sonido. Él demostró que la frecuencia de ondas sonoras determina el tono. Esto lo hizo raspando un cincel en un plato de latón produciendo un chillido. Galileo relacionó el espacio de las ranuras inducido por el cincel al tono del chillido.

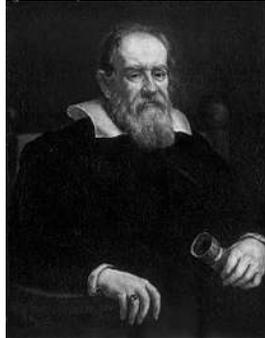


Figura 2.2 Galileo Galilei.

Marín Mersenne (1588 - 1648). Filósofo y científico francés, ver Figura 2.3. Compañero de Descartes y (desde 1611) jesuita, fue profesor de filosofía en Nevers (1614-1620) y pasó luego a un convento parisino. Descubrió las leyes de los tubos sonoros y las cuerdas vibrantes, se relacionó con Pascal, Torricelli y Beeckman, organizó reuniones científicas en la Academia fundada por Colbert y tradujo a Galileo y obras de ciencia griegas. Es autor de “La verdad de las ciencias contra los escépticos y los pirrónicos (1625)”

Ilustre estudioso de la música, se ocupó de sus diversos aspectos en obras como “Les préludes de l'harmonie universelle (1634)” y “Armonía universal (1636-37)”. Sus experimentos sobre tubos sonoros y cuerdas vibratorias le permitieron descubrir y enunciar leyes precisas que durante cerca de tres siglos han figurado con su nombre. Investigó asimismo diversos instrumentos, diseñó órganos portátiles y estudió variadas cuestiones relacionadas tanto con la música antigua como con la moderna.

Marín Mersenne fue el primero en determinar la velocidad del sonido en el aire en 1640 cuando midió el retorno de un eco. Su determinación de la velocidad de sonido tuvo un error de menos del 10%. Un logro notable considerando la tecnología disponible en esa época.



Figura 2.3 Marín Mersenne.

Isaac Newton (1643 – 1727). Fue un físico, filósofo, teólogo, inventor, alquimista y matemático inglés, ver Figura 2.4. Es autor de los *Philosophia naturalis principia mathematica*, más conocidos como los Principia, donde describe la ley de la gravitación universal y estableció las bases de la mecánica clásica mediante las leyes que llevan su nombre. Entre sus otros descubrimientos científicos destacan los trabajos sobre la naturaleza de la luz y la óptica (que se presentan principalmente en su obra *Opticks*) y el desarrollo del cálculo matemático.

En 1687, Isaac Newton publicaba su teoría del sonido en su libro *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. En ella exponía cómo la propagación del sonido a través de cualquier fluido dependía únicamente de las propiedades físicas del propio fluido, tales como la elasticidad y la densidad del mismo. De este modo Newton hizo la primera aproximación teórica a la velocidad del sonido, el cuál difirió de la real en un 16%.

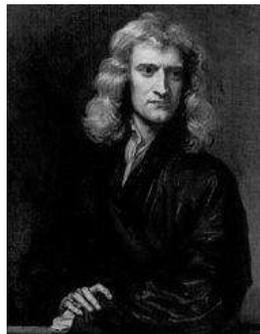


Figura 2.4 Isaac Newton.

Henri Víctor Regnault (1810 – 1878). Fue un químico y físico francés, ver Figura 2.5, conocido por sus cuidadosas mediciones de las propiedades térmicas de los gases. Fue un pionero de la termodinámica y mentor de Lord Kelvin en la década de 1840.

El circuito diseñado por Regnault tenía dos interruptores en paralelo. El primero de los interruptores estaba conectado al rifle, comenzando el experimento cerrado, y el segundo estaba conectado a un diafragma sensible al sonido, comenzando el experimento abierto. De este modo, al comenzar el experimento la pluma pintaba sobre el cilindro, al disparar el rifle la pluma se alejaba del cilindro, acercándose de nuevo una vez que el sonido llegase al sensor, situado a varios cientos de metros de distancia. Como Regnault conocía la velocidad a la que el cilindro giraba, así como el perímetro del cilindro, tan sólo tuvo que medir el trecho que había dejado la pluma sin pintar, consiguiendo aproximar la velocidad del sonido a 1200 km/h. Con esto, Regnault consiguió la primera buena aproximación a la velocidad del sonido, alejándose tan sólo en un 3% de la velocidad real



Figura 2.5 Victor Regnault.

Alexander Graham Bell (1847 - 1992). Científico e inventor británico, ver Figura 2.6. Contribuyó al desarrollo de las telecomunicaciones y a la tecnología de la aviación. Su padre, su abuelo y su hermano estuvieron relacionados con el trabajo en fonación y locución. Madre y su esposa eran sordas, lo que influyó profundamente en el interés de Alexander Graham Bell por las investigaciones sobre la escucha y el habla, así como en sus experimentos con aparatos para el oído.

Sus experimentos de sonido usando un equipamiento mínimo de laboratorio. Allí se concentró en experimentar con electricidad para transmitir sonido y después instaló un cable de telégrafo desde su cuarto en Somerset College hasta otro. Después de instalar

su taller, Bell continuó sus experimentos con la electricidad y el sonido. Diseñó un piano que podía transmitir su música a distancia por medio de la electricidad. Bell y su asistente Charles Sumner Tainter inventaron conjuntamente un teléfono inalámbrico, el denominado fotófono, lo que permitió la transmisión de sonidos y conversaciones normales mediante un haz de luz.

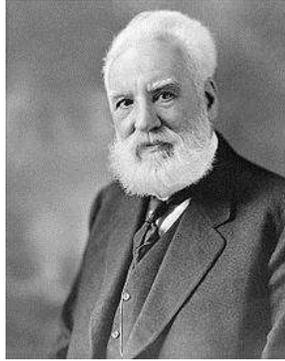


Figura 2.6 Alexander Graham Bell

2.2 Sonido

El sonido es una perturbación que se propaga en los medios materiales como: gases, líquidos y sólidos y que nuestro sentido del oído puede percibir. El sonido, a diferencia de otras perturbaciones que se propagan en medios materiales, lo hace tridimensionalmente, es decir la perturbación llega a cualquier punto del espacio con distintos valores (x, y, z) a una velocidad de 343 m/s varía un poco con la temperatura este valor es para unos 20°C, otros valores son en el agua 25 °C es de 1493 m/s, madera es 3700 m/s, acero es 6100 m/s y en el aluminio es de 6400 m/s.

Es útil dividir el espectro del sonido de acuerdo con las siguientes definiciones:

- El sonido audible se refiere a ondas sonoras en el intervalo de frecuencia de 20 a 20 000 Hz.
- Las ondas sonoras con frecuencia por debajo del intervalo audible se denominan infrasonoras.
- Las ondas sonoras con frecuencias superiores al intervalo audible se llaman ultrasónicas.

En el estudio del sonido audible, el fisiólogo utiliza los términos volumen, tono y calidad para describir las sensaciones producidas. Desafortunadamente, estos términos no representan magnitudes sensoriales y, por lo tanto, son subjetivas. Lo que es intenso para una persona es moderado para otra. Lo que una persona percibe como calidad, otra considera como calidad inferior.

Los físicos, en consecuencia, intentan correlacionar los efectos sensoriales con las propiedades físicas de las ondas. Estas correlaciones pueden resumirse como se puede observar en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Relación de efecto sensorial a propiedad física

Efecto Sensorial		Propiedad Física
Tono	↔	Forma de Onda
Timbre	↔	Frecuencia
Volumen	↔	Intensidad

2.2.1 Tono

Una propiedad importante del sonido es el tono o la frecuencia con la que vibra las partículas del medio. Dicha frecuencia determina que un sonido sea agudo o grave según su valor. Altos valores de frecuencia los sonidos serán agudos y bajos valores de frecuencia serán graves.

2.2.2 Timbre

Cualidad que permite identificar la fuente sonora, aunque distintos instrumentos produzcan sonidos con el mismo tono e intensidad. Los podemos identificar, pues el tono fundamental siempre va acompañado de tonos armónicos llamados sobretonos, estos le dan el timbre característico a un instrumento musical o a la voz. Por eso, podemos identificar las voces de personas conocidas, así como los instrumentos que producen un sonido.

2.2.3 Intensidad

La intensidad del sonido se divide en intensidad física e intensidad auditiva, la primera está determinada por la cantidad de energía que se propaga, en la unidad de tiempo, a través de la unidad de área perpendicular a la dirección en que se propaga la onda. Y la intensidad auditiva, que establece una relación logarítmica entre la intensidad física del sonido que es captado, y la intensidad física mínima audible por el oído humano.

La intensidad de un sonido depende de: la amplitud de la onda, ya que a medida que esta aumenta, la intensidad también aumenta; de la distancia existente entre la fuente sonora y el oyente, pues a mayor distancia, menor intensidad, y finalmente, la intensidad es mayor si la superficie que vibra también lo es.

La intensidad de un sonido expresa la cantidad de energía acústica que en un segundo pasa a través de una superficie de un centímetro cuadrado, perpendicular a la dirección en la cual se propaga la onda. Las unidades de intensidad sonora (I_s) son:

$$I_s = \frac{\text{Joules/s}}{1 \text{ cm}^2} = \frac{\text{watt}}{\text{cm}^2}$$

El oído humano sólo percibe sonidos débiles cuya intensidad sea de 1×10^{-16} watt/cm², valor considerado como el nivel cero de la intensidad sonora. La máxima intensidad audible equivale a 1×10^{-4} watt/cm², nivel denominado umbral del dolor.

El decibelio (dB), es la unidad relativa empleada en acústica, electricidad, telecomunicaciones y otras especialidades para expresar la relación entre dos magnitudes: la magnitud que se estudia y una magnitud de referencia. El decibelio es una unidad logarítmica, a dimensional y matemáticamente escalar.

El intervalo de intensidades que el oído humano es capaz de percibir es muy grande, por eso se creó una escala logarítmica para medirlas, usando como unidades el bel (B) y el decibel (dB). Dicha escala se fundamenta en la comparación de distintos sonidos, de tal forma que si la intensidad I de un sonido es 10 veces mayor a la intensidad I' de otro, se dice que la relación entre sus intensidades es de un Bel. De donde:

$$B = \log \frac{I}{I'}$$

Dónde: B= relación entre las intensidades en Bel (B)

I = intensidad de un sonido en watt/cm²

I'= intensidad del otro sonido en watt/cm²

Como el Bel es una unidad muy grande se usa el decibel equivalente a la décima parte del Bel.

1dB =0.1B

El intervalo de intensidad audible por el hombre queda comprendido en un rango de 0 a 120 dB.

En la Figura 2.7 se muestra algunos ejemplos ilustrativos del nivel de sonido.

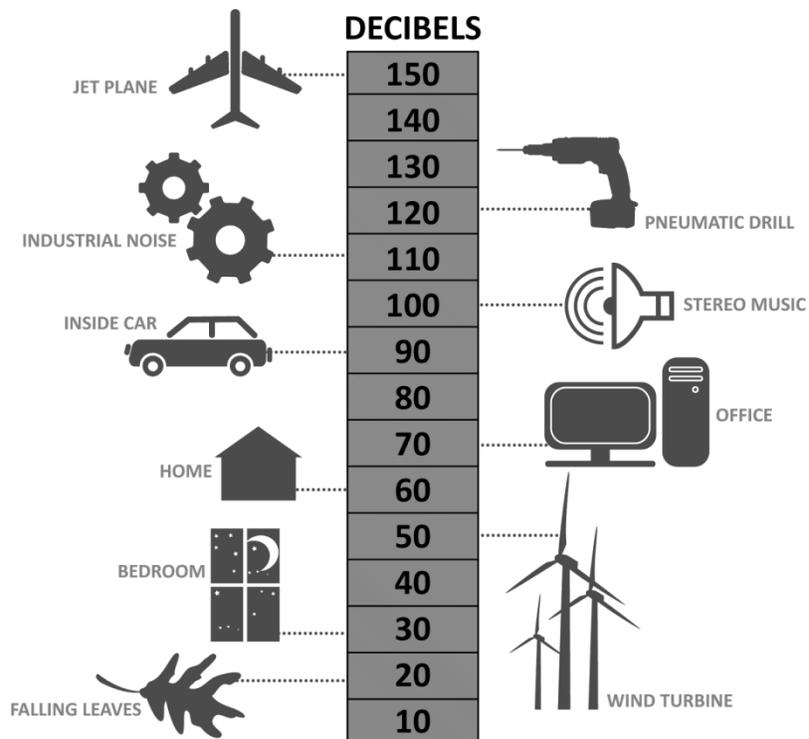


Figura 2.7 Ejemplos en decibeles.

Se utiliza una escala logarítmica porque la sensibilidad que presenta el oído humano a las variaciones de intensidad sonora sigue una escala aproximadamente logarítmica, no lineal. Por ello el Belio (B) y su submúltiplo el decibelio (dB), resultan adecuados para valorar la percepción de los sonidos por un oyente. Se define como la comparación o relación entre dos sonidos porque en los estudios sobre acústica fisiológica se vio que un oyente, al que se le hace escuchar un solo sonido, no puede dar una indicación fiable de su intensidad, mientras que, si se le hace escuchar dos sonidos diferentes, es capaz de distinguir la diferencia de intensidad.

2.2.4 Amortiguamiento.

Hasta ahora se ha considerado que el sonido se propaga en medios materiales, cuyas partículas transmiten de unas a otras la energía de vibración que constituye el sonido sin que se pierda nada de energía en su transmisión. Esto supone que la intensidad permanezca constante a medida que se propaga. Pero, hay medios materiales que llamamos absorbentes, en los que, parte de la energía que se propaga de partícula a partícula, se pierde en movimiento desordenado. En este caso, la intensidad de las ondas sonoras no permanecerá constante, sino que irá disminuyendo a medida que se propaga. Este fenómeno recibe el nombre de amortiguamiento.

Capítulo 3 Medición de sonido basado en Vernier y LabQuest

3.1 Vernier LabPro

Es una interfaz de sensor versátil que se utiliza para recopilar datos de los sensores de Vernier, puede usar LabPro con una calculadora graficadora o con una computadora y el software Logger Pro, ver en la Figura 3.1.



Figura 3.1 Vernier LabPro.

Las características de Vernier LabPro son: compatible con más de 70 sensores Vernier, seis canales de recolección de datos le permiten utilizar varios sensores a la vez, muestras hasta 50.000 lecturas por segundo, salida analógica para el control de dispositivos eléctricos, tales como motor DC, ventiladores, LEDs, y más para proyectos de ingeniería.

Vernier LabPro tiene tres botones principales que son START/STOP iniciar o finalizar la adquisición de muestras; QUICK SETUP elimina los datos almacenados en la memoria, otra función es inicializar los canales de entrada para buscar sensores y los prepara para adquirir datos; y el botón TRANSFER es para empezar la transferencia entre Vernier LabPro a calculadora de datos, ordenador y programas. Otras características físicas son: tres LEDs, cuatro canales analógicos (CH1, CH2, CH3 y CH4), dos canales digitales (DIG/SONIC 1 y DIG/SONIC 2), una conexión a ordenador serie, una conexión a ordenador USB y un puerto de entrada y salida de calculadora, como se muestra en la Figura 3.2.

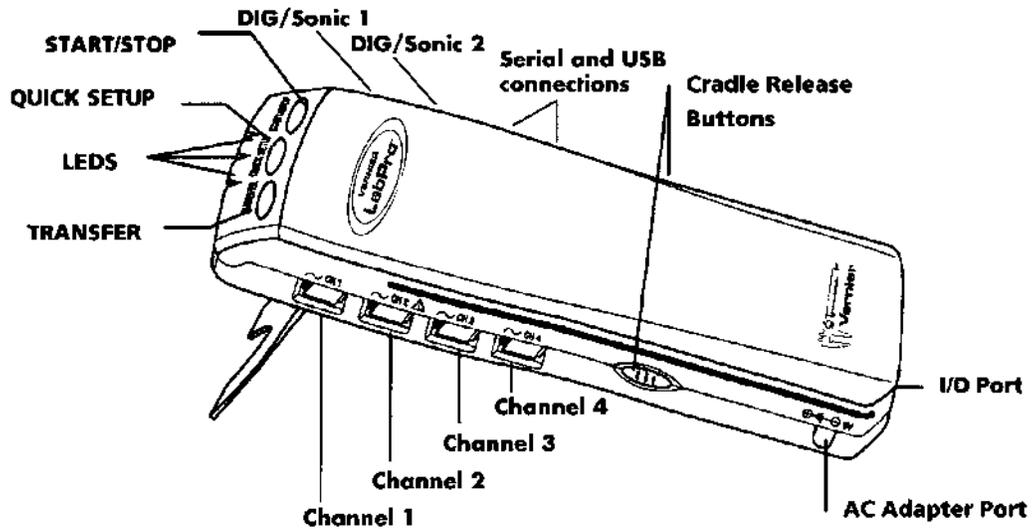


Figura 3.2 Botones, Puertos y Componentes.

3.2 LabQuest I

LabQuest es una interfaz independiente y se puede conectar a un ordenador, para sensores Vernier. LabQuest tiene de característica: pantalla táctil a color, muestra las gráficas en tiempo real, y análisis de datos, ver Figura 3.3.



Figura 3.3 LabQuest I.

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

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

Tecnología de LabQuest I: 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 de LabQuest I

- 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.
- \$150 dólares



Figura 3.4 Medidas de LabQuest.

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.

Conexiones al exterior

- Seis canales de conexión para utilización con los sensores.
- Puerto USB estándar, 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.

Alimentación

- Batería recargable de alta capacidad.
- Recarga mediante adaptador externo (incluido en su 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.

La pantalla de medida muestra el valor tomado por cada sensor, el modo de funcionamiento y los parámetros de adquisición de datos. Varios accesos directos están disponibles en esta pantalla, ajuste a cero, calibrar, inverso, o cambio de unidades, ver Figura 3.5.

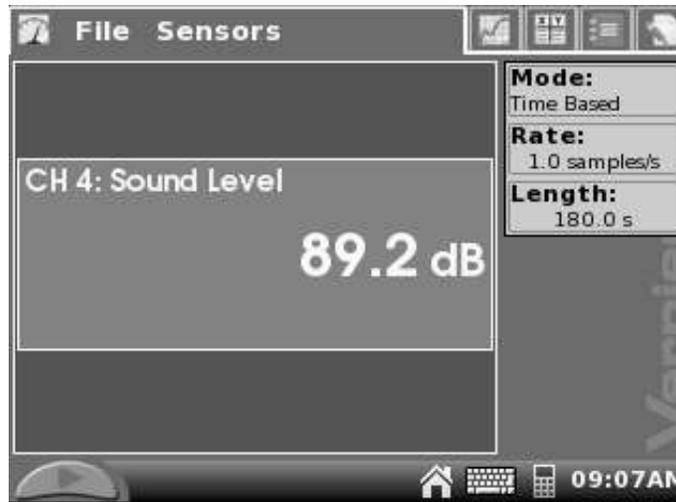


Figura 3.5 Pantalla principal de LabQuest.

La pestaña sensor da acceso a los controles y ajustes del sensor, utilizando esta opción para ajustar a los sensores que no dispongan de auto detección, como en la Figura 3.6.

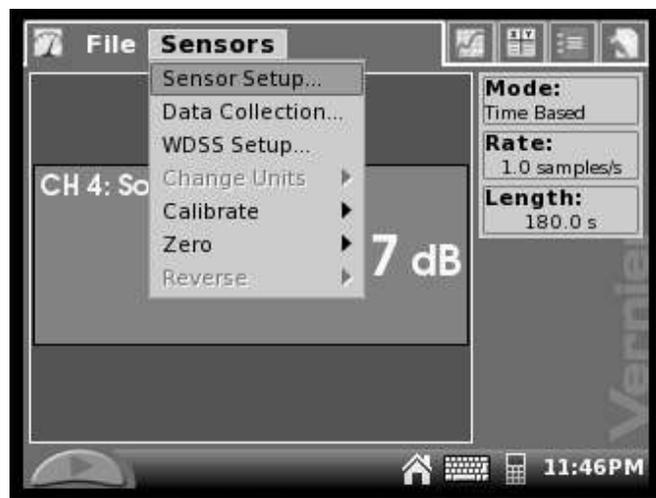


Figura 3.6 Pantalla del Sensor.

LabQuest tiene un menú para la configuración de adquisición de datos, basado en el tiempo, eventos por entrada o algún otro modo de adquisición de datos. Para experimentos basados en el tiempo, ajuste la duración del experimento y la velocidad de adquisición de datos, como en la Figura 3.7.

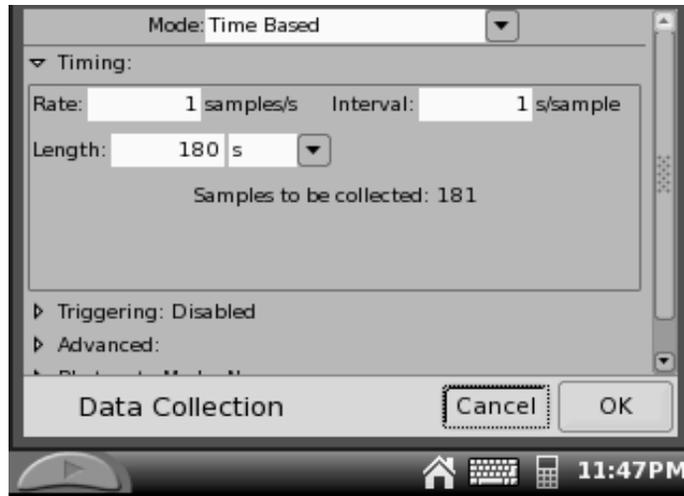


Figura 3.7 Configuración de modo tiempo en LabQuest I.

LabQuest cambia automáticamente a la pantalla de gráficas cuando comienza la adquisición de datos. Existen varios accesos directos a la pantalla de gráficas. Después de tomar datos se oprime en la gráfica para leer valores. Los valores numéricos se observan en la columna de la derecha. Con LabQuest se guardan los datos con la opción que brinda el icono de archivador. También cuenta con opciones de graficación. El menú de análisis da acceso a herramientas adicionales, tal y como líneas de tangente, estadísticas y aproximación de curvas. Las siguientes cuatro opciones en el menú de análisis, integral, estadísticas, aproximación mediante curvas y modelos, funcionan sobre la gráfica completa o sobre una región de la misma, seleccionada con el puntero. Como en Figura 3.8.

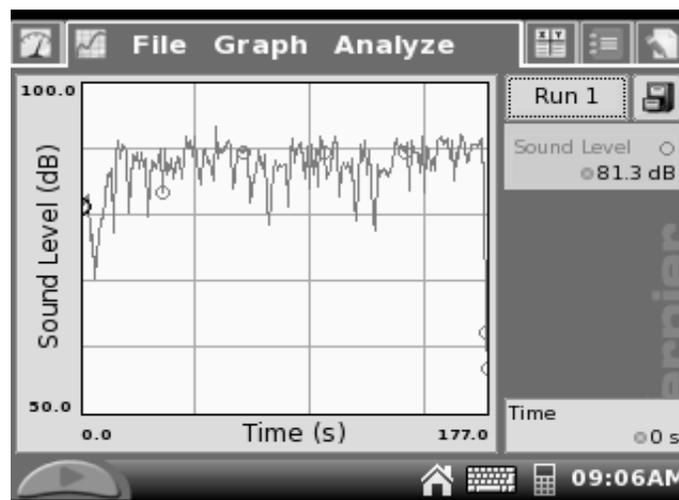
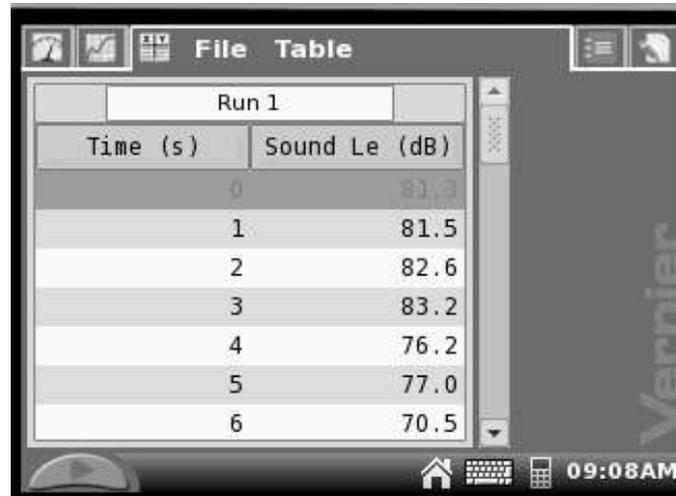


Figura 3.8 Pantalla de grafica con LabQuest 1.

La aproximación mediante curvas permite aproximar una función escogida a los datos tomados, calculándose automáticamente los coeficientes de la misma. La opción de predicción dibuja una gráfica aproximada sobre el comportamiento de la toma actual de datos.

LabQuest tiene una pantalla de tablas que muestran la tabla de datos del experimento, ver Figura 3.9.



Run 1	
Time (s)	Sound Le (dB)
0	81.3
1	81.5
2	82.6
3	83.2
4	76.2
5	77.0
6	70.5

Figura 3.9 Tabla de adquisición de datos.

En el menú de tablas permite crear, modificar o borrar columnas de datos.

- Nueva columna manual: crea una columna vacía en la que podemos insertar valores directamente.
- Nueva columna de datos: crea una nueva columna cuyos valores se basan en otra columna a través de una relación matemática. Por ejemplo, podemos definir una columna como el cuadrado inverso de otra columna.
- Borrar columna: podemos borrar columnas.
- Seleccione la fila o filas en la tabla de datos y después use aproximación de curvas o estadísticas.
- La opción editar permite copiar y pegar valores de un lugar a otro. En particular podemos copiar un rango de valores y pegar en la pantalla de anotaciones.

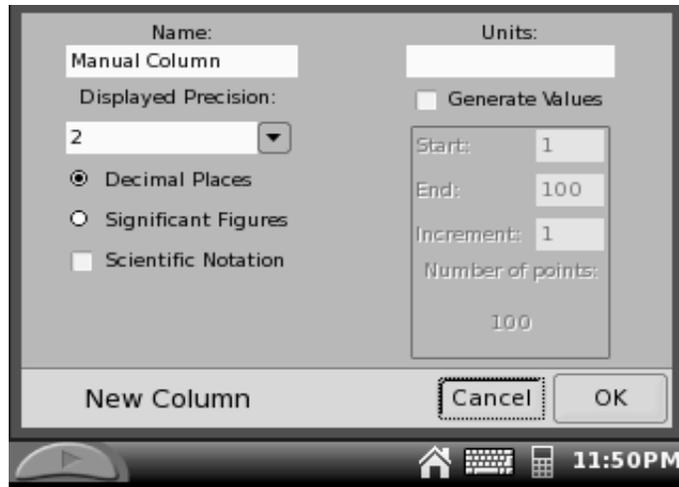


Figura 3.10 Menú de tablas.

La pantalla de anotaciones es un lugar donde visualizar textos e imágenes. Donde se añaden anotaciones. El menú también dispone de los comandos estándar de edición como copiar y pegar como en la Figura 3.11.



Figura 3.11 Pantalla de anotaciones.

3.3 LabQuest II

LabQuest 2 es una interfaz independiente que se utiliza para adquisición de datos de los sensores, los cuales se grafican y analizan en la pantalla táctil de alta resolución, la cual hace fácil el manejo del dispositivo. Cuenta con conectividad inalámbrica con la que se comparten los datos de los experimentos. Ver Figura 3.12.

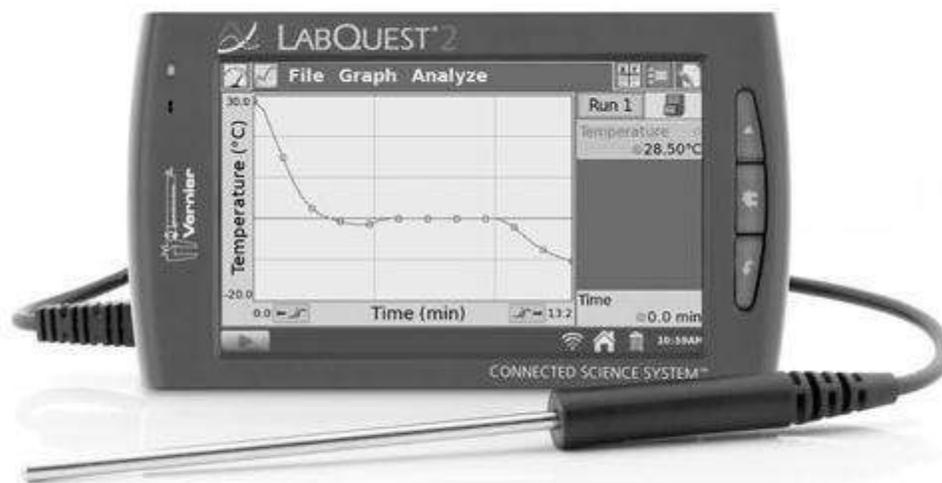


Figura 3.12 LabQuest 2.

Las características de LabQuest II es una interfaz independiente y una interfaz con la computadora, compatible con todos los sensores Vernier, la pantalla de alta resolución con orientación vertical y horizontal, rápida adquisición de datos, batería recargable de alta durabilidad, compatible con sistemas operativos Windows y Macintosh recopilación, análisis y compartimiento de datos del sensor en forma inalámbrica con diferentes dispositivos.

3.4 Sensores de Vernier

3.4.1 Sensor UVA/UVB

El sensor de UVA o UVB es básicamente un sensor de luz ultravioleta; cada uno de ellos responde a un tipo de luz, uno al UVA y otro al UVB como se ilustra en la Figura 3.13. Podemos comparar la transmisión de luz ultravioleta a través de plásticos o cristales. Con ellos podemos comparar la intensidad ultravioleta en días nublados y soleados. También son utilizados para el estudio de la absorción de ultravioleta (UVA o UVB) de las lociones solares, las gafas de sol y la ropa.



Figura 3.13 Sensor UVA/UVB.

3.4.2 Sensor de humedad del suelo (SMS-BTA)

Este sensor usa la capacitancia para medir la cantidad de agua que contiene el suelo, simplemente inserte el sensor en el suelo y este dará lectura de la cantidad de agua en porcentaje Usado en biología, ecología, agricultura, etc. Ver Figura 3.14.



Figura 3.14 Sensor de humedad.

Algunos de sus usos son:

- Medir la pérdida de humedad del suelo con el tiempo debido a la evaporación y a la absorción de una planta.
- Evaluar el contenido óptimo de humedad del suelo para diversas especies de plantas.
- Supervisar el contenido de humedad del suelo para el control de riego en invernaderos.
- Gestión de la humedad del suelo del jardín.

3.4.3 Sensor de campo magnético. (MG-BTA)

Este sensor, basado en el efecto Hall, es lo suficientemente sensible para medir el campo magnético de la tierra, mide imanes permanentes, bobinas y campo en dispositivos eléctricos. La cabeza giratoria del sensor permite medir campos longitudinales y transversales. Ver Figura 3.15.



Figura 3.15 Sensor de campo magnético.

3.4.4 Sensor de conductividad (CON-BTA)

Este sensor es muy utilizado en biología para demostrar la difusión de iones a través de membranas o monitorizar cambios de concentración de iones en experiencias con disoluciones. En química puede utilizarse para estudiar diferencias entre ácidos fuertes y débiles. Podemos medir conductividad en mg/cm o concentración en mg/L. Ver Figura 3.16.

0-100 ppm → Resolución 0.1 ms/cm

0-1.000 ppm → Resolución 1.0 ms/cm

0-10.000 ppm → Resolución 10 ms/cm



Figura 3.16 Sensor de conductividad.

3.4.5 Sensor Plano de PH (PH-BTA y FPH-BTA)

Su rango de medida recorre todo el espectro de PH (0 - 14), para cualquier área, biología, química, física, calidad del agua, etc. Ver figura 3.17.

Características del sensor plano de PH:

- Tiempo de respuesta 90% en 1 segundo.
- Temperatura de trabajo : 5 a 80 °C
- Resolución: 0.005 unidades de PH



Figura 3.17 Sensor Plano de Ph.

3.4.6 Low-g acelerómetro (LGA-BTA)

Esta es la mejor opción para estudiar movimiento unidimensional como un ascensor, un coche, movimiento armónico simple y etc. Ver Figura 3.18.



Figura 3.18 Sensor acelerómetro.

3.4.7 Sensor de presión sanguínea (BPS-BTA)

Sensor diseñado para medir la presión sanguínea humana de manera no invasiva, se utiliza para medir presión sistólica y diastólica.

Se suministra con un cinturón de 27 a 39 cm, y está disponible un cinturón más pequeño, de 18 a 27 cm. Ver Figura 3.19.



Figura 3.19 Sensor de presión sanguínea.

Funcionalidades del sensor de presión sanguínea:

- Medir la presión arterial antes y después del ejercicio.
- Medir la presión arterial mientras está sentado o de pie.
- Comparar la presión arterial después de las contracciones isométricas voluntarias (levantamiento de pesas) rítmica y una actividad como correr o andar en bicicleta.
- Investigación de cómo afecta a la digestión de la presión arterial.
- Estudiar los efectos de la cafeína sobre la presión arterial.
- Comparación de la presión arterial entre fumadores y no fumadores.
-

3.4.8 Placa de fuerza (FP-BTA)

Este sensor está diseñado para medir la fuerza de la pisada, saltos y otras actividades humanas. Por ejemplo, comprobar aceleraciones en ascensores o impulsos sobre el suelo en un salto, aceleración en ascensores o para el estudio de colisiones de carros móviles. Ver en la figura 3.20.



Figura 3.20 Placa de fuerza

Puede ser usado con cualquiera de las interfaces y dispone de dos rangos de medida, 3500N para grandes fuerzas y 800N para una mayor sensibilidad. En la Figura 3.21 se muestra una grafica que representa la respuesta a una persona pisando, saltando y permaneciendo en la placa de fuerza.

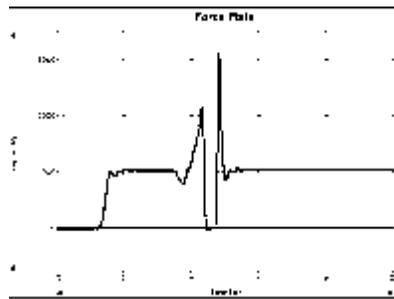


Figura 3.21 Grafica de ejemplo.

3.5 VERNIER SLM-BTA

3.5.1 Introducción

Sonómetro es un sensor para medir niveles de sonido en unidades de decibeles (dB). Tiene un display LCD con el que muestra el nivel de sonido lo que hace que funcione también de manera autónoma, ver Figura 3.22.



Figura 3.22 Sensor Vernier SLM-BTA.

El medidor de nivel de sonido utiliza un micrófono de condensador eléctrico montado en el extremo de un eje. La salida de este micrófono es alimentada en una serie de filtros, amplificadores, integradores, y circuitos sumadores para producir una sola medición de nivel de presión de sonido. El medidor de nivel de sonido utiliza un micrófono direccional, lo que requiere el instrumento ser señalado en la dirección de la fuente de ruido.

El micrófono del detector está situado al final de la barra plateada, en la parte superior del medidor. Debajo de la pantalla de cristal líquido, el usuario encontrará tres interruptores S/F, MAXI/RESET, A/C, como se muestra en la Figura 3.23. Debajo de estos interruptores encontrará el interruptor de rango de medida. La batería se sitúa en un compartimiento en la parte posterior del medidor. Una terminal de salida en el fondo del medidor. La salida de este terminal es enviada a la interfaz de adquisición de datos. La pantalla de cristal líquido muestra los niveles de ruido en decibeles (dB), un indicador de batería y un indicador de rango.



Figura 3.23 Vista de los tres interruptores del sensor SLM-BTA.

El sensor viene con un protector de espuma. El protector ayuda a reducir la detección de ruido causado por el soplido de viento a través del micrófono. También protege el micrófono de polvo, como se muestra en la Figura 3.24.

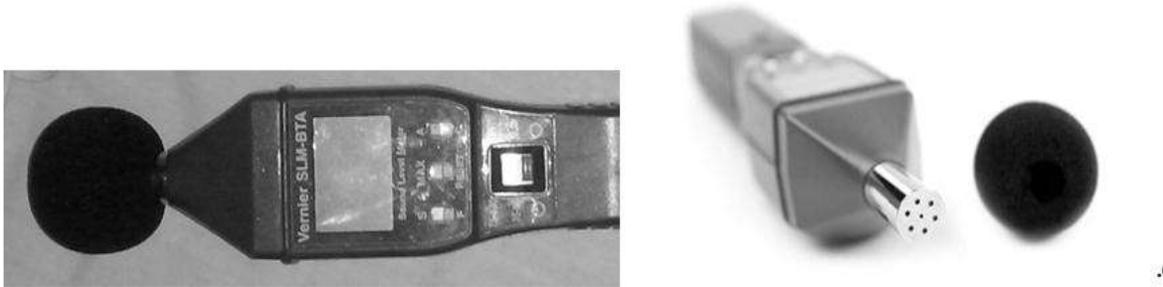


Figura 3.24 Vista Frontal y Superior del sensor SLM-BTA.

Puede ser usado para las actividades como:

- Ruido Ambiental.
- Comparaciones de nivel de sonido.
- Investigación acústica de habitaciones.
- Modelo de aislamiento de sonido.
- Modelo de Propagación de sonido.

3.5.2 POWER/MEASUREMENT RANGE SWITCH

Este interruptor marca "O/35 -90/ 75-130". Cuando es colocado en el rango 35-90 (LO), el sensor está configurado para niveles de sonido en el rango de 35 a 90 decibeles (dB). Cuando el interruptor esta puesto en 75-130 (HI), el sensor está configurado para niveles de sonido en el rango de 75 a 130 decibeles (dB). Para ayuda del usuario en la pantalla aparece una advertencia la cual indica que el rango de sonido es más alto que el seleccionado. Se quitará hasta que el usuario coloque el rango apropiado o disminuya la intensidad del sonido.

3.5.3 Time Weighting.

El conmutador S/F situado abajo a la izquierda de la pantalla de cristal líquido regula el muestreo en el tiempo. Para medidas normales se debe colocar el interruptor en "S" (Slow), para los cambios lentos. Para sonidos fluctuantes, se debe colocar el interruptor a "F" (Fast).

3.5.4 Máximum leve Hold.

Colocando el interruptor MAX/RESET, la opción MAX mostrara el nivel máximo de sonido, en un aula se puede poner probablemente. En cambio la opción RESET mostrara continuamente el valor medido por el sensor.

3.5.5 Frecuency Weighting.

El interruptor A/C se utiliza para la ponderación de la medida "A" se utiliza para sonidos cercanos al rango auditivo humano, es la más comúnmente usada para seguridad laboral, salud y calidad ambiental. La escala "C" es útil para controlar fuentes tales como motores, explosiones y maquinaria.

3.5.6 Especificaciones físicas del sensor SLM-BTA

- Sensor: ½ "electret (prepolarizado) micrófono de condensador.
- Potencia: 4.8 Watts/h
- Duración de la batería: 50 horas típicas.
- Pantalla: 3 ½ "LCD.
- Rango de medición:
 - Low - 35 dB a 90 dB
 - Alta - 75 dB a 130 dB
- Rango de frecuencia: 31,5 Hz a 8000 Hz.
- Resolución: 0,1 dB.
- Precisión: 1,5 dB (ref 94 dB @ 1 kHz).
- Salida:
 - DC - 10 mV / dB
 - AC - 1,0 Vrms correspondiente a la parte superior del rango seleccionado.

3.5.7 Interfaces compatibles

El medidor de nivel de sonido es compatible con estas interfaces:

- LabQuest 2
- LabQuest original
- LabQuest Mini
- Go! Link
- Sensor DAQ
- Adaptador sensor NXT
- Vernier LabPro
- Vernier EasyLink
- CBL 2
- TI-NspireLab cuna

3.6 Logger Pro

3.6.1 Introducción

Logger Pro es una interfaz de recopilación de datos y de análisis; para las computadoras Windows y Mac.



Figura 3.25 Icono de Logger Pro 3.9.

3.6.2 Características básicas de Logger Pro 3.9

- Logger Pro contiene sensores de identificación automática, esto facilita la configuración.
- Dibuja predicciones sobre un gráfico antes de recoger datos.

- Para la recopilación de datos existe varias opciones, según sea necesario, para su experimento: los datos basados en el tiempo, eventos seleccionados, eventos con entradas escritas en, foto puerta, conteo de radiación, y más.
- Una de sus opciones es introducir manualmente los datos de gráficos y análisis.
- Importar datos de interfaces de Vernier.
- Diseño de gráficos, tablas y texto, según sea necesario a través de múltiples páginas para describir el experimento.
- Lee valores y pendiente de los gráficos utilizando, examinar y herramientas de línea de la tangente.
- Imprimé gráficos y tablas de datos.

3.6.3 Versátil de Logger Pro 3.9

- Soporta más de 80 sensores Vernier para gráficos en tiempo real y análisis.
- Recolecta datos de una variedad de fuentes, incluyendo LabQuest 2, LabQuest Mini, LabPro, wdss, espectrómetros, GPS, saldos Ohaus, ProScope HR, y más.
- Tiene la opción de introducir valores manualmente a partir de tablas de datos existentes o datos de importación.

3.6.4 Potencia de Logger Pro 3.9

- Captura de vídeos para agregar un registro visual de un experimento sincronizado con sus datos.
- Analizar un vídeo fotograma a fotograma o tomar mediciones de una foto fija.
- Dibuja predicciones en los gráficos anteriores a la recolección de datos.
- Realizar el análisis estadístico de los datos, incluyendo las integrales, tangentes, curva única, y más.

3.7 Sistema de Instrumentación con Logger Pro

Como sea mencionado Logger Pro es una interfaz la cual permite conectar un sensor y con ello podemos obtener datos y gráficas. Como se muestra en la Figura 3.26 un sistema

de instrumentación directo, conectaremos nuestro sensor SLM-BTA con LabQuest 1 utilizando la interfaz Logger Pro.



Figura 3.26 Diagrama de obtención de gráfica con Logger Pro.

El primer caso es una canción a volumen medio como podemos observar en la Figura 3.27, la gráfica se mantiene en un rango de 55 a 77 decibeles (dB). En la parte izquierda se muestra la tabla de valores.

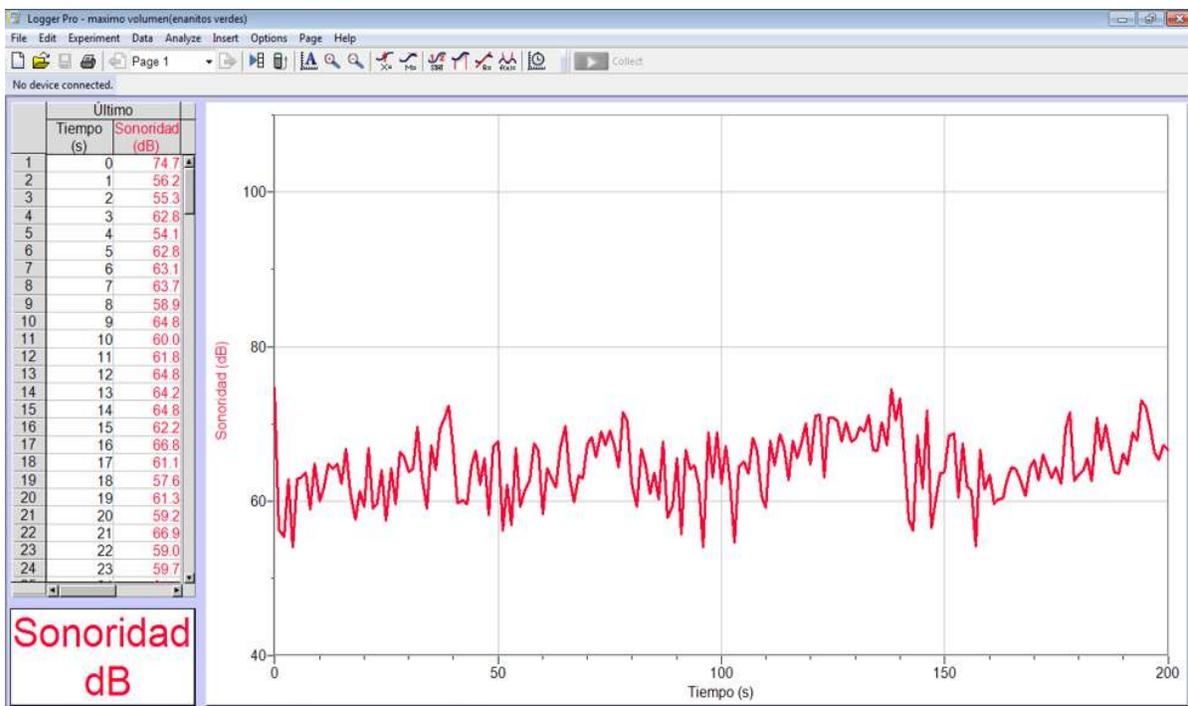


Figura 3.27 Volumen intermedio de un radio estéreo.

El segundo caso es con un volumen alto a comparación de la primera gráfica. En la figura 3.28 el rango es de 75 a 85 decibeles (dB).

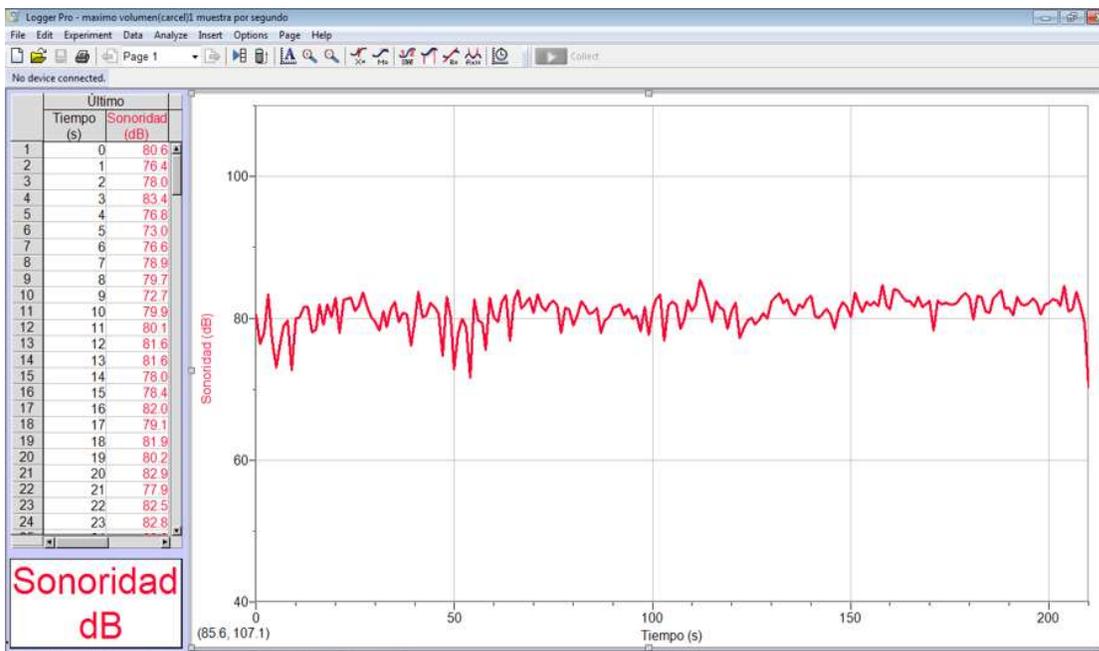


Figura 3.28 Volumen máximo de un radio estéreo.

Capítulo 4 **Análisis de señal de ruido con el sistema de instrumentación.**

4.1 Introducción a LabVIEW

LabVIEW es un lenguaje de programación gráfico diseñado para ingenieros, científicos y estudiantes para desarrollar aplicaciones de control, medición, instrumentación, etc. La programación gráfica de LabVIEW es una de sus principales cualidades, ya que es fácil de usar para el usuario. LabVIEW es el acrónimo de Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench. National Instruments es la empresa desarrolladora y propietaria de LabVIEW, comenzó en 1976 en Austin Texas y sus primeros productos eran dispositivos para el bus de instrumentación GPIB. En abril de 1983 comenzó el desarrollo de lo que sería su producto estrella: LabVIEW, que vería la luz en octubre de 1986 con el lanzamiento de LabVIEW 1.0, ver Figura 4.1.



Figura 4.1 LabVIEW.

Originalmente este programa estaba orientado a aplicaciones de control de instrumentos electrónicos usados en el desarrollo de sistemas de instrumentación, lo que se conoce como instrumentación virtual. Por este motivo los programas creados en LabVIEW se guardan en ficheros llamados VIs (Virtual Instruments) y con la misma extensión.

Los VIs imitan a los instrumentos físicos tanto en su apariencia como en su operación. Entre las ventajas que encontramos al utilizar LabVIEW tenemos: que LabVIEW es compatible con herramientas de desarrollo similares y puede trabajar a la vez con programas de otra área de aplicación, como Matlab o Excel. Además se puede utilizar en muchos sistemas operativos, incluyendo Windows y UNIX, siendo el código transportable de uno a otro. Pero una de sus mayores cualidades es la existencia de numerosos paquetes que permiten combinar este software con todo tipo de hardware, como tarjetas

de adquisición de datos, controladores, autómatas programables, sistemas de visión, FPGAs.

4.1.1 Interfaz gráfica de LabVIEW

Panel frontal es la interfaz que el usuario utiliza para la creación de un VI (Instrumento Virtual). El usuario crea el VI utilizando controles e indicadores, los cuales representan terminales de entrada y salida las cuales tienen interacción de datos, ver Figura 4.2.

Los controles simulan los tipos de dispositivos de entrada que se encuentran en cualquier tipo de instrumento, como pueden ser perillas o botones. Cuando se manipulan estos controles comienza el flujo dentro del diagrama de bloques que están en el panel de programación. Por otro lado los indicadores son mecanismos para desplegar la información que está siendo adquirida. En los indicadores y controles se incluye los tipos de visualización de datos en gráficas y tablas, así como indicadores numéricos, booleanos y de arreglos. Cuando se habla de controles e indicadores, se refiere a todo tipo de entrada y salida dentro de un VI.

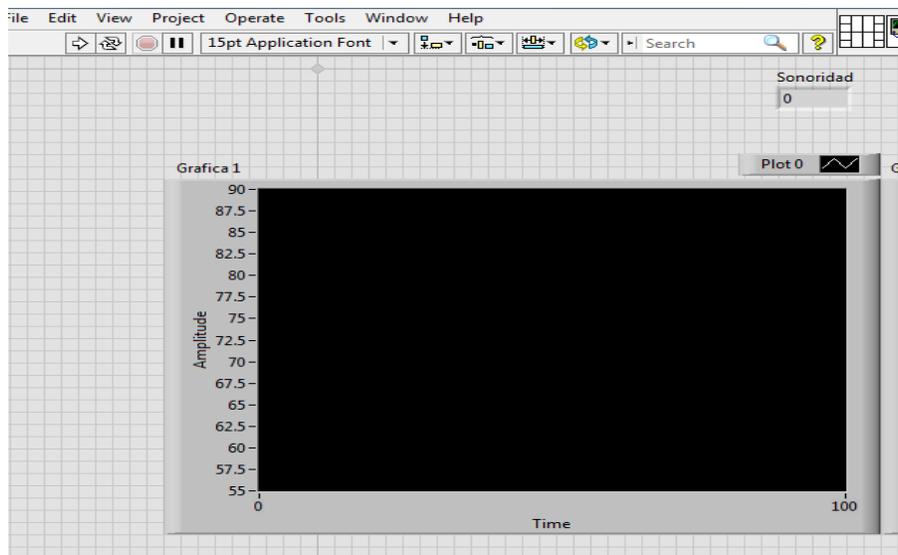


Figura 4.2 Panel frontal.

El panel de programación contiene el código fuente gráfico para la ejecución del VI, está en forma de bloques y/o diagrama de flujo. Cuenta con tres tipos de componentes, que son: terminales, nodos y líneas de conexión. Las terminales son todos los controles e

indicadores que fueron puestos en el panel frontal y aparecerán aquí como variables de entrada o salida según sea el tipo de control. Los nodos son los elementos de ejecución del programa y 97 pueden ser ocasionados por un subVI y tipos de estructuras. Las líneas de conexión son las que determinan el flujo de datos e interaccionan con los controles en el panel frontal.

Al diseñar el programa de forma gráfica se hace visible una programación orientada al flujo de datos que va de izquierda a derecha en el panel de programación. Es fácil observar en el panel de programación cómo se comportan los datos en cada parte del programa cuando se realiza una ejecución paso a paso. En LabVIEW las variables se representan mediante una figura tanto en el panel frontal como en el panel de programación, de esta forma se puede observar su respuesta en la interfaz del usuario y en el flujo de datos del código del programa, como se observa en la Figura 4.3.

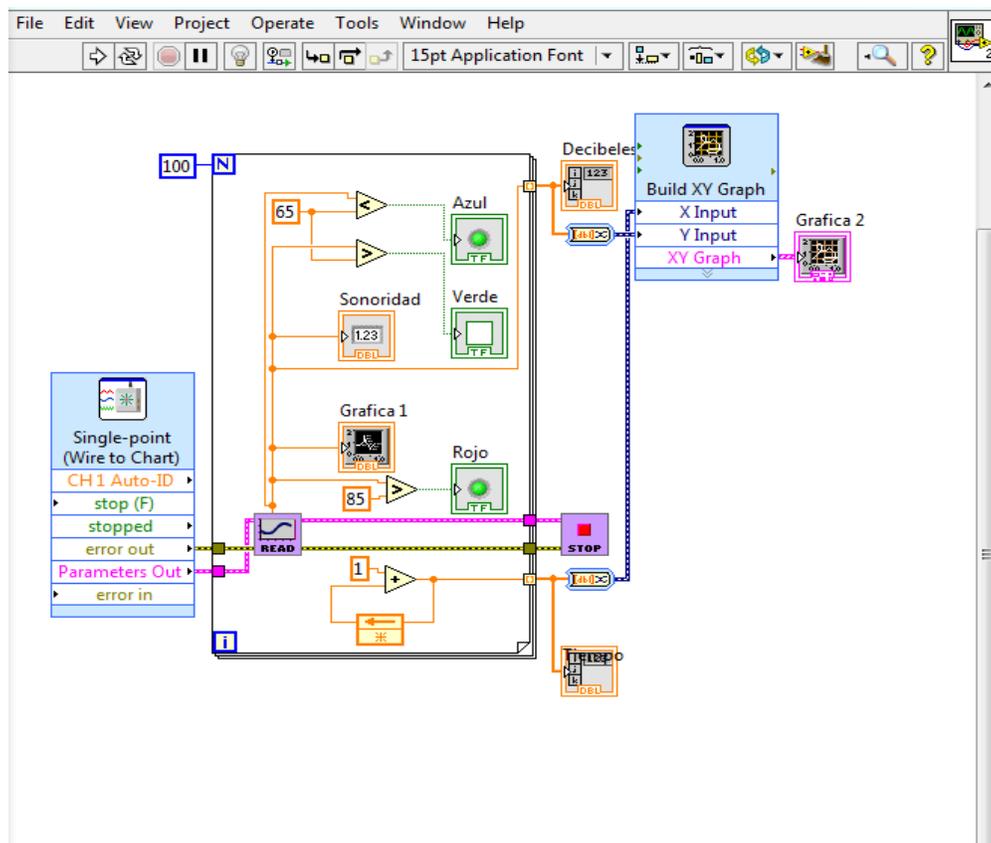


Figura 4.3 Diagrama de bloques.

En la siguiente Figura 4.4 se muestra la barra de herramientas del panel de programación y en la Tabla 4.1, en la cual se explican las funciones básicas de los botones.

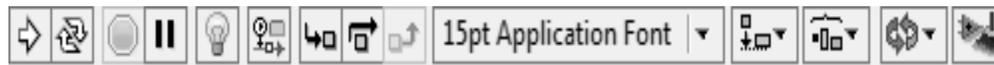


Figura 4.4 Barra de herramientas de LabVIEW 2015

Tabla 4.1 Descripción de los botones de la barra de herramientas

	<p>Run es para ejecutar el programa. LabVIEW compila el VI, si es necesario. El otro icono muestra que el programa está en ejecución. La flecha rota indica que el VI está en construcción o que contiene errores y por lo tanto no se puede ejecutar.</p>
	<p>Run Continuosly para ejecutar el VI hasta que el usuario finalice o detenga la ejecución.</p>
	<p>El botón Abort Execution es para detener el VI inmediatamente. El usuario tiene que tener en cuenta que deteniendo al VI, antes de que acabe una iteración. Las tarjetas externas o cualquier dispositivo que estén conectado al programa pueden quedarse en un estado desconocido. Hasta que el usuario los restablezca.</p>
	<p>Pause es para detener un VI en ejecución.</p>
	<p>El botón High Light Execution muestra la ejecución del programa bloque por bloque y también los valores de entrada y salida de todo el programa. La ejecución del botón reduce la velocidad del VI.</p>
	<p>Retain Wire Values guarda los valores del cable en cada punto del flujo de ejecucion.</p>
	<p>Step Into, Over y Out se ejecutan para abrir, cerrar un nodo y hacer pausa. Para una ejecución de nodo por nodo.</p>
	<p>Text Settings, con el cual puedes cambiar las configuraciones de fuente de los textos como: tamaño, estilo y color.</p>
	<p>Align Objects y Distribute Objects. Alinear objetos a lo largo de los ejes y distribuir objetos para que se muestren más organizados.</p>

	<p>Reorder es para definir la posición de cada objeto los cuales a veces están traslapados y con esto se define cual va enfrente y cual va atrás.</p>
	<p>Clean Up Diagram acomoda automáticamente todos los cables de conexión y organiza los bloques por lo tanto genera un programa más compacto y organizado.</p>
	<p>Search un buscador de funciones, bloques y etc.</p>
	<p>Help es un botón el cual brinda una reseña del bloque que previamente seleccionaste, aparte de la reseña en algunos casos cuenta con ejemplos.</p>

4.1.2 Barra de Menús de LabVIEW

Esta barra se encuentra en la parte superior izquierda del programa la cual contiene menús desplegables, ver Figura 4.5.

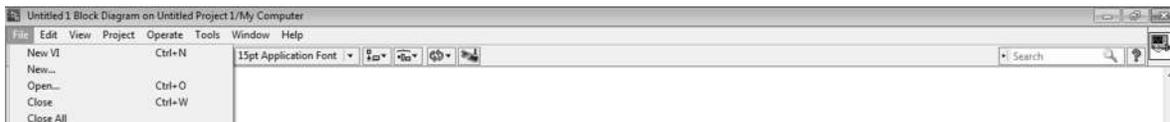
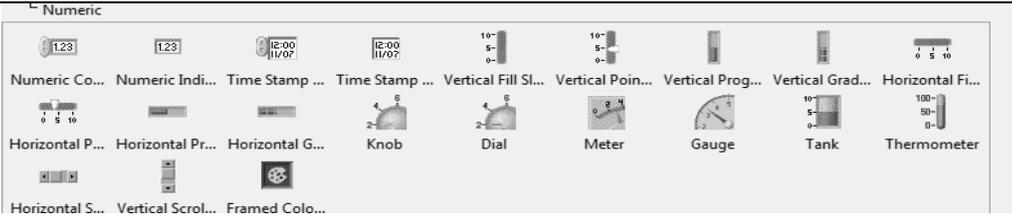


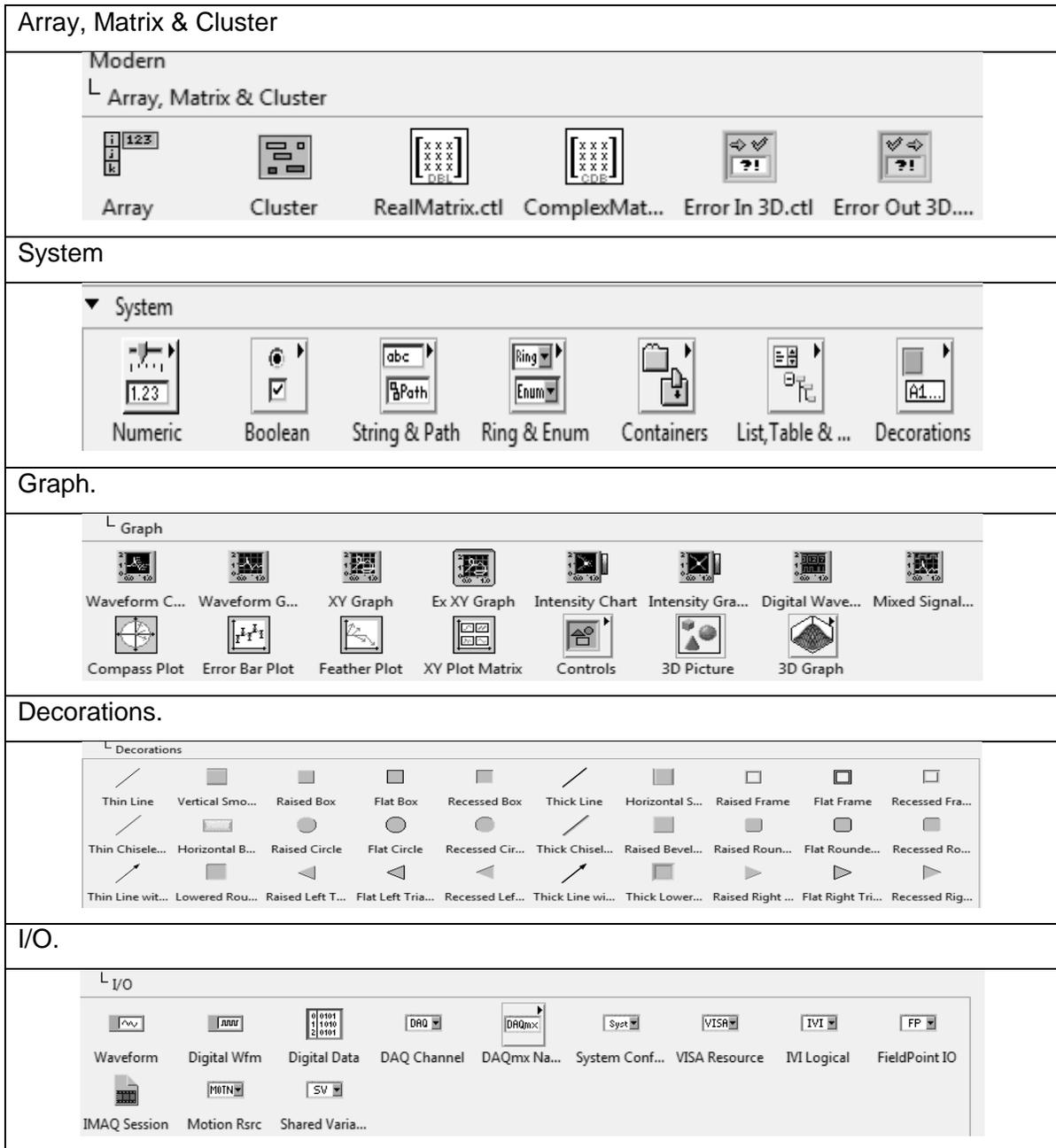
Figura 4.5 Captura de la barra de Menús.

- **File:** Contiene las opciones de abrir, cerrar, guardar, imprimir, crear y etc.
- **Edit:** En esta pestaña se encuentra funciones como copiar, pegar, eliminar, reiniciar valores a default y para organizar el panel frontal y el diagrama de bloques.
- **View:** Tiene opciones para mostrar las paletas, los errores, navegadores, etc.
- **Project:** Contiene opciones para crear, abrir, guardar proyectos, presenta los niveles de jerarquía, los subVIs que los componen y etc.
- **Operate:** Los comandos que están sirven para la ejecución del VI.
- **Tools:** contiene distintas herramientas para compilar el VI, insertar seguridad, cambiar propiedades del VI y etc.
- **Windows:** Muestra la opción de escoger la ventana: diagrama de bloque, panel frontal y Project. Así como dividir las pantallas para que puedas visualizar las tres al mismo tiempo.
- **Help:** Muestra una ayuda sobre los diferentes iconos y otros aspectos de LabVIEW.

LabVIEW tiene VIs de adquisición de datos e imágenes, así como comunicación de datos y procesamiento digital de señales. LabVIEW también se puede utilizar para generar gráficas en tres dimensiones, en coordenadas polares y cartesianas. Para la interfaz desarrollada, en su panel de frontal se usaron funciones numéricas, booleanas, graficadoras de datos, funciones decorativas y de Entrada/Salida (I/O) de datos, pero LabVIEW tiene una gran cantidad de funciones que permiten elaborar programas más complejos. En la Tabla 4.2 se muestra la paleta Controls con sus diferentes elementos.

Tabla 4.2 Funciones básicas de la barra de control

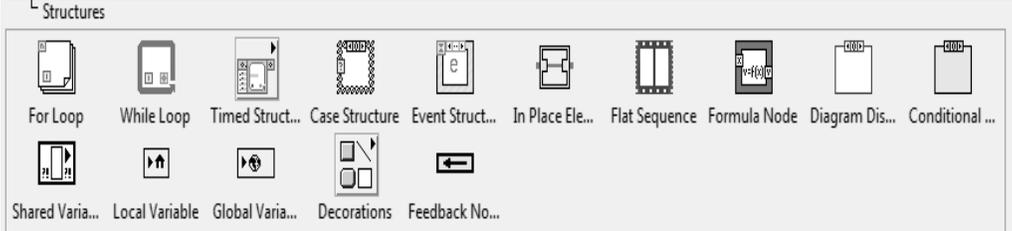
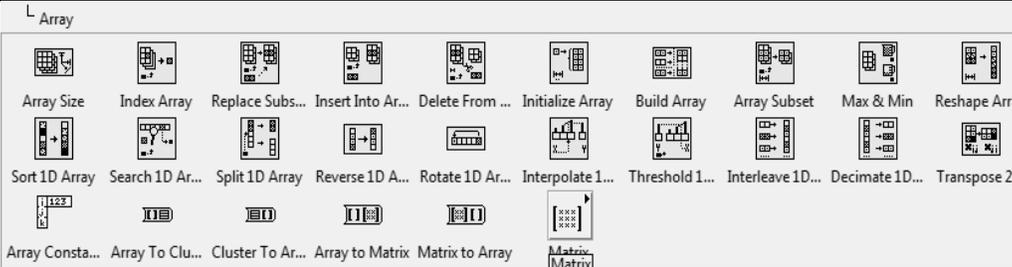
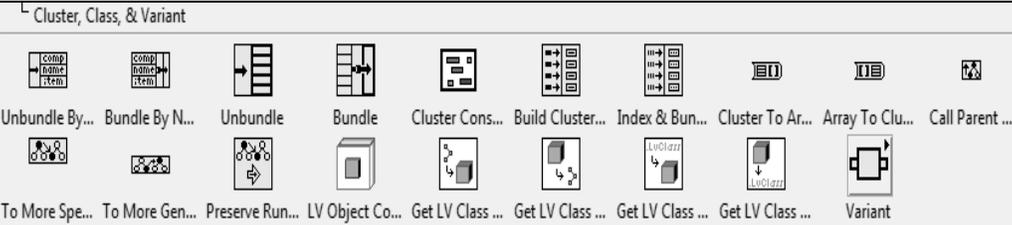
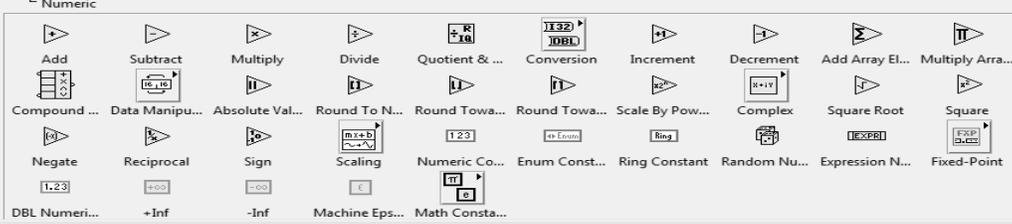
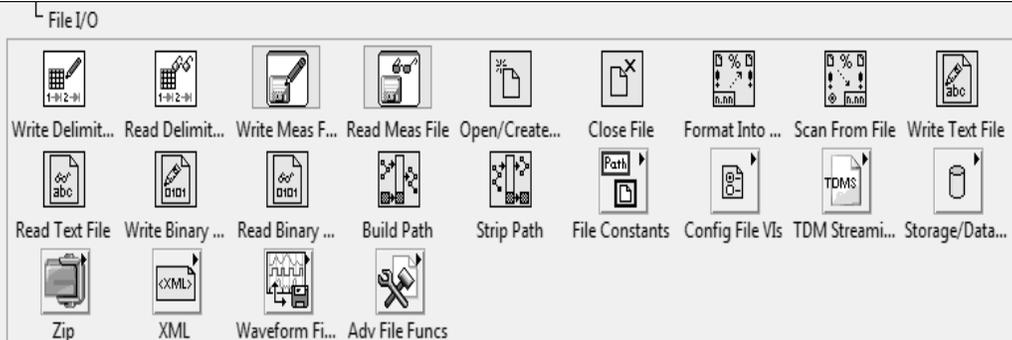
<p>Numeric.</p> 
<p>Boolean.</p> 
<p>String & Patch</p> 
<p>List, Table & Tree</p> 



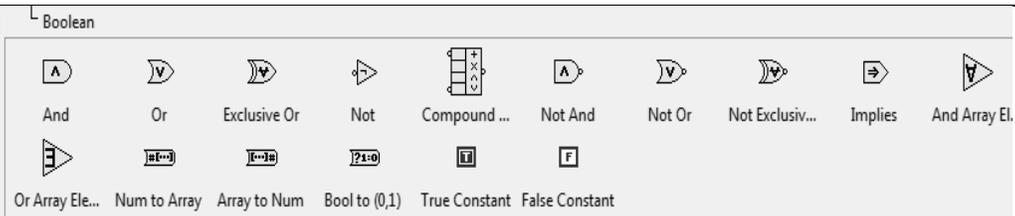
Funciones Básicas de LabVIEW

Funciones básicas LabVIEW cuenta con una gran cantidad de funciones que permiten desarrollar cualquier tipo de aplicación y que pueda ser realizada en otros tipos de lenguajes de programación de código. En la Tabla 4.3 se mostrará las funciones básicas de LabVIEW.

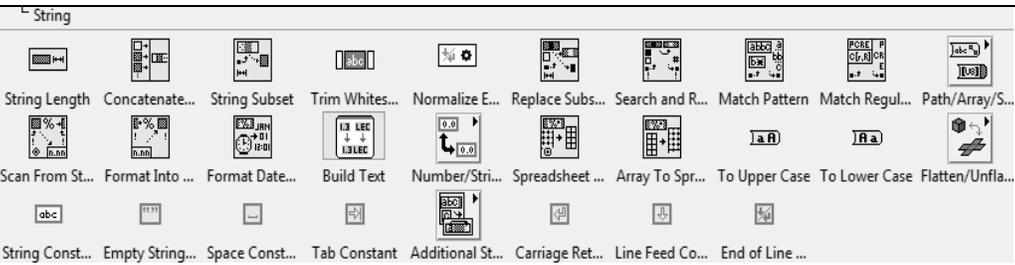
Tabla 4.3 Funciones Básica de Diagrama de Bloques

<p>Structures (Estructuras).</p>  <p>Structures</p> <p>For Loop While Loop Timed Struct... Case Structure Event Struct... In Place Ele... Flat Sequence Formula Node Diagram Dis... Conditional ...</p> <p>Shared Varia... Local Variable Global Varia... Decorations Feedback No...</p>
<p>Array.</p>  <p>Array</p> <p>Array Size Index Array Replace Subs... Insert Into Ar... Delete From ... Initialize Array Build Array Array Subset Max & Min Reshape Arra...</p> <p>Sort 1D Array Search 1D Ar... Split 1D Array Reverse 1D A... Rotate 1D Ar... Interpolate 1... Threshold 1... Interleave 1D... Decimate 1D... Transpose 2...</p> <p>Array Consta... Array To Clu... Cluster To Ar... Array to Matrix Matrix to Array Matrix Matrix</p>
<p>Cluster, Class & Variant (Matrices y agrupaciones).</p>  <p>Cluster, Class, & Variant</p> <p>Unbundle By... Bundle By N... Unbundle Bundle Cluster Cons... Build Cluster... Index & Bun... Cluster To Ar... Array To Clu... Call Parent ...</p> <p>To More Spe... To More Gen... Preserve Run... LV Object Co... Get LV Class ... Get LV Class ... Get LV Class ... Get LV Class ... Variant</p>
<p>Numeric.</p>  <p>Numeric</p> <p>Add Subtract Multiply Divide Quotient & ... Conversion Increment Decrement Add Array El... Multiply Arra...</p> <p>Compound ... Data Manipu... Absolute Val... Round To N... Round Towa... Round Towa... Scale By Pow... Complex Square Root Square</p> <p>Negate Reciprocal Sign Scaling Numeric Co... Enum Const... Ring Constant Random Nu... Expression N... Fixed-Point</p> <p>DBL Numeri... +Inf -Inf Machine Eps... Math Consta...</p>
<p>File I/O (E/S de archivos).</p>  <p>File I/O</p> <p>Write Delimit... Read Delimit... Write Meas F... Read Meas File Open/Create... Close File Format Into ... Scan From File Write Text File</p> <p>Read Text File Write Binary ... Read Binary ... Build Path Strip Path File Constants Config File Vis TDM Streami... Storage/Data...</p> <p>Zip XML Waveform Fi... Adv File Funcs</p>

Boolean.



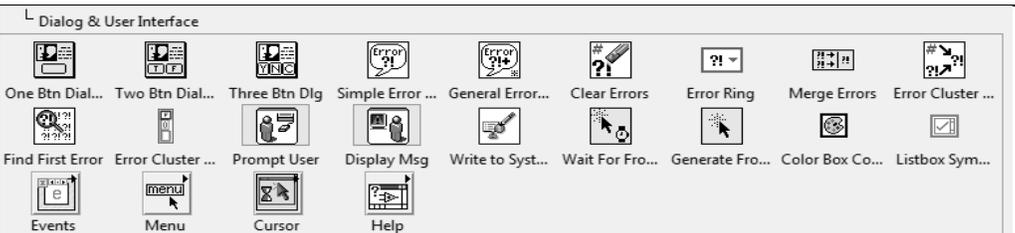
String.



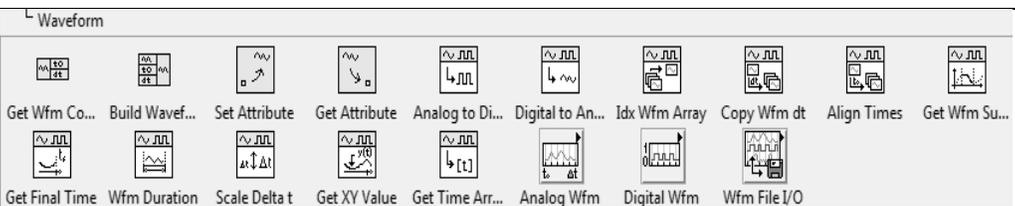
Timing.



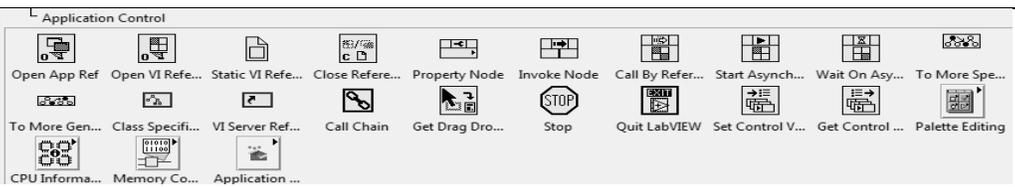
Dialog & User Interface.



Waveform.



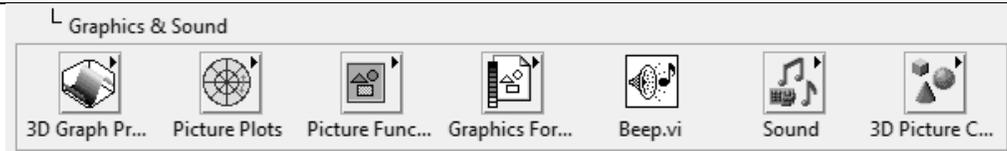
Application Control.



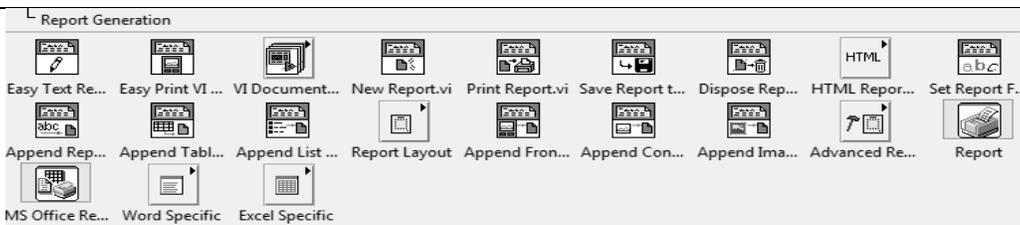
Synchronization.



Graphics and Sound.



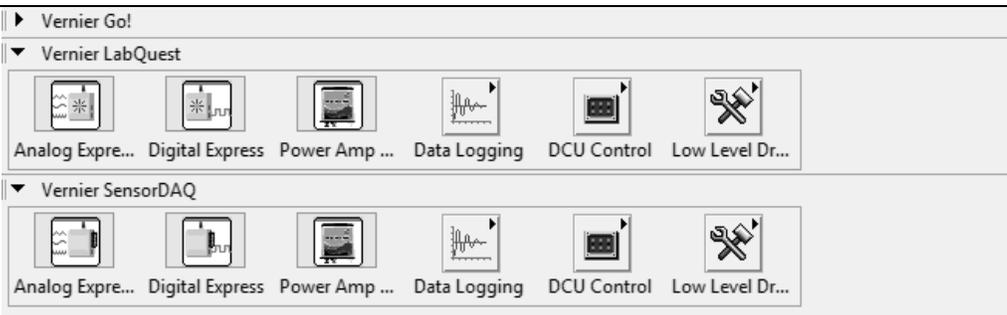
Report Generation.



Instrument I/O.



Vernier LabQuest.



4.2 LabVIEW con LabQuest II.

Para el análisis de señal de ruido se utilizó el sensor SLM-BTA, LabQuest y la plataforma LabVIEW como se muestra en la Figura 4.8. Con esas tres herramientas se desarrolló un programa, el cual presenta el nivel de ruido, grafica, guarda los valores y alerta dependiendo el nivel de ruido.

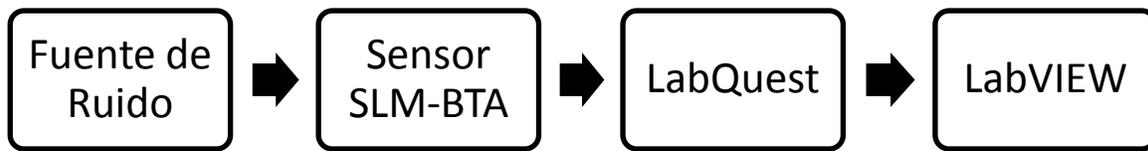


Figura 4.8 Diagrama para el análisis del ruido

En el programa realizado en LabVIEW se muestra en la parte superior una gráfica autoajustable, la cual se va modificando en tiempo real cuando el programa está en ejecución. La gráfica que se encuentran en la parte inferior, muestra los valores al finalizar la ejecución del programa, porque gráfica los valores registrados con el tiempo, los cuales se guardan en arreglos. También cuenta con una columna que guarda los valores en decibeles de cada muestra, las cuales se observan al final del programa, con ellas se pueden graficar, llevar un historial, manejarlos en Excel o Matlab y etc.

En la parte izquierda del programa muestra un Indicador de ruido, el cual funciona como un semáforo el cual está constituido por tres led's; el primero se activa en color azul, si el ruido es menor a 80 decibeles. El segundo se activa en color verde si está en el rango de 80 decibeles a 90 decibeles y el último led se activa en color rojo cuando el ruido sobrepase los 90 decibeles. En la parte inferior izquierda se muestra el nivel en decibeles del ruido en tiempo real con numeración, ver Figura 4.9.

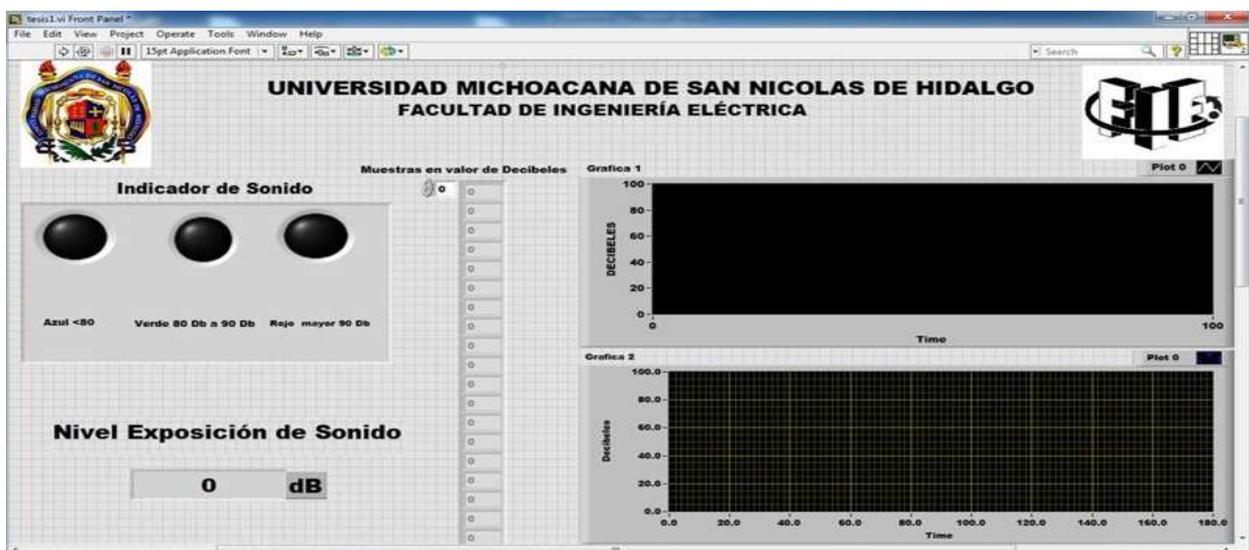


Figura 4.9 Programa en el panel frontal

4.3 Análisis de Ruido en caso típicos.

En este caso se muestra la gráfica de un instrumento doméstico como una aspiradora, en el indicador de ruido se puede observar que el led izquierdo está en azul el cual indica que el nivel del ruido está por debajo de 80 decibeles, el cual se puede observar en la Figura 4.12.

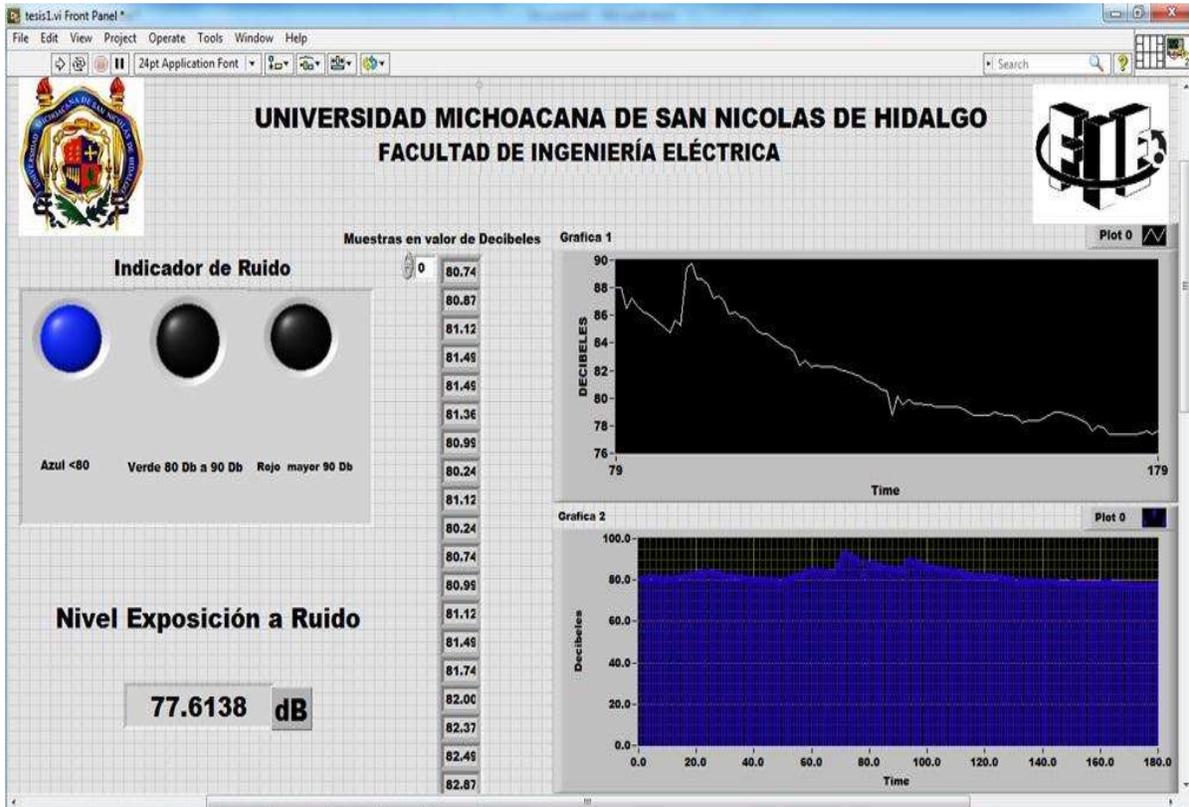


Figura 4.12 Caso típico de una aspiradora.

El segundo caso es con un instrumento de uso doméstico, la licuadora la Figura 4.12 es a una velocidad media y en la Figura 4.13 es a máxima velocidad en los dos casos se puede observar cómo se enciende el led rojo ya que alcanza un nivel de ruido mayor a 90 decibeles, con media velocidad alcanza un promedio de nivel de exposición al ruido de 91.2 decibeles y con máxima velocidad un promedio de 92.75 decibeles.

El tercer caso fue con una máquina herramienta el taladro, el cual registro un nivel de ruido de 86 decibeles al comenzar y fue aumentando hasta un máximo de 92.5 decibeles como se puede observar en la gráfica inferior ya que muestra completamente las 180 muestras.

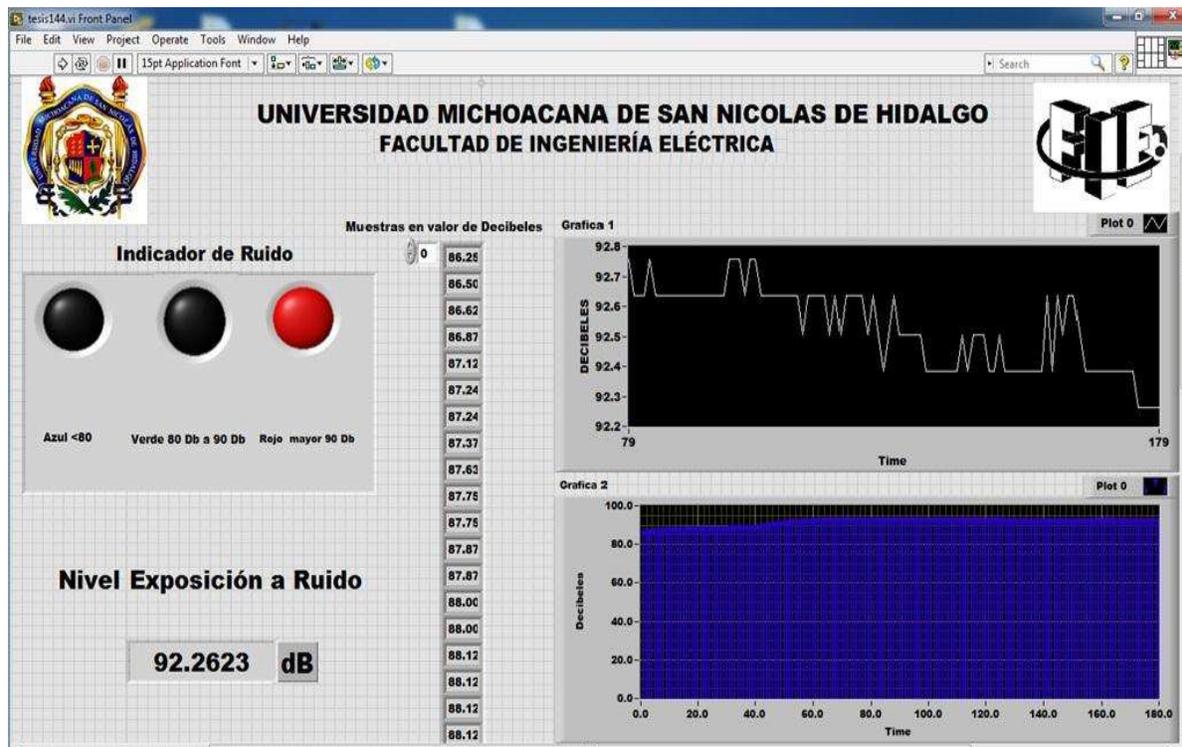


Figura 4.15 Grafica de una máquina herramienta.

4.4 Normas de Seguridad

El ruido se considera esencialmente cualquier sonido innecesario e indeseable y es por ello que puede deducirse que se trata de un riesgo laboral nada nuevo que ha sido observado desde hace siglos. Es a partir de la revolución industrial cuando un gran número de personas comenzó a exponerse a altos niveles de ruido en el sitio de trabajo. El ruido es uno de los peligros laborales más comunes en sector industrial y es a partir de la revolución industrial y hasta nuestros días se ha prestado gran atención al ruido como un importante riesgo ocupacional asociado a la pérdida permanente de la capacidad auditiva.

En México hay una norma oficial de seguridad e higiene que menciona las condiciones respecto al ruido en lugares de trabajo es NOM-011-STPS-2011. En los trabajos donde se genere ruidos se debe generar: condiciones de seguridad, establecer condiciones por sus características, niveles y tiempo de acción para la prevención de la salud de los trabajadores; los niveles máximos y los tiempos máximos permisibles de exposición por jornada de trabajo y la implementación de un programa de conservación de la audición.

Esta norma rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo en los que exista exposición del trabajador a ruido. En la norma establece los límites máximos permisibles de exposición de los trabajadores a ruido estable, inestable o impulsivo durante el ejercicio de sus labores, en una jornada laboral de 8 horas.

Tabla 4.4 Límites máximos permisibles de exposición

Decibeles	Tiempo
90 dB	8 horas
93 dB	4 horas
96 dB	2 horas
99 dB	1 horas
102 dB	30 minutos
105 dB	15 minutos

Es difícil definir el ruido con precisión. Se han dado definiciones que giran alrededor de los conceptos de sonido desagradable, sonido no deseado, sonido perjudicial, perturbador o dañino para quien lo percibe. El ruido puede ser molesto y perjudicar la capacidad de trabajar al ocasionar tensión y perturbar la concentración. El ruido puede ocasionar accidentes al dificultar la comunicación y de captar las señales de alarmas. El ruido puede provocar problemas de salud crónicos y además, hacer que se pierda el sentido del oído.

El ruido se puede controlar o combatir desde su fuente en algunas veces hay que detectar o sustituir alguna máquina, aparato o elemento que genere ruido; hoy en día muchas maquinas deben ajustarse a las normas vigentes sobre ruidos, por lo tanto, donde se compren maquinas se debe comprobar si cumplen las normas sobre ruidos. Otra forma es establecer o crear barreras, si no se puede disminuir o controlar el ruido de la fuente, puede ser necesario aislar la máquina, crear barreras que disminuyan el sonido entre la

fuente y el trabajador o aumentar la distancia entre el trabajador y la fuente. En la Figura 4.16 se muestra cómo se reduce el sonido con la distancia.

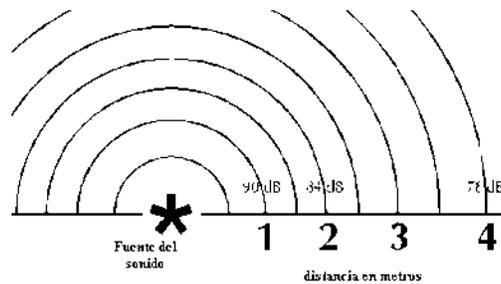


Figura 4.16 El sonido se va reduciendo cuando incrementa la distancia de la fuente al receptor.

Estos son algunos puntos que hay que recordar si se pretende controlar el sonido poniéndole barreras:

- Si se pone una cerca, ésta no debe estar en contacto con ninguna pieza de la máquina; en la cerca debe haber el número mínimo posible de orificios.
- Las puertas de acceso y los orificios de los cables y tuberías deben ser rellenados con juntas de caucho.
- Los paneles de las cercas aislantes deben ir forrados por dentro de material que absorba el sonido.
- La fuente de ruido debe estar separada de las otras zonas de trabajo.
- De ser posible, se deben utilizar materiales que absorban el sonido en las paredes, los suelos y los techos.

El control del ruido en el propio trabajador es utilizando protección en los oídos, es una de las formas más utilizadas pero menos eficiente, de controlar y combatir el ruido, hay dos tipos de protección de los oídos: tapones de oídos y orejeras. Ambos tienen por objeto evitar que un ruido excesivo llegue al oído interno. Los tapones para los oídos se meten en el oído y pueden ser de materias muy distintas, entre ellas caucho, plástico o cualquier otra que se ajuste bien dentro del oído. Son el tipo menos conveniente de protección del oído, porque no protegen en realidad con gran eficacia del ruido y pueden infectar los oídos si queda dentro de ellos algún pedazo del tapón o si se utiliza un tapón sucio. Las orejeras protegen más que los tapones de oídos si se utilizan correctamente. Cubren toda la zona del oído y lo protegen del ruido.

El método de protección de oídos es muy vulnerable ya que:

- El ruido sigue estando ahí: no se ha reducido.
- Con el calor y la humedad los trabajadores suelen preferir los tapones de oídos (que son menos eficaces) porque las orejeras hacen sudar y estar incómodo.
- Generalmente los tapones y orejeras son de poca calidad.
- En caso de un accidente o activación de alarma los usuarios que llevan la protección de oídos, tardan en reaccionar.

4.4.1 Los efectos del ruido

La pérdida de la capacidad auditiva es el efecto perjudicial del ruido más conocido y probablemente el más grave, pero no el único. Otros efectos nocivos son los acúfenos (sensación de zumbido en los oídos), la interferencia en la comunicación hablada y en la percepción de las señales de alarma, las alteraciones del rendimiento laboral, las molestias y los efectos extra auditivos. En la mayoría de las circunstancias, la protección de la audición de los trabajadores debe servir de protección contra la mayoría de estos otros efectos. Esta consideración debería alentar a las empresas a implantar programas adecuados de control del ruido y de conservación de la audición.

El deterioro auditivo inducido por ruido es muy común, pero a menudo se subestima porque no provoca efectos visibles ni, en la mayoría de los casos, dolor alguno. Sólo se produce una pérdida de comunicación gradual y progresiva con familiares, amigos y una pérdida de sensibilidad a los sonidos del entorno, como la música. Por desgracia, la capacidad de oír correctamente suele darse por supuesta hasta que se pierde. Estas pérdidas pueden ser tan graduales que pasan inadvertidas hasta que el deterioro resulta discapacitante. La primera señal suele ser que los demás parecen no hablar tan claramente como solían. La persona afectada tiene que pedir a los demás que le repitan. A medida que aumenta la pérdida auditiva, el afectado comienza a retraerse de las relaciones sociales, los actos religiosos, las reuniones cívicas, las reuniones sociales o los espectáculos.

Finalmente, la situación puede llegar a tal punto que el afectado sólo se comunique con sus familiares o amigos con grandes dificultades, y es entonces cuando se encuentra realmente aislado. Un audífono puede ayudar en algunos casos, pero nunca se restaura

la claridad de la audición natural del mismo modo que se consigue en el caso de la visión con el uso de gafas graduadas

4.4.2 Deterioro auditivo de origen laboral

El deterioro auditivo inducido por ruido suele considerarse enfermedad laboral, no lesión, porque su progresión es gradual. Es raro que se produzca una pérdida auditiva inmediata y permanente por efecto de un incidente ensordecedor, como una explosión, o un proceso muy ruidoso, como el remachado en acero. En tales casos, se entiende que se trata de una lesión y se habla de “traumatismo acústico”. Lo habitual, como ya se ha señalado, es que se produzca una lenta disminución de la capacidad auditiva a lo largo de muchos años. El grado de deterioro dependerá del nivel del ruido, de la duración de la exposición y de la sensibilidad del trabajador en cuestión. Lamentablemente, no existe tratamiento médico para el deterioro auditivo de carácter laboral; sólo existe la prevención. Los efectos del ruido sobre la audición están bien documentados y no hay mucho lugar a la controversia en lo que respecta al nivel de ruido continuado que provoca diversos grados de pérdida auditiva. Es también indiscutible que el ruido intermitente produce pérdida auditiva. No obstante, los períodos de ruido que son interrumpidos por períodos de silencio pueden ofrecer al oído interno una oportunidad de recuperarse de una pérdida auditiva temporal y, por consiguiente, son algo menos peligrosos que el ruido continuado. Tal situación, es aplicable principalmente a los trabajos que se desarrollan en exteriores, pero no a ambientes interiores como las fábricas, donde son raros los necesarios intervalos de silencio. El ruido de impulso, como el producido por las armas de fuego o la estampación de metal, también perjudica la audición.

Capítulo 5 Conclusiones y Recomendaciones.

5.1 Conclusiones

La instrumentación electrónica es un proceso en el cual podemos obtener datos, gráficas y comportamientos de los fenómenos físicos y químicos, en mi caso se dirigió al fenómeno físico llamado sonido, con el programa se obtuvieron las gráficas, datos y se creó un semáforo o alarma, que se ponía en color rojo cuando los decibeles eran altos. El programa se creó con el software LabVIEW el cual es un programa completo, versátil y con su mejor característica la programación en lenguaje gráfico. También para el usuario del programa es fácil de utilizar, ya que sus bloques y figuras se parecen a lo real.

En los casos realizados se muestra que hay instrumentos domésticos y herramientas de uso cotidiano que proporcionan un alto nivel de sonido, principalmente los que trabajan con motores ya sea motor de corriente continua o corriente alterna, en los casos se muestran que alcanzan hasta 93 decibeles este valor es alto y peligroso, si la persona se expone por demasiado tiempo. Con los datos obtenidos en los casos se proponen soluciones para prevenir daños permanentes en el sentido auditivo de las personas que interactúan con dichos aparatos. Algunas de las soluciones son cambio de equipo o maquinaria por unas más actuales, poner barreras de protección de la fuente generadora de ruido hacia el usuario, no exponerse demasiado tiempo a niveles altos de ruido, tomar en cuenta la distancia de la fuente de ruido y la persona. Son varias las soluciones para prevenir la pérdida auditiva, las personas que se exponen a niveles altos de ruido son más propensas a cometer accidentes laborales y hasta afectarles en lo familiar. Con la aplicación de la electrónica aparte de innovar la tecnología, se puede enfocar en el área de prevención de la salud.

5.2 Recomendaciones

En la instalación de las versiones de LabVIEW es importante ver las características del equipo de cómputo con software LabVIEW, en algunos caso se instala automáticamente los bloques que son de Vernier, en caso contrario en la página viene un paquete el cual lo instala los bloques para el manejo de LabQuest.

El programa Logger Pro es bueno si se desea ver solo las gráficas y valores, se pueden exportar a Excel que es una gran ayuda a los que buscan solo ver el comportamiento de los fenómenos físico y químicos.

En la programación grafica con LabVIEW hay bloques que se deben configurar para el buen uso del sensor, la mayoría de sensores se configuran automáticamente pero es importante verificar los datos.

5.3 Bibliografía y fuentes de información

- [1]. Pérez Montiel Héctor, “Física General”, 2005.”
- [2]. Alan H. Cromer, “Física en la ciencia y en la industria”, 2001.
- [3]. José Rafael Lajara Vizcaíno, J Pelegrí Sebastián “LabView: entorno gráfico de programación”, 2007.
- [4]. Miguel Angel Pérez García, “Instrumentación electrónica”, 2014.
- [5]. C. Ray Asfahl, “Seguridad industrial y salud”, 2000.
- [6]. http://www2.vernier.com/labpro/labpro_user_manual.pdf
- [7]. <http://www.esi2.us.es/~asun/LCPC06/TutorialLabview.pdf>
- [8]. http://www.motiva.fi/myllarin_tuulivoima/windpower%20web/es/tour/env/db/dbdef.htm
- [9]. <http://www.quantizzando.org/2014/02/che-decibel-suono.html>
- [10]. <http://www.vernier-iberica.com/descargas/datos%20tecnicos/slm-bta.pdf>
- [11]. <http://www.vernier-iberica.com/slm.html>
- [12]. <http://www.vernier.com/products/sensors/slm-bta/>
- [13]. <http://www.vernier.com/products/interfaces/labq/>
- [14]. <http://www.vernier-iberica.com/labquest.html>
- [15]. <http://asinom.stps.gob.mx:8145/upload/noms/Nom-011.pdf>
- [16]. http://training.itcilo.it/acrav_cdrom2/es/osh/noise/noiseat.htm