

TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE CHICULOAPAN

Ingeniería en Energías Renovables

Sistema de instrumentación virtual para la automatización de
un túnel de viento

Tesis profesional

Que para obtener el Grado de

Ingeniera en Energías Renovables

P R E S E N T A

NOMBRE DEL SUSTENTANTE

Laguna Espíndola María Fernanda

Director: Dr. Daniel Hernández Rivera



Chicoloapan de Juárez, Estado de México a 15 de agosto de 2025

Presentación y directorio de los asesores

El presente trabajo realizado bajo de la modalidad de Tesis profesional, titulado “Sistema de instrumentación virtual para la automatización de un túnel de viento” y que ha sido realizada por la alumna **Laguna Espíndola María Fernanda** con matrícula 20020015 ha sido aprobada al igual que aceptada como requisito para obtener el grado de **Licenciatura** en:

Ingeniería en Energías Renovables

Director:

Dr. Daniel Hernández Rivera

Revisor

Mtra. Brenda Beatriz Hernández Juárez

Revisor

Dr. Michael Josué Rojas García

I. Agradecimientos

El principal agradecimiento a Dios quien me ha guiado y me dio la fortaleza para seguir mis sueños y metas.

A mi asesor, el Dr. Daniel Hernández, por el conocimiento que me compartió, por confiar en mí, por las enseñanzas y por su colaboración para el desarrollo de este trabajo.

Agradezco a mi madre Irma Espíndola, por el apoyo emocional y motivación en mi carrera.

A mi tía Zulma Espíndola por el apoyo fundamental y económico durante mi tiempo en la universidad.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Tecnológico de Estudios Superiores de Chicoloapan, una institución que ha sido fundamental en mi desarrollo académico y personal. A lo largo de mi tiempo aquí, recibí el apoyo y la formación necesaria para enfrentar los retos profesionales.

II. Resumen

La automatización de un túnel de viento emplea sistemas de control, medición y análisis para optimizar la precisión , eficiencia y seguridad de los experimentos aerodinámicos.

El propósito de este trabajo de tesis es diseñar un sistema de monitoreo para la automatización de un túnel de viento.

Se diseñó un sistema de instrumentación virtual orientado al monitoreo de un túnel de viento, con el fin de registrar variables de dirección, fuerza, temperatura y del análisis de datos en ensayos aerodinámicos. El sistema integra una interfaz gráfica desarrollada en un entorno de programación, junto con sensores de presión, velocidad y temperatura conectados al Arduino Uno. Esta conexión permitió el monitoreo en tiempo real y el control de parámetros operativos. Las pruebas funcionales confirmaron una mejora en la precisión de datos y la repetibilidad de las mediciones. En conjunto, la solución desarrollada representa una herramienta flexible para el estudio de ensayos aerodinámicos, con aplicaciones en investigación científica.

III. Abstract

The automation of a wind tunnel uses control, measurement, and analysis systems to optimize the accuracy, efficiency, and safety of aerodynamic experiments.

The purpose of this thesis work is to design a monitoring system for wind tunnel automation.

A virtual instrumentation system oriented to the automation of a wind tunnel was designed in order to define the variables of direction, force, temperature and data analysis in aerodynamic tests. The system integrates a graphical interface developed in a programming environment, along with pressure, speed and temperature sensors connected to the Arduino Uno. This connection allowed real-time monitoring and control of operating parameters. Functional tests confirmed an improvement in data accuracy and repeatability of measurements. Overall, the developed solution represents a flexible tool for the study of aerodynamic tests, with applications in scientific research.

Contenido

I. Agradecimientos.....	3
II. Resumen	4
III. Abstract.....	5
1. Introducción	14
2. Antecedentes	15
3. Marco teórico	17
3.1 ¿Qué es la energía?	17
3.1.1 Energías renovables.....	17
3.2 Tipos de energía	17
3.2.1 Energía cinética	17
3.2.2 Energía potencial.....	17
3.3 Clasificación de las energías renovables.....	18
3.3.1 Energía mareomotriz	18
3.3.2 Energía hidráulica.....	18
3.3.3 Energía geotérmica.....	19
3.3.4 Energía de la biomasa	19
3.3.5 Energía solar.....	20
3.3.6 Energía solar térmica	20
3.3.7 Energía solar fotovoltaica	20
3.4 Energía eólica.....	20
3.4.1 Potencial eólico	21
3.4.2 Regulador de voltaje de un Aerogenerador	21
3.5 Tipo de aerogeneradores.....	22
3.5.1 Eje vertical	22

3.5.2 Eje horizontal.....	22
3.5.3 Características de aerogeneradores	22
3.6 Partes de un aerogenerador.....	23
3.7 Multiplicador de la velocidad de rotación de la flecha del generador eléctrico	24
3.8 Tipos de sensores en un túnel de viento.....	25
3.8.1 Anemómetro	25
3.8.2 Tubo Pitot.....	25
3.7.3 Manómetros/Transductores de presión diferencial.....	25
3.8.4 Sistema LiDAR o SODAR	26
3.8.5 Galgas extensiométricas (strain gauges)	27
3.8.6 Acelerómetro	28
3.8.7 Celdas de carga o dinamómetros	28
3.8.8 Técnicas Schlieren o interferometría.....	29
4. Túnel de viento.....	29
4.1 Tipos de túnel de viento	30
4.1.2 Túnel cerrado.....	30
4.1.3 Túnel abierto	30
4.2 Sensores y dispositivos utilizados para el monitoreo.....	31
4.2.1 Sensor MPU6050	31
4.2.2 Servomotor 9G	32
4.2.3 Sensor de fuerza Fsr2	33
4.2.4 Sensor de temperatura LM35.....	34
4.2.5 Anemómetro RS485 Sensor de Velocidad del Viento SEN0483.....	35
4.2.6 Convertidor TTL a RS485	37
4.2.7 Arduino UNO.....	38

5. Sistema de instrumentación virtual	39
5.1 <i>Software</i>	39
5.2 <i>Tarjetas de interfaz con el PC</i>	40
6. LabVIEW	40
6.1 Panel frontal.....	40
6.1.2 <i>Diagrama de bloques</i>	41
6.1.3 <i>Terminales</i>	41
6.1.4 <i>Controles, indicadores y constantes</i>	42
6.2. Ejecución de VI	43
6.3 Estructuras.....	44
6.3.1 <i>Bucle for.....</i>	44
6.3.2 <i>Bucle While.....</i>	46
6.3.3 <i>Case Structure.....</i>	47
6.3.4 <i>Event Structure</i>	48
6.3.5 <i>In Place Element Structure</i>	50
6.3.6 <i>Flat Sequence Structure</i>	50
6.3.7 <i>Formula node</i>	50
6.3.8 <i>Diagram Disable Structure.....</i>	51
6.3.9 <i>Feedback Node</i>	52
6.4 Crear VI	53
6.4.1 <i>Programar el flujo de datos</i>	53
6.4.2 <i>Tipos de datos en LabVIEW.....</i>	54
6.4.3 <i>Comunicación serial.....</i>	55
6.4.4 <i>VISA</i>	56
7. Planteamiento del problema	57

8. Hipótesis	58
9. Objetivo general y específicos.....	59
10. Metodología.....	60
10.1 Acondicionamiento y programación de los sensores	60
<i>10.1.1 Sensor de dirección (MPU6050)</i>	<i>60</i>
<i>10.2.1 Sensor de fuerza (Fsr)</i>	<i>60</i>
<i>10.3.1 Sensor de temperatura (LM35)</i>	<i>60</i>
<i>10.3.2 Anemómetro RS485 y Convertidor TTL a RS485</i>	<i>61</i>
10.4 Proceso para realizar un sistema de monitoreo.	63
10.5 Conexión del sensor Mpu6050 a Arduino uno.....	64
<i>10.5.1 Programación en LabVIEW</i>	<i>66</i>
<i>10.5.2 Fórmula para calcular el ángulo aceleración del sensor MPU6050</i>	<i>68</i>
10.6 Conexión del sensor de temperatura LM35	70
<i>10.6.1Formula para calcular la temperatura del sensor LM35</i>	<i>72</i>
<i>10.6.2 Fórmula para calcular el ángulo de dirección de la veleta</i>	<i>75</i>
10.7 Anemómetro RS485 Sensor de Velocidad del Viento SEN0483.....	77
11. Diagrama de los sensores utilizados para el monitoreo de un túnel de viento.....	80
12. Pruebas finales	81
13. Resultados	83
14.Sobre la discusión	93
15. Conclusiones.....	96
16.Bibliografía.....	98
17.Anexos.....	110
<i>17.1 Funciones de LabVIEW</i>	<i>110</i>
<i>17.2 SubVIs</i>	<i>110</i>

17.3 Paleta de funciones	111
17.4 Paleta de herramientas	111
17.5 Programación en LabVIEW	112

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Túnel de viento de los hermanos Wright.....	16
Ilustración 2 Tubo Pitot.....	25
Ilustración 3 Manómetro de presión diferencial	26
Ilustración 4 Sistema LiDAR.....	27
Ilustración 5 Galgas extensiométricas.....	27
Ilustración 6 Acelerómetro industrial HANSFORD HS-150S.....	28
Ilustración 7 Celdas de carga.....	29
Ilustración 8:Sensor MPU6050.....	31
Ilustración 9:Servomotor 9g.....	33
Ilustración 10:Sensor de fuerza Fsr2.....	34
Ilustración 11:Sensor LM35.....	35
Ilustración 12:Anemómetro SEN0483	36
Ilustración 13:Convertidor TTL a RS485	37
Ilustración 14:Arduino UNO.....	39
Ilustración 15 Panel frontal.....	41
Ilustración 16 Controladores, indicadores y constantes (Diagrama de bloques)	42
Ilustración 17 Controladores, indicadores y constantes (Panel frontal).....	43
Ilustración 18 Bucle for.....	44
Ilustración 19 Bucle While	46
Ilustración 20 Componentes de un bucle while	46
Ilustración 21 Estructura del caso	47
Ilustración 22 Componentes de estructura de caso	47
Ilustración 23 Estructura de evento	49
Ilustración 24 Diagrama Deshabilitar Estructura	52
Ilustración 25 Nodo de retroalimentación	52
Ilustración 26 Datos de LabVIEW.....	54
Ilustración 27 Datos en LabVIEW.....	55
Ilustración 28 Conexión del sensor mpu6050 en Arduino.	64
Ilustración 29 Conexión del sensor mpu6050 en una protoboard.	64
Ilustración 30 Sensor mpu6050 añadido a una veleta.....	65

Ilustración 31 Programación del sensor (Mpu6050) para la lectura de la dirección del viento.....	67
Ilustración 32:Programación en LabVIEW del sensor mpu6050 para obtener los valores del acelerómetro.....	67
Ilustración 33:Programación en LabVIEW del sensor mpu6050 para obtener los valores del giroscopio.	68
Ilustración 34: Lectura del giroscopio.	70
Ilustración 35 Conexión del sensor Lm35 al Arduino.	71
Ilustración 36:Análisis en Arduino del sensor de temperaturaLm35.....	71
Ilustración 37:Programación en LabVIEW para la lectura del sensor de temperaturaLm35	72
Ilustración 38:Programación en LabVIEW del sensor de fuerza fsr.	73
Ilustración 39:Programación en LabVIEW del servomotor	74
Ilustración 40:Programación en LabVIEW del servomotor estructura del caso verdadero o falso.....	74
Ilustración 41:Programación del servomotor para la lectura de ángulo de dirección .	75
Ilustración 42 Conexión de una protoboard al Anemómetro RS485.....	77
Ilustración 43: Lectura de la velocidad del viento en el software Arduino.	78
Ilustración 44 Análisis de comparación del anemómetro	78
Ilustración 45: Programación en el diagrama de bloques del sensor de Velocidad del Viento SEN0483.....	79
Ilustración 46 Prueba 1 Comprobación de los sensores Veleta y Anemómetro	81
Ilustración 47 Prueba 2	
Ilustración 48 Prueba 3	
Ilustración 49 Prueba 4. Sensor de fuerza	82
Ilustración 50 Prueba 5. Ajustes de los sensores.....	82
Ilustración 51 Conexión general de los sensores en funcionamiento a dos placas Arduino uno.	84
Ilustración 52 Primera placa Arduino uno, para la conexión de los sensores a los pines analógicos y digitales.	84

Ilustración 53 Segunda placa Arduino uno, para la conexión del anemómetro a los pines analógicos y digitales.....	85
Ilustración 54 Medición de la velocidad del viento m/s.....	85
Ilustración 55 Ventilador usado para obtener la medición de la velocidad del viento.....	85
Ilustración 56 Comprobación de datos	86
Ilustración 57 Transmisión del osciloscopio sobre el comportamiento del anemómetro.	87
Ilustración 58 Monitor de un Túnel de viento.....	88
Ilustración 59 Diseño de un Túnel de viento abierto.....	88
Ilustración 60 Túnel de Viento abierto.	91
Ilustración 61 Parte trasera del túnel de viento	Ilustración 62 Parte delantera del túnel de viento
	91
Ilustración 63 Prueba general del túnel de viento.....	92
Ilustración 64 Zona de pruebas	92
Ilustración 65 Funciones	110
Ilustración 66 SubVIs	111
Ilustración 67 Paleta de herramientas	112

Índice de tablas

Tabla 1 Características del sensor Mpu6050	32
Tabla 2 Características del sensor de fuerza Fsr2	34
Tabla 3 Características del sensor de temperatura Lm35	35
Tabla 4 Características del anemómetro SEN04483	36
Tabla 5 Características del Convertidor TTL 485	38
Tabla 6 Variables del túnel de viento	90

1.Introducción

El túnel de viento es una herramienta de investigación muy utilizada en la actualidad ya que permite realizar estudios de las características aerodinámicas que presentan los cuerpos al interactuar con el aire o, visto desde otra perspectiva, el efecto que produce en el aire la interposición de un objeto determinado.

Después de que el hombre se da cuenta que para volar necesita más que imitaciones rudimentarias del aleteo de las aves y comprende que debe aumentar su conocimiento en lo que hoy en día llamamos aerodinámica, crea aparatos e instrumentos que le permitan medir las fuerzas que experimentan los cuerpos dentro de fluidos en movimiento. Desde el siglo XVIII rondaba la idea de que estas fuerzas dependían de la velocidad relativa entre el cuerpo y el fluido, por ello se diseñaron brazos mecánicos que se desplazaban sobre rieles sosteniendo distintos prototipos. El problema de este sistema era que el modelo se movía a través de un flujo turbulento, desordenado por el movimiento del brazo. Para obviar este obstáculo se decidió dejar el modelo quieto y hacer que circule el aire alrededor de él; y si a esta idea se coloca dentro de un conducto, se obtiene lo que hoy se conoce como un túnel de viento.

Un túnel de viento es un sistema que genera una corriente de aire limitado por un conducto de sección específica y/o variable a lo largo del mismo para lograr condiciones especiales en el flujo y simular el movimiento de objetos, con el fin de analizar fenómenos aerodinámicos como fuerzas y líneas de corriente, entre otros. En el túnel también es posible analizar el rendimiento y funcionamiento de ventiladores generando sus curvas características.

Los parámetros que se debe tener en cuenta son los siguientes: la dirección, la temperatura, la fuerza y la velocidad. Estos parámetros permiten detectar un cambio en el entorno y en convertir un fenómeno físico en un voltaje analógico medible.

Considerando lo anterior se desarrolla un sistema de instrumentación virtual para un túnel de viento con el fin de obtener la simulación computarizada o el análisis de datos, lo que permitirá una mayor complejidad y capacidad de análisis en los experimentos y las organizaciones. [1]

2.Antecedentes

En los albores de la aeronáutica, cuando la idea de que algo más pesado que el aire pudiera volar parecía un sueño lejano, los científicos comenzaron a enfrentarse a un desafío clave: comprender cómo el aire fluye sobre una superficie capaz de generar sustentación. Sabían que, para diseñar un ala funcional, debían medir con precisión las fuerzas que actúan sobre un cuerpo en rápido movimiento a través del aire. Durante mucho tiempo, dependieron de las ráfagas naturales de viento que ofrecían lugares como crestas montañosas o bocas de cuevas, pero pronto descubrieron que estas condiciones eran insuficientes para sus experimentos. Fue entonces cuando nació la necesidad de un método artificial para producir corrientes de aire: el instrumento de brazos giratorios. El matemático inglés Benjamín Robins pasaría a la historia como el primero en utilizar esta ingeniosa herramienta en el estudio del vuelo. El aparato fue impulsado por la caída de los pesos asignados a través de un sistema de cuerdas y poleas a un largo brazo, que gira sobre un eje horizontal. Los órganos de prueba se unen a la extremidad del brazo y podía ser colocado a fin de obtener distintos ángulos de ataque. El primer Brazo giratorio de Robins era de cuatro pies de largo, y en la punta se alcanzaba velocidades de sólo unos pocos metros por segundo, pero en los brazos más largos pueden obtener velocidades de hasta 20 pies por segundo.

En 1871, insatisfecho con los brazos giratorios llevó a Frank H. Wenham al diseño y construyó un túnel de doce pies de largo con un ventilador de vapor como soplador. El éxito de los experimentos de Wenham de túnel de viento inspiró a otros interesados en vuelo a motor para construir sus propios túneles. Sir Hiram Maxim utilizó los ingresos obtenidos por el éxito de su ametralladora para construir un túnel de viento con un diámetro de tres pies, dos veces el tamaño de Wenham, que fue impulsado por un par de ventiladores axiales y capaz de alcanzar velocidades del orden de 50 mph. Utilizando datos de este túnel Maxim desarrolló con éxito el avión bimotor de prueba. El diseño del ala resultó tan eficaz que en una prueba el 31 de julio de 1894, el avión que transportaba a tres pasajeros, accidentalmente se liberó de los carriles de restricción y logró la primera potencia (aunque sin control) de vuelo, una década antes que los hermanos Wright. Los hermanos Wright también hicieron un amplio uso de un

túnel de viento durante el desarrollo de su tercer volante después que sus dos primeros intentos no cumplió con sus expectativas. Esto se debió en gran parte al hecho de que estaban tratando de aplicar las tablas de elevación compilado por Otto Lilienthal a los diseños de ala muy diferentes de aquellos para los que estaban destinados. Los hermanos Wright interpretaron la desviación de sus resultados previstos y un error en las tablas de Lilienthal, a pesar del hecho de que el ingeniero alemán ya había diseñado varios planeadores con sólo un brazo giratorio para recopilar datos, y así construyeron su propio túnel de viento de seis pies. A pesar de su túnel y aparatos de medición bastante crudos, los hermanos Wright fueron capaces de producir datos precisos a una décima de grado (los hermanos Wright utilizaron una escala de sistemas de equilibrio para hacer la medición). Así, a pesar del diseño relativamente crudo de estos primeros túneles de viento, se habían demostrado ser herramientas muy valiosas para obtener una comprensión más profunda de los principios de aerodinámica. [2]

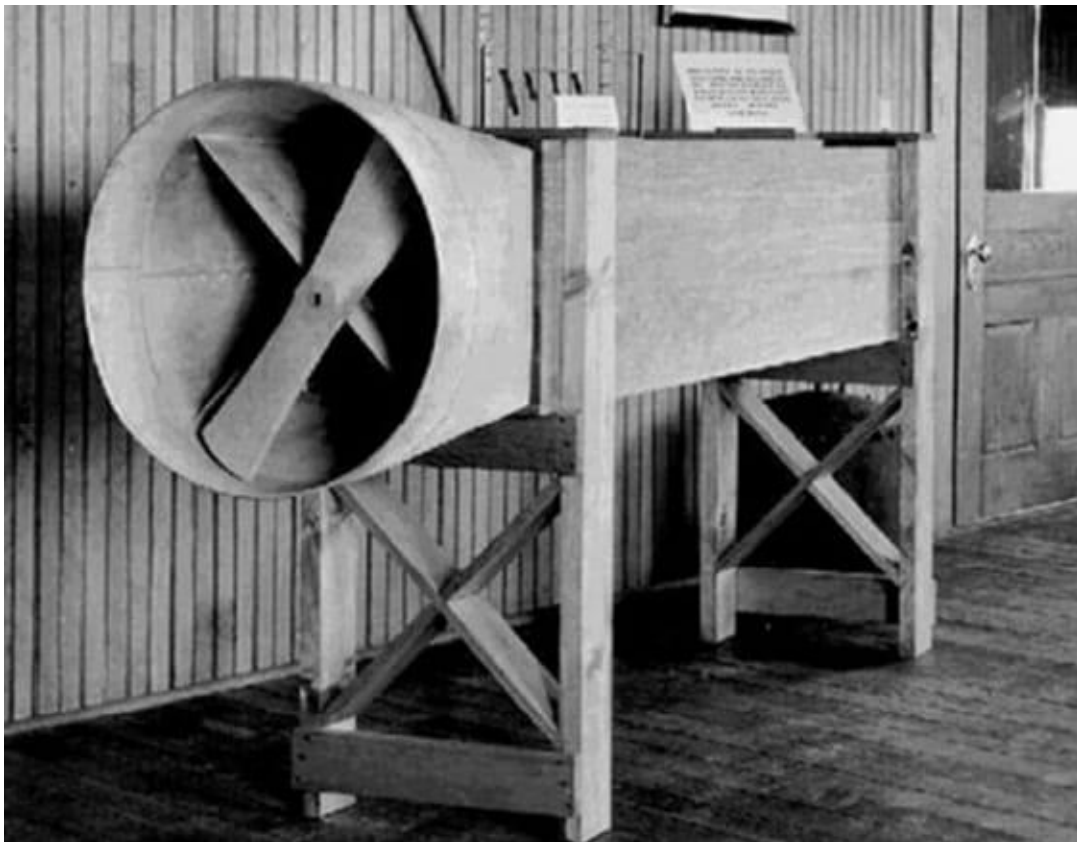


Ilustración 1 Túnel de viento de los hermanos Wright

3.Marco teórico

3.1 ¿Qué es la energía?

La energía es la capacidad de realizar trabajo. Se manifiesta de diversas formas, como calor, luz, movimiento, y es fundamental para todos los procesos que ocurren en la naturaleza y en la vida cotidiana. La energía puede transformarse de una forma a otra, pero no se crea ni se destruye (ley de la conservación de la energía)

La unidad de medida que utilizamos para cuantificar la energía es el joule (J), en honor al físico inglés James Prescott Joule [3]

3.1.1 Energías renovables

Las energías renovables son aquellas fuentes de energía que provienen de recursos naturales capaces de regenerarse de forma continua y prácticamente inagotable a escala humana, como la luz solar, el viento, el agua en movimiento, el calor interno de la Tierra o la biomasa. Su uso permite generar electricidad, calor o combustible con un bajo impacto ambiental, contribuyendo a reducir las emisiones contaminantes y la dependencia de combustibles fósiles. [4]

3.2 Tipos de energía

3.2.1 Energía cinética

La energía cinética es la energía que posee un objeto debido a su movimiento, esta energía depende de la velocidad y masa del objeto según la ecuación $E = \frac{1}{2} m V^2$, donde m es la masa del objeto y V^2 la velocidad del mismo elevada al cuadrado. La energía asociada a un objeto situado a determinada altura sobre una superficie se denomina energía potencial. Si se deja caer el objeto, la energía potencial se convierte en energía cinética. [5]

3.2.2 Energía potencial

La energía potencial es la energía que un objeto posee debido a su posición o configuración. Es una energía almacenada que puede convertirse en movimiento. Un

ejemplo común es un objeto en lo alto de una mesa o una roca en la cima de una montaña: tienen energía potencial gravitacional porque la gravedad los puede hacer caer. [6]

3.3Clasificación de las energías renovables

3.3.1Energía mareomotriz

Es aquella que se consigue con el movimiento de las mareas es la energía que genera la marea al subir y bajar se aprovecha con unas turbinas que al activarse mueven el conjunto mecánico del alternador, produciendo así energía eléctrica.

No hay que confundirla con la energía undimotriz, aquella que se produce con el movimiento de las olas. La mareomotriz, en cambio, aprovecha el movimiento de las mareas y se basa en el almacenamiento de agua en un embalse formado al construir un dique con unas compuertas que permiten la entrada de un caudal de agua. [7]

3.3.2 Energía hidráulica

Es una fuente de energía renovable que aprovecha el movimiento del agua para generar electricidad gracias a la energía cinética de las corrientes o saltos de agua. Se trata de un tipo de energía que se obtiene del agua almacenada en los embalses, ubicados en zonas donde discurren los ríos, que nos proporcionan la energía eléctrica necesaria en nuestro día a día.

Ventajas y Desventajas:

- **Energía barata:** Aunque precisa una alta inversión inicial, una vez que se amortizan los costes de construcción de las centrales hidroeléctricas, los gastos de mantenimiento que requieren sus infraestructuras son bajos. Su producción es eficiente y económica, siendo una gran alternativa para otras energías.
- **Energía limpia y renovable:** Es una fuente de energía renovable que aprovecha el movimiento del agua para generar electricidad gracias a la energía cinética de las corrientes o saltos de agua. Contribuye a la sostenibilidad del planeta ya que se utiliza el agua obtenida de la lluvia. Por tanto, no consume recursos ni genera emisiones, ayudando de esta manera a reducir el impacto ambiental.

- **Eficiencia:** Los avances tecnológicos de las centrales hidroeléctricas tienen la capacidad de adaptar los flujos del agua a la demanda de los usuarios para garantizar un suministro adecuado en todo momento.
- **Desarrollo económico:** La utilización de las centrales hidroeléctricas dependen de la región o territorio donde se coloquen. De esta forma, se favorece un mayor desarrollo económico y social gracias a la generación de empleo local.
- **Reduce la dependencia de energía externa:** La energía hidráulica es uno de los mejores caminos para reducir la dependencia energética exterior, dado que los bajos recursos necesarios para su producción la convierten en una de las mejores opciones para generar una energía eléctrica barata, local y, sobre todo, limpia y renovable.
- **Seguridad:** Como ya hemos explicado anteriormente, las centrales hidroeléctricas utilizan el agua para generar electricidad gracias a la energía cinética de las corrientes o saltos de agua. Por esta razón, la energía hidráulica es realmente segura si la comparamos con otro tipo de centrales eléctricas. [8]

3.3.3 Energía geotérmica

La energía geotérmica es el calor del interior de la Tierra, que se aprovecha ya sea para producir electricidad o para usarlo directamente. La sustentabilidad de esta energía significa la capacidad del sistema geotérmico de producir vapor y se considera renovable, cuando su producción se mantiene hasta por 100 años. E [9]

3.3.4 Energía de la biomasa

Se denomina “biomasa” a toda porción orgánica proveniente de las plantas, los animales y de diversas actividades humanas. El término “biomasa” abarca una variada serie de fuentes energéticas: desde la simple combustión de la leña para calefacción hasta las plantas térmicas para producir electricidad, usando como combustible residuos forestales, agrícolas, ganaderos o incluso “cultivos energéticos”, pasando por el biogás de los vertederos o lodos de depuradoras, hasta los biocombustibles.

Cualquier tipo de biomasa proviene de la reacción de la fotosíntesis vegetal, que sintetiza sustancias orgánicas a partir del CO₂ del aire y de otras sustancias simples, aprovechando la energía del sol. [10]

3.3.5 Energía solar

Esta energía la que, mediante conversión a calor o electricidad, se aprovecha de la radiación proveniente del sol.

Nuestro planeta recibe del sol una gran cantidad de energía por año de la cual solo un 40% es aprovechable, cifra que representa varios cientos de veces la energía que se consume actualmente en forma mundial; es una fuente de energía descentralizada, limpia e inagotable que se puede transformar en electricidad. [11]

3.3.6 Energía solar térmica

Se utiliza una parte del espectro electromagnético de la energía del sol para producir calor. La transformación se realiza mediante el empleo de colectores térmicos. Su principal componente es el captador, por el cual circula un fluido que absorbe la energía radiada del sol. [12]

3.3.7 Energía solar fotovoltaica

Se utiliza la otra parte del espectro electromagnético de la energía del sol para producir electricidad. Basada en el efecto fotoeléctrico, la transformación se realiza por medio de celdas fotovoltaicas, que son semiconductores sensibles a la luz solar que provoca una circulación de corriente eléctrica entre sus 2 caras. Un conjunto de celdas conectadas entre sí, componen módulos o paneles solares fotovoltaicos. [13]

3.4 Energía eólica

La energía eólica es la energía que se obtiene del viento. Se trata de un tipo de energía cinética producida por el efecto de las corrientes de aire. Esta energía la podemos convertir en electricidad a través de un generador eléctrico.

Las turbinas son parte esencial de los generadores eólicos. El viento, al golpear las palas captar la mayor energía cinética posible, provoca que la turbina que está conectada a ellas gire. Este movimiento convierte la energía cinética en energía de

rotación al mover un eje que está conectado a un generador, lo que permite producir energía eléctrica y, a su vez, corriente alterna gracias a un convertidor. [14]

3.4.1 Potencial eólico

El potencial eólico se define como la capacidad inherente de una región geográfica o un sitio específico para generar energía eléctrica a partir de la energía cinética del viento, bajo condiciones operativas y tecnológicas determinadas. Esta capacidad se cuantifica mediante la evaluación de la disponibilidad y las características del recurso eólico, incluyendo la velocidad media del viento, su distribución de frecuencias, la densidad del aire y la persistencia de las corrientes de aire a una altura de referencia específica sobre el terreno.

La estimación del potencial eólico no solo considera los aspectos meteorológicos del viento, sino también las características topográficas del sitio que influyen en el flujo del aire, así como las limitaciones técnicas y ambientales para la instalación y operación de aerogeneradores. Un alto potencial eólico implica una mayor viabilidad técnica y económica para el desarrollo de proyectos eólicos, al permitir una mayor producción de energía eléctrica por unidad de tiempo y una optimización en el factor de capacidad de las instalaciones eólicas. [15]

3.4.2 Regulador de voltaje de un Aerogenerador

El regulador de voltaje es el encargado de asegurar el equilibrio de potencias entre la potencia aportada por el generador y la entregada a la red. Para ello, dispone de un sistema de control para ajustar la tensión del condensador EDC con la tensión deseada EDC^* . La tensión deseada en bornes del condensador se define como un valor constante de manera que la I_c que atraviesa el condensador sea idealmente nula, asegurando así el equilibrio de potencias. [16]

3.5 Tipo de aerogeneradores

3.5.1 Eje vertical

En este tipo de aerogeneradores verticales las palas rotan en torno a un eje central vertical, presentando por lo tanto tres ventajas fundamentales con respecto a los de eje horizontal, los cuales son utilizados de forma más asidua:

- La sujeción de las palas es de fácil diseño y ejecución.
- No precisan sistema de orientación para captar la energía del viento.
- Fácil ubicación del tren de potencia, generador y transformador, a nivel del suelo.

3.5.2 Eje horizontal

Se caracterizan por girar las palas en dirección perpendicular a la velocidad del viento. Se clasifican a su vez en aeroturbinas lentas y rápidas, según la velocidad de giro de sus rotores. Las últimas son las que se conectan a la red, mientras que las primeras suelen funcionar en “isla”.

La velocidad de giro de las turbinas es inversamente proporcional al número de palas que tiene. Utilizando términos más precisos, diremos que una aeroturbina rápida es aquella en la que la componente de sustentación es mayor que la componente de resistencia, dando lugar a unas velocidades específicas altas. [17]

3.5.3 Características de aerogeneradores

- Las torres pueden alcanzar los 100 metros de alto.
- En aerogeneradores grandes, los rotores pueden tener 30 metros de diámetro.
- La energía eólica, junto con los aerogeneradores, se están volviendo cada vez más populares debido a su viabilidad industrial.
- Los aerogeneradores tienen en promedio una vida útil de 25 años.
- Todas las funciones elementales de un aerogenerador están monitorizadas desde una sala de control.

- La distancia entre aerogeneradores en un parque eólico es de al menos 1.5 veces la altura de estos.
 - Para proteger a las aves, se hace un esfuerzo por instalar estos dispositivos donde no exista un tráfico de animales aéreos.
 - Con el objetivo de evitar la contaminación acústica, los aerogeneradores se instalan a una distancia de al menos 1 kilómetro de donde existan poblaciones.
- [18]

3.6 Partes de un aerogenerador

- Torre

Sobre la base se levanta un tubo o torre, generalmente metálico, aunque puede ser de hormigón o celosía. Algunas turbinas cuentan con un elevador de servicio para el transporte de trabajadores a las diferentes alturas de trabajo y unas escalas para el ascenso a pie.

- Góndola

Una vez en la parte superior, se accede a la góndola donde están los elementos principales para el funcionamiento de la turbina, y donde se realizan la mayoría de las tareas de mantenimiento. Se describen a continuación los elementos principales que forman parte de la góndola.

- Generador

Transforma la energía cinética de rotación procedente de la multiplicadora en energía eléctrica. Consta de rotor y estator.

- Multiplicadora

La multiplicadora es un elemento accesorio formado por un sistema de engranajes que transforman la energía de baja velocidad, presente del viento, en alta velocidad que llega al generador.

- Rotor

En la parte delantera de la góndola se encuentra el rotor del aerogenerador. El conjunto del rotor está formado por los siguientes elementos:

Las palas:

rotan generalmente en el sentido de las agujas del reloj. Están unidas al rodamiento del buje mediante una corona de pernos que permite el giro longitudinal del eje de esta.

Caja de cambios:

El sistema de transmisión está formado por el rotor, el cojinete principal, el eje principal, la caja de cambios y el generador. El sistema de transmisión convierte la rotación de baja velocidad y alto par del rotor de la turbina (conjunto de álabes y buje) en energía eléctrica.

Centro:

Las palas de la turbina, que forman parte del sistema de transmisión de la turbina, encajan en el cubo que está conectado al eje principal de la turbina. [19]

3.7 Multiplicador de la velocidad de rotación de la flecha del generador eléctrico

Un multiplicador de velocidad de rotación es un mecanismo dentro de algunos aerogeneradores que aumentan la velocidad de giro del eje que viene de las aspas para que el generador eléctrico pueda producir electricidad de manera eficiente.

Por lo tanto, para generar la energía eléctrica deseada, los aerogeneradores están equipados con multiplicadores de velocidad, que esencialmente se pueden hacer en forma de reductores cilíndricos convencionales. [20]

3.8 Tipos de sensores en un túnel de viento

3.8.1 Anemómetro

- De cazoletas: miden la velocidad del viento promedio.
- De hilo caliente: detectan variaciones rápidas de velocidad y dirección.
- Ultrasónicos: miden velocidad y dirección en 3D, sin partes móviles.

3.8.2 Tubo Pitot

Un tubo Pitot es un sensor que mide la velocidad del viento utilizando la diferencia de presiones entre el aire en movimiento y el aire en reposo.

Permite saber con precisión cuán rápido sopla el viento justo donde está el rotor, para que el sistema de control del aerogenerador pueda:

- Orientar la góndola hacia la dirección correcta del viento.
- Ajustar el ángulo de las palas (pitch) para captar la energía de forma óptima.
- Proteger la máquina si el viento es demasiado fuerte.

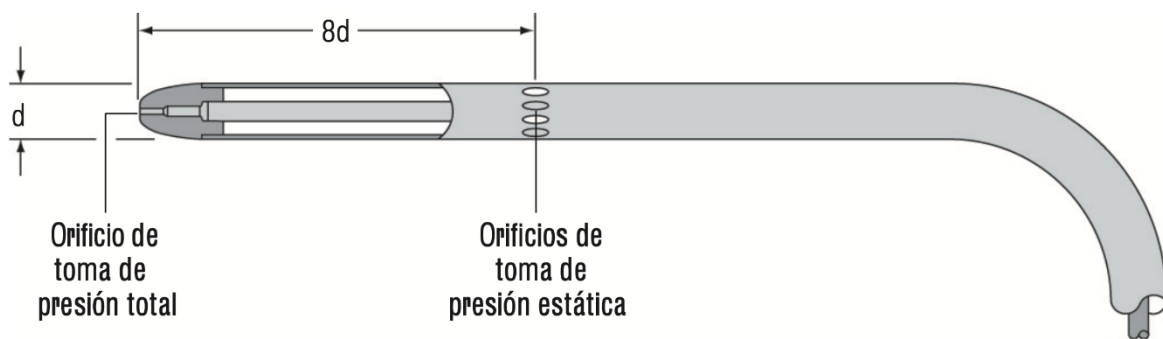


Ilustración 2 Tubo Pitot

3.7.3 Manómetros/Transductores de presión diferencial

Los manómetros de presión diferencial son instrumentos que miden la diferencia de presión entre dos puntos de un sistema, normalmente para monitorear el flujo de aire o la pérdida de presión en componentes internos.

Como funcionan:

- Tienen dos conexiones: una se conecta a un punto de presión “alta” y otra a un punto de presión “baja”.
- El manómetro muestra la diferencia, no la presión absoluta.
- Si la diferencia es mayor de lo normal, indica un problema (como un filtro bloqueado o una restricción en el flujo).



Ilustración 3 Manómetro de presión diferencial

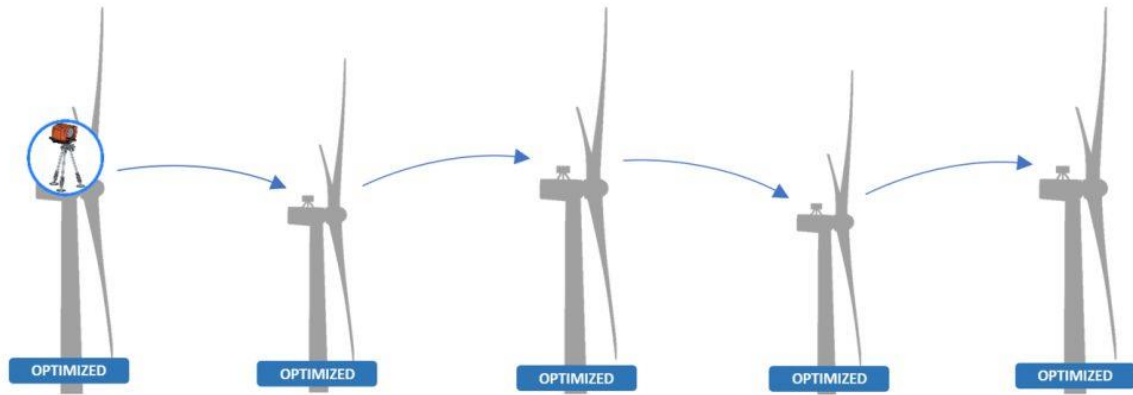
3.8.4 Sistema LiDAR o SODAR

Son sensores que utilizan pulsos de luz láser para medir, a distancia y con gran precisión, la velocidad y dirección del viento que se aproxima al rotor.

Cómo funcionan:

- El LiDAR emite pulsos láser hacia el aire delante de las aspas.
- Las partículas suspendidas (polvo, gotas de agua) reflejan parte de esa luz.
- Analizando el cambio en la frecuencia de la luz reflejada (efecto Doppler), el sistema calcula la velocidad del viento a distintas distancias y alturas.

Es un sistema de teledetección activa porque emite su propia señal (luz laser) para medir.



Proceso usado por Ventus para llevar a cabo campañas con LiDAR en un parque eólico

Ilustración 4 Sistema LiDAR

3.8.5 Galgas extensiométricas (strain gauges)

Las galgas extensométricas son sensores que miden la deformación de los componentes, como las palas o el eje, debido a las fuerzas y tensiones a las que están sometidos. Esta deformación se traduce en un cambio en la resistencia eléctrica de la galga, lo que permite monitorizar las cargas y el rendimiento del aerogenerador.

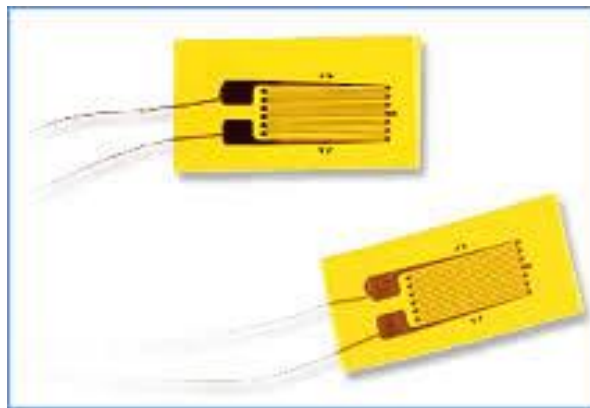


Ilustración 5 Galgas extensiométricas

3.8.6 Acelerómetro

Un acelerómetro es un dispositivo que mide la vibración o la aceleración del movimiento de una estructura. La fuerza generada por la vibración o el cambio en el movimiento (aceleración) hace que la masa "comprima" el material piezoeléctrico, generando una carga eléctrica que es proporcional a la fuerza ejercida sobre él.



Ilustración 6 Acelerómetro industrial HANSFORD HS-150S

3.8.7 Celdas de carga o dinamómetros

Son sensores que miden fuerzas o cargas mecánicas aplicadas sobre determinados componentes, convirtiéndolas en señales eléctricas que el sistema de control puede interpretar.

Dónde se usan en un aerogenerador

- En la base de la torre mide las fuerzas transmitidas por el rotor y la góndola hacia la estructura.
- En las raíces de las palas monitorea las cargas aerodinámicas y estructurales que actúan sobre ellas.
- En el buje o el eje principal controlar el par (torque) transmitido al generador.

Anatomía de la célula de carga

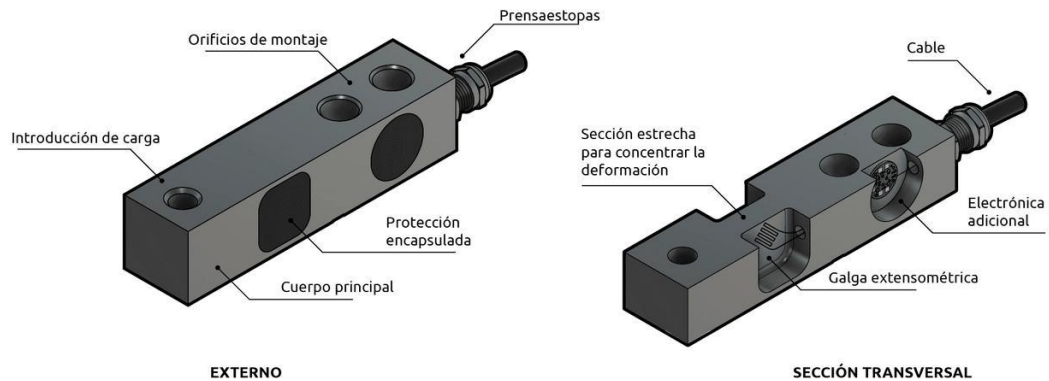


Ilustración 7 Celdas de carga

3.8.8 Técnicas Schlieren o interferometría

La técnica de schlieren detectan pequeños cambios en el índice de refracción del aire, los cuales ocurren cuando hay cambios de densidad (por ejemplo, debido a diferencias de temperatura, presión o velocidad del flujo).

4. Túnel de viento

Existen varias clasificaciones para los túneles del viento, y cada uno funciona de acuerdo con el fenómeno físico que se desea estudiar, sin embargo, se define como un conducto en cuyo interior fluye aire que es empujado gracias a la energía proporcionada por un ventilador ubicado en el trayecto del túnel, el cual permite simular un flujo de viento que es utilizado para realizar pruebas aerodinámicas sobre distintos elementos, tales como perfiles aerodinámicos, estructuras a escala y ejes, entre otros.

Las pruebas se realizan en una sección llamada cámara de pruebas, la cual, por lo general, tiene paredes transparentes que permiten visualizar el experimento desde el exterior. Al interior de la cámara de pruebas se ubican los dispositivos de medición que permiten medir las magnitudes de las variables de interés. La cámara de pruebas es una sección sé que caracteriza por la reducción de área, esta reducción se hace con el fin de incrementar la velocidad del flujo, además de reducir perdidas por fricción con las paredes del túnel. [21]

4.1 Tipos de túnel de viento

Para clasificar los túneles de viento se pueden dar dos formas: la primera es por la velocidad del viento, es decir, subsónico o supersónico y la segunda es por la forma como circula el aire al interior del túnel de viento, es decir, túnel de viento de circuito abierto; donde el aire se succiona pasa por la cámara de prueba y retorna a la atmosfera, o túnel de viento de circuito cerrado; donde le aire se mantiene en circulación dentro del túnel, sin salir a la atmosfera. En este caso se utilizará la segunda clasificación. [22]

4.1.2 Túnel cerrado

Estos túneles de viento funcionan con un circuito cerrado, en el cual el aire es forzado a circular indefinidamente, en este tipo de túnel de viento, por ser cerrado, se puede mantener constante la presión y la temperatura. [23]

4.1.3 Túnel abierto

En los túneles de circuito abierto el ventilador puede ir antes de la sección de pruebas soplando el aire, o después de la cámara de pruebas aspirando el aire, en el interior del conducto el fluido no se presuriza, y tampoco existen variaciones térmicas lo que significa que la densidad no cambia.

Se utilizo este tipo de túnel de viento porque al tomar el aire directamente del ambiente, se pueden obtener condiciones más cercanas a las reales y menos riesgo de que queden turbulencias residuales de pruebas anteriores. [24]

4.2 Sensores y dispositivos utilizados para el monitoreo

4.2.1 Sensor MPU6050

El MPU-60X0 tiene integrado un giroscopio MEMS de 3 ejes, un acelerómetro de 3 ejes MEMS, y un procesador digital de movimiento (DMP™) motor acelerador de hardware con un puerto I2C auxiliar que se conecta a las interfaces de sensores digitales de terceras partes tales como magnetómetros. Cuando se conecta a un magnetómetro de 3 ejes, el MPU-60X0 entrega una salida completa de 9 ejes MotionFusion para su primario I2C o puerto SPI.

El MPU-60X0 combina la aceleración y el movimiento de rotación más la información de rumbo en un único flujo de datos para la aplicación. Esta integración de la tecnología MotionProcessing presenta un diseño más compacto y tiene ventajas de costos inherentes en comparación con soluciones discretas de giroscopio más acelerómetro. El MPU-60X0 también está diseñado para interactuar con múltiples sensores digitales no inerciales, tales como sensores de presión, en su bus I2C auxiliar maestro. El MPU-60X0 es un procesador de movimiento de segunda generación. [25]

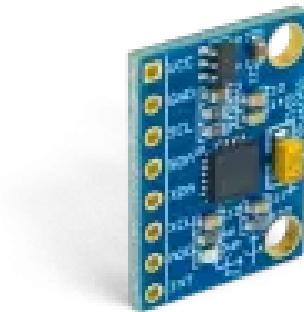


Ilustración 8: Sensor MPU6050

Especificaciones

Tabla 1 Características del sensor Mpu6050

Voltaje de alimentación	2.4 a 3.6	Vdc
Consumo de corriente nominal (giroscopio)	3.20	mA
Salida digital del giroscopio con una escala programable por el usuario	± 250 , ± 500 , $\pm 1,000$ y $\pm 2,000$	$^{\circ}/s$
Resolución del ADC del giroscopio	16	bits
Consumo de corriente nominal (acelerómetro)	450	μA
Salida digital del acelerómetro con una escala programable por el usuario	$\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$ y $\pm 16g$	gramos
Resolución del ADC del acelerómetro	16	bits
Consumo de corriente nominal (magnetómetro)	280 μA a 8Hz	

4.2.2 Servomotor 9G

Es un pequeño actuador rotativo o bien motor que permite un control preciso en posición angular, este servomotor puede rotar de 0° hasta 180° , su voltaje de operación que va desde los 4.8 a 6 VDC. Este servo incluye 3 brazos y 3 tornillos, cuenta con un cable de hasta 25cm.

Este tipo de servomotores son utilizados en gran variedad de proyectos de electrónica, robótica, carros de control remoto, aeronaves y más. Funcionan con la mayoría de las tarjetas electrónicas de control con microcontroladores. [26]

El actuador fue empleado para representar, de forma visual, el ángulo de dirección de la veleta, determinado a partir de las mediciones proporcionadas por el sensor MPU6050.



Ilustración 9: Servomotor 9g

4.2.3 Sensor de fuerza Fsr2

El sensor de fuerza resistivo (FSR) es un dispositivo de película de polímero (PTF) que presenta una disminución de la resistencia cuando aumenta la fuerza aplicada a la superficie activa. Su sensibilidad a la fuerza está optimizada para uso en el control por toque humano de dispositivos electrónicos.

La resistencia de un FSR depende de la presión que se aplica al área de detección. Cuanta más presión aplique, menor será la resistencia. El rango de resistencia es en realidad bastante grande: $> 10 \text{ M } \Omega$ (sin presión) a $\sim 200 \Omega$ (presión máxima). La mayoría de los FSR pueden detectar la fuerza en el rango de 100 g a 10 kg.

El sensor fue utilizado para medir la presión del aire en el túnel de viento, lo que permitió obtener información sobre el comportamiento del flujo de aire en diferentes condiciones de prueba. [27]

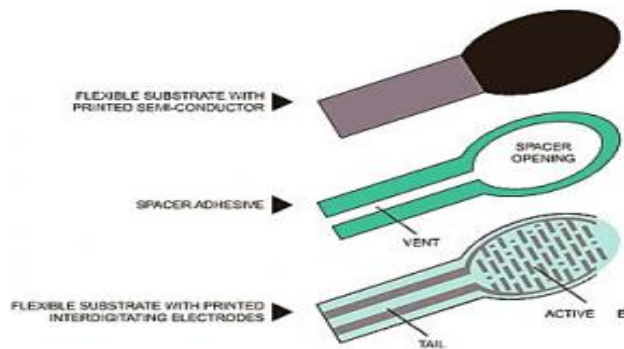


Ilustración 10: Sensor de fuerza Fsr2

Especificaciones

Tabla 2 Características del sensor de fuerza Fsr2

Carga máxima	500g
Resistencia	1k-200Kohm
Diámetro área sensible	7mm
Dimensiones	10*45mm

4.2.4 Sensor de temperatura LM35

El LM35 es un circuito electrónico sensor que puede medir temperatura. Su salida es analógica, es decir, te proporciona un voltaje proporcional a la temperatura. El sensor tiene un rango desde -55°C a 150°C . Su popularidad se debe a la facilidad con la que se puede medir la temperatura. Incluso no es necesario de un microprocesador o microcontrolador para medir la temperatura. Dado que el sensor LM35 es analógico, basta con medir con un multímetro, el voltaje a salida del sensor.

Para convertir el voltaje a la temperatura, el LM35 proporciona 10mV por cada grado centígrado. También cabe señalar que ese sensor se puede usar sin offset, es decir que, si medimos 20mV a la salida, estaremos midiendo 2°C. [28]



Ilustración 11: Sensor LM35

Especificaciones

Tabla 3 Características del sensor de temperatura Lm35

Voltaje de operación	4 a 30 v
Rango de medición	-55°C a +150°C
Precisión en el rango	-10°C hasta +85°C: $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$
Pendiente	10mV/°C
Peso	0.24 g
Pines	3

4.2.5 Anemómetro RS485 Sensor de Velocidad del Viento SEN0483

Anemómetro RS485 sensor de velocidad del viento es un instrumento meteorológico profesional que se utiliza para medir la velocidad del viento horizontal dentro de 0~32.4

m/s. Integra un sensor hall en su interior. La carcasa y las copas de viento están hechas de material de aleación de aluminio y utilizan un proceso de fundición a presión de precisión de molde especial, que presenta tolerancia de dimensiones pequeñas y alta precisión de superficie.

El circuito interno del sensor está protegido, lo que hace que el sensor tenga propiedades de alta resistencia, resistencia a la intemperie, anticorrosión e impermeable. El conector del cable adopta un enchufe militar resistente a la corrosión que garantiza una larga vida útil. Se utiliza un anemómetro de baja inercia para medir la velocidad del viento. [29]



Ilustración 12: Anemómetro SEN0483

Especificaciones

Tabla 4 Características del anemómetro SEN04483

Voltaje de alimentación	7-24 V DC
Consumo de corriente	15mA
Rango de medición	0~32.4 m/s
Velocidad del viento de arranque	0.2 – 0.4 m/s
Temperatura de funcionamiento	-40°C ~ 80°C
Longitud del cable	2.5m / 98.43"

Precisión	± 0.3 m/s
-----------	---------------

4.2.6 Convertidor TTL a RS485

El convertidor TTL funciona a base del C.I MAX485, un transceptor de baja potencia y con una velocidad de respuesta limitada, es normalmente usado para comunicación RS-485. Puede alcanzar una velocidad máxima de transmisión de 10 Mbps. Este módulo conecta a un microcontrolador o Arduino y permite convertir las señales seriales TTL a RS-485. RS485 se utiliza para comunicaciones serie a distancias más largas que el RS232 directo o TTL, y admite múltiples unidades en el mismo bus (Multi-Drop).

Una de las ventajas del RS485 es la larga distancia de transmisión. El alcance depende de la velocidad, siendo posible conseguir 35 Mbps en distancias inferiores a 10 metros, y hasta 100 Kbps en distancias hasta 1200 metros. [30]

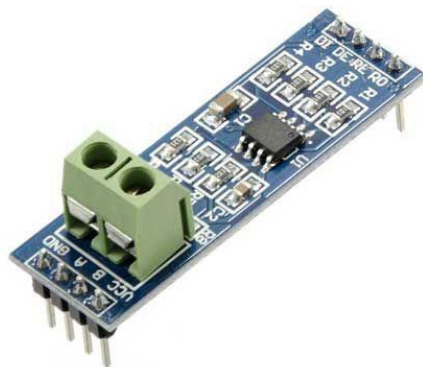


Ilustración 13: Convertidor TTL a RS485

Especificaciones

Tabla 5 Características del Convertidor TTL 485

Voltaje de operación	5 V
Corriente de operación	120uA~500uA
Potencia de operación	830mW
Velocidad máxima	10 Mbit/s (a 12 metros)
Longitud máxima de alcance	1200 metros (a 100 kbit/s)
Dimensiones	44mm x 14 mm
Peso	5g

4.2.7 Arduino UNO

Arduino es una plataforma de creación de electrónica de código abierto, la cual está basada en hardware y software libre, flexible y fácil de utilizar para los creadores y desarrolladores. Esta plataforma permite crear diferentes tipos de microordenadores de una sola placa a los que la comunidad de creadores puede darles diferentes tipos de uso.

El microcontrolador de Arduino posee lo que se llama una interfaz de entrada, que es una conexión en la que podemos conectar en la placa diferentes tipos de periféricos. La información de estos periféricos que conectes se trasladará al microcontrolador, el cual se encargará de procesar los datos que le lleguen a través de ellos. [31]



Ilustración 14: Arduino UNO

5. Sistema de instrumentación virtual

Combinación de Hardware y elementos de software, usados por un PC, para cumplir la función de un instrumento tradicional. En la segunda mitad de la década de los ochenta, alrededor del año 1986, algunas compañías como la National Instruments, introducen herramientas de software que les permite a los ingenieros desarrollar sistemas, de la misma forma como se desarrollaron antes las hojas de cálculo para facilitar el trabajo en el análisis financiero de datos. En la tabla No. 1 se muestra una comparación entre los instrumentos tradicionales y los virtuales. . [32]

5.1 Software

Es la clave del instrumento virtual, ya que éste es el que sustituye al instrumento tradicional. El software juega un rol vital en el desarrollo de sistemas de adquisición de datos y control, además de dirigir la interacción de las especificaciones de hardware. El software se elige de acuerdo con las necesidades y preferencias de usuario. [33]

5.2 Tarjetas de interfaz con el PC

Los componentes con los cuales se hace la interfaz con el computador pueden ser de dos tipos: tarjetas insertadas dentro del computador (plug in) e instrumentos con puertos de comunicación operando independientemente (stand alone). [34]

6. LabVIEW

Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench de National Instruments es un lenguaje de programación de alto nivel, de tipo gráfico, y enfocado al uso en instrumentación. Pero como lenguaje de programación, cuenta con todas las estructuras, puede ser usado para elaborar cualquier algoritmo que se desee, en cualquier aplicación, como en análisis, telemática, juegos, manejo de textos, etc.

Labview permite recoger, analizar y monitorear los datos dentro de un entorno de programación gráfico en el que se ensamblan objetos llamados instrumentos virtuales para formar el programa de aplicación con el que interactuará el usuario y que se denomina instrumento virtual (VI).

6.1 Panel frontal

Se trata de la interfaz gráfica del VI con el usuario. Esta interfaz recoge las entradas procedentes del usuario y representa las salidas proporcionadas por el programa. Un panel frontal está formado por una serie de botones, pulsadores, potenciómetros, gráficos, etc.

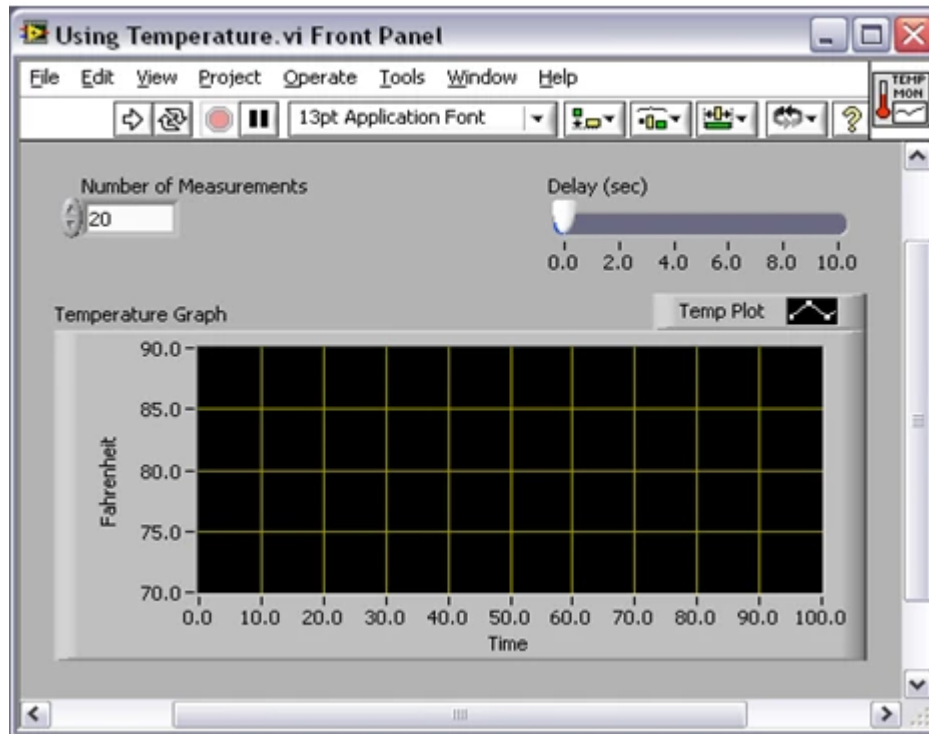


Ilustración 15 Panel frontal

6.1.2 Diagrama de bloques

El diagrama de bloques contiene el código fuente gráfico de un programa de LabVIEW. El concepto del diagrama de bloques es separar el código fuente gráfico de la interfaz de usuario de una manera lógica y sencilla. Los objetos del panel frontal aparecen como terminales en el diagrama de bloques. Las terminales del diagrama de bloques reflejan los cambios realizados en sus correspondientes objetos del panel frontal y viceversa.

Incluye funciones y estructuras integradas en las librerías que incorpora LabVIEW. En el lenguaje G las funciones y las estructuras son nodos elementales. Son análogas a los operadores o librerías de funciones de los lenguajes convencionales.

6.1.3 Terminales

Las terminales crean la apariencia del diagrama de bloques de los objetos en el panel frontal. Además, son puertos de entrada y salida que intercambian información entre

6.1.4 Controles, indicadores y constantes



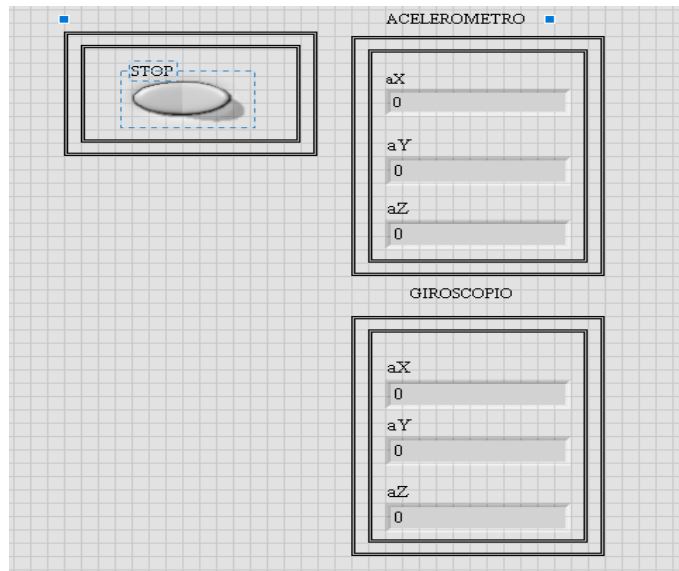
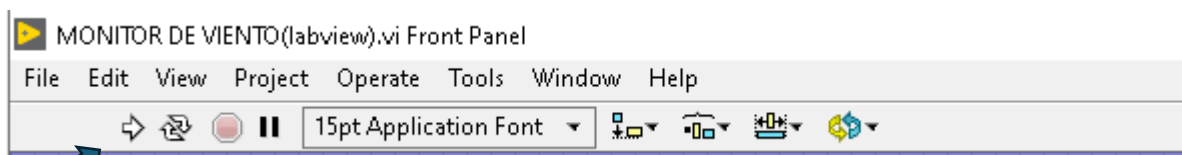


Ilustración 17 Controladores, indicadores y constantes (Panel frontal)

6.2. Ejecución de VI

Una vez se ha concluido la programación del VI se debe proceder a su ejecución. Para ello la ventana activa debe ser el panel frontal (si se está en la ventana del diagrama de bloques, se debe seleccionar la opción Show Panel del menú Window).

Una vez situados en el panel frontal, se pulsará el botón de Run, situado en la barra de herramientas.



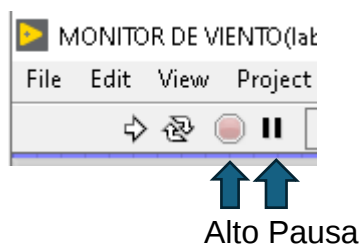
Run

De este modo el programa se ejecutará una sola vez. Si se desea una ejecución continua, se pulsará el botón situado a la derecha del de Run (Continuous Run). Si durante el funcionamiento continuo del programa se vuelve a pulsar el citado botón, se finalizará la última ejecución del mismo, tras lo cual el programa se parará.



Continuous run

Para finalizar la ejecución de un programa se puede operar de dos formas. La primera, y la más aconsejable, es emplear un botón en el panel frontal del VI, cuya pulsación produzca la interrupción del bucle de ejecución de la aplicación. La segunda forma de detener la ejecución del VI es pulsando el botón de pausa o el de stop. La diferencia entre ambos es que, si se pulsa stop, la ejecución del programa finaliza inmediatamente, mientras que, si se pulsa pausa, se produce una detención en el funcionamiento del programa, retomándose su ejecución una vez se vuelve a pulsar el mismo botón.



6.3 Estructuras

6.3.1 Bucle for

Ejecuta su subdiagrama n veces, donde n es el valor conectado al terminal de conteo (N). El terminal de iteración (i) proporciona el conteo de iteraciones del bucle actual, que varía de 0 a $n-1$.

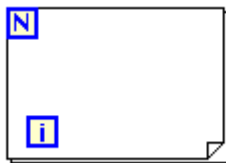


Ilustración 18 Bucle for

Entradas de terminal

 El terminal de conteo especifica el número de veces que se ejecuta el código dentro del bucle For. Si se conecta 0 o un número negativo al terminal de conteo, el bucle no se ejecuta.

Esta terminal se muestra de forma predeterminada.

 La terminal de instancias paralelas especifica el número de instancias de bucle que LabVIEW utiliza para ejecutar iteraciones de bucle paralelas. Si no se conecta la entrada de la terminal de instancias paralelas, LabVIEW detecta automáticamente el número de procesadores lógicos en la máquina y lo utiliza como valor predeterminado.

Puede utilizar la entrada de la terminal de instancias paralelas y el Número de instancias de bucle paralelo generadas en el cuadro de diálogo Paralelismo de iteración de bucle For para mejorar el rendimiento del bucle For suscribiéndose en exceso o suscribiéndose en defecto.

Para mostrar esta terminal, habilite iteraciones paralelas del bucle For.

 La terminal de tamaño de fragmento especifica la programación de iteración personalizada que se utiliza para ejecutar fragmentos de iteraciones del bucle en paralelo al habilitar iteraciones paralelas del bucle For. Debe especificar una programación personalizada solo si el bucle For se beneficiaría de una programación diferente a la predeterminada.

Para mostrar esta terminal, configure programáticamente la programación de iteraciones del bucle.

 La terminal condicional permite especificar condiciones adicionales para detener el bucle For. Normalmente, el bucle For se detiene tras ejecutar el número de iteraciones especificado mediante la terminal de conteo. Sin embargo, puede usar la terminal condicional para detener el bucle For cuando se dan otras condiciones, como un error.

De forma predeterminada, la terminal condicional está configurada como " Detener si es verdadero". Puede cambiar su comportamiento a " Continuar si es verdadero".

Para mostrar esta terminal, configure el bucle For para que se detenga cuando se produzca una condición. [35]

6.3.2 Bucle While

Repita el código dentro de su subdiagrama hasta que se cumple una condición específica. Un bucle While siempre se ejecuta al menos una vez.



Ilustración 19 Bucle While

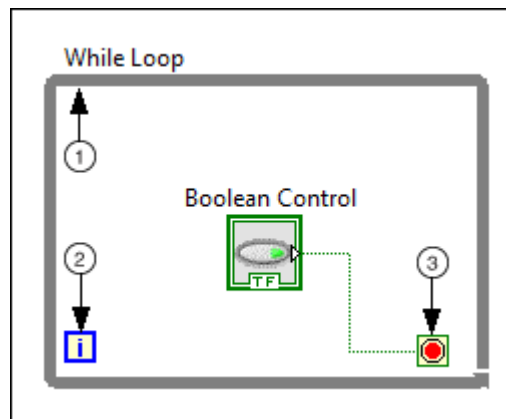


Ilustración 20 Componentes de un bucle while

- ① Subdiagrama —Contiene código que el bucle While ejecuta una vez por iteración.
- ② Terminal de iteración (i) : Proporciona el recuento de iteraciones del bucle actual. El recuento de iteraciones siempre empieza en cero en la primera iteración. Si el recuento de iteraciones supera 2 147 483 647 o $2^{31} - 1$, el terminal de iteración permanece en 2 147 483 647 para las iteraciones posteriores. Si necesita llevar un registro de más de 2 147 483 647 iteraciones, puede usar registros de desplazamiento con un rango entero mayor.
- ③ Terminal condicional: evalúa un valor booleano de entrada para determinar si se continúa ejecutando el bucle While. Para especificar si el bucle se detiene con un valor

booleano VERDADERO o FALSO, configure el comportamiento de continuación del bucle. También puede determinar cuándo se detiene el bucle conectando un clúster de errores a la terminal condicional. [36]

6.3.3 Case Structure

Contiene uno o más subdiagramas o casos, de los cuales solo uno se ejecuta cuando se ejecuta la estructura. El valor conectado al selector de casos determina cuál se ejecutará.

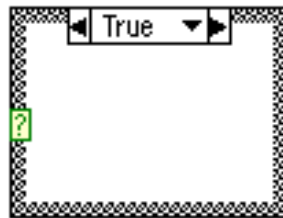


Ilustración 21 Estructura del caso

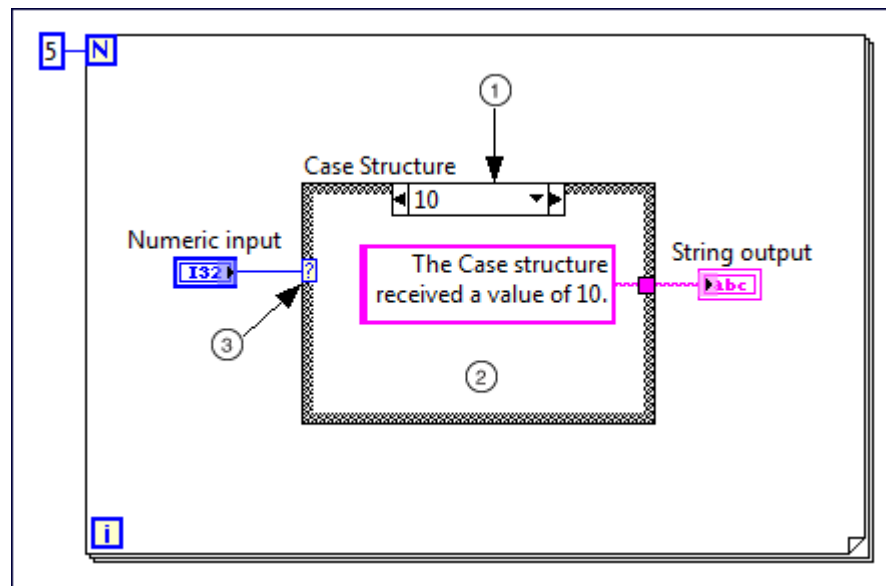


Ilustración 22 Componentes de estructura de caso

- ① Etiqueta del selector: muestra los valores para los que se ejecuta el caso asociado. Puede especificar un valor único o un rango de valores. También puede usar la etiqueta del selector para especificar un caso predeterminado.
- ② Subdiagrama(caso): Contiene el código que se ejecuta cuando el valor conectado al selector de casos coincide con el valor que aparece en la etiqueta del selector. Para modificar el número o el orden de los subdiagramas, haga clic con el botón derecho en el borde de la estructura de casos y seleccione la opción correspondiente.
- ③ Selector de casos: Selecciona el caso a ejecutar según el valor de los datos de entrada. Estos pueden ser booleanos, de cadena, enteros, enumerados o clústeres de errores. El tipo de datos que se conecta al selector de casos determina los casos permitidos que se pueden introducir en la etiqueta del selector. [37]

6.3.4 Event Structure

La estructura de evento tiene uno o más subdiagramas, o casos de evento, de los cuales uno se ejecuta cuando la estructura se ejecuta para gestionar un evento. Esta estructura puede expirar mientras espera la notificación de un evento. Conecte un valor a la terminal Tiempo de espera, en la esquina superior izquierda de la estructura Evento, para especificar los milisegundos que la estructura Evento espera un evento. El valor predeterminado es -1, lo que indica que nunca se expirará.

Se puede configurar un único caso de evento para gestionar varios eventos, pero solo uno de ellos dentro del caso puede ocurrir a la vez. Debe colocar la estructura Evento en un bucle While para gestionar varios eventos.

Un solo caso en la estructura de eventos no puede gestionar eventos de notificación y de filtro a la vez. Un caso puede gestionar varios eventos de notificación, pero solo puede gestionar varios eventos de filtro si los datos de evento son idénticos para todos los eventos. Puede configurar cualquier número de estructuras de eventos para responder al mismo evento de notificación o de filtro en un objeto específico.

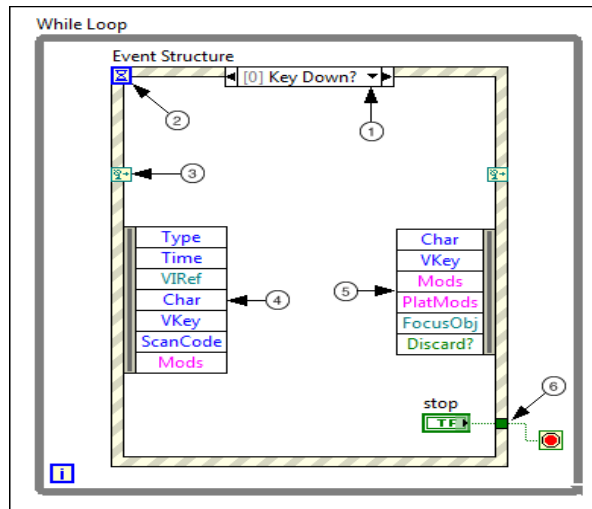


Ilustración 23 Estructura de evento

① La etiqueta del selector de eventos especifica qué eventos hacen que se ejecute el caso mostrado. Para ver otros casos de eventos, haga clic en la flecha hacia abajo junto al nombre del caso.

② La terminal Timeout especifica el número de milisegundos que se espera para un evento antes de que expire. Si conecta un valor a la terminal Timeout, debe proporcionar un caso de evento Timeout para evitar un error.

③ Las terminales de eventos dinámicos aceptan un refnum de registro de eventos o un conjunto de refnums para el registro dinámico de eventos. Si conecta la terminal interna derecha, esta dejará de transmitir los mismos datos que la terminal izquierda. Puede conectar el refnum de registro de eventos o el conjunto de refnums de registro de eventos a la terminal interna derecha mediante la función "Registrar para eventos" y modificar el evento dinámicamente. Según la paleta en la que seleccione la estructura de eventos, es posible que las terminales de eventos dinámicos no aparezcan de forma predeterminada. Para mostrar estas terminales, haga clic con el botón derecho en la estructura de eventos y seleccione "Mostrar terminales de eventos dinámicos" en el menú contextual. [38]

6.3.5 *In Place Element Structure*

Controla cómo el compilador de LabVIEW realiza ciertas operaciones y, en algunos casos, aumenta la eficiencia de la memoria y del VI. Utilice la estructura "Elemento en Lugar" al operar con un elemento de datos dentro de una matriz, un clúster, una variante o una forma de onda sin que el compilador de LabVIEW tenga que copiar los valores de los datos y mantenerlos en memoria. También puede usar esta estructura para operar con cualquier tipo de datos que desee mantener dentro del mismo espacio de datos en memoria. Haga clic con el botón derecho en el borde de la estructura y seleccione el nodo que coincida con la operación que desea realizar. [39]

6.3.6 *Flat Sequence Structure*

Consta de uno o más subdiagramas, o marcos, que se ejecutan secuencialmente. Utilice la estructura de secuencia plana para garantizar que un subdiagrama se ejecute antes o después de otro. El flujo de datos de la estructura de secuencia plana difiere del de otras estructuras. Los marcos de una estructura de secuencia plana se ejecutan de izquierda a derecha y cuando todos los valores de datos conectados a un marco están disponibles. Los datos salen de cada marco cuando este termina de ejecutarse. Esto significa que la entrada de un marco puede depender de la salida de otro. [40]

6.3.7 *Formula node*

Evalúa fórmulas y expresiones matemáticas similares a C en el diagrama de bloques. Se permiten las siguientes funciones integradas en las fórmulas: abs, acos, acosh, asin, asinh, atan, atan2, atanh, ceil, cos, cosh, cot, csc, exp, expm1, floor, getexp, getman, int, intrz, ln, lnp1, log, log2, max, min, mod, pow, rand, rem, sec, sign, sin, sinc, sinh, sizeofDim, sqrt, tan, tanh. Existen algunas diferencias entre el analizador sintáctico de los VIs Matemáticos y el Nodo Fórmula.

Consulte "Creación de nodos de fórmula" y "Sintaxis de nodos de fórmula" para obtener más información sobre el nodo de fórmula y su sintaxis. Además, tenga en cuenta los operadores permitidos en el nodo de fórmula.

Los nodos de fórmula tienen las siguientes restricciones:

- Los nodos de fórmula solo aceptan el punto (.) como separador decimal. No reconocen separadores decimales localizados.
- Los nodos de fórmula solo aceptan pi como constante. La constante distingue entre mayúsculas y minúsculas.
- No es posible agregar nodos de fórmula a un VI en el que se habilita la incrustación en línea.

[41]

6.3.8 Diagram Disable Structure

Tiene uno o más subdiagramas, o casos, de los cuales solo se ejecuta el subdiagrama habilitado. Utilice la estructura "Deshabilitar diagrama" para deshabilitar una sección del diagrama de bloques.

Coloque una estructura de diagrama deshabilitado alrededor del código que desea deshabilitar. En el subdiagrama "Habilitado", incluya el código que desee habilitar en lugar del código del subdiagrama "Deshabilitado".

Después de crear una estructura de diagrama deshabilitado, puede agregar, duplicar, reorganizar o eliminar los subdiagramas. Para desplazarse por los subdiagramas disponibles, haga clic en las flechas de incremento y decremento en la etiqueta del selector. También puede eliminar la estructura sin eliminar los objetos que contiene.

La estructura "Deshabilitar diagrama" permite deshabilitar una sección de un diagrama de bloques. Para deshabilitar secciones específicas del código del diagrama de bloques según una condición definida por el usuario, utilice la estructura "Deshabilitar condicional". Para deshabilitar secciones específicas del código del diagrama de bloques según los resultados de la compilación, utilice la estructura "Especialización de tipos".

Para cambiar a una estructura de especialización de tipo o de desactivación condicional, haga clic con el botón derecho en el borde de la estructura de desactivación de diagrama y seleccione Reemplazar con estructura de especialización de tipo en el menú contextual. [42]



Ilustración 24 Diagrama Deshabilitar Estructura

6.3.9 Feedback Node

Almacena datos de una ejecución de VI o iteración de bucle a la siguiente.

Un nodo de retroalimentación es análogo a un bloque az -1 en la teoría de control de retroalimentación y el procesamiento digital de señales. Puede modificar la apariencia del nodo de retroalimentación para que se parezca a la de un bloque az -1 haciendo clic derecho en él y seleccionando "Vista de transformada Z" en el menú contextual. Cambiar la apariencia a la vista de transformada Z, como se muestra a continuación, solo modifica la apariencia del nodo de retroalimentación.

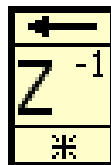


Ilustración 25 Nodo de retroalimentación

El nodo de retroalimentación utiliza el valor que se conecta al terminal de inicialización como valor inicial para la primera ejecución del diagrama de bloques o iteración del bucle. Si no se conecta un valor al terminal de inicialización, el nodo de retroalimentación utiliza el valor predeterminado para el tipo de dato. El nodo de retroalimentación almacena entonces el resultado de la ejecución o iteración anterior.

Puede habilitar o deshabilitar el bucle de retroalimentación mediante el terminal de habilitación. Si el terminal de habilitación está configurado como VERDADERO, el Nodo de Retroalimentación se ejecuta según lo configurado en el cuadro de diálogo Propiedades o desde el menú contextual del nodo. Si el terminal de habilitación está configurado como FALSO, el Nodo de Retroalimentación ignora el valor de entrada y devuelve el valor de la última ejecución o iteración cuando el terminal de habilitación era VERDADERO. El Nodo de Retroalimentación continúa devolviendo este valor hasta que la ejecución o iteración posterior al terminal de habilitación cambia a VERDADERO.

De forma predeterminada, el nodo de retroalimentación almacena únicamente datos de la ejecución o iteración anterior. Sin embargo, puede configurarlo para que almacene n muestras de datos retrasando su salida para múltiples ejecuciones o iteraciones. Si aumenta el retardo a más de una ejecución o iteración, el nodo de retroalimentación solo genera el valor del inicializador hasta que se complete el retardo especificado. A continuación, el nodo de retroalimentación comienza a generar los valores almacenados en orden subsiguiente. El número en el nodo representa el número de retardos especificados. [43]

6.4 Crear VI

- Seleccionar File» New VI para obtener un panel frontal y diagrama de bloques vacío.
- Cuando se crea un objeto en el panel frontal, se crea una terminal en el diagrama de bloques.
- Cada terminal contiene información útil referente al objeto al cual corresponde en el panel frontal. Por ejemplo, los números de punto flotante y de doble-precisión, aparecen con terminales en color naranja y las letras DBL.

6.4.1 Programar el flujo de datos

- El diagrama de bloque se ejecuta dependiendo del flujo de los datos;
- el diagrama de bloques no se ejecuta de izquierda a derecha

- El nodo se ejecuta cuando los datos están disponibles para todos los terminales de entrada.
- Los nodos suministran datos a todos los terminales de salida cuando termina.

6.4.2 Tipos de datos en LabVIEW

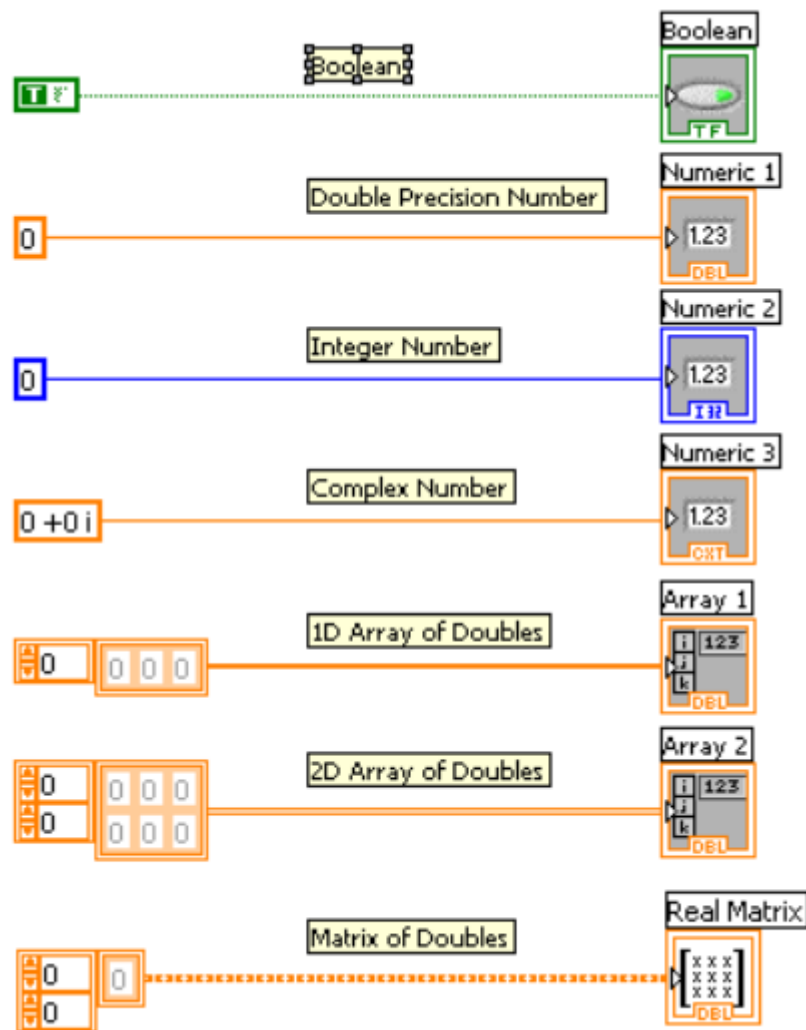


Ilustración 26 Datos de LabVIEW

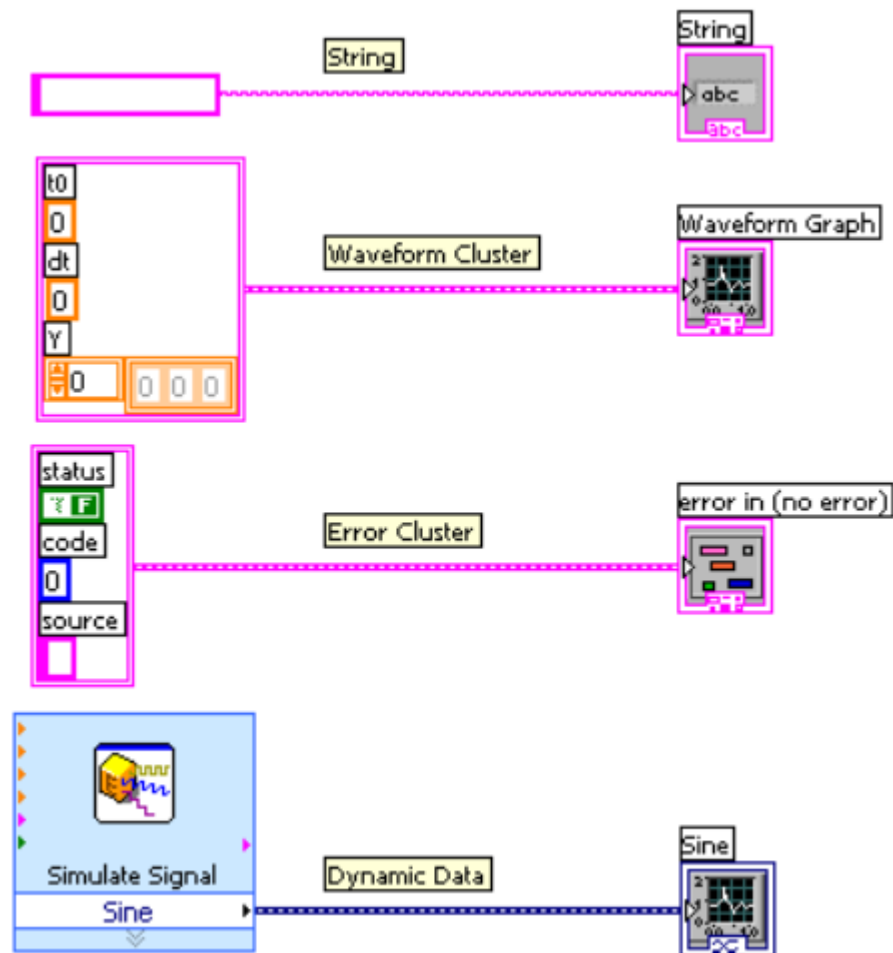


Ilustración 27 Datos en LabVIEW

6.43 Comunicación serial

La comunicación serial es un método de transmisión de datos en el que la información se envía bit por bit, de forma secuencial, a través de un solo canal de comunicación. En LabVIEW, esta comunicación se implementa generalmente utilizando los puertos COM.

LabVIEW ofrece una interfaz gráfica y un conjunto de herramientas llamadas VISA (Virtual Instrument Software Architecture) para controlar y gestionar la comunicación serial de manera flexible y eficiente.

6.4.4 VISA

VISA es un estándar desarrollado por National Instruments y otros fabricantes para la comunicación con instrumentos conectados a través de diversos buses, incluyendo GPIB, USB, Ethernet y puertos seriales. En el caso de comunicación serial, VISA permite:

Configurar los parámetros de comunicación (baud rate, bits de parada, etc.)

- Abrir y cerrar conexiones
- Leer y escribir datos en dispositivos
- Manejar errores y excepciones de comunicación

7. Planteamiento del problema

Los túneles de viento son herramientas fundamentales en la investigación y desarrollo de proyectos relacionados con la aerodinámica, ya que permiten evaluar el comportamiento de fluidos alrededor de objetos de interés. Sin embargo, muchos túneles de viento aún operan de manera manual o semiautomática, lo que genera desafíos significativos en términos de precisión, repetitividad y eficiencia en la obtención de datos. La dependencia de procesos manuales para la adquisición y análisis de datos introduce errores.

Otro problema clave es la falta de integración entre los diferentes sistemas de medición y control utilizados en el túnel de viento. En entornos donde se requieren mediciones simultáneas de velocidad, presión y temperatura, la ausencia de un sistema automatizado provoca la fragmentación de los datos, dificultando la correlación y el análisis efectivo de los resultados. Además, la recopilación de datos manual suele ser lenta y laboriosa, lo que retrasa los tiempos de respuesta en la toma de decisiones durante las pruebas experimentales. Por estas razones, en el presente trabajo se desarrolló un sistema de instrumentación para medir variables de interés en un prototipo de túnel de viento.

8. Hipótesis

.La instrumentación virtual representa una opción adecuada para implementar un sistema de monitoreo que integre los sensores necesarios en un túnel de viento. Su capacidad de adaptarse a distintas configuraciones de sensores, junto con una interfaz gráfica intuitiva y un ancho de banda óptimo del sistema general, la convierte en una alternativa viable frente a los sistemas tradicionales, especialmente en aplicaciones que requieren supervisión continua.

9. Objetivo general y específicos

Objetivo general

Diseñar un sistema automatizado para monitorear un túnel de viento.

Objetivos específicos

1. Definir las variables de interés como la dirección, temperatura, fuerza y de velocidad para un túnel de viento.
2. Acondicionar los sensores de interés.
3. Integrar sensores a una tarjeta de adquisición de datos.
4. Generar pruebas del funcionamiento de los sensores con en el entorno del software LabVIEW.
5. Generar pruebas preliminares del sistema de monitoreo.

10. Metodología

10.1 Acondicionamiento y programación de los sensores

La etapa inicial del proyecto involucró el estudio, acondicionamiento y programación de todos los sensores por separado. Estos incluyen un sensor de dirección (MPU6050), sensor de fuerza(Fsr), sensor de temperatura(LM35), Anemómetro(Rs485) y un convertidor TTL a Rs485.

10.1.1 Sensor de dirección (MPU6050)

El MPU6050 es un sensor de movimiento de 6 grados de libertad que integra un acelerómetro y un giroscopio de 3 ejes en un solo chip.

Se comunica por I2C, por lo tanto, se debe configurar el microcontrolador para la comunicación. Usualmente se emplea una librería “wire.h” en Arduino que facilita el acceso a los valores de aceleración y de giro. Se puede obtener valores de orientación (pitch,roll,yaw) mediante algoritmos de fusión de sensores.

10.2.1 Sensor de fuerza (Fsr)

El FSR es un sensor resistivo cuya resistencia disminuye al aumentar la presión. Se coloca en un divisor de voltaje junto con una resistencia fija. La salida del divisor se conecta a una entrada analógica del microcontrolador.

En la etapa de programación, el microcontrolador realiza la lectura mediante una función de conversión analógica-digital (analogRead en Arduino). El valor leído no es lineal respecto a la fuerza aplicada. Este sensor es ideal para detectar la presencia o ausencia de presión, así como la estimación de su intensidad relativa.

10.3.1 Sensor de temperatura (LM35)

El LM35 es un sensor de temperatura de salida analógica cuya característica principal es su linealidad: entrega una señal de 10 mV por cada grado Celsius. Esto facilita su uso en sistemas de adquisición de datos, ya que no se requiere un acondicionamiento

complejo. El sensor se alimenta normalmente con 5V y entrega su salida directamente a una entrada analógica del microcontrolador.

El LM35 funciona explotando las propiedades inherentes de temperatura a voltaje que se encuentran en los materiales semiconductores, con un enfoque en el comportamiento específico de un transistor conectado a diodo. Dentro de la teoría de semiconductores, se sabe que el voltaje directo a través de un diodo o transistor responde de manera consistente a las fluctuaciones de temperatura. Utilizando este principio bien establecido, el LM35 crea una salida de voltaje que refleja la temperatura circundante de manera proporcional.

En cuanto a su programación, se realiza una lectura analógica del voltaje generado y se convierte en temperatura mediante una fórmula sencilla. Por ejemplo, si se obtiene un voltaje de 500 mV, esto equivale a una temperatura de 50 °C. Para obtener una lectura más precisa, es importante contar con un ADC de al menos 10 bits y, opcionalmente, utilizar un amplificador operacional si se requiere mejorar la sensibilidad del sistema.

10.3.2 Anemómetro RS485 y Convertidor TTL a RS485

El anemómetro utilizado se comunica mediante el protocolo RS485, que permite transmisiones diferenciales robustas y de largo alcance, comunes en aplicaciones industriales. Dado que los microcontroladores estándar operan con niveles TTL (como 0 a 5V o 0 a 3.3V), es necesario emplear un convertidor como el MAX485 para transformar las señales RS485 a TTL.

El convertidor se conecta a los pines TX y RX del microcontrolador, así como a los pines A y B del RS485 del anemómetro. Adicionalmente, los pines de control del MAX485 (DE y RE) deben gestionarse mediante pines digitales para alternar entre los modos de transmisión y recepción.

Para la programación, se utiliza la interfaz UART del microcontrolador y, en muchos casos, el protocolo Modbus RTU, el cual define un formato estándar de comunicación con registros de datos. Mediante librerías como ModbusMaster en Arduino, se pueden

enviar comandos para solicitar datos al anemómetro, leer registros específicos y extraer información como la velocidad del viento. La dirección del dispositivo, la velocidad en baudios.

10.4 Proceso para realizar un sistema de monitoreo.

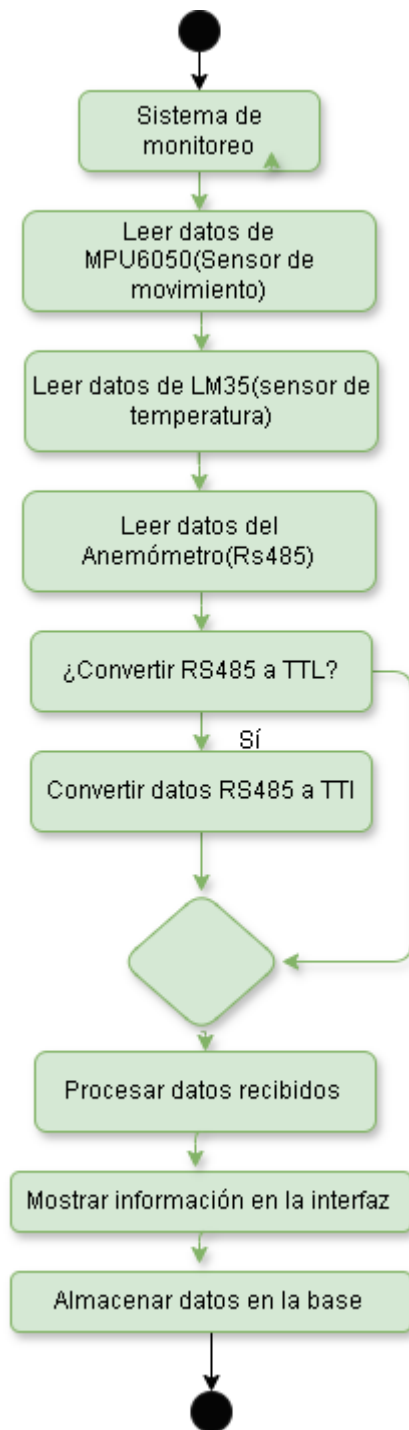


Diagrama 1

10.5 Conexión del sensor Mpu6050 a Arduino uno

La conexión de este sensor tiene un giroscopio y un acelerómetro integrado que es común utilizarlo en sistemas de orientación.

Este sensor se comunica a través de I2C por lo cual se conectó a los pines SCL y SDA en los pines analógicos 4 y 5 de la placa Arduino uno. El sensor se alimenta de 5v es por eso que se utilizó la fuente de alimentación que arroja Arduino uno como se muestra en la imagen 28.

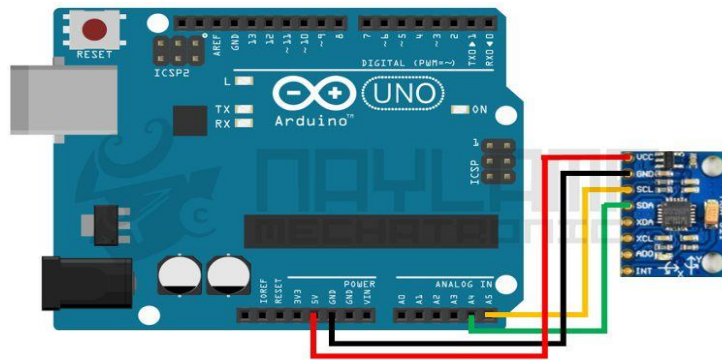


Ilustración 28 Conexión del sensor mpu6050 en Arduino.

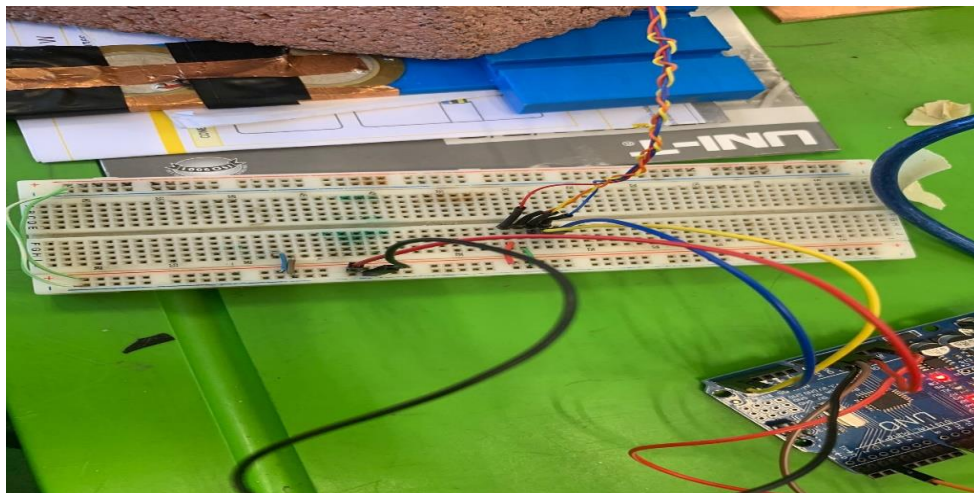


Ilustración 29 Conexión del sensor mpu6050 en una protoboard.

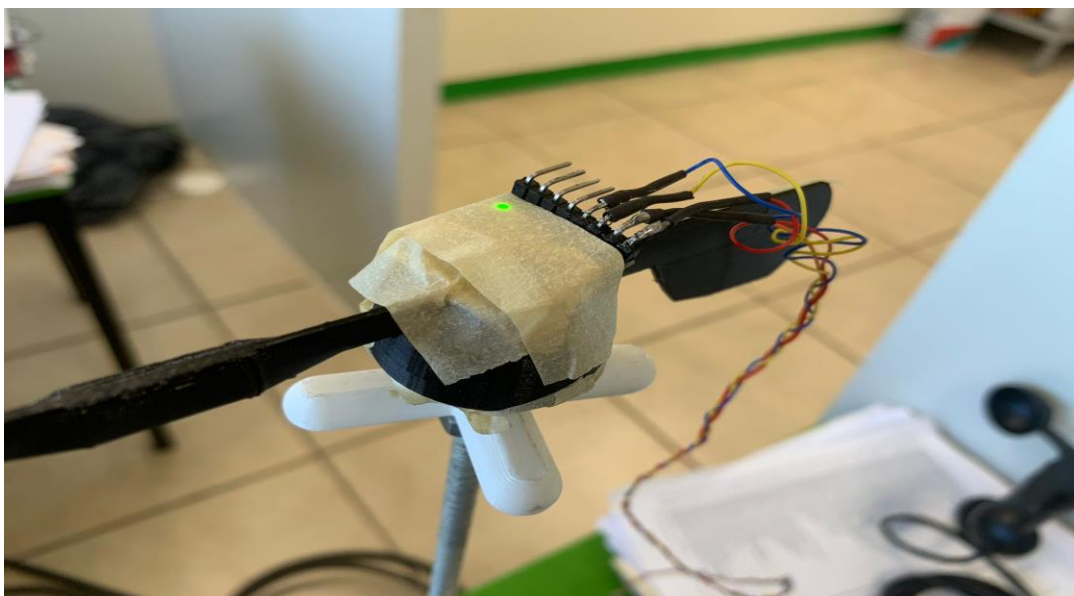


Ilustración 30 Sensor mpu6050 añadido a una veleta.

Para la conexión del sensor MPU6050 fue necesario añadir una estructura firme y una veleta para analizar en que ángulo se posicionaba este sensor, así como se muestra en la imagen 30.

Tabla 3. Conexiones de I2C de modo estándar. (Fuente: autor)

MPU6050	Arduino Uno
VCC	5V
GND	GND
SCL	A5
SDA	A4

Tabla 2. Direcciones de I2C.

Pin ADO	Dirección I2c
ADO=HIGH (5V)	0x69
ADO=LOW (GND ó NC)	0x68

En la tabla anterior se muestra las dos direcciones de comunicación serial I2C, por lo tanto, el pin ADDR internamente en el módulo tiene una resistencia a GND, por lo que, si no se conecta, la dirección por defecto será 0x68.

10.5.1 Programación en LabVIEW

Se agregó en markehub un bloque abierto y cerrado para la lectura del acelerómetro de el sensor. En el bloque abierto se creó dos constantes una de 0x68 y otra de interno 8MHz, en esta misma se agregó una constate 0, cableamos con el bloque de lectura con la conexión de 0x68 y el canal I2c a la constante 0.

Se anexo al indicador para la lectura de las salidas del giroscópico y acelerómetro para agregar dos últimos bloques de linx abierto y cerrado que se obtuvo a través de la interacción con la placa y el bloque abierto en el que se agregó el puerto serie.

Se finalizó con un ciclo de estructura del control para mantener una lectura constante, que se observa en la siguiente imagen.

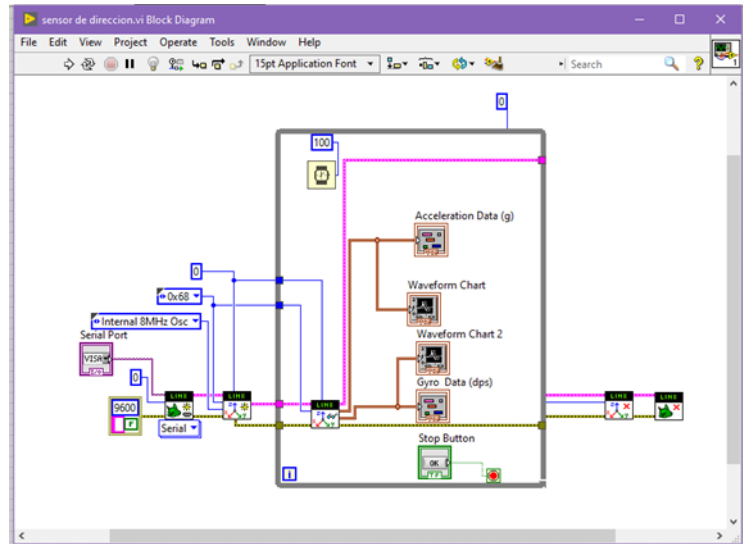


Ilustración 31 Programación del sensor (Mpu6050) para la lectura de la dirección del viento.

Se continuo con la programación de panel frontal, para añadir la función de subconjunto de matriz a los ejes del giroscopio y acelerómetro. Para agregar una cadena de matriz a la hoja de cálculo, se abrió una constate de 5.3 en el formato cadena y se cableo a los ejes del ya mencionado subconjunto.

Se cableo con una nueva función de escaneo de valor, en el pin de formato de cadena para volver agregar una constante de 5.3 y en el pin del valor se añadió un indicador para cada eje del giroscopio y acelerómetro.

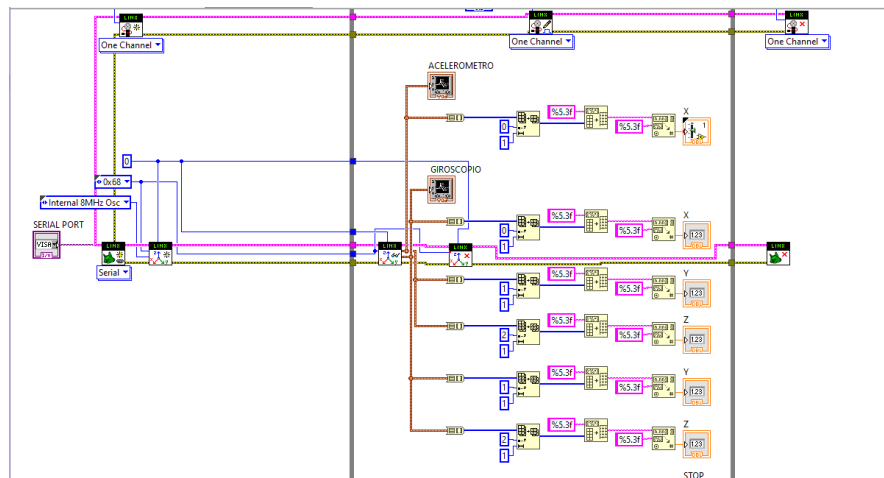


Ilustración 32: Programación en LabVIEW del sensor mpu6050 para obtener los valores del acelerómetro.

Se retomo el mismo panel frontal para agregar la función de multiplicación en cada uno de los ejes del acelerómetro que posteriormente se multiplicaron por 9.81 y posteriormente para cablearlo con la función de división. En la que añadió una constante para dividirlo entre 16384, para agregar un indicador en cada eje, que fue nombrado x, y, z.

Se realizo el mismo procedimiento para el giroscopio, lo único que cambio fueron los valores para multiplicarlo que se multiplico por 250, posteriormente para la división fue entre el valor de 16384. Para finalizar se agregaron tres indicadores para este, que fueron nombrados gx, gy, gz.

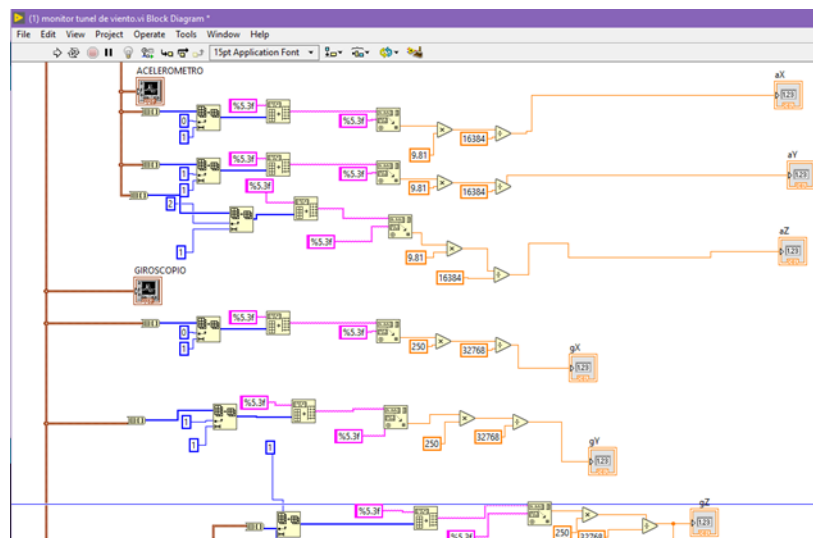


Ilustración 33: Programación en LabVIEW del sensor mpu6050 para obtener los valores del giroscopio.

10.5.2 Fórmula para calcular el ángulo aceleración del sensor MPU6050

Calculamos el ángulo previo de x:

$$ang_{-x} = 0.98 * (ang_{x_{prev}} + \left(\frac{gx}{131} * 100\right) + 0.02 \quad (1)$$

gx : Es la lectura del giroscopio en el eje x, indicando la velocidad angular que es la rapidez con la que el objeto está rotando alrededor de ese eje.

131: Es una constante del giroscopio de MPU-6050, donde 131 suele relacionar la velocidad angular en grados por segundo con la señal digital que genera el sensor.

0.98: Es un factor de ponderación al valor anterior de ángulo x.

0.02: Es un término constante que representa la corrección fija del ángulo estimado.

Al multiplicar por 100 este factor adapta la escala de la velocidad angular para ser compatible con el sistema.

Por lo tanto, el término completo calcula cuánto cambia el ángulo actual a la rotación medida por el giroscopio.

$$\frac{gy}{131} * 100 \quad (2)$$

Para calcular el ángulo previo en y:

$$ang_y = 0.98 * (ang_{y_{prev}} + \left(\frac{gy}{131} * 100\right) + 0.02 \quad (3)$$

Cambiamos gy para la siguiente lectura del giroscopio en el eje y, indicando la velocidad angular del eje.

Donde:

ang_x : Ángulo de x

ang_y : Ángulo de y

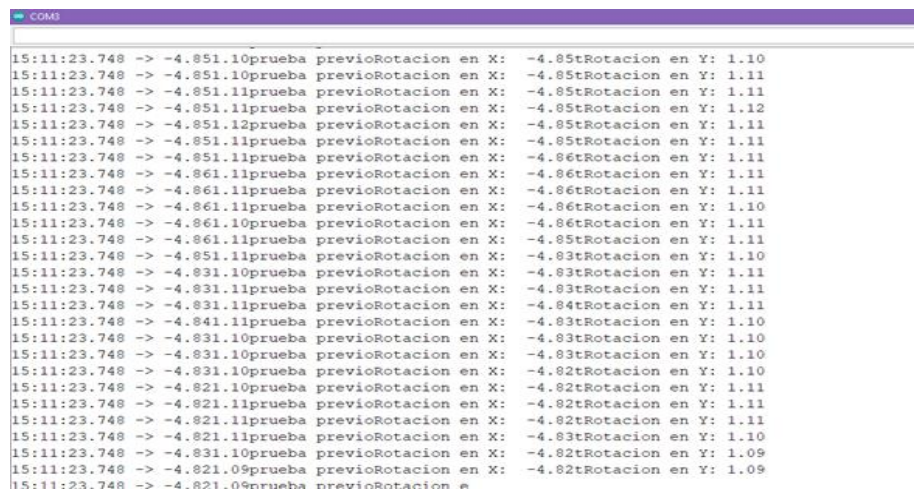
gx : Giro de x

gy : es el valor medido, por el giroscopio

$ang_{x_{prev}}$: Ángulo previo de x

$ang_{y_{prev}}$: Ángulo previo de y

En la siguiente imagen se observar la aceleración y la rotación del ángulo y.

A screenshot of a serial monitor window titled 'COM3'. It displays a series of data lines from an Arduino. Each line starts with a timestamp '15:11:23.748' followed by a right arrow. The data is organized into two columns. The left column contains values like '-4.851.10prueba' and '-4.861.11prueba' followed by 'previoRotacion en X:'. The right column contains values like '-4.85tRotacion en Y: 1.10' and '-4.86tRotacion en Y: 1.11'. The values change slightly between lines, indicating real-time data capture.

```
15:11:23.748 -> -4.851.10prueba  previoRotacion en X:  -4.85tRotacion en Y: 1.10
15:11:23.748 -> -4.851.10prueba  previoRotacion en X:  -4.85tRotacion en Y: 1.11
15:11:23.748 -> -4.851.11prueba  previoRotacion en X:  -4.85tRotacion en Y: 1.11
15:11:23.748 -> -4.851.11prueba  previoRotacion en X:  -4.85tRotacion en Y: 1.12
15:11:23.748 -> -4.851.12prueba  previoRotacion en X:  -4.85tRotacion en Y: 1.11
15:11:23.748 -> -4.851.11prueba  previoRotacion en X:  -4.85tRotacion en Y: 1.11
15:11:23.748 -> -4.851.11prueba  previoRotacion en X:  -4.86tRotacion en Y: 1.11
15:11:23.748 -> -4.861.11prueba  previoRotacion en X:  -4.86tRotacion en Y: 1.11
15:11:23.748 -> -4.861.11prueba  previoRotacion en X:  -4.86tRotacion en Y: 1.11
15:11:23.748 -> -4.861.10prueba  previoRotacion en X:  -4.86tRotacion en Y: 1.10
15:11:23.748 -> -4.861.11prueba  previoRotacion en X:  -4.86tRotacion en Y: 1.11
15:11:23.748 -> -4.851.11prueba  previoRotacion en X:  -4.83tRotacion en Y: 1.10
15:11:23.748 -> -4.831.10prueba  previoRotacion en X:  -4.83tRotacion en Y: 1.11
15:11:23.748 -> -4.831.11prueba  previoRotacion en X:  -4.83tRotacion en Y: 1.11
15:11:23.748 -> -4.831.11prueba  previoRotacion en X:  -4.84tRotacion en Y: 1.11
15:11:23.748 -> -4.841.11prueba  previoRotacion en X:  -4.83tRotacion en Y: 1.10
15:11:23.748 -> -4.831.10prueba  previoRotacion en X:  -4.83tRotacion en Y: 1.10
15:11:23.748 -> -4.831.10prueba  previoRotacion en X:  -4.83tRotacion en Y: 1.10
15:11:23.748 -> -4.821.11prueba  previoRotacion en X:  -4.82tRotacion en Y: 1.11
15:11:23.748 -> -4.821.11prueba  previoRotacion en X:  -4.82tRotacion en Y: 1.11
15:11:23.748 -> -4.821.11prueba  previoRotacion en X:  -4.83tRotacion en Y: 1.10
15:11:23.748 -> -4.831.10prueba  previoRotacion en X:  -4.82tRotacion en Y: 1.09
15:11:23.748 -> -4.821.09prueba  previoRotacion en X:  -4.82tRotacion en Y: 1.09
15:11:23.748 -> -4.821.09prueba  previoRotacion en X:  -4.82tRotacion en Y: 1.09
```

Ilustración 34: Lectura del giroscopio.

10.6 Conexión del sensor de temperatura LM35

Para la conexión del sensor de temperatura en Arduino , se conectó a 5v, posteriormente a la de tierra por último se conectó al pin de salida del Lm 35 al puerto analógico A0.

El Arduino leyó esta señal a través del pin A0, convirtió el valor analógico en temperatura.

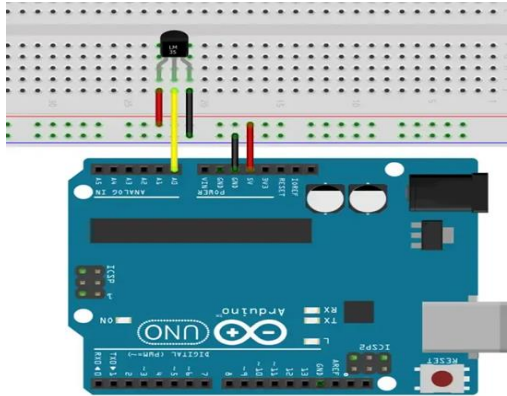


Ilustración 35 Conexión del sensor Lm35 al Arduino.

Al subir el código del sensor de temperatura lm35, se observó los grados centígrados de la temperatura del lugar.

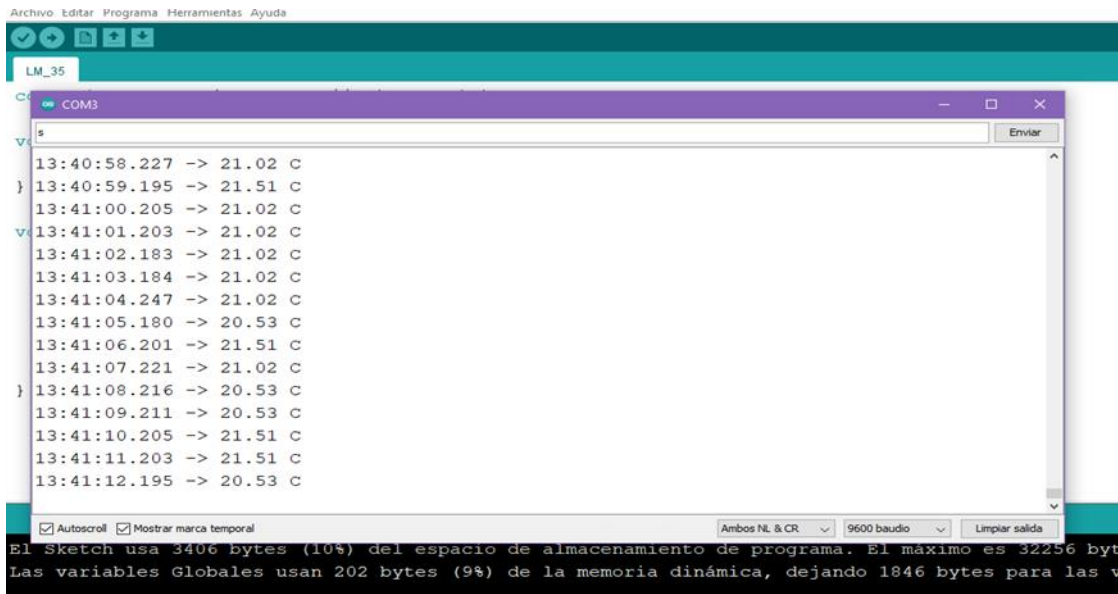


Ilustración 36:Análisis en Arduino del sensor de temperaturaLm35.

Continuando con el panel frontal anterior, se agregó una lectura analógica y se cableo al bloque del sensor mencionado. En este mismo bloque se anexo una constante 0, para obtener la temperatura. Con el fin de usar el siguiente voltaje que es igual al valor que se obtuvo en la conversión del análogo digital, lo multiplicamos por 5000 y esta multiplicación la dividimos por 1023 y nos devuelve un voltaje. El voltaje obtenido anteriormente en grados centígrados se aplicó a la fórmula de ese voltaje y se multiplico para la variable escala.

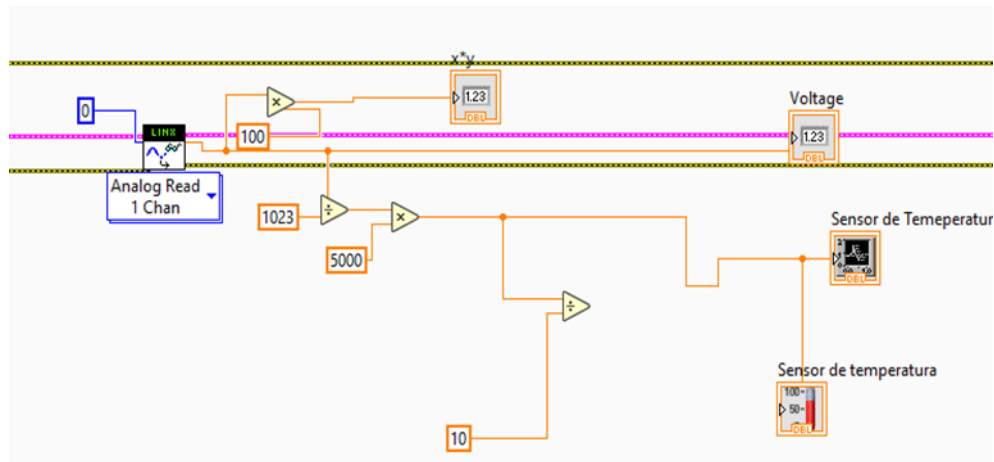


Ilustración 37: Programación en LabVIEW para la lectura del sensor de temperatura LM35

10.6.1 Formula para calcular la temperatura del sensor LM35

$$V = \left(\frac{\text{valor}}{1023.0} \right) * 5000 \quad (4)$$

Donde:

V : voltaje

valor ADC : conversión de análogo digital

Para obtener la temperatura calcula el voltaje que es igual al valor para obtener la conversión de análogo digital.

Cálculo para convertir el voltaje obtenido en grados centígrados:

$$T = \text{Voltaje} * \text{Factor escala} \quad (5)$$

$$T = \text{Voltaje saliente} * 100 \quad (6)$$

Donde:

T : temperatura

V : voltaje saliente

Posteriormente obtiene los grados centígrados que al convertir el voltaje a grados.

Para adjuntar un nuevo bloque de lectura analógica, se incluyó el sensor Fsr de fuerza para así agregar el pin 1 analógico, se cablearon la entrada y salida del while loop. Por último, se creó un grafica para observar los datos adquiridos.

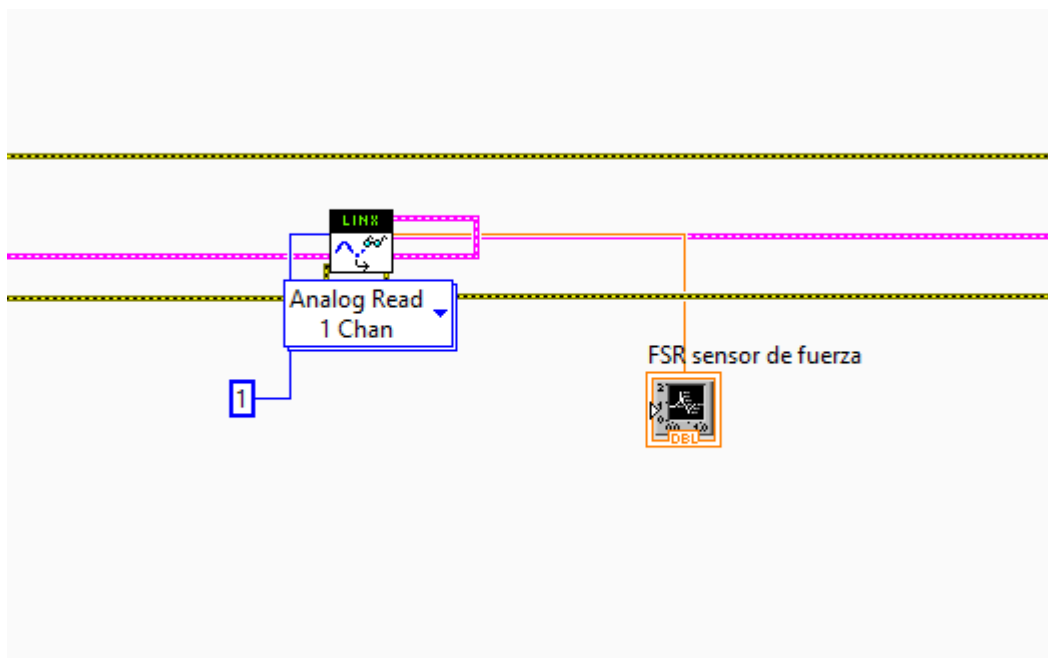


Ilustración 38: Programación en LabVIEW del sensor de fuerza fsr.

Se añadió un canal de linx, para conectarlo al servomotor, que posteriormente se agregó una constante con el valor de 2, para que se conectara a un indicador. Que después se cableo al canal de linx con la entrada y salida de este panel frontal.

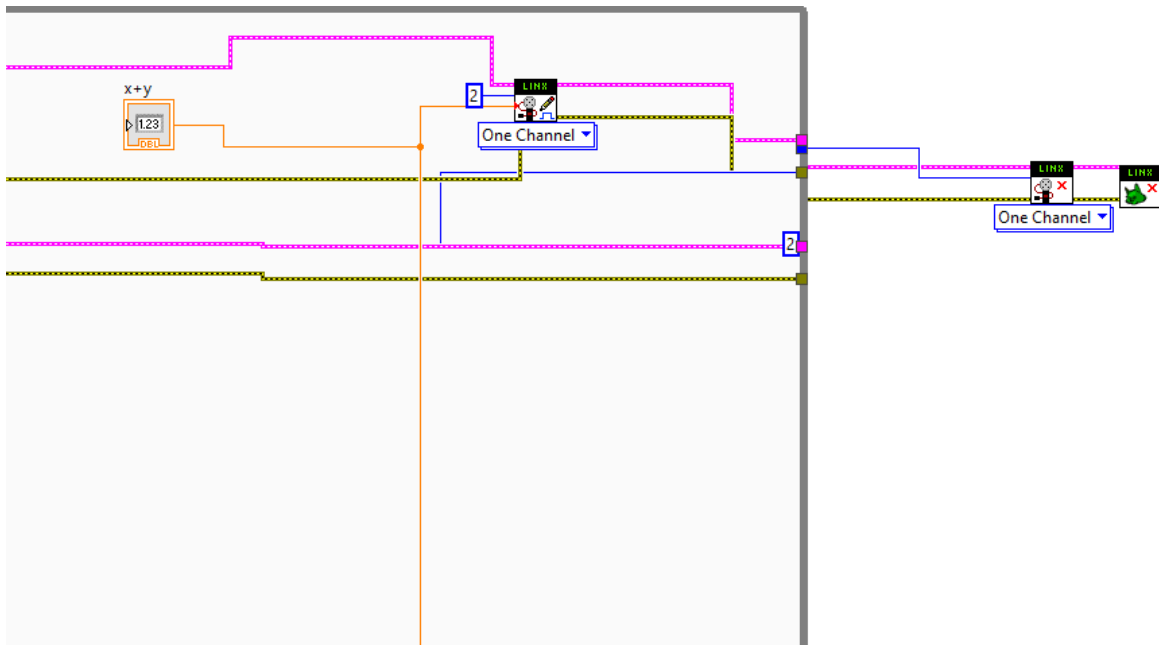


Ilustración 39: Programación en LabVIEW del servomotor

En el panel frontal se colocó una estructura de caso, para la estructura falsa se agregó un mayor que a 360 que significa la circunferencia completa en la que puede girar el sensor con el servomotor.

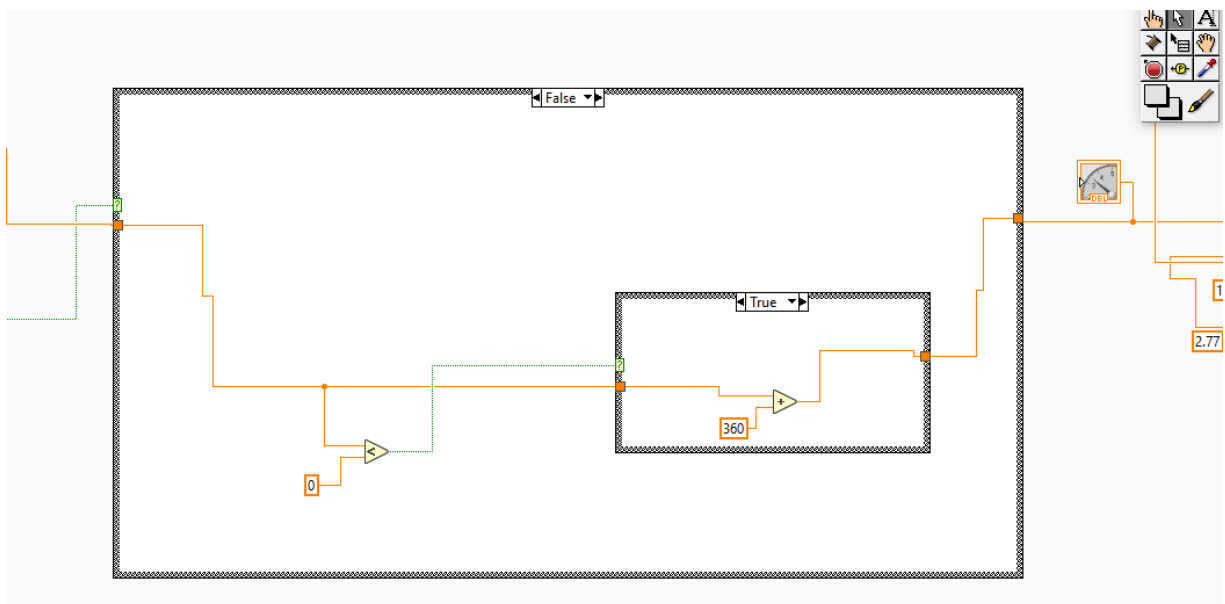


Ilustración 40: Programación en LabVIEW del servomotor estructura del caso verdadero o falso.

Para definir la estructura verdadera se agregó un mayor igual con una constante de 360, para agregar un estándar de medida en cual representa el servomotor y a que ángulo se encontraba el sensor.

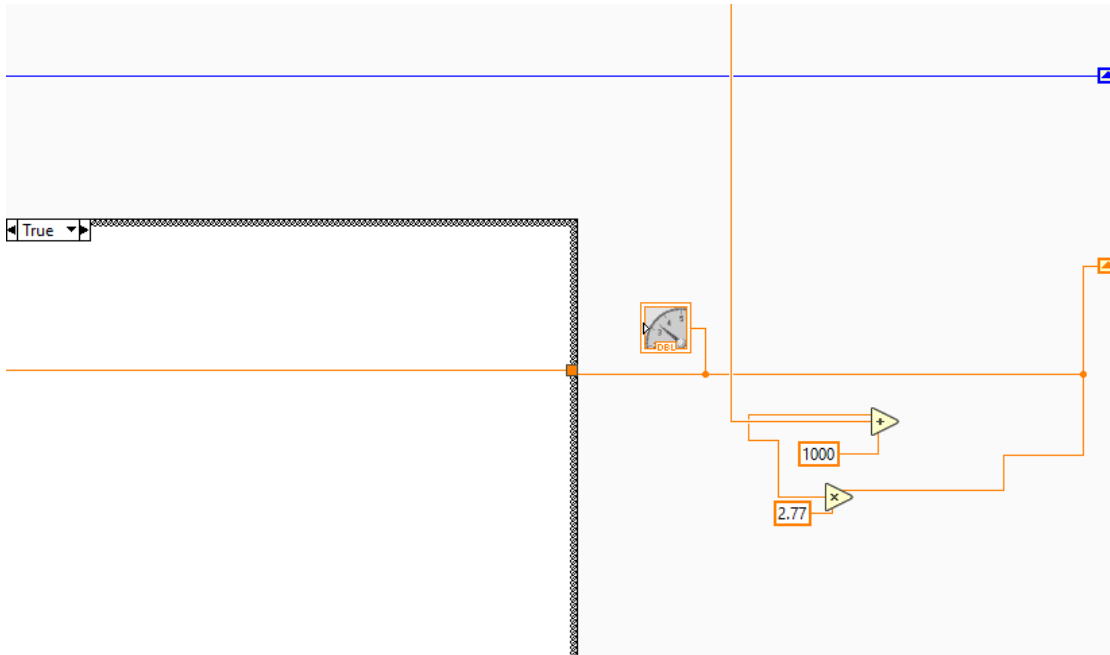


Ilustración 41: Programación del servomotor para la lectura de ángulo de dirección .

10.6.2 Fórmula para calcular el ángulo de dirección de la veleta

$$Servo = (ang_x) * (250) + 750 \quad (7)$$

Donde:

ang_x : Ángulo de x

$servo$: servomotor (actuador rotativo)

Antes de calcular el ángulo de dirección hay que entender:

El valor de ángulo de los puntos cardinales que son:

El norte (N) es de 0° o 360° , el este (E) es de 90° , el sur (S) es de 180° y el oeste (O) es a 270° .

Para calcular el ángulo de dirección es necesario saber que 250 es un factor de escala, al multiplicar el de *ang_x*, lo que significa que el valor final dependerá de cuán grande sea *ang_x*.

750: Este valor del desplazamiento, se suma al resultado de la multiplicación para ajustar el valor final, asegurando que el valor de salida de la fórmula esté en un rango adecuado para controlar el servo motor.

El *ang_x*: es el valor del ángulo que se está calculando.

$$Servo = Ang_z(2.77) + 1000 \quad (8)$$

Donde:

ang_x: Ángulo de *x*

servo: servomotor (actuador rotativo)

Para calcular la posición del servomotor:

El ángulo (2.77) es el valor que es representado en radianes que es el control de movimiento en un eje.

El valor 1000 es el valor de la suma de 250 + 750 de la formula anterior y que representa el ángulo 0 de la dirección del sensor.

$$gyroz_dps = \left(\frac{gyroz}{131} \right) \quad (9)$$

Donde:

gyroz: giros del ángulo z

Para calcular velocidad de rotación en grados es necesario saber que:

La fórmula indica que para obtener la velocidad angular en grados por segundo (*gyroz_dps*), se toma el valor medido por el giroscopio y se divide entre 131.

10.7 Anemómetro RS485 Sensor de Velocidad del Viento SEN0483

El anemómetro Sen0483, se conectó a l voltaje de 5V y posteriormente a la tierra de la placa Arduino. Para conectar los pines del sensor MAX485 el pin Ro se conectó al pin analógico 11, los pines (Re) y (De)al pin 10, para crear un puente y conectar a estos. El ultimo pin Di se conectó al pin 9 analógico del Arduino, la alimentación y la tierra del anemómetro se conectaron a una fuente de alimentación de 24v.

Nos sirvió para medir la magnitud de la velocidad total en uno plano, o el componente de velocidad en una dirección específica.

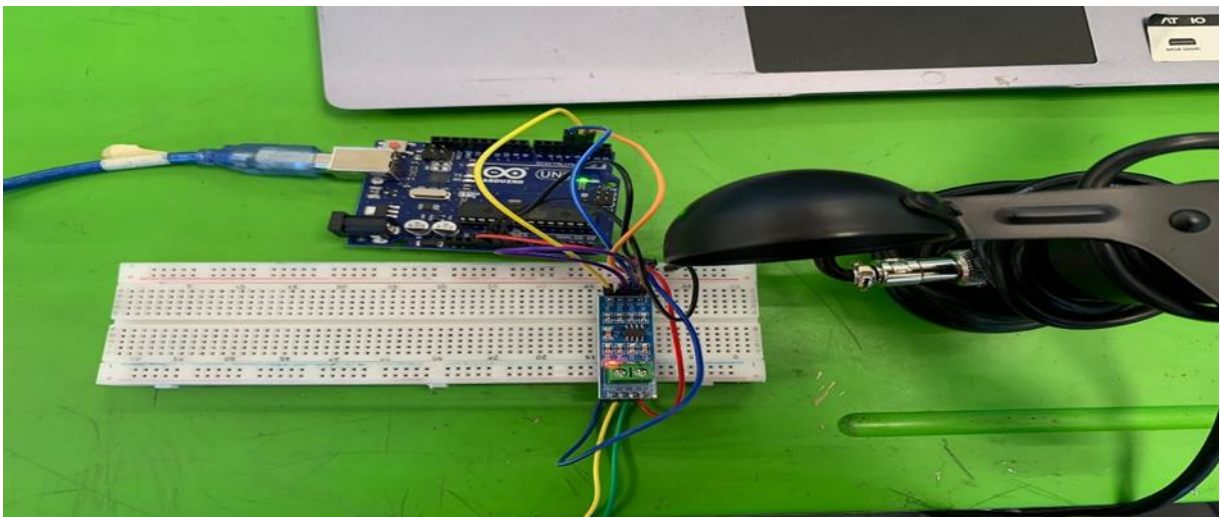


Ilustración 42 Conexión de una protoboard al Anemómetro RS485.

En la siguiente imagen se puede observar la lectura de la velocidad del viento en el software de Arduino uno.

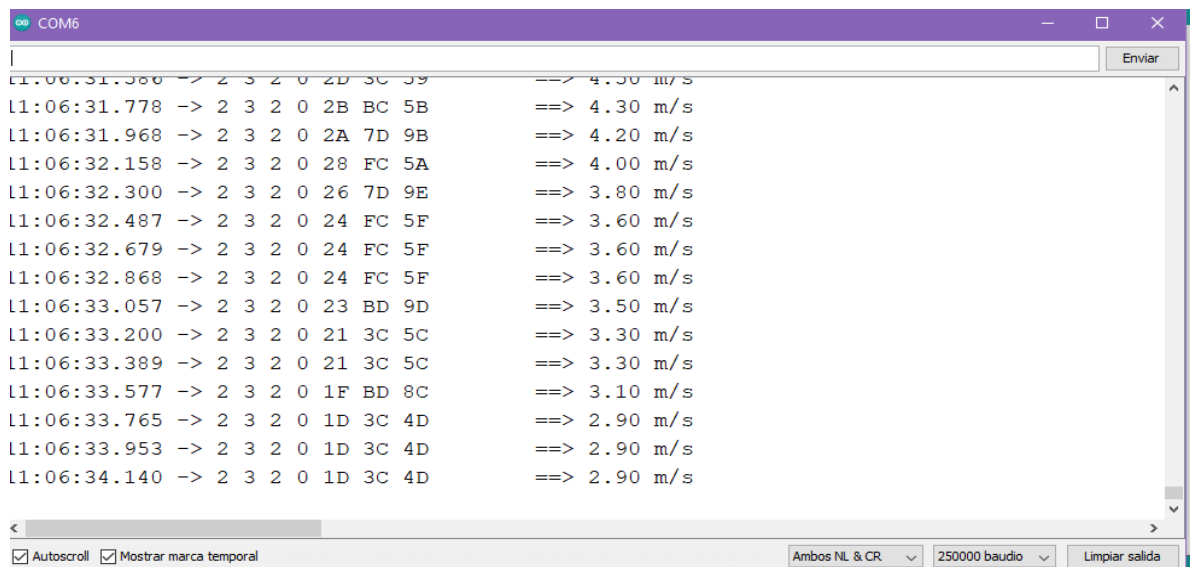


Ilustración 43: Lectura de la velocidad del viento en el software Arduino.



Ilustración 44 Análisis de comparación del anemómetro

En la imagen 44 se está comparando un rango de velocidad con los datos obtenidos de la imagen 43.

Por último, se procedió a realizar la programación del anemómetro en LabVIEW, para agregar un bloque de ancho del pulso de este mismo, para agregar un indicador y dos constantes una para la salida del tiempo de espera de 10ms y otra al pin de salida con Arduino uno. En la que se agregó una función numérica de multiplicación para multiplicarla por el valor de 0.0317, la cual representa una regla de tres para convertir a un rango de la velocidad m/s. Se finalizo conectando una gráfica para visualizar el rango de velocidad del viento.

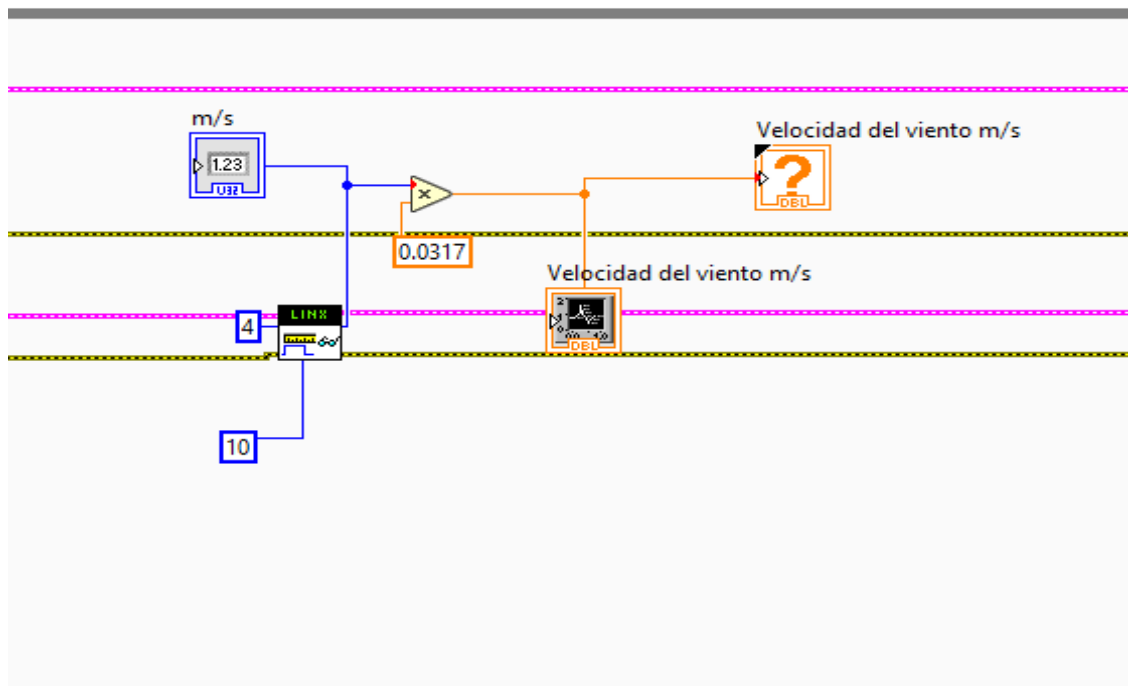


Ilustración 45: Programación en el diagrama de bloques del sensor de Velocidad del Viento SEN0483.

11. Diagrama de los sensores utilizados para el monitoreo de un túnel de viento

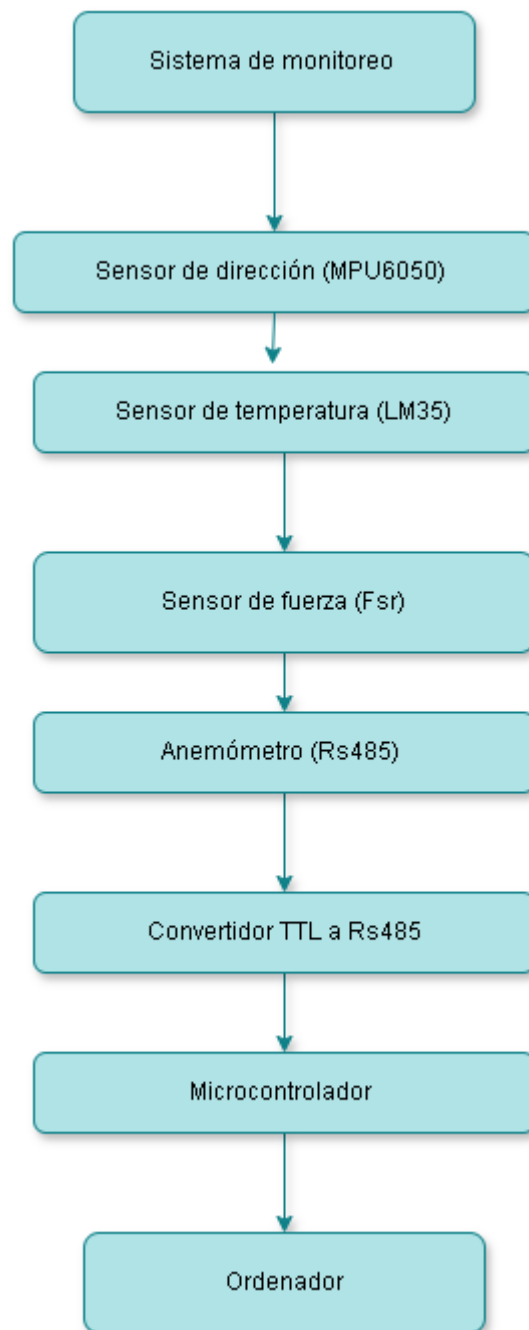


Diagrama 2

12. Pruebas finales

A continuación, se presentan las pruebas finales realizadas con el propósito de verificar el funcionamiento de los sensores.



Ilustración 46 Prueba 1 Comprobación de los sensores



Ilustración 47 Prueba 2 Vela y Anemómetro



Ilustración 48 Prueba 3



Ilustración 49 Prueba 4. Sensor de fuerza



Ilustración 50 Prueba 5. Ajustes de los sensores

13. Resultados

Tras la realización de la investigación de los sensores mencionados anteriormente, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Se determinó que un túnel de viento automatizado con los sensores de dirección, fuerza, velocidad y temperatura son capaces de transformar estímulos físicos en información precisa.

Para obtener las mediciones de los sensores, se realizó un sistema de adquisición, en el cual se conectaron los sensores al sistema. Mediante la interfaz del software LabVIEW se observó los datos de cada uno de estos.

Durante cada sesión de prueba, se registraron valores de cada uno de los sensores mencionados. Cada conjunto de mediciones fue repetido al menos tres veces para validar los datos.

Se logró con éxito el sistema de monitoreo de un túnel en la LabVIEW en el que se integró funciones numéricas, estructura de ciclo, controles, indicadores, constantes de los pines en Arduino, diagramas de bloques digitales y analógicos.

El objetivo de control del sistema fue supervisar y regular automáticamente las condiciones de operación del túnel de viento, asegurando que variables clave. La instrumentación virtual permitió integrar múltiples sensores y actuadores en una plataforma centralizada, facilitando la adquisición de datos en tiempo real y la ejecución de ajustes automáticos.

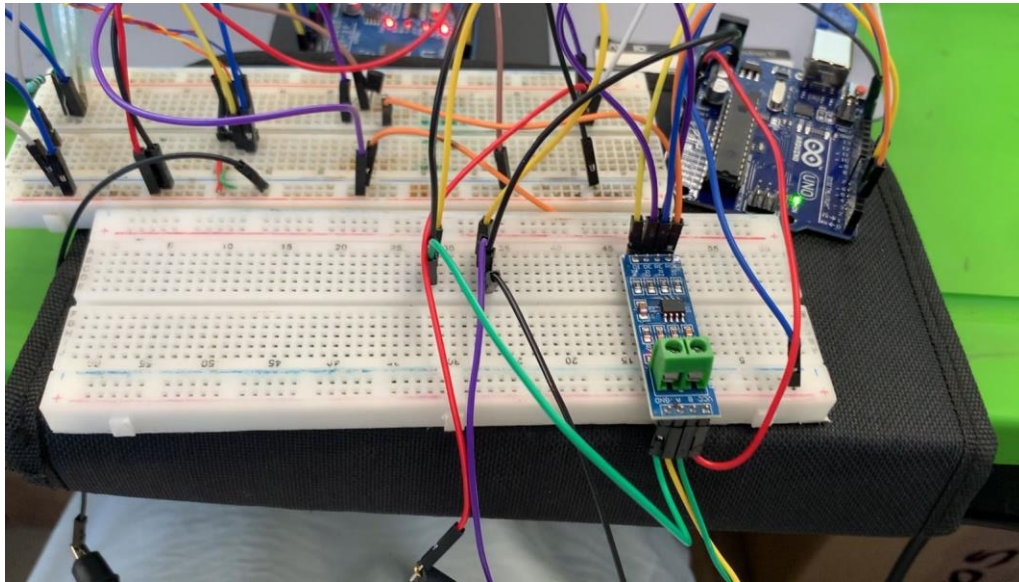


Ilustración 51 Conexión general de los señores en funcionamiento a dos placas Arduino uno.

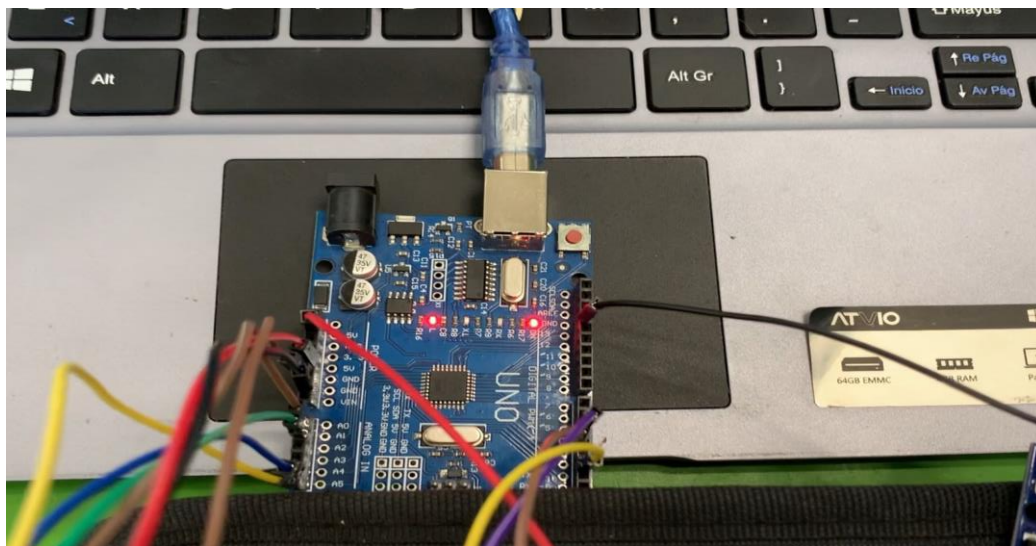


Ilustración 52 Primera placa Arduino uno, para la conexión de los sensores a los pines analógicos y digitales.

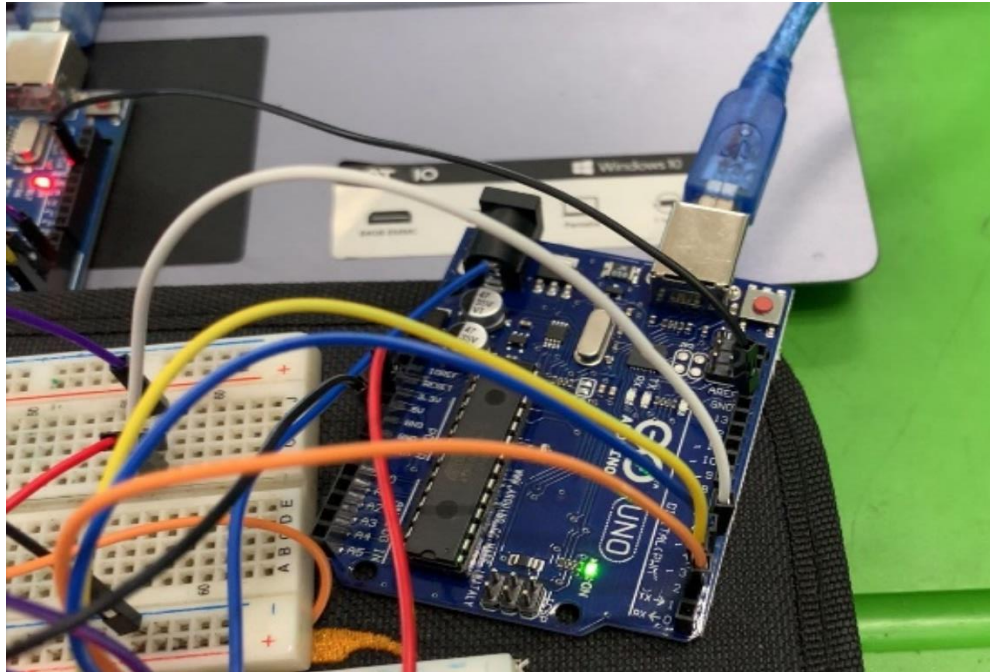


Ilustración 53 Segunda placa Arduino uno, para la conexión del anemómetro a los pines analógicos y digitales.



Ilustración 54 Medición de la velocidad del viento m/s.



Ilustración 55 Ventilador usado para obtener la medición de la velocidad del viento.

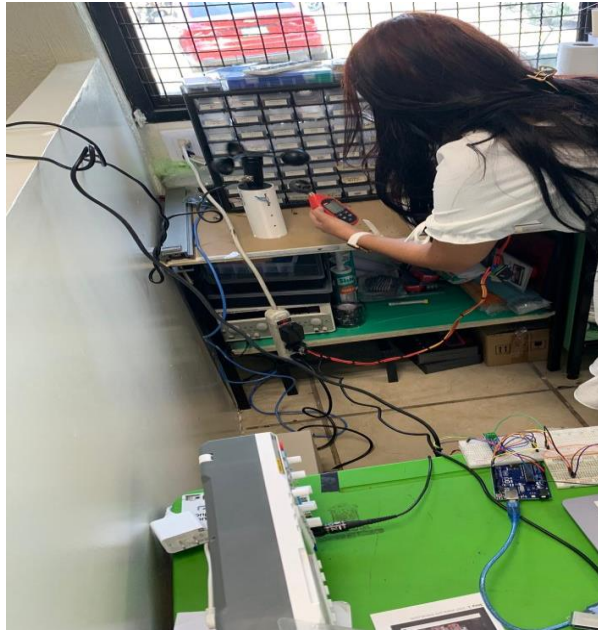


Ilustración 56 Comprobación de datos

En las imágenes presentadas anteriormente, se llevó a cabo la verificación de la velocidad del viento utilizando un anemómetro. Los datos obtenidos a través de este sistema fueron precisos, lo que permitió confirmar la velocidad de las mediciones realizadas.

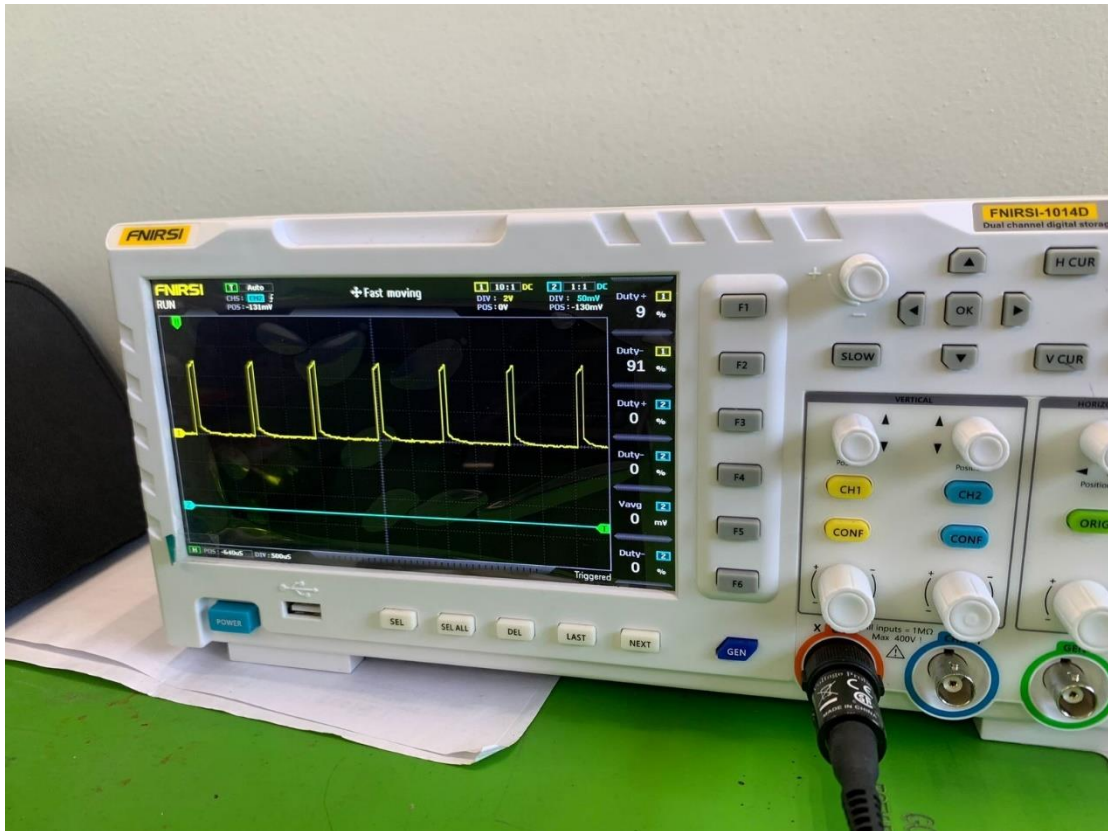


Ilustración 57 Transmisión del osciloscopio sobre el comportamiento del anemómetro.

En la imagen anterior se visualizó la señal de salida del anemómetro que varía en función de la velocidad del viento y la forma de onda de la señal en función del tiempo. Al igual que se verificó el funcionamiento del anemómetro.

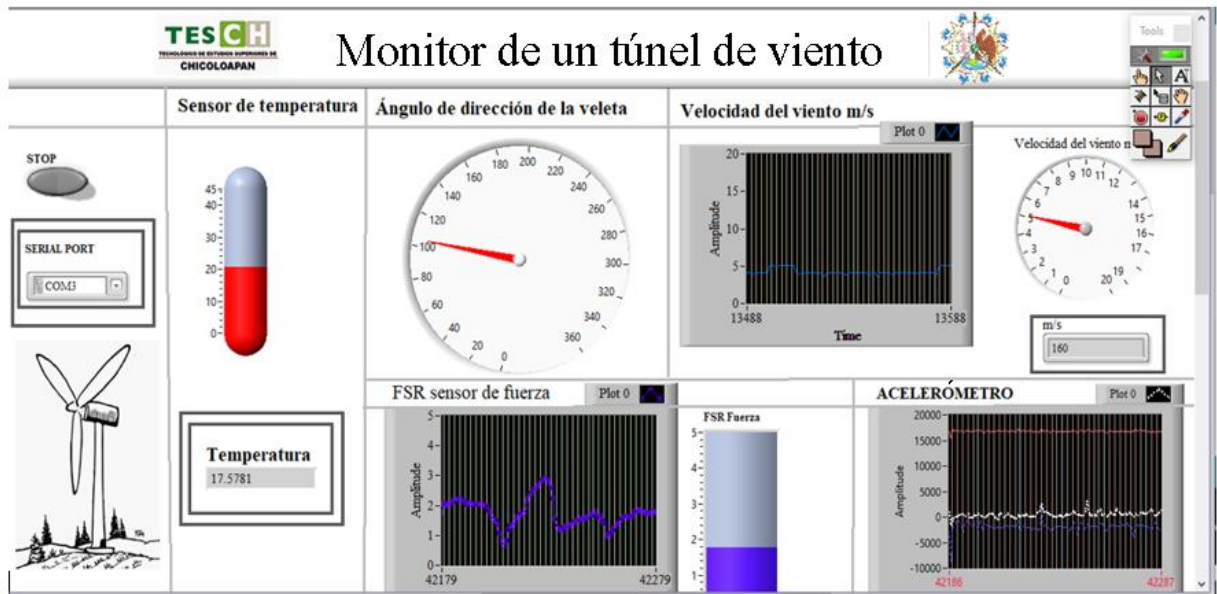


Ilustración 58 Monitor de un Túnel de viento

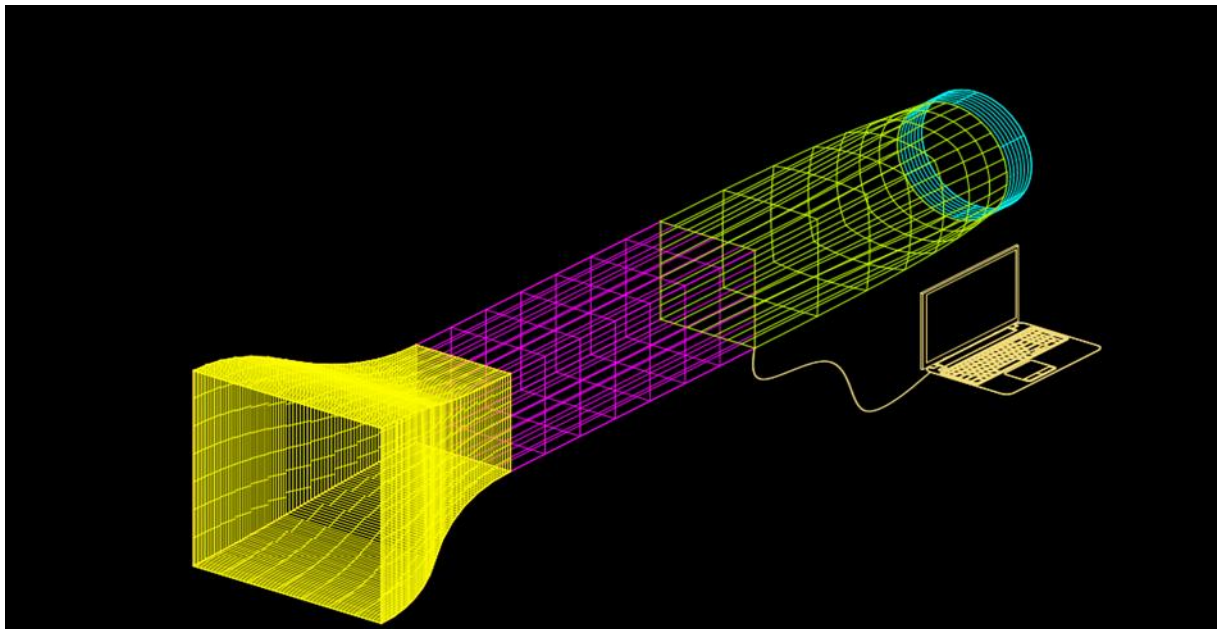


Ilustración 59 Diseño de un Túnel de viento abierto.

En la imagen 58 corresponde a una interfaz gráfica desarrollada en LabVIEW para el monitoreo de un túnel de viento.

El sistema está compuesto por varios módulos de adquisición de datos y representación gráfica que permiten una supervisión en tiempo real de magnitudes físicas.

En la parte izquierda de la interfaz se encuentra el módulo correspondiente a la temperatura ambiente, medido mediante el sensor Im35. Esta medición es esencial para evaluar las condiciones del entorno, ya que la temperatura puede influir en la densidad del aire y, por ende, en la dinámica del viento.

La dirección del viento se mide utilizando una veleta digital conectada al sistema, cuyo valor se representa mediante un medidor circular con escala de 0 a 360 grados. Esta dirección indica hacia donde se dirige el flujo del viento dentro del túnel.

El acelerómetro integrado permite registrar la aceleración que se producen en el sistema como resultado del paso del viento. Esta información es vital para evaluar la estabilidad estructural y la respuesta dinámica de elementos sometidos al flujo de aire.

El sensor de fuerza Fsr se encarga de medir la fuerza que el viento ejerce sobre una superficie determinado dentro del túnel. El sensor fsr traduce esa presión en una señal que se ve reflejado en el gráfico, donde se observa los cambios en la fuerza aplicada a lo largo de un intervalo.

En la imagen 59 se muestra el diseño de un túnel de viento realizado con el software de AutoCAD, con las siguientes características:

- Altura 30cm
- Grosor 2.5 cm.
- Circunferencia 3.5 cm
- Radio 1.75cm,

En la siguiente tabla se muestra las características que se obtuvo para el sistema de instrumentación virtual del túnel de viento.

Tabla 6 Variables del túnel de viento

	Prueba	Unidad de medida	Instrumento de medición
Velocidad de viento	10.30	(m/s)	Anemómetro
	8.18		
	3.60		
Ángulo de giro	270 °	Grados (°)	Giroscopio (Sensor MPU6050)
	119 °		
	45 °		
Tiempo	20	Segundos	Cronómetro
	16		
	11		



Ilustración 60 Túnel de Viento abierto.



Ilustración 61 Parte trasera del túnel de viento



Ilustración 62 Parte delantera del túnel de viento

En las imágenes presentadas anteriormente se puede observar el túnel de viento desde distintos ángulos, lo cual permite apreciar con mayor detalle su estructura y diseño. Asimismo, se destacan los sensores instalados en la zona de ensayos, cuya ubicación ha sido cuidadosamente seleccionada para garantizar la precisión en la recolección de datos durante las pruebas.

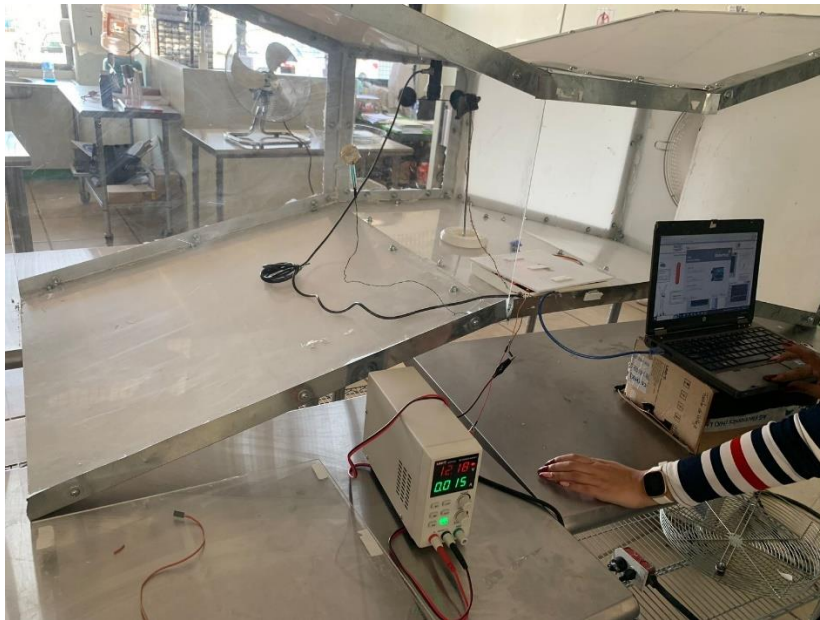


Ilustración 63 Prueba general del túnel de viento



Ilustración 64 Zona de pruebas

14.Sobre la discusión

Los resultados indican que, a lo largo del desarrollo del sistema automatizado de adquisición de datos en un túnel de viento, permiten establecer una relación clara con la hipótesis y los objetivos propuestos. La hipótesis se planteó un sistema de instrumentación virtual que representa una alternativa viable para el desarrollo del sistema de monitoreo integrado a los sensores, dada su adaptabilidad y facilidad de visualización mediante la interfaz gráfica. Los datos registrados durante las pruebas experimentales confirman, al evidenciar, que los sensores fueron capaces de transformar estímulos físicos en información cuantificable, utilizando el entorno LabVIEW.

En las pruebas preliminares arrojaron resultados consistentes, con registros estables tras la repetición de mediciones. Desde una interpretación crítica, si bien los resultados son alentadores, deben considerarse ciertas limitaciones. En primer lugar, la precisión de los sensores depende significativamente de su calibración y del entorno de prueba, el cual en este caso fue controlado. Asimismo, la interfaz desarrollada en LabVIEW.

Durante el desarrollo del sistema de monitoreo, se presentaron diversas dificultades técnicas y operativas, las cuales fueron:

La integración de sensores con diferentes interfaces de comunicación, uno de los mayores retos fue la integración de sensores con los distintos tipos de salida , tales como analógica (LM35, FSR), digital (MPU6050 por I2C) y serial (anemómetro por RS485). Esto requirió un diseño cuidadoso del sistema de adquisición, considerando la compatibilidad eléctrica y lógica entre dispositivos, así como la gestión de múltiples protocolos de comunicación dentro de una misma plataforma.

La comunicación con el anemómetro mediante el protocolo RS485 presentó complicaciones, especialmente en la fase inicial, debido a la falta de documentación técnica precisa y la complejidad del protocolo Modbus RTU. Fue necesario realizar pruebas exhaustivas para establecer correctamente la comunicación, definir la dirección de los registros y ajustar la velocidad en baudios del convertidor TTL-RS485.

Además, durante la programación del anemómetro surgieron algunas complicaciones con el código porque, cuando se subió el código a Arduino, no enviaba ninguna señal al monitor.

Se proponen las siguientes mejoras:

- Aplicar procesamiento en tiempo real para la identificación de valores y corrección de datos erróneos.
- Integrar sensores adicionales como sensores de humedad o sensores ópticos de fluido.
- Validar el sistema fuera del laboratorio, en condiciones ambientales o con flujo de aire turbulento.
- Incorporar análisis predictivo para anticipar fallas en sensores o en el sistema.

En síntesis, la hipótesis inicial fue confirmada, y los objetivos específicos fueron alcanzados de manera satisfactoria. El sistema desarrollado demuestra ser una solución viable para el monitoreo de variables físicas en túneles de viento, mediante el uso de instrumentación virtual. No obstante, se identifican áreas de mejora importantes que deben abordarse para garantizar su adaptación a entornos más complejos.

Además, durante la programación del anemómetro surgieron algunas complicaciones con el código porque, cuando se subió el código a Arduino, no enviaba ninguna señal al monitor. Por lo que nos llevó a investigar acerca de este error y remplazarlo por un código completo.

A continuación, se proponen algunas mejoras:

- Aplicar procesamiento en tiempo real para la identificación de valores y corrección de datos erróneos.
- Integrar sensores adicionales como sensores de humedad o sensores ópticos de fluido.
- Validar el sistema fuera del laboratorio, en condiciones ambientales o con flujo de aire turbulento.
- Incorporar análisis predictivo para anticipar fallas en sensores o en el sistema.

En síntesis, la hipótesis inicial fue confirmada, y los objetivos específicos fueron alcanzados de manera satisfactoria. El sistema desarrollado demuestra ser una solución viable para el monitoreo de variables físicas en túneles de viento, mediante el uso de instrumentación virtual. No obstante, se identifican áreas de mejora importantes que deben abordarse para garantizar su adaptación a entornos más complejos.

15. Conclusiones

Como conclusiones sabemos que el desarrollo de un sistema de instrumentación virtual para la automatización de un túnel de viento representa un avance significativo en la modernización de las pruebas aerodinámicas. Con una instrumentación precisa y un control automatizado, este sistema no solo optimiza los procesos de recolección y análisis de datos, sino que también mejora la capacidad de innovación en los diseños aerodinámicos.

A lo largo del desarrollo del proyecto se logró cumplir con los objetivos propuestos. En primer lugar, se definieron las variables de interés, dirección, velocidad, temperatura y fuerza como parámetros fundamentales para la caracterización del comportamiento aerodinámico en el túnel de viento. Posteriormente, se realizó el acondicionamiento en uno de los sensores seleccionados, afirmando que las señales entregadas estuvieran dentro de los rangos de lectura para el sistema de adquisición.

La integración de los sensores a una tarjeta de adquisición de datos permitió establecer una conexión entre el sistema físico y el entorno digital.

Finalmente, las pruebas preliminares del sistema de monitoreo evidenciaron un comportamiento estable y confiable, lo que valida una propuesta para la futura automatización del túnel de viento. En conjunto, los resultados obtenidos sientan una base sólida para el desarrollo del sistema de instrumentación avanzado, orientado a la mejora en la recolección y análisis de datos experimentales en estudios aerodinámicos.

Este proyecto se plantea como una base inicial que podrá continuar desarrollándose en el futuro, con el objetivo de facilitar y promover la investigación aplicada en el ámbito de la ingeniería de energías renovables, especialmente en lo que respecta a las áreas de aerodinámica y programación.

Al establecer una plataforma o metodología que integre estos campos, se busca no solo optimizar los procesos de diseño y análisis, sino también fomentar el desarrollo de nuevas tecnologías que contribuyen a mejorar la eficiencia y sostenibilidad. De esta

manera, el trabajo realizado sienta un precedente importante para futuros estudios, permitiendo que otros investigadores y estudiantes puedan ampliarlo y adaptarlo como referencia en sus propias líneas de investigación.

16. Bibliografía

- [1] D. S. Enrique Bermeo, «Diseño y construcción de un túnel de viento para análisis aerodinámico en vehículos a escala,» Marzo 2012. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2001/15/UPS-CT002361.pdf>. [Último acceso: 17 Enero 2025].
- [2] P. S. Enrique Bermeo, «Diseño y construcción de un túnel de viento para análisis aerodinámico en vehículos a escala,» Marzo 2012. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2001/15/UPS-CT002361.pdf>. [Último acceso: 17 Enero 2025].
- [3] Edensa, «Edensa Fundación,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/que-es-la-energia>.
- [4] S. p. todos, «Sostenibilidad para todos,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.sostenibilidad.com/desarrollo-sostenible/>.
- [5] D. e. E. M. A. Espinosa, «Energía Copilación de información,» 16 Octubre 2017. [En línea]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/154798687.pdf>. [Último acceso: 15 Agosto 2025].
- [6] «ENERGÍA POTENCIAL Y ENERGÍA CINÉTICA,» 24 Marzo 2025. [En línea]. Available: http://oacampusvirtual.uadec.mx/cursos/Preparacion/Bachillerato_2025/M1/PDF/pdfs/energia_potencial2.pdf. [Último acceso: 15 Agosto 2025].
- [7] Repsol, «Energía mareomotriz: ¿Qué es y cómo funciona?,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/futuro-planeta/energia-mareomotriz/index.cshtml>.
- [8] M. Rodríguez, «Energía-hidráulica-origen-tipos-ventajas,» 19 Junio 2023. [En línea]. Available: <https://www.lineaverdehuelva.com/lv/consejos->

ambientales/Energia-hidraulica-origen-tipos-ventajas-y-desventajas/Energia-hidraulica-origen-tipos-ventajas-y-desventajas.pdf. [Último acceso: 15 Agosto 2025].

- [9] J. A. H. M, «La sustentabilidad de la energía geotérmica y sus impactos,» 21 Enero 2018. [En línea]. Available: https://iydt.wordpress.com/wp-content/uploads/2018/02/3-1_la-sustentabilidad-de-la-energ3ada-geotc3a9rmica-y-sus-impactos-ambientales.pdf. [Último acceso: 15 Agosto 2025].
- [10] REPSOL, «Todo sobre las fuentes de energia renovables,» 2025. [En línea]. Available: <https://www.repsol.com/es/conocenos/que-hacemos/desarrollo-energias-renovables/tipos-energia-renovable/index.cshtml>.
- [11] REPSOL, «Todo sobre las fuentes de enrgia renovables,» 2025 . [En línea]. Available: <https://www.repsol.com/es/conocenos/que-hacemos/desarrollo-energias-renovables/tipos-energia-renovable/index.cshtml>.
- [12] REPSOL, «Todo sobre las fuentes de energia renovables,» 2025. [En línea]. Available: <https://www.repsol.com/es/conocenos/que-hacemos/desarrollo-energias-renovables/tipos-energia-renovable/index.cshtml>.
- [13] REPSOL, «Todo sobre las fuentes de enrgia renovables,» 2025 . [En línea]. Available: <https://www.repsol.com/es/conocenos/que-hacemos/desarrollo-energias-renovables/tipos-energia-renovable/index.cshtml>.
- [14] Argentina.gob.ar, «¿Qué son las energías renovables?,» 2022. [En línea]. Available: argentina.gob.ar/economia/energia/energia-electrica/renovables/que-son-las-energias-renovables#2. [Último acceso: 8 septiembre 2024].
- [15] J. d. I. C. TORRES, «Convertidor de potencia CC/CA,» [En línea]. Available: https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/40033/fichero/VOLUMEN_2%252

FMEMORIA+DESCRIPTIVA+Y+T%C3%89CNICA.pdf. [Último acceso: 11 Septiembre 2024].

- [16] W. Bristol Estudillo, «Diseño construcción y evaluación de un control electrónico SPMP para un aerogenerador de baja potencia,» 2018. [En línea]. Available: <https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/729>. [Último acceso: 12 Septiembre 2024].
- [17] Structuralia, «Aerogeneradores de eje vertical y horizontal: tipos, pros y contras,» 16 Julio 2018. [En línea]. Available: <https://blog.structuralia.com/aerogeneradores-de-eje-vertical-y-horizontal-tipos-ventajas-e-inconvenientes>. [Último acceso: 14 Septiembre 2024].
- [18] Ceupe, «¿Qué es un aerogenerador y cómo funciona?,» [En línea]. Available: <https://www.ceupe.com/blog/aerogenerador.html>. [Último acceso: 15 Septiembre 2024].
- [19] P. C. Nuria Jiménez, «Aerogeneradores funcionamiento y marco normativo de prevención de riesgos,» 2014. [En línea]. Available: Su elevada rigidez garantiza altas frecuencias naturales y, al mismo tiempo, también reduce significativamente la desviación del modelo, un factor crítico cuando se mide la aeroelasticidad o para las mediciones en túneles de viento transónicos. .
- [20] P. C. Rodríguez, «Aerogeneradores (I): funcionamiento y marco,» 2014. [En línea]. Available: <https://www.aeeolica.org/uploads/documents/10170-aerogeneradores-i-funcionamiento-y-marco-normativo-de-prevencirn-de-riesgos-laborales.pdf>. [Último acceso: 20 Septiembre 2024].
- [21] I. T. y. e. renovables, «Túnel de viento,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.iter.es/portfolio-items/tunel-de-viento/>.
- [22] J. P. Emmanuel Fallas, «Principales túneles de viento en la investigación sobre energía eólica alrededor del mundo,» abril 2021. [En línea]. Available:

https://www.researchgate.net/publication/351764251_Principales_tuneles_de_viento_en_la_investigacion_sobre_energia_eolica_alrededor_del_mundo.

- [23] E. F. .. Padilla, «Principales túneles de viento en la investigación sobre energía eólica alrededor del mundo,» abril 2021. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/351764251_Principales_tuneles_de_viento_en_la_investigacion_sobre_energia_eolica_alrededor_del_mundo.
- [24] J. P. Emmanuel Fallas, «Principales túneles de viento en la investigación sobre energía eólica alrededor del mundo,» abril 2021. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/351764251_Principales_tuneles_de_viento_en_la_investigacion_sobre_energia_eolica_alrededor_del_mundo.
- [25] V. Garcia, «Practicas con sensor de 3 ejes y arduino,» 9 septiembre 2015. [En línea]. Available: <https://www.diarioelectronicohoy.com/blog/sensor-mpu6050>.
- [26] U. Electronics, «Servomotor SG 90,» 2023. [En línea]. Available: <https://uelectronics.com/producto/servomotor-sg90-rc-9g/>.
- [27] Markeguides, «Resistor de Detección de Fuerza (FSR) con Tutorial Arduino,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.makerguides.com/fsr-arduino-tutorial/>.
- [28] H. T. Profesionales, 23 Abril 2021. [En línea]. Available: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/lm35/>.
- [29] U. Electric, «Anemómetro RS485 Sensor de Velocidad del Viento SEN0483,» 2023. [En línea]. Available: <https://uelectronics.com/producto/anemometro-rs485-sensor-de-velocidad-del-viento-sen0483/>.
- [30] A. Electronica, «MODULO CONVERTIDOR DE TTL A RS486,» 4 Octubre 2019. [En línea]. Available: <https://agelectronica.lat/pdfs/textos/O/OKY3473.PDF>.
- [31] Y. Fernández, «Que es Arduino , como funciona y que puedes hacer con uno,» Que es Arduino , como funciona y que puedes hacer con uno , 2024. [En línea].

Available: <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno#>.

- [32] C. E. M. Ltda., «¿Qué es la Instrumentación Virtual?,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=471>.
- [33] J. O. Antonio Lazaro, «Instrumentación Virtual,» junio 2002. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/230819694_Instrumentacion_Virtual.
- [34] J. O. Antonio Lazarp, «Instrumentación Virtual,» junio 2002. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/230819694_Instrumentacion_Virtual.
- [35] NI, «Manual de referencia de programación de LabVIEW,» 14 Marzo 2025. [En línea]. Available: <https://www.ni.com/docs/en-US/bundle/labview-api-ref/page/structures/for-loop.html>. [Último acceso: 21 Mayo 2025].
- [36] N. Instruments, «LabVIEW Programming Reference Manual,» 14 March 2025. [En línea]. Available: <https://www.ni.com/docs/en-US/bundle/labview-api-ref/page/structures/while-loop.html>. [Último acceso: 22 Mayo 2025].
- [37] N. Instruments, «LabVIEW Programming Reference Manual,» 14 March 2025. [En línea]. Available: <https://www.ni.com/docs/en-US/bundle/labview-api-ref/page/structures/case-structure.html>. [Último acceso: 2025 Mayo 2025].
- [38] N. Instruments, «LabVIEW Programming Reference Manual,» 14 march 2025. [En línea]. Available: <https://www.ni.com/docs/en-US/bundle/labview-api-ref/page/structures/event-structure.html>. [Último acceso: 22 mayo 2025].
- [39] N. Instruments, «LabVIEW Programming Reference Manual,» 12 march 2025. [En línea]. Available: <https://www.ni.com/docs/en-US/bundle/labview-api-ref/page/structures/in-place-element-structure.html>. [Último acceso: 22 mayo 2025].

- [40] N. Instruments, «LabVIEW Programming Reference Manual,» 14 march 2025. [En línea]. Available: <https://www.ni.com/docs/en-US/bundle/labview-api-ref/page/structures/flat-sequence.html>. [Último acceso: 22 mayo 2025].
- [41] N. Instruments, «LabVIEW Programming Reference Manual,» 14 march 2025. [En línea]. Available: <https://www.ni.com/docs/en-US/bundle/labview-api-ref/page/functions/formula-node.html>. [Último acceso: 22 mayo 2025].
- [42] N. Instruments, «LabVIEW Programming Reference Manual,» 14 march 2025. [En línea]. Available: <https://www.ni.com/docs/en-US/bundle/labview-api-ref/page/structures/diagram-disable-structure.html>. [Último acceso: 22 mayo 2025].
- [43] N. Instruments, «LabVIEW Programming Reference Manual,» 14 march 2025. [En línea]. Available: <https://www.ni.com/docs/en-US/bundle/labview-api-ref/page/functions/feedback-node.html>. [Último acceso: 22 mayo 2025].
- [44] [En línea]. Available: <https://www.fii.gob.ve/propuesta-para-el-diseno-de-un-tunel-de-viento/?print=print>.
- [45] E. wings, «Servo Motor Interfacing with PIC18F4550,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.electronicwings.com/pic/servo-motor-interfacing-with-pic18f4550>.
- [46] E. System, «Claves para el mantenimiento de instalaciones eléctricas básicas,» 2020. [En línea]. Available: <https://electrosystem.com.py/claves-para-el-mantenimiento-de-instalaciones-electricas-basicas/#:~:text=El%20mantenimiento%20rutinario%20de%20las,conductores%20y%20disyuntores%2C%20entre%20otros>. [Último acceso: Mayo 2024].
- [47] P. Stoffregen, «SoftwareSerial,» Septiembre 2024. [En línea]. Available: <https://github.com/PaulStoffregen/SoftwareSerial>.

- [48] P. Stoffregen, «SoftwareSerial,» Septiembre 2024. [En línea]. Available: <https://github.com/PaulStoffregen/SoftwareSerial>.
- [49] SOLARAMA, «Guía completa para dar mantenimiento a los paneles solares,» 2022. [En línea]. Available: <https://solarama.mx/blog/mantenimiento-a-paneles-solares/>. [Último acceso: Marzo 2024].
- [50] I. Solar, Curso de Sistemas Fotovoltaicos Interconectados a la Red Nivel Residencial y Comercial, Primera ed., México: InterAmericana , 2024.
- [51] A. Solar, «Elementos de protección de la instalación fotovoltaica,» 2022. [En línea]. Available: <https://albasolar.es/elementos-de-proteccion-de-la-instalacion-fotovoltaica/>. [Último acceso: Mayo 2024].
- [52] E. y. Sociedad, «Aspectos básicos de la electricidad,» 2024. [En línea]. Available: [https://www.energiaysociedad.es/manual-de-la-energia/1-1-aspectos-basicos-de-la-electricidad/#:~:text=Los%20par%C3%A1metros%20b%C3%A1sicos%20que%20permiten,vatios%2Dhora%2C%20Wh](https://www.energiaysociedad.es/manual-de-la-energia/1-1-aspectos-basicos-de-la-electricidad/#:~:text=Los%20par%C3%A1metros%20b%C3%A1sicos%20que%20permiten,vatios%2Dhora%2C%20Wh.). [Último acceso: Mayo 2024].
- [53] C. SECURITY, «Medidas de seguridad en instalaciones fotovoltaicas,» 2024. [En línea]. Available: <https://covertsecurity.es/medidas-de-seguridad-en-instalaciones-fotovoltaicas-2/>. [Último acceso: Julio 2024].
- [54] N. M. SAC, «Tutorial MPU6050, Acelerómetro y Giroscopio,» 2023. [En línea]. Available: https://naylampmechatronics.com/blog/45_tutorial-mpu6050-acelerometro-y-giroscopio.html.
- [55] E. G. Power, «Módulo fotovoltaico,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables/energia-solar/modulo-fotovoltaico>. [Último acceso: Mayo 2024].

- [56] E. G. Power, «Célula fotovoltaica,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables/energia-solar/celula-fotovoltaica>. [Último acceso: Mayo 2024].
- [57] NCYT, «NCYT Amazings Noticias de la Ciencia y la Tecnología,» 2024. [En línea]. Available: https://noticiasdelaciencia.com/art/44884/los-ultimos-avances-en-tecnologia-de-energia-solar#google_vignette. [Último acceso: Mayo 2024].
- [58] N. mechatronics, «Tutorial mpu6050,aceletometro y giroscopio,» [En línea]. Available: https://naylampmechatronics.com/blog/45_tutorial-mpu6050-acelerometro-y-giroscopio.html.
- [59] N. mechatronics, «Tutorial MPU6050, Acelerómetro y Giroscopio,» 2023. [En línea]. Available: https://naylampmechatronics.com/blog/45_tutorial-mpu6050-acelerometro-y-giroscopio.html.
- [60] I. Mecafenix, «La enciclopedia de la ingeniería,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/sensores/sensor-piezoelectrico/>.
- [61] R. Martínez, «Construcción y caracterización de túnel de viento a bajas velocidades.,» 2011. [En línea]. Available: <https://www.elnacional.com/opinion/el-tunel-de-viento/>.
- [62] Mactronica, «SENSOR DE FUERZA RESISTIVO FSR402,» 2025. [En línea]. Available: <https://www.mactronica.com.co/sensor-de-fuerza-resistivo-fsr402>.
- [63] Krannich, «Seguridad personal en las instalaciones fotovoltaicas,» 2022. [En línea]. Available: <https://krannich-solar.com/mx-es/blog/seguridad-personal-en-las-instalaciones-fotovoltaicas/>. [Último acceso: Mayo 2024].
- [64] KEYENCE, «¿Qué es un sensor ultrasónico?,» 2025. [En línea]. Available: <https://www.keyence.com.mx/ss/products/sensor/sensorbasics/ultrasonic/info/>.

- [65] C. G. M. Izarraraz, «Sensores FSR de fuerza o Galgas.,» 24 abril 2016. [En línea]. Available: <https://tiendadeelectronica.mx/arduino/sensor-fsr/>.
- [66] Inergy, «Pérdidas en un sistema fotovoltaico,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.inergy.com.mx/post/p%C3%A9rdidas-en-un-sistema-fotovoltaico#viewer-49aiu>. [Último acceso: Mayo 2024].
- [67] Industronic, «Diferencias entre un supresor de picos o regulador de voltaje,» 2024. [En línea]. Available: <https://grupoindustronic.com/diferencias-entre-un-regulador-y-un-supresor-de-picos/#:~:text=El%20supresor%20de%20picos%20tiene,los%20equipos%20ante%20fluctuaciones%20prolongadas>. [Último acceso: Marzo 2024].
- [68] P. F. García Martín , Energía solar fotovoltaica para todos, Segunda ed., México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., 2022.
- [69] R. T. FUTURE, «Guía sobre el diseño de una instalación solar fotovoltaica,» 2023. [En línea]. Available: <https://mintforpeople.com/disenio-instalacion-solar-fotovoltaica/>. [Último acceso: Mayo 2024].
- [70] C. Frederiksen, «La lista de las instalaciones para pruebas de túnel de viento,» 9 Febrero 2023. [En línea]. Available: <https://dewesoft.com/es/blog/lista-de-instalaciones-para-pruebas-de-tunel-de-viento>. [Último acceso: 18 Diciembre 2024].
- [71] D. S. Enrique Bermeo, «Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana,» MARZO 2012. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2001/15/UPS-CT002361.pdf>.
- [72] Eloy, «Grupo Turelectric Tipos de paneles solares: eficiencia y rentabilidad,» 2024. [En línea]. Available: <https://grupoturelectric.com/tipos-de-paneles-solares-eficiencia-y-rentabilidad/>. [Último acceso: Mayo 2024].

- [73] U. Electronics, «Termistors NTC KY-013,» 2023. [En línea]. Available: <https://uelectronics.com/producto/termistor-ntc-ky-013/>.
- [74] U. Electronics, «Convertidor TTL a RS485,» 207. [En línea]. Available: <https://uelectronics.com/producto/convertidor-ttl-a-rs485/>.
- [75] U. Electronics, «Anemómetro RS485 Sensor de Velocidad del Viento SEN0483,» 2016. [En línea]. Available: <https://uelectronics.com/producto/anemometro-rs485-sensor-de-velocidad-del-viento-sen0483/>.
- [76] C. electronica, 2014. [En línea]. Available: <https://www.carrod.mx/products/lm35dz-sensor-de-temperatura-c>.
- [77] U. Electronics, «Termistor NTC KY-013,» 2013. [En línea]. Available: <https://uelectronics.com/producto/termistor-ntc-ky-013/>.
- [78] J. A. P. J. P. M. C. Edgar Pérez, «Propuesta para el Diseño de un Túnel de Viento,» 2010. [En línea]. Available: <https://www.fii.gob.ve/propuesta-para-el-diseno-de-un-tunel-de-viento/?print=print>.
- [79] R. De las Heras Rodríguez, «Diseño de un túnel de viento subsónico.,» 2003. [En línea]. Available: <https://www.fii.gob.ve/propuesta-para-el-diseno-de-un-tunel-de-viento/?print=print>.
- [80] C. Correa, «MPV SOLAR ¿Conoces la función de los diodos en un panel solar?,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.mpvreference.com/post/conoces-la-funci%C3%B3n-de-los-diodos-en-un-panel-solar>. [Último acceso: Mayo 2024].
- [81] L. Cerrato, 2005. [En línea].

- [82] CELSIA, «Paneles solares, ¿cómo son y qué son?,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.celsia.com/es/blog-celsia/paneles-solares-como-funcionan-y-que-son/>. [Último acceso: Mayo 2024].
- [83] Celdares, «Pasos para instalar paneles solares,» 2020. [En línea]. Available: <https://celdares.mx/pasos-para-instalar-paneles-solares/>. [Último acceso: Marzo 2024].
- [84] M. Casa Vilaseca y M. Barrio López , Instalaciones solares fotovoltaicas, Primera ed., México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., 2017.
- [85] Cabotinoso, «Instrucciones para los sensores de temperatura LM35,LM35 LM34 con arduino,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.cabotinoso.es/instrucciones-para-sensores-de-temperatura-lm35-lm335-y-lm34-con-arduino/>.
- [86] S. R. Buñuel, «SOLFY Historia del panel solar: ¿cómo nació y cuál ha sido su evolución?,» 2023. [En línea]. Available: <https://solfy.net/placas-solares/historia-del-panel-solar-como-nacio-y-cual-ha-sido-su-evolucion/>. [Último acceso: Mayo 2024].
- [87] Argentina.gob.ar, «¿Qué son las energías renovables?,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/energia-electrica/renovables/que-son-las-energias-renovables#3>. [Último acceso: 8 Septiembre 2024].
- [88] AREATECNOLOGÍA, «Inclinación, orientación y sombras,» 2018. [En línea]. Available: <https://areatecnologia.com/electricidad/perdidas-fotovoltaica.html>. [Último acceso: Mayo 2024].
- [89] Arduino, «Arduino Older Boards,» 2014. [En línea]. Available: <https://docs.arduino.cc/retired/other/arduino-older-boards/>.

- [90] Afel, «Sensor Giroscopio / Acelerómetro GY-521 MPU6050,» 2025. [En línea]. Available: <https://afel.cl/products/sensor-giroscopio-acelerometro-gy-521-mpu6050>.
- [91] SOLARAMA, «SOLARAMA,» 2019. [En línea]. Available: <https://solarama.mx/blog/crecimiento-de-los-sistemas-fotovoltaicos-en-mexico-en-los-ultimos-anos/>. [Último acceso: 24 Septiembre 2023].
- [92] NOVUMSOLAR, «NOVUMSOLAR,» 2022. [En línea]. Available: <https://novumsolar.com/como-alcanzar-tus-metas-sostenibles-con-energia-solar/>. [Último acceso: 24 Septiembre 2023].
- [93] ACCIONA, «ACCIONA,» 2020. [En línea]. Available: https://www.accion.com/es/energias-renovables/energia-solar/fotovoltaica/?_adin=02021864894. [Último acceso: 24 Septiembre 2023].
- [94] D. S. Enrique Bermeo, «Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana,» 2012. [En línea].
- [95] J. A. P. , J. P. M. C. Edgar Pérez, «Propuesta para el Dieño de un Túnel de viono,» 2010. [En línea].
- [96] R. De las Heras Rodríguez, « Diseño de un túnel de viento subsónico.,» 2003. [En línea].
- [97] R. Martínez, «Construcción y caracterización de túnel de viento a bajas velocidades.,» 2011. [En línea].
- [98] N. Instruments, «LabVIEW Programming Reference Manual,» 14 march 2025. [En línea]. Available: <https://www.ni.com/docs/en-US/bundle/labview-api-ref/page/menus/default/plat/structs-mnu.html?srsId=AfmBOoo0DVBxPI3hJPVBrxFyjaw932XsXgEg0jMD6Azdt04o9FjTwcUx>. [Último acceso: 22 Mayo 2025].

17.Anexos

17.1 Funciones de LabVIEW

Las funciones son los elementos de operación fundamentales de LabVIEW. Las funciones no tienen ventanas en el panel frontal o ventanas de diagrama de bloques, pero tienen terminales de entrada y salida para pasar datos dentro y fuera de manera similar a los controles e indicadores. Puede saber si un objeto de diagrama de bloques es una función por el fondo amarillo pálido de su ícono. La paleta Functions tiene funciones organizadas en grupos según el tipo de función que realizan. Busque funciones que realizan operaciones numéricas en la subpaleta Numeric.

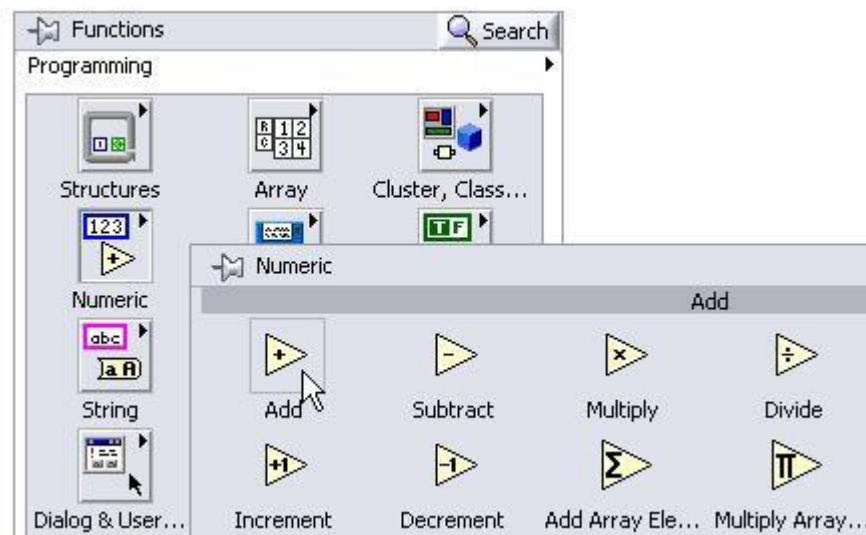


Ilustración 65 Funciones

17.2 SubVIs

Los subVIs son Vis para usar dentro de otro VI o a los que tiene acceso en la paleta de Functions. Cualquier VI tiene el potencial para usarse como un subVI. Cuando hace doble clic en un subVI que está en el diagrama de bloques, aparece la ventana del panel frontal y puede acceder a su diagrama de bloques. A continuación, se muestran algunos ejemplos de los subVIs que puede encontrar en la paleta Functions.

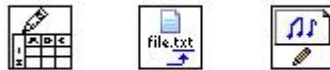


Ilustración 66 SubVIs

17.3 Paleta de funciones

La Paleta de Funciones es una lista jerárquica de VIs, funciones y constantes para programar en el Diagrama de Bloques. Los elementos están categorizados para facilitar la navegación y centrarse en temas específicos. Las categorías disponibles varían según la configuración, los complementos instalados y las opciones de licencia.

Se puede acceder a la paleta de funciones haciendo clic derecho en cualquier ubicación vacía del diagrama de bloques o haciendo clic en el menú ver paleta de funciones. También se puede fijar la paleta de funciones para que permanezca abierta como una ventana flotante haciendo clic en el icono de chincheta en la esquina superior izquierda de la ventana de la paleta.

17.4 Paleta de herramientas

Se emplea tanto en el panel frontal como en el diagrama de bloques. Contiene las herramientas necesarias para editar y depurar los objetos tanto del panel frontal como del diagrama de bloques.

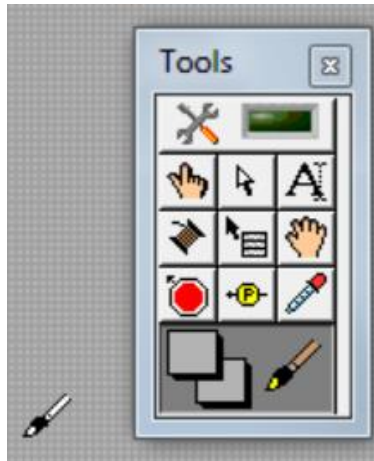


Ilustración 67 Paleta de herramientas

Las opciones que presenta esta paleta son las siguiente:

-  Operating tool – Cambia el valor de los controles.
-  Positioning tool – Desplaza, cambia de tamaño y selecciona los objetos.
-  Labeling tool – Edita texto y crea etiquetas.
-  Wiring tool – Une los objetos en el de bloques.
-  Object Pop-up Menu tool – Abre el menú desplegable de un objeto.
-  Scroll tool – Desplaza la pantalla sin diagrama necesidad de emplear las barras de desplazamiento.

17.5 Programación en LabVIEW

Con el entorno gráfico de programación de LabVIEW se comienza a programar a partir del panel frontal.

En primer lugar, se definirán y seleccionarán de la paleta de controles todos los controles (entradas que dará el usuario) e indicadores (salidas que presentará en pantalla el VI) que se emplearán para introducir los datos por parte del usuario y presentar en pantalla los resultados.

Una vez colocados en la ventana correspondiente al panel frontal todos los objetos necesarios, debe pasarse a la ventana Diagram (menú Windows > Show Diagram), que es donde se realiza la programación propiamente dicha (diagrama de bloques). Al abrir esta ventana, en ella se encuentran los terminales correspondientes a los objetos situados en el panel frontal, dispuestos automáticamente por LabVIEW.

Se deben ir situando las funciones, estructuras, etc. que se requieran para el desarrollo del programa, las cuales se unen a los terminales mediante cables.

Para facilitar la tarea de conexión de todos los terminales, en el menú “Help” puede elegirse la opción “Show Help”, con lo que al colocar el cursor del ratón sobre un elemento aparece una ventana con información relativa a éste (parámetros de entrada y salida).

Además, si se tiene seleccionado el cursor de cableado, al situar este sobre un elemento se muestran los terminales de forma intermitente.

Código sensor mpu6050.

```
// Librerías I2C para controlar el mpu6050
// la librería MPU6050.h necesita I2Cdev.h, I2Cdev.h necesita Wire.h
#include "I2Cdev.h"
#include "MPU6050.h"
#include "Wire.h"

// La dirección del MPU6050 puede ser 0x68 o 0x69, dependiendo
// del estado de AD0. Si no se especifica, 0x68 estará implícito
MPU6050 sensor;

// Valores RAW (sin procesar) del acelerómetro y giroscopio en los ejes x,y,z
int ax, ay, az;
int gx, gy, gz;

long tiempo_prev;
float dt;
float ang_x, ang_y, ang_z;
float ang_x_prev, ang_y_prev, ang_z_prev;

void setup() {
  Serial.begin(57600);    //Iniciando puerto serial
  Wire.begin();           //Iniciando I2C
  sensor.initialize();    //Iniciando el sensor

  if (sensor.testConnection()) Serial.println("Sensor iniciado correctamente");
  else Serial.println("Error al iniciar el sensor");
}

void loop() {
  // Leer las aceleraciones y velocidades angulares
  sensor.getAcceleration(&ax, &ay, &az);
  sensor.getRotation(&gx, &gy, &gz);

  dt = (millis()-tiempo_prev)/1000.0;
  tiempo_prev=millis();

  //Calcular los ángulos con acelerómetro
  float accel_ang_x=atan(ay/sqrt(pow(ax,2) + pow(az,2)))*(180.0/3.14);
  float accel_ang_y=atan(-ax/sqrt(pow(ay,2) + pow(az,2)))*(180.0/3.14);
  float accel_ang_z=atan(az/sqrt(pow(ax,2) + pow(ay,2)))*(180.0/3.14);

  //Calcular ángulo de rotación con giroscopio y filtro complemento
  ang_x = 0.98*(ang_x_prev+(gx/131)*dt) + 0.02*accel_ang_x;
  Serial.print(ang_x_prev);
```

```

ang_y = 0.98*(ang_y_prev+(gy/131) *dt) + 0.02*accel_ang_y;
Serial.print(ang_y_prev);

ang_z = 0.98*(ang_z_prev+(gz/131) *dt)+0.02*accel_ang_z;
Serial.print(ang_z_prev);

Serial.print("prueba previa");

ang_x_prev=ang_x;
ang_y_prev=ang_y;
ang_z_prev=ang_z;

//Mostrar los ángulos separadas por un [tab]

Serial.print("Rotación en X: ");
Serial.print(ang_x);
    Serial.print("tRotación en Y: ");
Serial.println(ang_y);
Serial.print("tRotacion en z: ");
Serial.println(ang_z);

delay(10);
}

```

Código para el sensor LM35.

```

const int sensorPin = A0; // Pin analógico conectado al VOUT
del LM35

void setup () {
    Serial.begin(9600);
}

void loop () {
    int value = analogRead(sensorPin);
    float millivolts = (value / 1023.0) * 5000;
    float celsius = millivolts / 10;
    Serial.print(celsius);
    Serial.println(" C");
    delay (1000);
}

```

Código para anemómetro RS485 Sensor de Velocidad del Viento SEN0483.

```
#define RX 2 // Serial Receive pin
#define TX 3 // Serial Transmit pin
#define RTS 4 // RS485 Direction control
#define RS485Transmit HIGH
#define RS485Receive LOW

#include <SoftwareSerial.h>

SoftwareSerial RS485Serial(RX, TX);

#define PWM_PIN 5 // Pin para salida PWM

const byte request[] = {0x02, 0x03, 0x00, 0x00, 0x00, 0x01,
0x84, 0x39}; // Inquiry frame

void setup() {
    pinMode(RTS, OUTPUT);
    pinMode(PWM_PIN, OUTPUT); // Configura el pin PWM como
salida
    Serial.begin(250000);
    Serial.println("Anemometer");
    RS485Serial.begin(9600);
    delay(1000);
}

void loop() {
    byte response[7] = {0, 0, 0, 0, 0, 0, 0};
    unsigned long startTime = millis();
    bool validResponse = false;

    while (!validResponse && (millis() - startTime < 2000)) {
// Timeout de 2 segundos
        digitalWrite(RTS, RS485Transmit);
        RS485Serial.write(request, sizeof(request));
        RS485Serial.flush();
        digitalWrite(RTS, RS485Receive);

        if (RS485Serial.readBytes(response, sizeof(response)) ==
sizeof(response)) {
            if (response[0] == 0x02 && response[1] == 0x03 &&
response[2] == 0x02) {
                validResponse = true;
            }
        }
    }
}
```

```

    }
    delay(100);
}

if (validResponse) {
    for (byte i = 0; i < sizeof(response); i++) {
        Serial.print(response[i], HEX);
        Serial.print(" ");
    }
    float windSpeed = (float)((response[3] << 8) +
response[4]) / 10.0;
    Serial.print("\t==> ");
    Serial.print(windSpeed);
    Serial.println(" m/s");

    // Calcular el ciclo de trabajo basado en la velocidad
del viento
    int dutyCycle = map(windSpeed, 0, 32.4, 0, 255); // Mapea
velocidad a ciclo de trabajo (0-255)
    dutyCycle = constrain(dutyCycle, 0, 255); // Asegura que
el ciclo de trabajo esté en rango
    analogWrite(PWM_PIN, dutyCycle); // Genera señal PWM en
el pin definido
} else {
    Serial.println("Failed to read data from the sensor.");
    analogWrite(PWM_PIN, 0); // Apaga la señal PWM en caso de
fallo
}
}

```