



**DAQT-Resistence1.0 PROCESO DE  
OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE  
ADQUISICION DE DATOS DEL EQUIPO DE  
TORSIÓN TNSDW2**

**Diana Carolina Dulcey Diaz<sup>1</sup>**  
**Aldrin Belisario Velosa Pacheco<sup>2</sup>**  
**Arly Darío Rincón Quintero<sup>3</sup>**  
**Jhon Jairo Delgado Torrado<sup>4</sup>**  
**Jonathan Eduardo Miranda Rico<sup>4</sup>**  
**Jefry Sanjuan Ordoñez<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Docente de carrera de las Unidades Tecnológicas de Santander. Docente encargado Laboratorio de Resistencia de Materiales. Director Proyecto 2018

<sup>2</sup> Director proyecto de grado

<sup>3</sup>Docente de carrera de las Unidades Tecnológicas de Santander

<sup>4</sup> Estudiantes Ingeniería electromecánica

**DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO**

En este procedimiento innovador se estructura la implementación de un sistema de adquisición de datos que permitió la puesta en marcha de la maquina Time Group modelo TNS-DW2 que se encuentra en el Laboratorio de Resistencia de Materiales de las Unidades Tecnológicas de Santander, con este trabajo se diseñó un aplicativo mediante el entorno de programación gráfica LabVIEW, que permite accionar la máquina y obtener gráficamente los resultados del comportamiento mecánico, además se realizó una reestructuración de los sistemas electromecánicos de la máquina. La máquina TNS-DW2 se utiliza principalmente para la prueba de torsión de materiales metálicos y no metálicos, así como la prueba de torsión para piezas y componentes.

La innovación curricular implica como lo menciona (Zabalza Beraza, 2016) no aprender solamente a través de explicaciones sino de tratar de ampliar las experiencias de aprendizaje en contextos reales de trabajo, y en ese ese doble juego de referentes teóricos y prácticos se facilita la comprensión y el dominio de los contenidos a aprender, por ello es de interés contar con equipos funcionales en los laboratorios que le brinden al estudiante la capacidad de tener vivencias prácticas en su formación ingenieril. Es oportuno indicar que este trabajo también busco que los estudiantes de las Unidades Tecnológicas de Santander retomaran el desarrollo de procesos de investigación en el campo de las ciencias específicas como la resistencia de los materiales, para que de esta manera se contribuya a la generación de conocimiento, a la integración de las

diferentes disciplinas impulsadas por esta institución y al crecimiento tecnológico de la región.

**PROCEDURE DESCRIPTION**

In this research, the implementation of a data acquisition system was executed what allowed the start-up of the Time Group model TNS-DW2 machine that is in the Materials Resistance Laboratory of the Technological Units of Santander, with this work He designed an innovative application through the analysis environment in LabVIEW, which allows to operate the machine and graphically obtain the results of mechanical behavior, in addition to a restructuring of the machine's electromechanical systems. The machine TNS-DW2 is used mainly for the torsion test of metallic and non-metallic materials, as well as the torsion test for parts and components.

Curricular innovation implies what it means (Zabalza Beraza, 2016) not to learn only through explanations of learning experiences in real work contexts, and it is this double set of theoretical and practical references that facilitates the understanding and mastery of the contents to learn, why is it convenient to have the equipment in the laboratories that give the student the ability to have practical experiences in their engineering training. It is appropriate to indicate that this work also sought that the students of the Technological Units of Santander take up the development of research processes in the field of specific sciences such as the resistance of materials, so that in this way it contributes to the generation of knowledge , to the integration of the different disciplines promoted by this institution and to the technological growth of the region

**Contenido**

DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO:.....1  
 Lista de Tablas.....2  
 Lista de Figuras.....2  
 1. INTRODUCCION .....2  
 2. DIAGNOSTICO INICIAL .....3  
 2.1 POBLACIÓN DE ESTUDIO .....3  
 2.2 SABERES DE LA UNIDAD 1 DEL PLAN DE CURSO DE TRANSFERENCIA DE CALOR. ....4  
 2.3 REJILLA DE DIAGNÓSTICO INICIAL .....4  
 3. OBJETIVOS DEL PROCEDIMIENTO .....5  
 3.1 OBJETIVO GENERAL DEL PROCEDIMIENTO...6



3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS DEL PROCEDIMIENTO.....6

4. DISEÑO Y PRUEBAS DEL EQUIPO.....6

4.1 DISEÑO PRELIMINAR .....6

4.2 DETERMINACION DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.3 RESULTADOS DE LA MODELACIÓN ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.3.1 Sumidero de calor . **¡Error! Marcador no definido.**

4.3.2 Sistema de medición de las temperaturas .... **¡Error! Marcador no definido.**

4.3.2.1 Indicador de temperaturas. **¡Error! Marcador no definido.**

4.3.3 Pruebas finales .....7

4.3.3.1 Pruebas en el acero AISI SAE 1045 ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.3.3.2 Pruebas en el acero AISI SAE 4140 ..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.4 OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES DEL EQUIPO .....21

5. MANUAL DE OPERACIÓN DE COMSOL MULTIPHYSICS PARA PRUEBA DE CONDUCCIÓN DE CALOR EN METALES .....21

6. PROTOCOLO Y PROCEDIMIENTO (MANUAL DE PRÁCTICAS PARA EL EQUIPO CONSTRUIDO) ....24

6.1 DERECHOS DE LOS USUARIOS.....24

6.2 DEBERES DE LOS USUARIOS. **¡Error! Marcador no definido.**

6.3 NORMAS DE TRABAJO DE OBLIGATORIO CUMPLIMIENTO..... **¡Error! Marcador no definido.**

6.4 NORMAS DE SEGURIDAD. **¡Error! Marcador no definido.**

6.5 CRITERIOS DE EVALUACIÓN **¡Error! Marcador no definido.**

6.5.1 El pre-informe..... **¡Error! Marcador no definido.**

6.5.2 El informe ..... **¡Error! Marcador no definido.**

6.5.3 Competencias y Resultados de Aprendizaje .....26

7. REJILLA FINAL DE EVALUACIÓN DEL PROCEDIMIENTO..... **¡Error! Marcador no definido.**

8. ANALISIS FINAL DE LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO.....27

Referencias ..... **¡Error! Marcador no definido.**

### Lista de Tablas

Tabla 1 Número de estudiantes beneficiados por semestre de la implementación del DAQT-Resistence1.0.....4

Tabla 2 Grupos y semilleros de investigación beneficiados con la implementación del DAQT-Resistence1.0 .....4

Tabla 3. Conocimientos y habilidades de la Unidad 4 del plan de Laboratorio de Resistencia de Materiales.....4

Tabla 4 Rejilla de Evaluación Diagnostica .....5

Tabla 5. Formato de Preinforme .... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 6. Modelo de preinforme ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 7. Formato de informe ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 8. Identificación, competencia y resultados de aprendizaje..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 9. Formato de desarrollo del ensayo ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 10. Rejilla de evaluación final. . **¡Error! Marcador no definido.**

### Lista de Figuras

Figura 1. Sistema de medición de la conductividad térmica por el método de barras cortadas..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 2. Modelo final y prototipo real del equipo. .... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 3. Sumidero de calor..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 4. Indicador de temperaturas FP 4030. .... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 5. Modelo del sistema de barra compuesta envuelta en aislante. .... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 6. Inicio de prueba al acero AISI SAE 1045. .... **¡Error! Marcador no definido.**

## 1. INTRODUCCION

Inicialmente se diseñaban y construían pequeños o grandes complejos autómatas para diversas aplicaciones industriales utilizando lógica cableada basada en el uso de relés electromecánicos, relés temporizados, contactores de potencia y en algunos casos otros componentes físicos tales como controladores lógicos programables (PLC). El uso de estos sistemas robustos y complejos era necesario para monitorear variables y tomar decisiones respecto a procesos a través de indicadores y paneles de botones.



Con el paso del tiempo y el desarrollo de nuevas tecnologías se han implementado nuevos dispositivos para hacer que estos sistemas sean menos complejos, más pequeños y más accesibles; permitiendo así, poder monitorear todas las variables de un proceso en una pantalla e inducir cambios en el, de manera remota simplemente a través del uso de un computador. Tal es el caso de los dispositivos y software desarrollados por la compañía National Instruments los cuales permiten la adquisición de señales de diferentes tipos de sensores y el control de procesos a través del desarrollo de aplicativos de fácil programación que envían y reciben señales por medio de las diferentes entradas y salidas analógicas o digitales que poseen los diferentes modelos de tarjetas que fabrican.

LabVIEW constituye un revolucionario entorno de programación gráfica para aplicaciones que involucren adquisición, control, análisis y presentación de datos. Una de las principales ventajas que proporciona el empleo de LabVIEW es la posibilidad de incorporar aplicaciones escritas en otros lenguajes y aplicaciones tales como: DLL (librerías de funciones), .NET, ActiveX, Multisim, Matlab/Simulink, entre otras (Herrera Benítez, 2013)

Aunque los dispositivos desarrollados por compañías como National Instruments, pueden llegar a ser muy eficientes y precisos, también hay que destacar que no son muy accesibles económicamente y la implementación de estos por estar muy ligada al diseño o complejidad de los mismos, conlleva a la necesidad de contar con soporte especializado.

Los sistemas open source y open hardware son una alternativa económica, eficiente y flexible para implementar y desarrollar tecnología en el salón de clase. La utilización de estas herramientas permite la construcción de sistemas complejos haciendo uso de software y hardware diseñado por terceros, siendo sistemas permisibles gracias a la disponibilidad del código y circuitos esquemáticos; de esta manera se logra ajustar el comportamiento de las aplicaciones obteniendo algunos beneficios como: reducción de tiempo de desarrollo, expansión de aplicaciones, modularidad y corrección de problemas de una manera práctica. Adicionalmente, estos sistemas son de extrema utilidad para el caso en el cual sea necesario reducir costos, muy común en ambientes educativos de nuestra región que cuentan con recursos muy limitados. La calidad de las herramientas para el desarrollo de las aplicaciones es muy buena y no tienen nada que envidiarles a equivalentes comerciales. (Arango, Andrés Navarro, & Bestier Padilla, 2014)

Generalmente los sistemas open source y open hardware vienen diseñados para transmisión de datos por USB lo que los hace muy flexibles en su implementación. “La transmisión de datos utilizando Bus Serie Universal (USB) es de gran importancia debido a la facilidad de uso, velocidad de transmisión y su mayor presencia en las PC actuales.” (Herrera Benitez, 2013, pág. 1)

Las prácticas de laboratorio, no solo deben contar con un espacio físico diseñado para su ejecución, sino también contar con la instrumentación necesaria según el área de la ciencia que se esté estudiando, a través de estas prácticas el estudiante tiene la oportunidad de iniciar un proceso creativo que le permita trabajar su ingenio y con el cual tiene un contacto directo con el conocimiento de su área de estudio y le de las herramientas necesarias para adquirir competencias y saberes estratégicos que le sirvan para mejorar su desempeño como ingeniero en el ambiente que lo rodea. Teniendo en cuenta la anterior parte de los objetivos de este trabajo es el desarrollo del método con el cual se hace la implementación de un sistema de adquisición de datos en el equipo de torsión TNS-DW2 en el laboratorio de resistencia de materiales de las Unidades Tecnológicas de Santander, por medio del uso del software LabVIEW y la plataforma de desarrollo Arduino con la finalidad de optimizar el funcionamiento del equipo.

## **2. DIAGNOSTICO INICIAL**

Entre las capacidades del perfil del Ingeniero Electromecánico de las Unidades Tecnológicas de Santander está el de diseñar, identificar, operar, transformar y mantener los sistemas y procesos electromecánicos, el gestionar procesos de planeación del control, montaje y mantenimiento y el desarrollo de proyectos de investigación que estén orientado al desarrollo y actualización de tecnología de dichos procesos. En el plan de estudios del programa se ofrece en séptimo semestre la asignatura Laboratorio de Resistencia de Materiales, que fundamenta y refuerza el aprendizaje en el estudio, diseño, caracterización y evaluación en el área de mecánica de materiales de los estudiantes de Ingeniería a través de experiencias.

### **2.1 POBLACIÓN DE ESTUDIO**

En la tabla 1 se muestra el volumen de estudiantes beneficiados con la implementación de este proceso de adquisición que permitió a los estudiantes matriculados en la asignatura Laboratorio de Resistencia de Materiales contar con la experiencia de realizar mediciones y análisis del proceso de un ensayo de torsión para caracterizar



diferentes tipos de materiales según su módulo de rigidez. Sumado a esta población, en la tabla 2 se incluye los estudiantes e investigadores del grupo de investigación del programa de Ingeniería Electromecánica de la Institución, como directos beneficiarios de la adecuación y puesta en marcha de este equipo

*Tabla 1 Número de estudiantes beneficiados por semestre de la implementación del DAQT-Resistence1.0*

Semestre	No. de cursos ofertados	Total estudiantes por semestre
I/2017	7	100
II/2017	5	75
I/2018	4	83
<i>Estudiantes beneficiados de la aplicación procedimiento</i>	258	

Fuente: Autor

*Tabla 2 Grupos y semilleros de investigación beneficiados con la implementación del DAQT-Resistence1.0*

Grupo de investigación	Semilleros de Investigación	
<b>DIMAT-Grupo de Investigación en Diseño y Materiales</b>	DIMAIN	Diseño y materiales para ingeniería
	SIIMA	Ingeniería y mecánica automotriz
<b>GISEAC-Grupo de Investigación en Sistemas de Energía Automatización y Control</b>	EVOTEC	Evolución tecnológica
	ENERTRONIK	Control, automatización y energías renovables

Fuente: Autor

## 2.2 SABERES DE LA UNIDAD 4 DEL DE EL PROGRAMA DE ASIGNATURA DE LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES.

Con la implementación de esta aplicación el estudiante de la asignatura practica Laboratorio de Resistencia de Materiales, puede simular algunos fenómenos que se presentan en los elementos de máquinas y en las vigas cuando estas sometidos a esfuerzos por cargas torsionales, con esta práctica se busca que los alumnos experimenten estos fenómenos, y potencien su capacidad intuitiva para

resolver problemas sobre determinación del comportamiento de materiales sometidos a cargas de giro

La tabla 3 evidencia los conocimientos y habilidades de la Unidad 4 del plan de curso de esta asignatura

*Tabla 3. Conocimientos y habilidades de la Unidad 4 del plan de Laboratorio de Resistencia de Materiales*

<i>CONTENIDOS UNIDAD 4 DEL PLAN DE LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES</i>	
Conocimientos	Habilidades
<b>Prueba de torsión</b>	Habilidades
Deformaciones por torsión de una flecha circular.	
La fórmula de la torsión.	Manipulación de los equipos correspondientes a cada práctica.
Angulo de torsión.	Análisis de datos obtenidos y graficas.
<b>Análisis experimental de esfuerzos en elementos sujetos a torsión.</b>	Toma de datos y elaboración de gráficas.
Ley de Hooke para corte.	Correcta ejecución de la práctica, con ayuda de la guía.
Deformación angular.	Interpretación de datos obtenidos calculados y obtenidos en la práctica.
Miembros estáticamente indeterminados cargados con pares de torsión.	Conocimiento de los factores que influyen en la realización de un ensayo y en los resultados obtenidos.
Círculo de Mohr.	Conocimiento de la curva esfuerzo-deformación angular.
<b>Análisis experimental de esfuerzos en elementos sometidos a cargas combinadas.</b>	Análisis del esfuerzo de corte inducido de miembros sometidos a torsión.
Recipientes de presión de pared delgada.	Conocimiento del estado de esfuerzos y deformaciones que sufre el material.
Estado de esfuerzos causados por cargas combinadas.	Análisis de estructuras sometidas a cargas combinadas.

Fuente: Autor



### 2.3 EVALUACIÓN DIAGNOSTICA

Teniendo en cuenta que en el programa de Ingeniería Electromecánica de la UTS uno de sus conceptos de formación integral tiene como núcleo el diseño mecánico donde se encuentran contenidas las asignaturas: procesos mecánicos, resistencia de materiales, y diseño de elementos y que uno de los núcleos disciplinares es la asignatura Laboratorio de Resistencia de Materiales, es necesario incentivar, cautivar y motivar los procesos que permitan mejoras en el desempeño del estudiante en estas áreas.

Como lo menciona Airasian & Pecina Rosas(2002) citado por (Paredes Martínez, 2012) “La evaluación diagnóstica produce una serie de percepciones y de expectativas que influyen en la manera en que se realiza la planeación, la enseñanza y la interacción con el grupo durante el año lectivo”, lo anterior descrito motivo a diseñar un modelo de autoevaluación diagnóstica, que permitiera reconocer los presaberes al inicio del curso. La autoevaluación diseñada está basada en el procedimiento de (Rincón, 2017) que cuenta con una serie de preguntas con dos únicas opciones “SI” o “NO”.

Tabla 4 Rejilla de Evaluación Diagnostica

REJILLA DE EVALUACIÓN DIAGNOSTICA			
CRITERIOS	INDICADORES	Cumple	
		SI	NO
Competencias básicas	¿Identifica bajo que condiciones se presentan esfuerzos y deformaciones en los elementos de máquinas?		X
	¿Reconoce la importancia de las pruebas mecánicas estándares en materiales?		X
	¿Conoce los estándares internacionales para llevar a cabo pruebas mecánicas?		X
	¿Reconoce los organismos internacionales, ASTM (Sociedad Norteamericana para Pruebas y Materiales); ISO (Organización Internacional para la Estandarización), DIN (Instituto Alemán para Estándares)?		X
	¿Identifica cuáles son los equipos necesarios para realizar pruebas mecánicas?		X

REJILLA DE EVALUACIÓN DIAGNOSTICA			
CRITERIOS	INDICADORES	Cumple	
		SI	NO
Competencias objetivo de la asignatura	¿Identifica y calcula los esfuerzos y deformaciones resultantes de someter a los elementos mecánicos a condiciones de carga axial, torsión, flexión, cortante y combinada?		X
	¿Reconoce las diferentes regiones de la curva esfuerzo-deformación de los materiales?		X
	¿Conoce la relación entre las propiedades mecánicas de los materiales y su microestructura?		X
	¿Identifica los diferentes tipos de fracturas presentadas en los materiales?		X
	¿Diferencia entre los conceptos de módulo de rigidez de elementos sometidos a carga axial y el módulo de rigidez al cortante de diversos materiales?		X
Competencias practicas	¿Utiliza adecuadamente el extensómetro y el vernier?		X
	¿Ha utilizado alguna interfaz de LabVIEW?		X
	¿Clasifica los diferentes tipos de fracturas presentadas en los materiales?		X
	¿Ha realizado un informe de laboratorio en formato IEEE?		X
	¿Conoce las normas de seguridad que se deben llevar a cabo durante una prueba de laboratorio?		X

Fuente: Autor

En la tabla 4, se plantean tres (3) criterios con los indicadores para cada uno, estos son:

**Competencias básicas:** Con este criterio se busca identificar los contenidos previos obtenidos por el estudiante en las asignaturas vistas hasta el momento en el



núcleo del diseño mecánico, y así marcar el punto de partida para el nuevo aprendizaje

**Competencias objetivo de la asignatura:** En esta valoración se busca medir la competencia teórica del estudiante referente a los objetivos y metas que se esperan lograr al finalizar el periodo académico en términos de caracterización de materiales.

**Competencias prácticas:** En este ítem se cuestionan los conocimientos referentes a la práctica del laboratorio, incluyendo el uso de normas y elaboración de informes.

Al aplicar este instrumento (Tabla 4), se evidencia que los estudiantes carecen de conocimientos prácticos para conocer formas de caracterizar materiales, identificación de equipos y herramientas para dicho proceso

### 3. OBJETIVOS DEL PROCEDIMIENTO

Con la finalidad de contribuir a la generación y transmisión de conocimiento se diseña un procedimiento innovador para optimizar el funcionamiento del equipo de torsión TNS-DW2 que permita implementar un sistema de adquisición de datos en el laboratorio de resistencia de materiales de las Unidades Tecnológicas de Santander que conlleve a la obtención de experiencia del estudiante en la caracterización de materiales según su comportamiento mecánico

#### 3.1 OBJETIVO GENERAL DEL PROCEDIMIENTO.

Implementar un sistema de adquisición de datos en el equipo de torsión TNS-DW2 en el laboratorio de resistencia de materiales de las Unidades Tecnológicas de Santander, por medio de la instalación y programación de componentes de instrumentación con la finalidad de optimizar el funcionamiento del equipo

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS DEL PROCEDIMIENTO

Identificar los parámetros de funcionamiento del equipo y los elementos que lo componen por medio de revisión física y análisis de información técnica, con el fin de identificar qué instrumentos son realmente necesarios para que la adquisición de datos sea posible.

Implementar un sistema de adquisición de datos de las variables por medio del uso de tecnologías electrónicas de

bajo costo para permitir que estas sean manipuladas desde el computador a escalas reales.

Establecer el protocolo de funcionamiento del programa en base LabVIEW implementándolo en el computador del equipo para ejecutar el ensayo de torsión.

Construir gráficamente una curva de momento torsor vs ángulo de rotación por medio del protocolo hecho en LabVIEW y de los datos adquiridos para realizar análisis del comportamiento del material durante todo el ensayo.

Validar el correcto funcionamiento del equipo y el sistema de adquisición de datos por medio del desarrollo de pruebas en materiales metálicos contrastando los resultados con información técnica establecida, para determinar márgenes de error que se presenten y de esta forma ajustarlos a una escala más precisa.

### 4. DISEÑO Y PRUEBAS DEL SISTEMA

#### 4.1 ESTUDIO DEL EQUIPO Y FUNCIONALIDAD

Se realiza investigación de los parámetros de funcionamiento definidos por el fabricante de la máquina de ensayos de torsión TNS-DW2 (Fig.1) implementada en el laboratorio de Resistencia de materiales de las Unidades Tecnológicas de Santander para comprender su funcionamiento y caracterizar sus partes.



Figura 1 Ubicación de la placa de la máquina TNS-DW2 .  
 Fuente: Los Autores

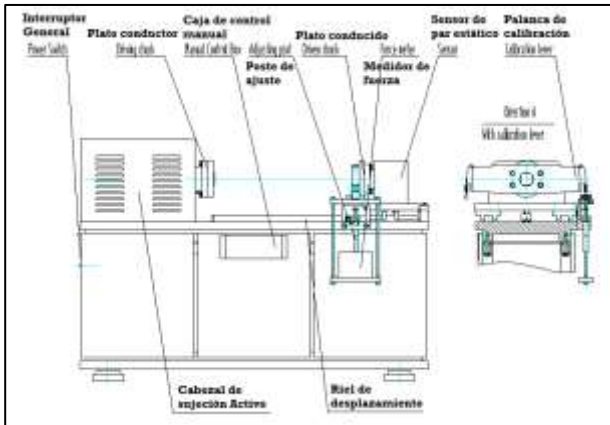


Figura 2 Diagrama de partes de la máquina de ensayos de torsión TNS-DW2. Fuente: Time Instruments. (s.f). Partes de la máquina de ensayos de torsión TNS-DW2. [Figura]. Recuperado de: TNS-DW2 Operation manual of PC Controlled Torsion Tester.

La máquina de ensayos está instalada sobre un banco de ensayo, firme y anclado al piso mediante tornillería.

Utiliza un sistema de servomotor AC Japonés de marca PANASONIC modelo Minas A4( Figura 2) controlado por computadora y se carga a través del cabezal de sujeción activo accionado por el servomotor y el motor de reducción cicloidial de molinete. El par y el ángulo de torsión se miden con un transductor de par de alta precisión y un codificador fotoeléctrico. La computadora mostrará dinámicamente la curva de torsión de prueba, la velocidad de carga, el valor máximo, y así sucesivamente. Se utiliza principalmente para la prueba de torsión de materiales metálicos y no metálicos, así como la prueba de torsión para piezas y componentes. (“Time Group,” 2014)

Adicionalmente a la descripción referente a las especificaciones técnicas del equipo como se observa en la tabla 6. relacionada a continuación.

Tabla 5 Especificaciones técnicas de la maquina TNS-DW2

Especificaciones técnicas de la maquina TNS-DW2	
Nombre de la maquina	máquina de ensayo de Torsión
Modelo	TNS-DW2 de fabricación China
Máximo par de torsión de medición	0 – 2000 N.M
Gama de par de torsión de medición	1 % - 100 % del alcance completo

Error relativo de las indicaciones de par	$\leq 1 \%$
Lectura de ángulo de torsión ( $^{\circ}$ )	0.01 – 9999,9
Distancia entre las dos cabezas de sujeción	600 mm
Rango de velocidad de torsión ( $^{\circ}$ )	18 – 720
Dirección de torsión	CW y CCW
Registro de Carga	electrónico, con indicación digital mediante PC
Fuente de alimentación	AC 220 V / 50 Hz
Diámetro de la muestra (mm)	8 – 25
Dimensión de bastidor de carga (mm)	1630x600x1100
Peso de bastidor de carga	650 (Kg)

Fuente: TIME INSTRUMENT. (s.f.). TNS-DW2 Especificaciones técnicas de la maquina TNS-DW2. Recuperado de <http://www.timeinstrumentindonesia.com/products/160/TNS-DW2-Computer-Controlled-Torsion-Testing-Machine>

## 4.2 VERIFICACION DE LOS COMPONENTES DE LA MAQUINA

### SENSOR DE PAR ESTÁTICO AKC-98

Montado sobre el módulo de plato conducido se encuentra este tipo de sensor de par estático o transductor de torque, que está pensado y diseñado para aplicaciones donde el eje no es rotativo, por lo que todo el sensor está sometido a la torsión que se le aplique en extremos.

La siguiente descripción y la información técnica es la presentada por parte del fabricante del sensor de par estático AKC-98 en la tabla 6.

Tabla 6 Principales indicadores técnicos del sensor de par estático AKC-9

Especificaciones técnicas del sensor de par estático AKC-98		
Rango de medición	0 a 2000	N*m
Sensibilidad de salida	1.0 a 2.0	mV / V
Rectitud L	$\pm 0,1; \pm 0,3$	% FS
Retraso	$\pm 0,1; \pm 0,3$	% FS



Repetitivo R	$\pm 0,1; \pm 0,3;$	% FS
Temperatura de trabajo	-35 ~ +80	°C
Rango de compensación de temperatura	Temperatura ambiente ~ +60	°C
Efecto de temperatura cero	$\pm 0,1$	% FS / 10 °C
Tensión de excitación	12	VDC
Resistencia de aislamiento	2000	MΩ / 100VDC
Resistencia de entrada	$700 \pm 10/350 \pm 10$	Ω
Resistencia de salida	$700 \pm 5/350 \pm 5$	Ω
Salida cero	$0 \sim \pm 1$	% FS
Tasa de sobrecarga segura	120	% FS
Longitud de línea estándar de fabrica	1.8	M

Fuente: China Academy of Aerospace Aerodynamics. (s.f.) Especificaciones técnicas del sensor de par estático AKC-98. [Tabla]. Recuperado de <https://www.yoycart.com/product/534792772785/>

La siguiente tabla 7. con la información de las conexiones eléctricas definido por el fabricante.

Tabla 7 Información para la conexión eléctrica del Sensor de par estático AKC-98

Conexión eléctrica		
Método de conexión	Número de asiento del enchufe	Color del hilo
Terminal positivo de entrada (potencia)	1	Rojo
Terminal positivo de la señal de salida	2	Verde
Señal de salida negativa	3	Blanco
Entrada (potencia) negativa	4	Negro
Si cambia el color del cable, pase el certificado de prueba del sensor.		

Fuente: China Academy of Aerospace Aerodynamics. (s.f.) la conexión eléctrica del Sensor de par estático AKC-98. [Tabla]. Recuperado de <https://www.yoycart.com/product/534792772785/>

#### ENCODER ROTATORIO SERIE HMD1

Se evidencia un dispositivo que está implementado en la parte inferior del cabezal de sujeción activo de la máquina de ensayos de torsión TNS-DW2, el cual se encuentra relacionado de forma directa por medio de un sistema de transmisión de poleas y correa dentada al cabezal de sujeción de probetas. En la revisión que se hace a este dispositivo se observó que tiene una etiqueta con la información del mismo, en donde se puede determinar que es un encoder rotatorio HMD1 de marca HOUDE.

La siguiente descripción y la información técnica es la presentada por parte del fabricante del Sensor Encoder Rotatorio serie HMD1.



Figura 3 Encoder rotatorio serie HMD1.

Fuente: Shanghai Houde photo-Electric Technology. (s.f.) Encoder rotatorio serie HMD1. [Figura]. Recuperado de <http://www.houde.com.cn/ProductInfoA.aspx?id=47>

Tabla 8 Información y características de encoder rotatorio serie HMD1.

Características	
Dimensiones (mm)	66 mm
Tamaño del eje (mm)	Eje 15 mm, chavetero 5 mm
protección	IP65
Circuito de Salida	E
Tensión de alimentación	5 VDC
Resolución	1800 P/R





Fuente: Shanghai Houde photo-Electric Technology. (s.f.) Información y características de encoder rotatorio serie HMD1. [Tabla]. Recuperado de <http://www.houde.com.cn/ProductInfoA.aspx?id=47>

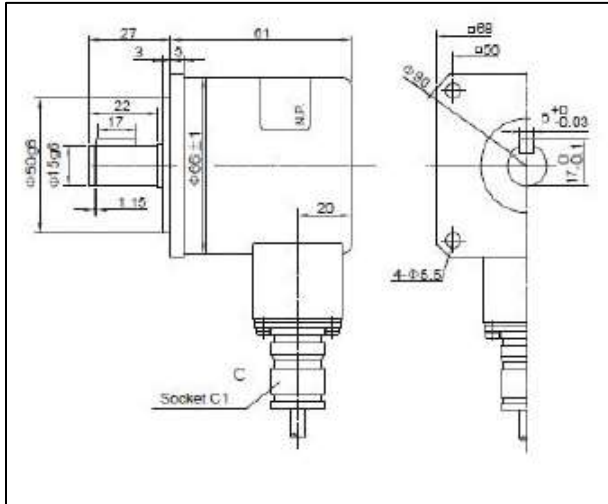


Figura 4 Plano de las dimensiones del encoder serie HMD1.

Fuente: Shanghai Houde photo-Electric Technology. (s.f.) Plano de las dimensiones del encoder serie HMD1. [Figura]. Recuperado de <http://www.houde.com.cn/ProductInfoA.aspx?id=47>



Figura 5 Servo Motor y Driver AC Minus A4

Fuente: PANASONIC (s.f.) Servo Motor y Driver AC Minus A4. [Figura].

#### SERVO MOTOR Y DRIVER AC MINAS A4

Se encuentra fijo mediante 4 tornillos en el cabezal de sujeción activo de la máquina un dispositivo de color negro y forma cuadrada del cual se recopila la información técnica correspondiente de la etiqueta. Por la ubicación y el diseño del sistema motriz, se asocia que es el sistema implementado para generar el movimiento y la potencia que le aplica un momento torsor a la probeta de ensayo cuando se realiza la prueba.

Se identifica que este sistema está compuesto por un servo motor MDMA082P1G y un driver AC Minus A4 ambos fabricados por la compañía Panasonic Corp., alimentados a 220 Vac y que funcionan en conjunto.

El driver se encarga de controlar el giro del servo por medio del monitoreo constante de las señales provenientes del encoder asociado a este. También tiene incorporados los circuitos electrónicos que le entregan al servo la potencia necesaria para su funcionamiento en un arreglo trifásico de configuración en estrella.

Tabla 9 Especificaciones técnicas de Servo Motor y Driver AC Minus A4

Especificaciones técnicas de Servo Motor y Driver AC Minus A4	
Entrada Trifásica AC	200 V
Rango de Revoluciones	2000 r/min
Rango de Salida	0.75 kW
Clasificación	S1
Conexión	Estrella
Frecuencia Nominal	133 Hz
Esfuerzo de Torsión	3.57 N*m
Clase Térmica	F IP65

Fuente: PANASONIC (s.f.) Especificaciones técnicas de Servo Motor y Driver AC Minus A4. [Tabla]. Recuperado de la placa del servo motor.

#### 4.2 DISEÑO PRELIMINAR

##### 4.2.1 Levantamiento del plano eléctrico



Como primera fase es necesario realizar el levantamiento de los planos del circuito eléctrico implementado que permitía originalmente el funcionamiento y se puede observar en la siguiente figura 6.

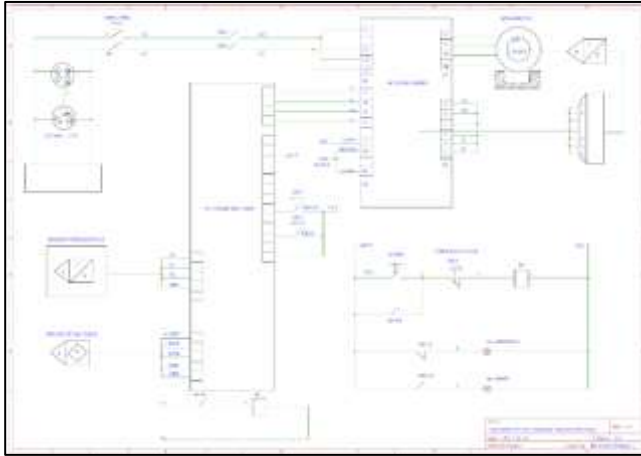


Figura 6 Diagrama eléctrico máquina TNSD-W2 (Original)  
Fuente: los autores

#### 4.2.2 Selección de componentes de instrumentos a instalar

##### 4.2.2.1 Controlador lógico programable (PLC) FP-X C14TD

El FP-X es un autómata compacto, de propósito general apropiado para las aplicaciones de control de pequeña escala. El controlador utiliza el juego de instrucciones F y se programa con el software Control FPWIN Pro o FPWIN GR. Control FPWIN Pro, admite la programación según el estándar IEC 61131-3. [1, p. 16]

Tabla 10 Especificaciones Técnicas del PLC FP-X C14TD

<i>Especificaciones Técnicas del PLC FP-X C14TD</i>	
Tensión de alimentación	24 VDC
Velocidad de comunicación (recomendado)	9600 bit/s
Salida de pulsos	3 ejes.
Entradas de voltaje DC	8
Salidas NPN	6
Tamaño del programa	12 K
Puerto de Programación	RS232C

Fuente: PANASONIC (s.f.). Especificaciones Técnicas del PLC FP-X C14TD [Tabla]. Recuperado de Manual del PLC FP-X C14TD

La necesidad de adquirir el controlador lógico programable (PLC) surge al momento de establecer un protocolo de comunicación que permita el accionamiento del servo motor de marca PANASONIC de la serie Minas A4 implementado en la máquina de ensayos de torsión.

Se logra evidenciar en el manual del servo, que este dispositivo solo admite una entrada de señal por pulsos a alta velocidad.

Inicialmente se plantea diseñar un sistema que le suministre la relación de pulsos necesaria para que este pueda arrancar; pero esto no es posible debido a que la señal además de cumplir con el rango de ancho y de pulsos, no debe poseer ningún tipo de distorsión o ruidos, haciendo que la implementación se haga muy compleja.

Por lo anterior y teniendo como referencia el servo motor, se consulta con una empresa representante de la marca PANASONIC en Colombia, la cual brinda la asesoría correspondiente y recomienda algunos de sus productos.

Tras realizar un análisis de las diferentes opciones y las facilidades para adquirirlo, se elige el modelo de PLC FP-X C14TD de PANASONIC, por su bajo costo, facilidades de programación y el respaldo de la marca.

##### 4.2.2.2 Tarjeta de adquisición de datos

Para la selección del sistema de adquisición de datos se tienen en cuenta factores muy importantes como lo son: costo de los diferentes sistemas de adquisición de datos. Precisión del sistema. Márgenes de error, compatibilidad de los componentes con la plataforma de desarrollo de programación LabVIEW.

Para la selección del dispositivo que llevaría a cabo la adquisición de los datos en tiempo real, se tiene en cuenta que cumpla con los requerimientos técnicos necesarios, que sea asequible, que su uso sea compatible con la plataforma de programación grafica LabVIEW, y por último que la implementación sea lo más sencilla posible.

La plataforma Arduino es una herramienta muy útil para la implementación de proyectos de electrónica, robótica y automatización por lo cual se hace viable la utilización de un sistema de adquisición de datos basado en esta plataforma para realizar la misma tarea que se podría ejecutar con una tarjeta de National Instruments. Arduino requiere programación por medio de Arduino Programming Language, un lenguaje de programación basado en lógica cableada que es desarrollado por la misma compañía creadora de esta plataforma.



Se realizó una comparación entre las tarjetas National Instruments PCIe-6320, USB-6008 y Arduino MEGA 2560, la primera es la más completa en cuanto a entradas y salidas digitales, analógicas y con contadores; pero la más costosa, la segunda aunque es también muy completa, solo cuenta con una entrada de contadores y el costo aún es elevado. Por otro lado, la tercera, aunque no trae mucha información técnica, cuenta con una gran disponibilidad de entradas y salidas; Adicionalmente es programable en lógica cableada, es programable en procesamiento y es la más económica de las tres.

Tabla 11 Comparativo de tres opciones de tarjeta de adquisición de datos

	NI USB-6008	NI 6320	MEGA 2560
<b>Entradas Analógica</b>	8	16	16
Rango de Voltaje	$\pm 20$ V1 , $\pm 10$ V, $\pm 5$ V, $\pm 4$ V, $\pm 2.5$ V, $\pm 2$ V, $\pm 1.25$ V, $\pm 1$ V	$\pm 0.2$ V, $\pm 1$ V, $\pm 5$ V, $\pm 10$ V	7-12V, 6-20V
<b>Entradas o salidas Digitales</b>	8	16	54
Tierra de referencia	GND	D GND	GND
Corriente DC para las I/O pin	No especifica	250 $\mu$ A maximo	20 mA
Corriente DC para 3.3V Pin	No especifica	No especifica	50 mA
<b>Contadores de eventos</b>	1	4	0
<b>Bus Interface</b>	USB 2.0 full-speed (12 Mb/s)	x1, x4, x8, and x16 PCI Express slots1	USB 2.0 full-speed (12 Mb/s)
<b>Características Físicas</b>			
Peso	No especifica	104 g (3.6 oz)	37 g
Largo	No especifica	No especifica	101.52 mm
Ancho	No especifica	No especifica	No especifica

Almacenamiento			
EEPROM	No especifica	No especifica	4 KB
SRAM	No especifica	No especifica	8 KB
LED BUILT IN	No especifica	No especifica	13
Memoria Flash	No especifica	No especifica	256 KB of which 8 KB used by bootloader
Price in USD Dollars	700	350	60

Fuente: Los Autores

Con la información técnica recopilada del modelo de tarjetas de adquisición que los sistemas desarrollados por Arduino al ser de código abierto tanto en Software como en Hardware, cuentan con muchísimo más soporte gratuito en línea y con mucha más información útil en cuanto a su implementación que los sistemas Hardware de National Instruments.

Dado que el costo de una tarjeta de National Instruments es superior al costo de una tarjeta Arduino, se eligió implemento la plataforma Arduino MEGA 2560 como sistema de adquisición de datos e interfaz de comunicación entre el Computador de la máquina y la máquina de ensayos.

El MEGA 2560 está diseñado para proyectos más complejos. Con 54 pines de E / S digitales, 16 entradas analógicas y un espacio más grande para su boceto, es la placa recomendada para impresoras 3D y proyectos de robótica. Esto le da a sus proyectos mucho espacio y oportunidades. En la tabla 12 se reflejan sus especificaciones. (Ivrea Interaction Design Institute, 2017)



Figura 7 Placa Arduino MEGA 2560

Fuente: Ivrea Interaction Design Institute. (s.f.) Placa Arduino MEGA 2560 [Figura]. Recuperado de <https://store.arduino.cc/usa/no-route>



Tabla 12 Especificaciones técnicas de la placa de Arduino MEGA 2560.

<i>Especificaciones Técnicas Arduino MEGA 2560</i>	
Microcontrolador	<u>ATmega2560</u>
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límite)	6-20V
Pines de E / S digitales	54 (de los cuales 15 proporcionan salida de PWM)
Clavijas de entrada analógica	dieciséis
Corriente DC por Pin E / S	20 mA
Corriente DC para 3.3V Pin	50 mA
Memoria flash	256 KB de los cuales 8 KB utilizados por el gestor de arranque
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Velocidad de reloj	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Longitud	101.52 mm
Anchura	53.3 mm
Peso	37 g

Fuente: PANASONIC (s.f.) Especificaciones técnicas de Servo Motor y Driver AC Minas A4. [Tabla]. Recuperado de la placa del servo motor.

### Fuente de alimentación

El Mega 2560 puede alimentarse a través de la conexión USB o con una fuente de alimentación externa. La fuente de poder se selecciona automáticamente. La alimentación externa (no USB) puede provenir de un adaptador de CA a CC (wall-wart) o batería. El adaptador se puede conectar al enchufar un conector positivo de 2.1 mm en el conector de alimentación de la placa. Los cables de una batería se pueden insertar en los conectores GND y Vin pin del conector POWER. La placa puede operar con un suministro externo de 6 a 20 voltios. Sin embargo, si se suministra con menos de 7 V, el pin de 5 V puede suministrar menos de cinco voltios y la placa puede volverse inestable. Si usa más de 12 V, el regulador de

voltaje puede sobrecalentarse y dañar la placa. El rango recomendado es de 7 a 12 voltios.

Los pines de alimentación son los siguientes:

- Vin. El voltaje de entrada a la placa cuando está usando una fuente de alimentación externa (a diferencia de 5 voltios de la conexión USB u otra fuente de alimentación regulada). Puede suministrar voltaje a través de este pin o, si suministra voltaje a través del conector de alimentación, acceda a través de este pin.
- 5V. Este pin genera un 5 V regulado desde el regulador en el tablero. La placa se puede alimentar con la toma de alimentación de CC (7-12 V), el conector USB (5 V) o el pin VIN de la placa (7-12 V). El suministro de voltaje a través de los pines de 5V o 3.3V evita el regulador y puede dañar su tarjeta.
- 3.3V. Una fuente de 3.3 voltios generada por el regulador a bordo. El consumo máximo de corriente es de 50 mA.
- GND. Pines de tierra
- IOREF. Este pin en la placa proporciona la referencia de voltaje con la que opera el microcontrolador. Un blindaje correctamente configurado puede leer el voltaje del pin IOREF y seleccionar la fuente de alimentación apropiada o habilitar traductores de voltaje en las salidas para trabajar con 5V o 3.3V. (Ivrea Interaction Design Institute, 2017)

### Capacidad de almacenamiento o memoria

El ATmega2560 tiene 256 KB de memoria flash para almacenar el código (de los cuales 8 KB se utilizan para el gestor de arranque), 8 KB de SRAM y 4 KB de EEPROM (que se pueden leer y escribir con la biblioteca EEPROM ).

### 4.2.2.3 Modulo convertidor analógico a digital HX711

Este módulo está basado en la tecnología patentada de Avia Semiconductor, HX711 es un convertidor de analógico a digital (ADC) de 24 bits de precisión diseñado para básculas de peso y aplicaciones de control industrial para interactuar directamente con un sensor de puente (Avia Semiconductor, n.d.)



Figura 8 Módulo convertidor analógico a digital HX711  
 Fuente: los autores

#### 4.2.2.4 Modulo 8 relevos

Debido a que la plataforma Arduino está diseñada para siempre entregar señales digitales de 5Vcc en sus salidas y el PLC Panasonic encargado de accionar el servomotor maneja un voltaje de entrada de 24 Vcc, es necesario implementar un sistema que permita manejar cargas con voltajes más altos pero que continúen teniendo características de una señal digital.

Un módulo de relevo con opto acoplador como se puede observar en la siguiente figura es básicamente un circuito electrónico montado con componentes tales como resistencias, diodos, transistores, opto acopladores y relevos electromecánicos, que distribuidos y conectados de la manera correcta permiten aislar circuitos de control de circuitos de potencia para protegerlos de sobrecargas eléctricas.

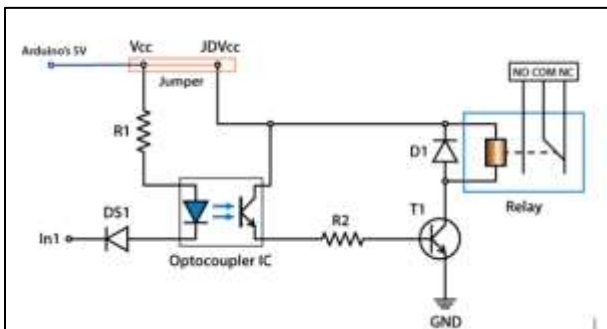


Figura 9 Circuito de módulo de potencia de relevo con opto acoplador  
 Fuente: How To Mechatronics. (s.f.). Circuito de módulo de potencia de relevo con opto acoplador. [Figura]. Recuperado de <http://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/control-high-voltage-devices-arduino-relay-tutorial/>

Dado que el PLC Panasonic FP-X C14TD que se implementó en la máquina tiene una capacidad de 8 entradas digitales de las cuales son asignadas 6 para velocidades de giro del servomotor, 1 para el sentido de giro horario o anti-horario y 1 para darle la orden de arranque o parada al servomotor que acciona el cabezal de pruebas, es necesaria la implementación de un módulo de 8 relevos como el que se puede observar en la Figura 9.



Figura 10 Módulo de 8 relevos  
 Fuente: Locapam Electrónica, S.L (s.f.). Módulo de 8 relevos. [Figura]. Recuperado de <http://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/control-high-voltage-devices-arduino-relay-tutorial>

#### 4.2.3 Instalación y comprobación de los componentes

Se lleva a cabo la instalación y puesta a punto de cada uno de los componentes adquiridos tal como se observa en figura 11 y a continuación se presentan las evidencias y resultados de las actividades realizadas para lograr ejecutar los ensayos de torsión desde el computador de la máquina y poder graficar en tiempo real los resultados de la misma.

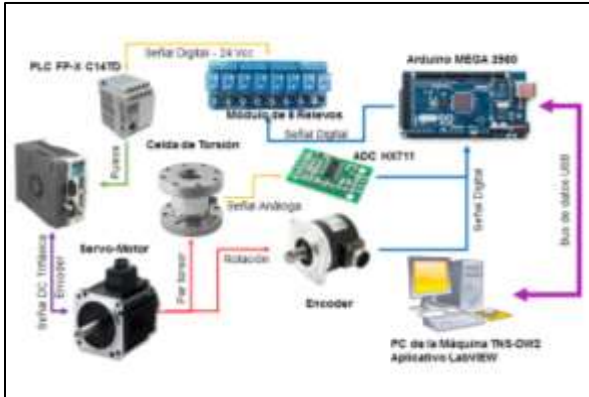


Figura 11 Diagrama de diseño de Hardware requerido para el sistema de adquisición de la máquina TNS-DW2  
 Fuente: Los Autores

**SENSOR DE PAR ESTÁTICO**

Para el ajuste y puesta en marcha del sensor que se encarga de medir el momento torsor ejercido sobre la probeta, inicialmente se identifica que tipo de instrumento esta implementado en la máquina para tal función y así mismo se buscan todos los parámetros proporcionados por el fabricante para llevar a cabo el proceso de cableado.

Para el cableado se identifica inicialmente las salidas del sensor de par estático; esta información es proporcionada por un código de colores que hace que el sensor funcione correctamente y es proporcionada por el fabricante a través de su página web.

Teniendo en cuenta que la señal de salida del sensor de par estático es una señal análoga, es necesario acondicionarla como señal digital para poder usar la librería HX711 disponible en internet que simplemente es un segmento de código escrito en el IDE de Arduino que hace más sencilla la programación del Sketch que se encargará de entregar la información del sensor al LabVIEW.

El proceso de conversión de la señal es realizado por el Modulo convertidor analógico a digital HX711, el cual se usa exclusivamente para este tipo de mediciones, comúnmente encontrado en pesos o balanzas.

Este cableado se corrobora y se confronta contra el cableado real identificando que luego del conector del sensor de par los colores cambian según la siguiente tabla:

**Conexión eléctrica entre AKC-98 y ADC HX711**

<i>Método de conexión</i>	<i>Color del hilo a la salida del sensor.</i>	<i>Color del hilo a la entrada del ADC HX711</i>	<i>Pin del ADC</i>
Terminal positivo de entrada (potencia)	Rojo	Rojo	Pin E+
Terminal positivo de la señal de salida	Verde	Amarillo	Pin A-
Señal de salida negativa	Blanco	Blanco	Pin A+
Entrada (potencia) negativa	Negro	Azul	Pin E-

Posteriormente las salidas del HX711 se conectan directamente a los pines dispuestos por la tarjeta Arduino Mega 2560.

Tabla 13 Conexión entre ADC HX711 y Arduino MEGA 2560.

<i>Conexión entre ADC HX711 y Arduino MEGA 2560</i>	
<b>Pin del ADC</b>	<b>Arduino MEGA 2560</b>
GND	GND
DT	Pin 6
SCK	Pin 5
VCC	5 V

Fuente: Los autores

**ENCODER**

El encoder o codificador es conectado a través de la tarjeta de distribución de señales a los pines 18 y 19 de la tarjeta Arduino como lo indica la siguiente tabla.



Tabla 14 Conexión entre HDMI y Arduino MEGA 2560

Conexión entre HDMI y Arduino MEGA 2560	
Cable del HDMI	Arduino MEGA 2560
Negro y Rosa	GND
Rojo	Pin 18
Verde	Pin 19
Blanco	5 V

Fuente: Los autores

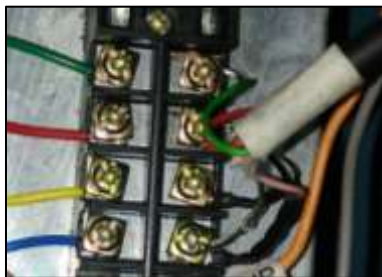


Figura 12 Conexión de los cables del encoder a la bornera de distribución

Fuente: Los autores

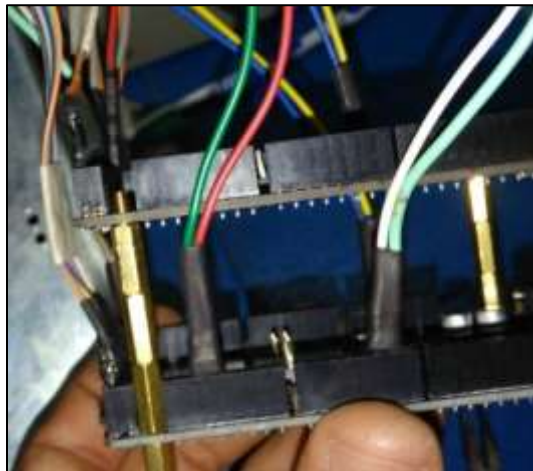


Figura 13 Conexión de los cables azul, amarillo, rojo y verde que transportan las señales del encoder a la tarjeta de adquisición.

Fuente: Los autores

Tabla 15 Conexión entre Módulo de 8 Relevos y Arduino MEGA 2560

Conexión entre Módulo de 8 Relevos y Arduino MEGA 2560		
Color del conductor	Módulo de 8 Relevos	Arduino MEGA 2560
Negro	GND	GND
Naranja	IN1	Pin 23
Amarillo	IN2	Pin 25
Verde	IN3	Pin 27
Azul	IN4	Pin 29
Lila	IN5	Pin 31
Gris	IN6	Pin 33
Blanco	IN7	Pin 35
Negro	IN8	Pin 37
Rojo	Vcc	5 V

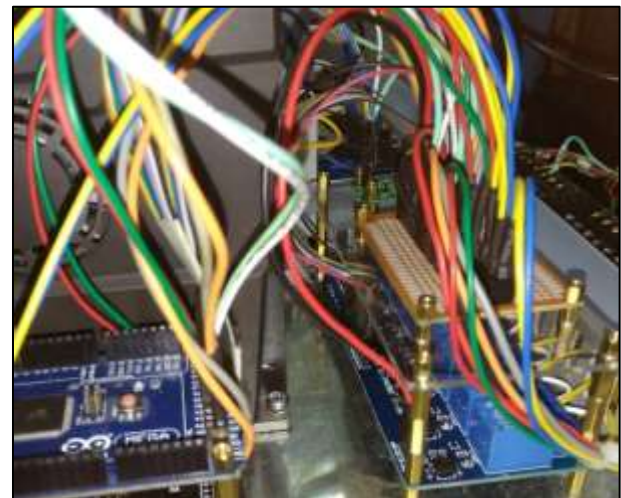


Figura 14 Conexión entre módulo de 8 relevos y Arduino MEGA 2560

### MÓDULO DE 8 RELEVOS

El módulo de relevos es conectado por el lado de las entradas digitales a las salidas digitales de la tarjeta Arduino por medio de cableado Dupont según como se observa en la siguiente tabla 15 y en la siguiente figura 14.

Una vez hechas las conexiones de las entradas al módulo, se hace la conexión de las salidas hacia las entradas del PLC Panasonic que se encargará de entregarle el arreglo de pulsos de alta velocidad al Driver del servomotor, mediante la distribución que se observa en la siguiente tabla 16 y figura 15



Tabla 16 Conexión entre Módulo de 8 Relevos y PLC

Conexión entre Módulo de 8 Relevos y PLC		
Color del conductor	Módulo de 8 Relevos	PLC
Blanco	COM	(-)
Amarillo	K1 O	X0
Amarillo	K2 O	X1
Amarillo	K3 O	X2
Amarillo	K4 O	X3
Amarillo	K5 O	X4
Amarillo	K6 O	X5
Amarillo	K7 O	X6
Amarillo	K8 O	X7

Fuente: Los autores



Figura 15 Conexión entre Módulo de 8 Relevos y PLC  
 Fuente: Los autores

PLC

Ya que el PLC es un dispositivo de control lógico programable, debe ser programado por medio de un software llamado Control FPWin Pro 7 desarrollado para los dispositivos Panasonic que cumplen con este propósito. Este software es de libre licenciamiento y se puede descargar gratuitamente. Se procede a instalar este software en el computador asignado para el control de la máquina y a cargar el PLC con la programación elaborada en lenguaje Ladder.

La programación que se debe elaborar para seleccionar el sentido de giro y la velocidad a la que girará el servomotor, consiste en que por medio las entradas del PLC se varíen los pulsos y señales digitales que se entregarán al Driver Minas A4.

De esta manera las entradas X0, X1, X2, X3, X4, X5 seleccionan la cantidad de pulsos por segundo que le entrega la salida Y0, la entrada X6 selecciona el estado alto o bajo que le entregará a la salida Y2 y la entrada X7 selecciona el estado alto o bajo que se entregará a la salida Y1.

Conforme a lo anterior el programa diseñado para cumplir con la función y que es cargado al PLC, es el que se puede apreciar en la figura 16.

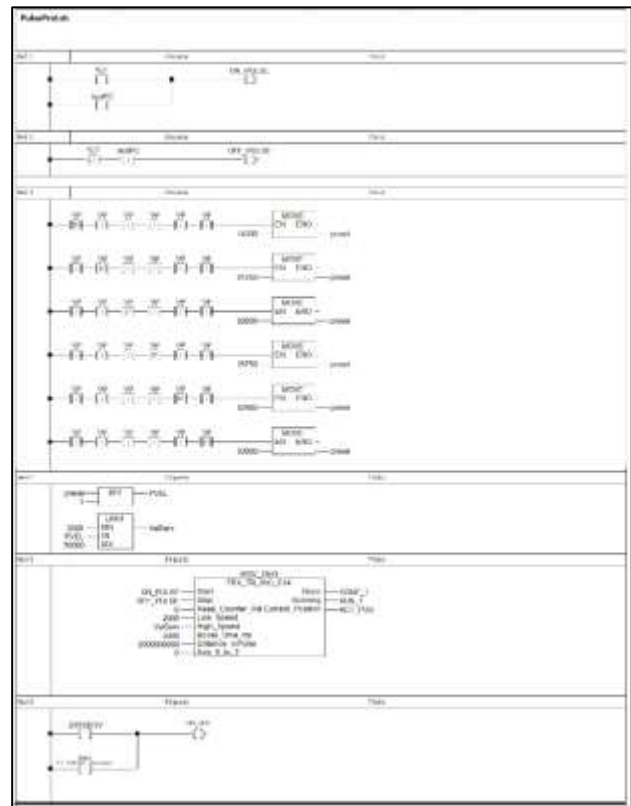


Figura 16 Diagrama Ladder implementado en el PLC para el accionamiento del Servomotor  
 Fuente: Los autores

PROGRAMACIÓN DE ARDUINO MEGA 2560

Para lograr comunicar el Arduino con el LabVIEW se debe descargar e instalar desde internet el IDE de Arduino y a su vez el LIFA\_Base.ino que es un Sketch desarrollado por la compañía National Instruments. El Sketch LIFA\_Base.ino puede ser modificado y distribuido





gratuitamente y se encuentra disponible en [www.ni.com/arduino](http://www.ni.com/arduino). Al ser descargado y abierto, solo basta con conectar la placa Arduino MEGA 2560 que deberá tener los drivers debidamente instalados, para poder ejecutar el aplicativo desarrollado en la ventana Block Diagram del LabVIEW.

Este sketch se encarga de enlazar el Arduino al LabVIEW por medio de las funciones contenidas en el toolkit de Arduino que deberá ser instalado en el computador haciendo uso del JKI VI Package Manager que no es más que la biblioteca de desarrollos para LabVIEW de la compañía National Instruments.

La información será enviada a través de un Bus de datos en formato String al computador por medio de cable de comunicación serial USB.

**APLICATIVO DESARROLLADO EN LABVIEW**

Dado que uno de los objetivos del presente trabajo es poder visualizar la curva de Torsion Vs. Ángulo de deformación en tiempo real, se requiere un aplicativo que se encargue de representar gráficamente la información recibida desde la tarjeta de adquisición de datos Arduino MEGA 2560. Para ello se escogió el entorno de programación basado en lenguaje G llamado LabVIEW debido a que es un Software de programación con el que los estudiantes de Ingeniería Electromecánica las Unidades Tecnológicas de Santander están familiarizados.

Para el desarrollo de este aplicativo se debe tener en cuenta que hay que tener previamente instalados en el computador donde se va a hacer el desarrollo, los programas IDE de Arduino, LavVIEW, Virtual Instrument Software Architecture (NI VISA) y JKI VI Package Manager estos tres últimos desarrollados por la compañía National Instruments.

Adicionalmente se debe realizar la instalación del toolkit LabVIEW Interface for Arduino (LIFA) por medio del uso del programa JKI VI Package Manager. Este toolkit contiene las librerías y las funciones necesarias para lograr la comunicación entre Arduino y LabVIEW

Por medio de la función Init ubicada en la pestaña de Arduino que se presentó anteriormente se establecen los parámetros de comunicación entre el Arduino y LabVIEW como se observa en la figura 17.

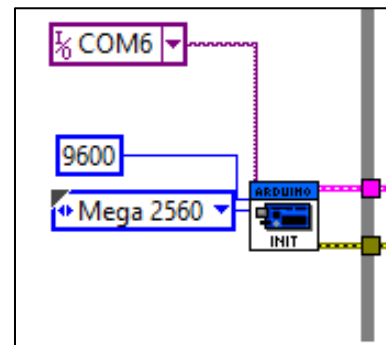


Figura 17 Función Init  
Fuente: Los autores

Para cerrar el circuito de comunicación serial entre el Arduino y el LabVIEW se deberá usar también la función Close que se encuentra en la misma pestaña de Arduino y deberán ser conectados por medio de una estructura While Loop haciendo uso de túneles de comunicación como se observa en la figura 18.

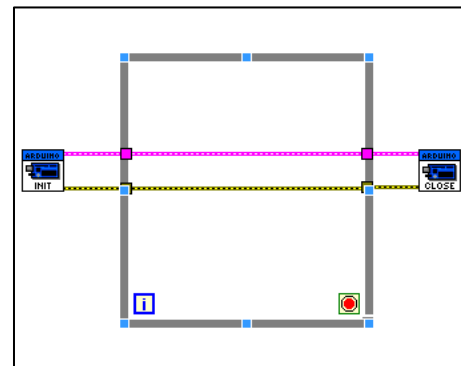


Figura 18 Diagrama de bloques básico de comunicación entre LabVIEW y Arduino  
Fuente: Los autores

Paso seguido se puede hacer uso de todas las demás funciones del toolkit de Arduino simplemente tomando la información del Bus de datos tipo string representado con cables de color fucsia y café y devolviéndola por medio de túneles de comunicación a la estructura While Loop.

Con las funciones Set Digital Pin Mode y Digital Write Pin disponibles en el toolkit de Arduino y que se pueden observar en la siguiente figura, se elabora la sección del aplicativo que va a permitir accionar el módulo de relevos. Así se le indicará al PLC cuando, a que velocidad y en qué dirección debe girar para realizar la prueba de torsión.

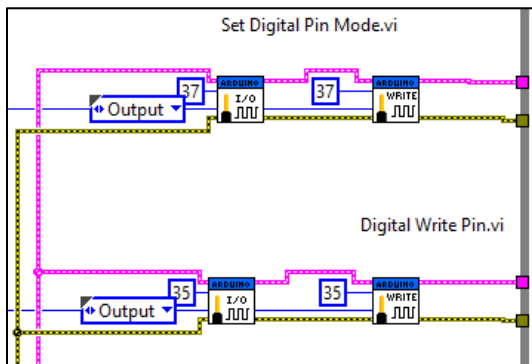


Figura 19 Funciones Set Digital Pin Mode y Digital Write Pin para accionamiento del Módulo de 8 relevos  
 Fuente: Los autores

En la siguiente figura se observa cómo se toma la señal del Bus de datos y se procesa por medio de los VI's Encoder Read.vi y Encoder Reset.vi que actúan como librerías del Diagrama principal, para leer las señales digitales provenientes del encoder HDM1y entregar datos numéricos que representan el ángulo de torsión de la probeta.

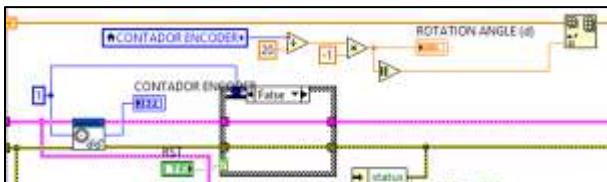


Figura 20 Diagrama de bloques para lectura del encoder.  
 Fuente: Los autores

Así mismo como se requiere una librería para leer el encoder, se requiere también una librería para leer el sensor de par estático AKC-98 que se llama Get HX711 Weight.vi y cumple la función de recibir la información digital proveniente de los pines del Arduino asignados para esta. Esta información se adquiere desde el mismo Bus de datos del cual es tomada la información del encoder y retornada igualmente por medio de túneles al While Loop como se observa en la figura 21.

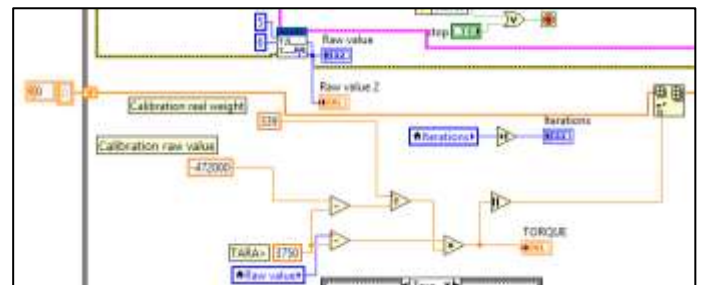


Figura 21 Diagrama de bloques para lectura del sensor de par estático.  
 Fuente: Los autores

Luego de que la información es transformada de datos de tipo string a datos numéricos que representan la posición y el torque de los sensores que se están leyendo, se ingresan independientemente a Arreglos de datos o Array's.

Después estos Array's son llevados a un Bundle que es la función que se encarga de conformar un Cluster de datos por medio de estos dos arreglos, para posteriormente ser graficados con una función llamada XY Graphs como se puede ver en la siguiente figura.

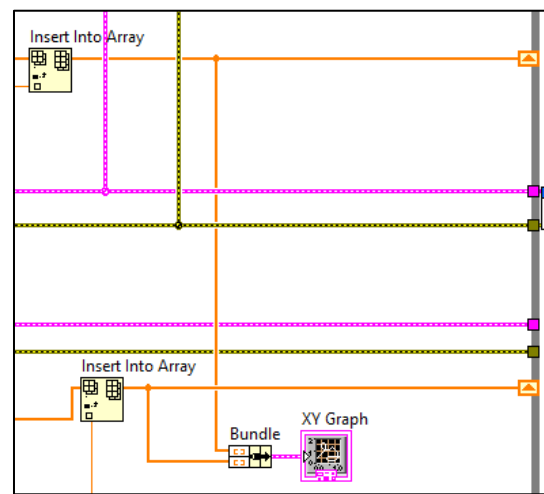


Figura 22 Arreglo de datos para su Graficación  
 Fuente: Los autores

De acuerdo a todo anterior se realiza la programación de cada una de las funciones y se hace una integración para obtener el diagrama de bloques definitivo que se puede observar en la siguiente figura.

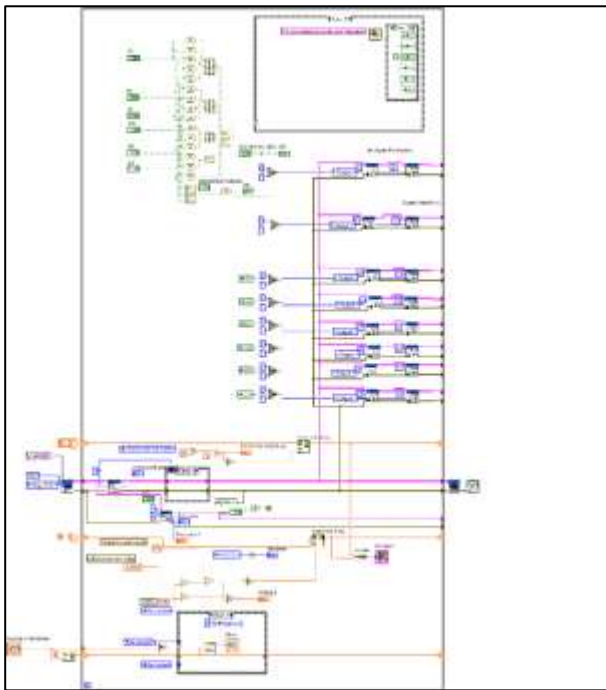


Figura 23 Diagrama de Bloques del Aplicativo  
 Fuente: Los autores

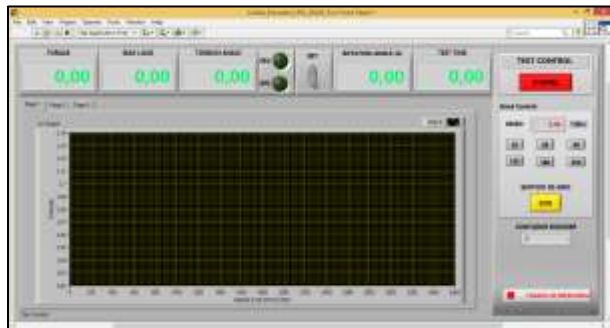


Figura 24 Panel frontal del Aplicativo  
 Fuente: Los autores

### 4.3 PRUEBAS FINALES

#### 4.3.1 Ensayo aluminio 6061

Los valores medidos a través del sistema de adquisición permiten visualizar el valor de torque en unidades de (N\*m) y el ángulo de deformación en la unidad de grados (°) como se puede evidenciar a continuación.

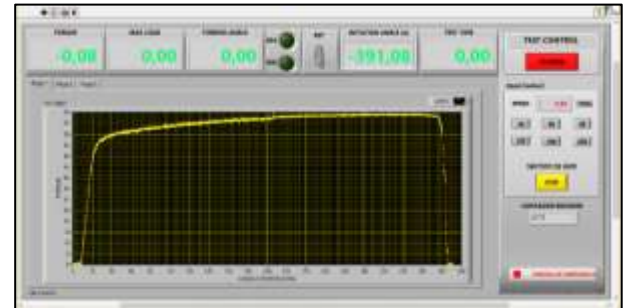


Figura 25 Curva de Torque Vs. Angulo de deformación para el Aluminio 6061  
 Fuente: Los autores

#### Datos adquiridos del ensayo:

T<sub>máx</sub>: 50 N\*m  
 Ø = 12.5 °  
 D = 10 mm = 0.01 m  
 C = 5 mm = 0.005 m  
 L = 100 mm = 0.1 m

Los cálculos para determinar el valor del módulo de rigidez en el aluminio 6061.

Para efectos de cálculo es necesario que el valor del ángulo se encuentre en radianes, y es el valor máximo que puede soportar el material en la zona elástica, ya que se asume en ingeniería que un material falla al entrar en zona plástica en donde no puede retomar su forma inicial.

$$\theta \text{ radianes} = 12.5^\circ * \frac{\pi}{180} = 0.218166$$

Al realizar el cálculo de la deformación máxima del material se obtuvo el siguiente resultado.

$$\gamma_{max} = \frac{0.005 * 0.218166}{0.1} = 0.0109083$$

Se determina la deformación en cualquier distancia C que se encuentre entre el centro y la superficie del material, ya que la para efectos de cálculo ρ es una distancia de radio que varía entre 0 y 0.005 m. y C es el radio del eje.

Para efectos de cálculo se debe tomar el valor máximo de ρ. Es decir, cuando esta toma el valor de 0.005 m ya que en ese punto el esfuerzo cortante provocado por el T será el máximo por ser la superficie del material (γ<sub>max</sub> = γ).

$$\gamma = \frac{0.005 \text{ m}}{0.005 \text{ m}} * 0.0109038 = 0.0109038$$

$$J = \frac{\pi * (0.01 \text{ m})^4}{32} = 981.747 * 10^{-12} \text{ m}^4$$

$$\tau_{max} = \frac{(50 \text{ N} * \text{m}) * (0.005 \text{ m})}{981.747 * 10^{-12} \text{ m}^4} = 254.64809 \text{ Mpa}$$

Aplicando la ley de Hooke para determinar el valor del módulo de rigidez encontrado a través de los cálculos.



$$G = \frac{254.64809 \text{ Mpa}}{0.0109083} = 23344.4342 \text{ Mpa} = 23.3444 \text{ Gpa}$$

El Resultado obtenido del Módulo de rigidez G por cálculos es 23.3444 Gpa. El valor teórico de G es de 26 Gpa.

#### 4.3.2 Ensayo AISI 1020

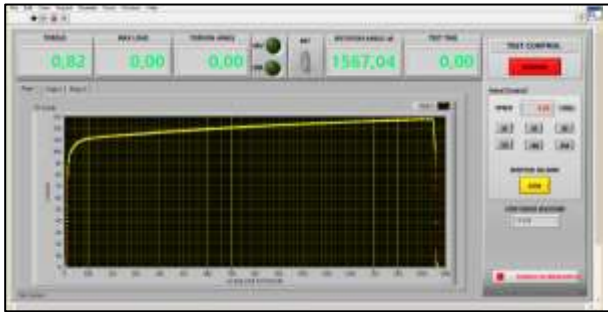


Figura 26 Curva de Torque Vs. Angulo de deformación para el Acero AISI 1020

Fuente: Los autores

#### Datos adquiridos del ensayo:

T<sub>máx</sub>: 88 N\*m  
 Ø = 8 °  
 D = 10 mm = 0.01 m  
 C = 5 mm = 0.005 m  
 L = 100 mm = 0.1 m

A continuación, se muestran los cálculos para el segundo material de ensayo.

$$\emptyset \text{ radianes} = 8^\circ * \frac{\pi}{180} = 0.139626$$

$$\gamma_{max} = \frac{0.005 * 0.139626}{0.1} = 0.0069813$$

$$\gamma = \frac{0.005 \text{ m}}{0.005 \text{ m}} * 0.0069813 = 0.0069813$$

$$J = \frac{\pi * (0.01 \text{ m})^4}{32} = 981.747 * 10^{-12} \text{ m}^4$$

$$\tau_{max} = \frac{(90 \text{ N} * \text{m}) * (0.005 \text{ m})}{981.747 * 10^{-12} \text{ m}^4} = 458.36656 \text{ Mpa}$$

$$G = \frac{458.36656 \text{ Mpa}}{0.0069813} = 65656.333 \text{ Mpa} = 65.65633 \text{ Gpa}$$

El Resultado obtenido del Módulo de rigidez G por cálculos es 65.65633 Gpa. Al realizar la comparación

#### 4.3.3 Ensayo acero inoxidable 304

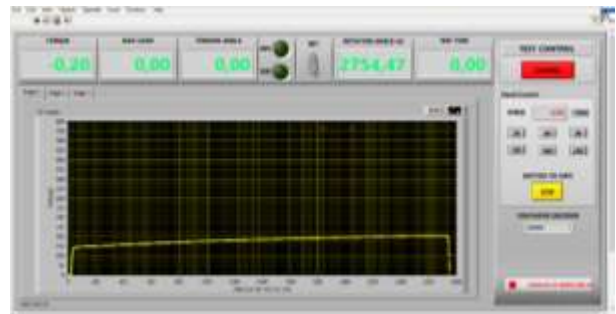


Figura 27 Curva de Torque Vs. Angulo de deformación para el Acero inoxidable 304

Fuente: los Autores.

#### Datos adquiridos del ensayo:

T<sub>máx</sub>: 125 N\*m  
 Ø = 10 °  
 D = 10 mm = 0.01 m  
 C = 5 mm = 0.005 m  
 L = 100 mm = 0.1 m

A continuación, se muestran los cálculos para el segundo material de ensayo.

$$\emptyset \text{ radianes} = 10^\circ * \frac{\pi}{180} = 0.17453 =$$

$$\gamma_{max} = \frac{0.005 * 0.17453}{0.1} = 0.0087265$$

$$\gamma = \frac{0.005 \text{ m}}{0.005 \text{ m}} * 0.0087265 = 0.0087265$$

$$J = \frac{\pi * (0.01 \text{ m})^4}{32} = 981.747 * 10^{-12} \text{ m}^4$$

$$\tau_{max} = \frac{(125 \text{ N} * \text{m}) * (0.005 \text{ m})}{981.747 * 10^{-12} \text{ m}^4} = 636.62022 \text{ Mpa}$$

$$G = \frac{636.62022 \text{ Mpa}}{0.0087265} = 72952 \text{ Mpa} = 72.952 \text{ Gpa}$$



El Resultado obtenido del Módulo de rigidez G por cálculos es 72.952 Gpa

Al realizar la comparación del resultado obtenido con el módulo de rigidez G consultado en las tablas de propiedades típicas de materiales usados en ingeniería del Acero Inoxidable 304 encontramos que este tiene un valor de 75 Gpa.

#### 4.4 OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES DEL EQUIPO

La implementación de este innovador sistema de adquisición de datos en la máquina de ensayos TNS-DW2 de las Unidades Tecnológicas de Santander se caracterizó por que las pruebas realizadas comprobaron el correcto funcionamiento del sistema, y son de fácil manejo para los estudiantes. Así mismo, se demuestra que la implementación de un sistema de adquisición de datos diseñado con plataformas de desarrollo de bajo coste es posible y hace viable recuperar equipos complejos como la máquina de ensayos de torsión.

La utilización del sistema de adquisición de datos proporciona una mayor facilidad en el desarrollo de pruebas en las cuales se obtienen miles de datos por segundo, ya que con esta herramienta se logra almacenar y procesar los datos con una mínima pérdida de información, garantizando la confiabilidad de los resultados obtenidos y que en el presente proyecto se evidenció al momento de efectuar los cálculos respectivos para la determinación del módulo de rigidez en diferentes materiales, obteniendo en las diferentes pruebas un margen de error no mayor al 10%.

Se recomienda también rediseñar el circuito electrónico en una placa impresa que incorpore todos los componentes electrónicos, esto tiene como objetivo mejorar la precisión de adquisición de los datos de las variables presentes en el ensayo por medio de la reducción de cableados y soldaduras que pueden alterar las señales provenientes de los sensores.

### 5. MANUAL DEL USUARIO DEL SISTEMA DE CONTROL DE TORQUE ESTÁTICO-MAQUINA TNS-DW2

La máquina de torsión TNS-DW2 está diseñada para permitir el estudio de las propiedades de diferentes materiales sometidos a esfuerzos de torsión, por medio del monitoreo de las variables generadas durante el transcurso de un ensayo.

Para que esto sea posible la maquina tiene incorporado un sistema de adquisición de datos para acondicionamiento de señales que permiten que ángulos de deformación provocados en el material y el torque aplicado sean manipulados por medio de un computador y la plataforma de programación LabVIEW con el fin de desarrollar una gráfica que muestre el momento torsor Vs ángulo de deformación.

Con base a la descripción anterior este manual pretende ser una guía para el uso de la máquina de torsión TNS-DW2, donde los estudiantes o cualquier operario logren consultar los aspectos más esenciales y de esta forma puedan aprovechar al máximo las capacidades de este equipo.

Para el adecuado manejo se recomienda tener en cuenta los parámetros que se presentan en el contenido del presente manual, acerca de las condiciones de seguridad, información detallada de ajuste, calibración y procedimientos definidos para la realización de este tipo de ensayos de forma correcta acondicionados a la norma.

Antes de la operación de la máquina, lea atentamente las "Instrucciones de Operación" y el "Manual del usuario del sistema de control de Torque estático-Maquina", y coloque en marcha la máquina después de comprender plenamente. Mantener la máquina y utilizarla correctamente para obtener alta precisión y buen estado de funcionamiento.

#### Objetivo principal y rango de uso

Esta máquina está diseñada para probar el torneado de metal, no metal y materiales compuestos. Puede medir el torque y el ángulo de torsión (Además, equipados con los accesorios correspondientes, puede ser utilizado para realizar la prueba de resistencia a la torsión y módulo de distorsión G para prueba de partes y componentes). La máquina cumple los requisitos de prueba de GB10128-88 "Materiales Metálicos prueba de torsión a temperatura ambiente". Toda la operación de la prueba puede realizarse a través de la aplicación LabVIEW que se encuentra instalada en el PC, así como para materializar la adquisición automática, almacenamiento, procesamiento y visualización de los datos de las pruebas.

#### Especificación técnica y el parámetro INDEX

En la siguiente tabla se relacionan las especificaciones técnicas y los parámetros índice que se establecen:



Tabla 17 Especificaciones técnicas.

No.	Tema	La especificación, y el parámetro index
1	Las pruebas de Torque máximo $M_N (N - m)$	2000
2	Rango preciso de Torque ( $\pm(N - m)$ )	40~2000
3	Error de lectura Torque relativo	$\pm 1,0\%$
4	Error de lectura Torque relativo repetitivas	$\leq 1.0\%$
5	Lectura Mín de ángulo de distorsión( $^\circ$ )	0.1
6	Rango de velocidad de prueba ( $^\circ/\text{min}$ ).	0.18~720
7	Día. De espécimen (mm)	$\Phi 8 \sim \phi 25$
8	Espacio de prueba de la maquina (mm)	0~600
9	Dirección de pruebas	Bi-dirección
10	Potencia del motor (kW)	0.75
11	Tensión de Trabajo (V).	AC 220 $\pm$ 10% 60Hz

Fuente: Time Instruments Company

Condición de trabajo

La máquina puede operar normalmente bajo las siguientes condiciones:

- a) Una temperatura ambiente: 10~35 °C;
- b) Humedad relativa:  $\leq 80\%$
- c) Posicionado estable.
- d) Ambiente limpio libre de vibraciones, medio corrosivo o fuertes interferencias electromagnéticas (EMI).
- e) La fluctuación de la fuente de alimentación está limitada dentro de  $\pm 10\%$  de la tensión nominal.

Característica estructural y principio de funcionamiento de la maquina de ensayos TNS-DW2

La máquina está conformada por componentes mecánicos, eléctricos, electrónicos y de procesamiento de datos.

Estructura del cuerpo principal y principio de funcionamiento (Ver figura 1. Diagrama de partes de la

máquina de ensayos de torsión TNS-DW2). El mandril accionado está equipado con el sensor del torque, y puede moverse a lo largo de la línea guía. La Probeta se instala entre los dos dados y el mandril de accionamiento girará tras la rotación del engranaje reductor que es accionado por el servomotor. Tanto la prueba manual como la automática con carga son aplicables.

Sistema eléctrico, electrónico y de procesamiento de datos.

El sistema eléctrico se compone de un sistema motriz, un sistema de medición y de control. El computador puede realizar diferentes funciones tales como, visualización, adquisición y procesamiento de datos, diagrama de curva, almacenamiento del resultado de la prueba y visualización real de la curva de prueba.

Instalación y ajuste de la máquina de ensayos TNS-DW2

- a) Verifique la presencia de cualquier choque o daños resultantes del transporte o cambios de lugar de instalación original.
- b) Instale el bloque de ajuste para estructura y de esta forma nivelar la mesa de trabajo.
- c) Fuente de alimentación debe ser 220V AC/60Hz.
- d) El verificador deberá estar conectado a tierra de forma fiable para la seguridad del personal.
- e) Instale el computador cerca de la máquina de ensayo para realizar la conexión con del cableado de comunicación.
- f) La fuente de alimentación para el computador debe ser 110V AC/60Hz.

Uso y operación

- a) Encienda el PC e ingrese a la pantalla de prueba de Torque desde la interfaz de LabVIEW.
- b) Encienda el interruptor de la fuente de alimentación.
- c) Seleccionar el modo de ensayo, manual o PC desde el panel de control ubicado al lado derecho de la máquina.
- d) Se debe iniciar la simulación del aplicativo desde el botón RUN ubicado en la parte superior izquierda del panel frontal de LabVIEW.
- e) Asegurarse de que la parada de emergencia se encuentre desactivada.
- f) Presione el botón START UP de color verde ubicado en la caja de control central para encender el sistema del servomotor.
- g) Ubicar la probeta en el dado del cabezal activo, y con los botones BACK SIDE ROTATION y FRONT SIDE ROTATION ajustar hasta que la



probeta se alinee y entre correctamente en el dado ubicado en el plato conducido.

- h) Después se debe seleccionar la velocidad y sentido de rotación anti horario (CCW) / horario (CW) a través del aplicativo LabVIEW. La prueba puede comenzar después de que se instale la probeta de ensayo.
- i) Para iniciar la prueba de torsión, se debe presionar el botón STOPPED de color rojo que está ubicado en la parte superior derecha del panel frontal de LabVIEW. Al ser presionado este cambiara a color verde e indicara que se ha cambiado al modo RUNNING advirtiendoo que la prueba a iniciado.
- j) En caso de anomalía durante la prueba, presione el botón rojo de parada de emergencia para detenerlo, gire el botón de parada de emergencia en el sentido de las agujas del reloj para liberar la parada de emergencia.
- k) Desmonte la probeta después de haber finalizado el ensayo.

**Precaución:** Durante el uso del extensómetro o medidor de torsión, desmontar o volver a montar este instrumento. Preste especial atención a la dirección de giro permitido del medidor de torsión, sólo está permitido para aumentar la distancia entre las dos hojas de la torsión extensómetro (hacia atrás) durante la prueba para evitar cualquier daño.

Mantenimiento y reparación del reductor.

El mantenimiento rutinario y la inspección de la maquina en general son esenciales para el funcionamiento correcto y seguro.

- a) Limpie la guía y lubríquela antes de usarla.
  - El lubricante para el engranaje de reducción debe ser aceite de engranaje EP para carga media L-CKC100 fabricado en China o uno que cumpla con las mismas especificaciones.
  - Llenar con aceite nuevo después de 2 semanas de funcionamiento originalmente, y sustituirlo cada 3 a 6 meses, basado en la práctica.

Punto de inflamación (La apertura)°C	244
punto de fluidez °C	-18
La corrosión del cobre (3h, 100°C)	1b

Fuente: Fabricante del L-CKC100

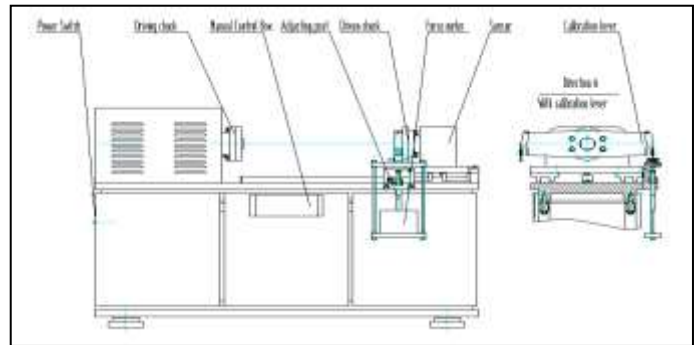
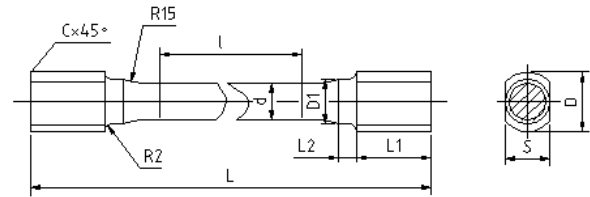


Figura 28 Diagrama de partes de la máquina de ensayos de torsión TNS-DW2

Fuente: Time Instruments Company recuperado del manual original de la máquina.



d	D	D1	S	l	L1	L	r	c	L2
8-11	16	12	12	10d	20	l+60	2	1	5
12-17	24	18	18	10d	20	l+70	2	2	10
18-25	32	27	24	10d	30	l+90	3	3	10

Figura 29 Dimensiones de las probetas de ensayo.

Fuente: Time Instruments Company recuperado del manual original de la máquina.

Tabla 18 Características de Viscosidad.

CARACTERISTICAS	PARAMETROS
ISO Grado de viscosidad	100
Viscosidad cinemática (40), mm <sup>2</sup> /s	97.7
El índice de viscosidad	91

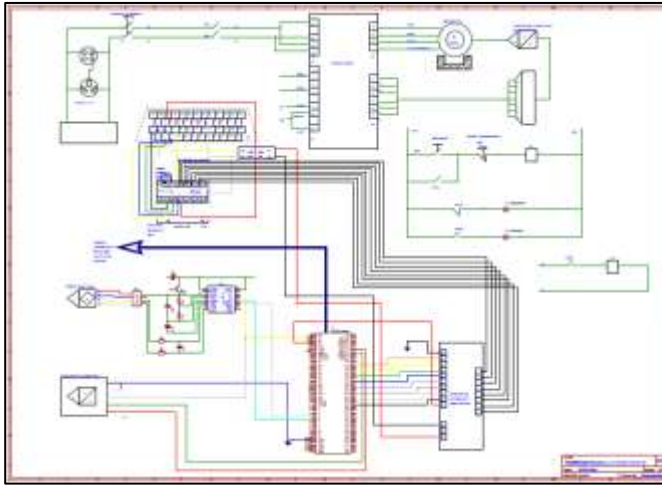


Figura 30 Circuito eléctrico de la máquina TNS-DW2.  
 Fuente: Los Autores.

## 6. MANUAL DE PRÁCTICAS PARA EL EQUIPO

El presente manual de prácticas complementa y refuerza el aprendizaje en el área de mecánica de materiales de los estudiantes de la Ingeniería Electromecánica de las Unidades Tecnológicas de Santander. Se espera que se una herramienta útil y esencial en el desarrollo de las diversas prácticas.

### 6.1 DERECHOS Y DEBERES DE LOS USUARIOS

#### Derechos

Los equipos y materiales que van a utilizar los estudiantes deben encontrarse en perfecto orden y aseo.

Solicitar el buen estado de los elementos y equipos.  
 Exigir la verificación del funcionamiento de los equipos y elementos solicitados.

Los estudiantes tienen derecho a la clase práctica, orientada por el docente y el conocimiento con anterioridad de las prácticas a realizar.  
 Obtener permisos en casos necesarios.  
 Recibir un trato cortés.  
 Recibir las advertencias necesarias que le permitan trabajar cumpliendo todas las normas de seguridad y de obligatorio cumplimiento.

#### Deberes

Dejar en perfecto estado de orden y aseo todos los equipos y manuales utilizados en la práctica.

En caso de ocasionar algún daño a los materiales y equipos lo debe reparar o pagar.

Debe mantener el orden y la disciplina durante la práctica. Debe hacer un buen uso de los equipos y materiales durante las prácticas.

Preservar, cuidar y mantener en buen estado el material de enseñanza, instalaciones, equipos y bienes del laboratorio. Cumplir con las normas de respeto y convivencia para el logro de una formación integral.

Cumplir con las normas de seguridad del laboratorio. Solicitar al docente la aclaración de las dudas que se tengan de la práctica a realizar.

Avisar inmediatamente al docente acerca de las anomalías que se presenten en los equipos.

Acatar las instrucciones del docente y respetar sus decisiones de acuerdo con lo dispuesto en este reglamento.

### 6.2 NORMAS

#### 6.2.1 Normas de trabajo de obligatorio cumplimiento

El laboratorio debe permanecer en perfecto orden y aseo. Cumplir con el horario de laboratorio establecido, para la realización de las prácticas.

Está prohibido el ingreso de comidas, bebidas, cigarrillos.

Está prohibido el ingreso de estudiantes con inadecuada presentación personal.

Está prohibido facilitar o propiciar el ingreso al laboratorio de personas no autorizadas.

Quince (15) minutos después de iniciar la práctica de laboratorio no se permite el ingreso de estudiantes al aula.

No se permite el traslado de computadores, sillas o de cualquier otro material o equipo que se encuentre en el laboratorio, sin la debida autorización del funcionario encargado del mismo.

La ausencia injustificada de una práctica de laboratorio generara una falla.





La pérdida o deterioro por mal uso de un elemento, aparato o equipo, se cobra al estudiante responsable de la pérdida o deterioro. En caso de no encontrarse un responsable único, el grupo de la práctica correspondiente asumirá la responsabilidad y cubrirá los costos de reparación o de sustitución del equipo.

La inasistencia a una práctica de laboratorio, automáticamente descalifica el informe.

### 6.2.2 Normas de seguridad

Quítese todos los accesorios personales que puedan producir descargas (recuerde que algunas de las prácticas trabajan con altos voltajes y amperajes), como son anillos, pulseras, collares.

Está prohibido fumar, beber o comer en el laboratorio, así como dejar encima de la mesa del laboratorio algún tipo de prenda.

El pelo largo se llevará siempre recogido.

Manipule los equipos de manera responsable y cuidadosa.

## 6.3 CRITERIOS DE EVALUACION

Para evaluar el laboratorio se considerará importante la asistencia, la participación y respuesta a las preguntas de exploración y los informes generados en cada práctica.

### 6.3.1 Informe

La evidencia del conocimiento adquirido se refleja en la entrega de un informe A continuación se presenta el formato propuesto para la elaboración del informe (Tabla 19).

Tabla 19 Modelo informe

IDENTIFICACIÓN		
<b>PRACTICAS QUE INVOLUCRA:</b> El número que identifica las prácticas que involucra el informe.	<b>FECHA:</b>	
INFORMACION DEL ESTUDIANTE		
<b>NOMBRE:</b>	<b>CÓDIGO:</b>	
<b>PROGRAM A:</b>	<b>GRUPO:</b>	<b>DOCENTE:</b>

ANALISIS DE RESULTADOS Y/O ANALISIS DE GRAFICAS												
<p>La discusión de resultados generalmente suele corresponder a un argumento lógico, basado en los resultados y no una repetición de estos. En ocasiones, puede ser útil, comparar los resultados obtenidos con los reportados en la literatura, analizar si hay discrepancia respecto a los valores aceptados o esperados, indicando las causas y algunas sugerencias que puedan mejorar el método experimental.</p> <p>Otros aspectos a tratar son las dificultades encontradas durante la realización del experimento que hayan podido influir en los resultados, si son o no válidas las aproximaciones hechas, son entre otros, temas que también pueden tratarse como discusiones de resultados.</p>												
TABLAS DE DATOS, GRAFICAS Y CALCULOS												
<p>Los datos se refieren a aquellas cantidades que se derivan de mediciones y que se han de utilizar en el proceso de los cálculos. En esta sección se muestran los resultados obtenidos. Los resultados deben presentarse preferiblemente en forma de gráficos, sin embargo, si se requiere se hace necesario la inclusión de las tablas de datos. Los datos del experimento deben estar diferenciados de otros datos que puedan incluirse para comparación y tomados de otras fuentes.</p> <p>En esta parte también se deben mostrar las ecuaciones utilizadas y los cálculos realizados Todos los símbolos deben definirse en el momento en que aparecen por primera vez. Los resultados deben ser claros y precisos que indiquen lo que el estudiante pudo observar, no lo que los libros dicen, que se ha debido observar.</p>												
EVALUACIÓN												
<p>En este espacio el estudiante responde al cuestionario propuesto en cada práctica. Debe ser contestada apoyándose en la bibliografía consultada y en la ejecución de la experiencia.</p>												
OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES												
<p>Se pretende realizar observaciones que mejoren la práctica o aquellos detalles de los cuales se percató cuando realizó la experiencia y que pueden ser importantes en la obtención de los resultados. Siempre debe sacarse una conclusión concisa y precisa del trabajo realizado</p>												
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS												
<p>Se relacionan de manera técnica y ordenada las fuentes consultadas</p>												
IDENTIFICACIÓN												
<b>PR</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>F</b>	<b>E</b>
<b>AC</b>										<b>0</b>	<b>E</b>	<b>C</b>
<b>TI</b>											<b>C</b>	<b>H</b>
<b>CA</b>												



El desarrollo del ensayo implica un registro de la información obtenida en la práctica por medio en la tabla 20.

				A
INFORMACIÓN DEL ESTUDIANTE				
NOMBRE:				CÓDIGO:
INGENIERIA ELECTROMECAICA	GRUPO			DOCENTE:
ANALISIS DE RESULTADOS Y/O ANALISIS DE GRAFICAS				
TABLAS DE DATOS, GRAFICAS Y CALCULOS				
EVALUACION				
OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES				
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS				

REGISTRO							
INFORMACION DEL EQUIPO							
NOMBRE	MARCA	TORQUE APLICADO (N*M)					
INFORMACION DE LA PROBETA							
TIPO DE MATERIAL	DIMENSIONES						
	DIAMETRO INICIAL	SECCION TRANSVERSAL	LONGITUD DE PRUEBA	DIAMETRO FINAL			
COMPOSICION QUIMICA							
							
PROPIEDADES DEL MATERIAL CALCULADAS DE ACUERDO AL COMPORTAMIENTO							
Material	Torques (N*m)			Esfuerzo de corte $\tau$ (Mpa)			Módulo de corte (Mpa)
	Límite máximo Tb	Límite de proporcionalidad Tsu	Límite de Ruptura Tp	De fluencia $\tau_{su}$	Máximo $\tau_b$	De proporcionalidad $\tau_p$	

### 6.3.2 Competencias y Resultados de Aprendizaje

#### Competencia

Analizar las propiedades de un material cuando se le somete a momentos torsores aplicando los principios de la mecánica de la norma ASTM E 143.

#### Resultados del aprendizaje

- Conoce la operación de la máquina de torsión realizando ensayo bajo las normas técnicas vigentes.
- Comprueba la curva de torque- Angulo de formación en un material.
- Determinar el esfuerzo de corte y los defectos deformantes en un material a través del ensayo de torsión.
- Analizar las propiedades mecánicas de un material sujeta a torsión en diferentes fuentes.



### 8. ANALISIS FINAL DE LA APLICACIÓN DEL NUEVO SISTEMA

Con la implementación del sistema de adquisición de datos para la máquina de ensayos TNS-DW2 se logró el objetivo de poner nuevamente en marcha el equipo para que los estudiantes adquirieron experimentales para alimentar sus conocimientos profesionales

Con el uso de LabVIEW en el desarrollo de este proyecto se evidenció que es una herramienta de programación gráfica muy interactiva y que facilita enormemente el desarrollo de aplicativos de interfaz gráfica para el monitoreo de variables o la medición de diferentes magnitudes por medio del uso de sensores, permitiendo posteriormente hacer modificaciones al sistema, implementando mejoras y así desarrollar opciones que permitan realizar análisis adicionales en cada ensayo.

No se aconseja utilizar este equipo de manera continua y es recomendable añadirle un sistema de refrigeración para mejorar el desempeño del sistema de electromecánico.

#### Referencias

Aguera, A (2008). Diseño e implementación de un sistema de adquisición de datos para un banco de pruebas de flujo bifásico. (Tesis de grado). Ingeniería Electronica. Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierias. Universidad Simon Bolivar. Satenejas.

Airasian, P. W., & Pecina Rosas, R. (2002). La evaluación en el salón de clases. (Mc Graw Hill, Ed.). México D.F.: SEP. Retrieved from <http://www.worldcat.org/title/evaluacion-en-el-salon-de-clases/oclc/58452540>

Arango, R., Navarro, A. A., & Padilla B, J. B. (2014). SISTEMAS OPEN HARDWARE Y OPEN SOURCE APLICADOS A LA ENSEÑANZA DE LA ELECTRÓNICA. Revista de Investigaciones Universidad del Quindío, 126.

Avia Semiconductor. (s.f.). Analogo to Digital Converter (ADC) for Weigh Scales.

Beltrán, J y López, F (2014). Prototipo de robot agricola teleoperado usando LabVIEW y la plataforma de Arduino. (Tesis de grado). Ingeniería Electronica. Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierias. Universidad de los Llanos. Villavicencio.

China Academy of Aerospace Aerodinamics. (s.f.). CASC. Obtenido de CASC: <https://www.yoycart.com/product/534792772785/>

<b>APARIENCIA DE LA FRACTURA</b>	
DIAGRAMA	FOTOGRAFIA
FRAGIL	DUCTIL
MIXTA	
<b>EVALUACIÓN</b>	
Desarrollar las siguientes actividades: <ul style="list-style-type: none"> <li>Analizar comparativamente las propiedades determinadas con las conocidas del material calculando el error experimental y registrándolo en el formato de registro.</li> <li>Seleccionar la apariencia de fractura obtenida justificando el porcentaje de fractura ductil observada.</li> </ul>	
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	
<b>BIBLIOGRAFIA BASICA</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>HIBBELER. R. Mecánica de materiales Editorial Prentice Hall.</li> <li>SHACKELFORD, James F. Ciencia de Materiales para ingenieros. Editorial Prentice Hall. Tercera edición. Mexico 1992.</li> <li>SMITH William, Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales, Editorial Mc Graw Hill. Segunda edicion. Madrid España 1993.</li> <li><a href="http://www.sciencedirect.com/science/journal">www.sciencedirect.com/science/journal</a>. Materials characterization, materials scdence and engineering.</li> <li><a href="http://www.matweb.com">www.matweb.com</a>.</li> </ul> <b>BIBLIOGRAFIA SUGERIDAS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>DIETER, G. metalurgia Mecánica. Mc Graw Hill KOGAKUSHA, LTD Tokyo, 1976.</li> <li>TIMOSHENKO, G. Mecánica de Materiales. Grupo Ed. Iberoamérica.</li> <li>ASTM, compendio de Normas.</li> </ul>	



- ColdFire Electronica. (s.f.). COLDFIRE. Obtenido de COLDFIRE: <https://www.coldfire-electronica.com/esp/item/150/modulo-de-relevadores-relays-8-canales-5v-arduino>
- Ecsedi, I y Baksa, A. (2010). Revista Internacional de Sólidos y Estructuras. Science Direct El Sevier.
- Harmer, E y Clement, W y George, T y Moreno, J (1981). Ensayo e inspección de los materiales de ingeniería. Mexico.
- Herrera Benitez, J. C. (2013). Comunicación USB entre aplicaciones desarrolladas en LabVIEW y microcontroladores de Silicon Labs. Revista de ingeniería electrónica, automática y comunicaciones, 1.
- How To Mechatronics. (s.f.). How To Mechatronics. Obtenido de How To Mechatronics: <http://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/control-high-voltage-devices-arduino-relay-tutorial/>
- Industrial Mining y Compañía, S. de R.L de C.u. (s.f.). LBA Industrial Mining. Obtenido de LBA Industrial Mining: <http://www.abm-industrial.com/2013/02/07/que-es-un-encoder/>
- Ivrea Interaction Design Institute. (s.f.). ARDUINO. Obtenido de ARDUINO: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-mega-2560-rev3>
- Ivrea Interaction Design Institute. (s.f.). ARDUINO. Obtenido de ARDUINO: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- Ivrea Interaction Desing Institute. (27 de Octubre de 2017). ARDUINO. Obtenido de ARDUINO: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-mega-2560-rev3>
- Messtechnik, lorenz. (6 de Octubre de 2017). Sensing S.L. Obtenido de Sensing S.L: [http://www.sensores-de-medida.es/sensing\\_sl/SENSORES-Y-TRANSDUCTORES\\_35/Sensores-de-par-y-torsi%C3%B3n\\_88/Sensores-de-par-est%C3%A1tico\\_89/](http://www.sensores-de-medida.es/sensing_sl/SENSORES-Y-TRANSDUCTORES_35/Sensores-de-par-y-torsi%C3%B3n_88/Sensores-de-par-est%C3%A1tico_89/)
- National Instruments Corporation;. (28 de Julio de 2017). National Instruments. Obtenido de National Instruments: <http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>
- National Instruments Corporation;. (28 de Julio de 2017). National Instruments. Obtenido de National Instruments: <http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>
- National Instruments Corporation;. (s.f.). National Instruments. Obtenido de National Instruments: [http://www.ni.com/es-co/shop/labview.html?cid=Paid\\_Search-70131000001Rp07AAC-Rest\\_of\\_Latam-Google\\_SW3\\_System\\_Design\\_Software\\_Broad&gclid=EAIaIQobChMI3qyq-4Or1QIV1xGBCh3cGgW\\_EAAYASAAEgLtdvD\\_BwE](http://www.ni.com/es-co/shop/labview.html?cid=Paid_Search-70131000001Rp07AAC-Rest_of_Latam-Google_SW3_System_Design_Software_Broad&gclid=EAIaIQobChMI3qyq-4Or1QIV1xGBCh3cGgW_EAAYASAAEgLtdvD_BwE)
- Neetescola. (2013). Obtenido de Neetescola: <https://neetescola.org/maquinas-de-ensayos-mecanicos/>
- Nole, R (2013). Diseño de un sistema de adquisición de datos utilizando el protocolo USB en un microcontrolador AVR. (Tesis de grado). Ingeniería Electronica. Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierias. Universidad Católica del Perú. Lima.
- Zúñiga, D y Andrade, D (2011). Diseño y construcción de una mano robótica para la enseñanza del alfabeto dactilológico universal para personas sordomudas. (Tesis de grado). Ingeniería Electronica. Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierias. Universidad politécnica salesiana. Ecuador.
- PANASONIC. (s.f.). Manual de instrucciones AC Servo Motor. En PANASONIC, Manual de instrucciones AC Servo Motor (pág. 14).
- Pedroza, J. A., Simanca, C., Tamara, J., Jacir, F., & Rodriguez, J. (Julio de 2007). Plusformacion. Obtenido de [https://plusformacion.com/Recursos/r/Ensayo-torsion?quicktabs\\_ofertas\\_relacionadas\\_quicktab=0](https://plusformacion.com/Recursos/r/Ensayo-torsion?quicktabs_ofertas_relacionadas_quicktab=0)
- Paredes Martínez, E. (2012). De la evaluación diagnóstica a la evaluación sumativa: logros y fracasos en los aprendizajes. In Congreso Internacional de Educación Evaluación 2016 (pp. 1507–1518). Tlaxcala: Universidad Autónoma de Tlaxcala. Retrieved from <http://posgradoeducacionuatx.org/pdf2016/A208.pdf>
- Shanghai Houde photo-Electric Technology. (s.f.). HOUDE. Obtenido de HOUDE: <http://www.houde.com.cn/ProductInfoA.aspx?id=47>
- TIME INSTRUMENT. (s.f.). Time Instrument. Obtenido de Time Instrument: <http://www.timeinstrumentindonesia.com/products/160/TNS-DW2-Computer-Controlled-Torsion-Testing-Machine>
- Time Instruments. (s.f.). TNS-DW2 Operation manual of PC controlled Torsion Tester.
- Zabalza Beraza, M. A. (2016). El Practicum y las prácticas externas en la formación universitaria Practicum