

Diseño y simulación de un sistema automatizado para un banco de prueba de ensayo a torsión

Gustavo Adolfo Romero Guzman, Juan Alejandro Morales Beltran

RESUMEN: la universidad Antonio Nariño tiene a disposición una máquina de ensayos a torsión, posee un autómata programable para el funcionamiento automatizado del equipo, sin embargo, este no está programado según las necesidades del ensayo y carece de medios para la exponer los resultados; con la presente propuesta se pretende desarrollar la programación y simulación de la máquina de ensayos a torsión teniendo en cuenta la instrumentación real de la máquina de ensayos a torsión.

PALABRAS CLAVE: PLC, torsión, esfuerzo, deformación, programación

I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Una máquina de ensayos a torsión es utilizada para conocer el desempeño de una probeta de sección circular en la aplicación de pares tortores, funcionan aplicando un par de fuerza a un extremo de la probeta mientras que el extremo opuesto se mantiene fijo, el desempeño se evalúa según la deformación y esfuerzo del material en el proceso de aplicación del par torsor durante la prueba sin embargo para conocer estas propiedades es necesario conocer el largo de la probeta, radio de la probeta y durante el ensayo a torsión el par aplicado y ángulo de giro de la probeta

para el diseño y simulación del sistema de la máquina de ensayos a torsión de la universidad Antonio Nariño sede Villavicencio se tuvo en cuenta los siguientes:

Encoder de giro incremental para medir la variación de giro de la probeta de un extremo de ésta con respecto al otro, este dispositivo funciona con base en reticulado radial de dos canales y rayos infrarrojo, cada vez que los rayos se encuentren obstruidos por parte del reticulado cambiará la señal, generando un impulso digital que procesado es un grado de variación, el segundo canal determina la dirección del giro, estas señales se conectan al autómata programable.



Fig. 1. Encoder de giro incremental

Fuente: <https://clr.es/blog/es/tipos-de-encoders-aplicaciones-motores/>

Celda de carga tipo s para medir el par de torque aplicado a la probeta, esta se encuentra ubicada a 5 cm del eje de la probeta, la celda tipo s funciona con un resistencia variable y fuente de alimentación, en la aplicación de una fuerza la resistencia varía, consecuente genera la variación de potencial, la celda de carga tiene una capacidad de 100 kg de fuerza o 981 Newtons, el escalamiento de la señal análoga es 2mV/v., el par de fuerza se determina del producto entre la fuerza aplicada y la distancia de la palanca



Fig. 2. Celda

de carga tipo s

Fuente: <https://coldecon.com.co/producto/celda-de-carga-60001-tipo-s/>

Plc logo 8 para la automatización del proceso, este es de alimentación 12/24v y cuenta con 8 entradas digitales y 4 entradas análogas. el plc controla el proceso y recopila y procesa los datos suministrados por el encoder de giro y la celda de carga.



Fig. 3. Plc logo 8 12/24 v dc

Fuente: <https://www.fiverr.com/hamedafkh/do-your-plc-project-based-on-plc-logo-siemens>

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

la universidad Antonio Nariño tiene a disposición una máquina para desarrollar ensayos de torsión en materiales; un ensayo a torsión es el sometimiento de un material a un par de torsión provocando la deformación y rotura del material, La máquina está constituida por un medidor de variación de giro y fuerza para la captura de datos y un autómat programable para la recolección de datos y emisión de señales en respuesta a las señales de entrada.

el autómat programable no está programado según las características del ensayo a torsión y datos suministrados por los sensores; no es posible la operación del equipo de forma automatizada, operar el equipo sin el autómat programable; de forma manual, conlleva a no poder determinar el par de fuerza aplicado al material, máximo par de torque antes de la rotura del material y obtención de datos de forma ambigua con amplios porcentajes de error como el giro de la probeta con respecto a un extremo, por lo tanto el ensayo realizado de manera manual no es funcional para conocer las propiedades de un material sometido a fuerzas de torsión como esfuerzos, diagrama esfuerzo deformación. Realizar ensayos de torsión manualmente a materiales con propiedades y dimensiones fuera del alcance del equipo genera daños en la integridad del equipo y posteriores averías de componentes.

Tomando como referencia las máquinas de ensayos a torsión zwick roell con el fin de evaluar la máquina de la universidad Antonio Nariño, se constató lo expuesto en el párrafo anterior; la máquina de la universidad da la posibilidad de que las propiedades determinadas en el ensayo sean poco acertadas a las reales de la probeta ensayada.

III. JUSTIFICACIÓN

Ejecutar un ensayo a torsión sin intervención humana. Teniendo el proceso automatizado se obtienen datos reales con un margen de error mínimo.

No superar la capacidad de carga de los componentes, en caso de superar la capacidad del equipo detener el ensayo, con esto se previene averías de los componentes y conservar la integridad del mismo

Conocer la variación del giro de la probeta, par de torque aplicado, esfuerzo a cortante del material en la variación del tiempo, generar diagrama y tabla de valores del esfuerzo deformación de la probeta para análisis didáctico.

IV. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

Diseñar y simular un sistema automatizado para un banco de prueba de ensayo a torsión

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer 4 escenarios de prueba para la máquina de ensayo de torsión.
- Diseñar el sistema de control empleando un plc logo 8.
- Evaluar funcionalidad del sistema automatizado de acuerdo a los escenarios previstos en el objetivo específico número 1 y elaboración del Proyecto.

V. MARCO TEÓRICO

ESFUERZO NORMAL, CORTANTE Y TORSIÓN.

Toda estructura está sometida a esfuerzos, ya sea bajo la carga propia o cargas externas, para el análisis de las estructuras se analizan las diferentes secciones individualmente, según el esfuerzo sometido, carga a

soportar, geometría de la sección transversal; entre otros. Los esfuerzos principales son el esfuerzo normal y cortante, para el estudio del esfuerzo de torsión es necesario tener manejo del esfuerzo normal y cortante y conocer sus principios fundamentales.

Esfuerzo normal.

El esfuerzo normal es la aplicación de una fuerza o conjunto de fuerzas de manera colineal (figura 4); a lo largo del mismo eje, el esfuerzo normal es simbolizado con la letra griega σ (sigma), es el cociente de la fuerza aplicada y el área de la sección transversal del material, en el sistema internacional la fuerza es representada por newtons (N) y el área por metros cuadrados (m^2), el esfuerzo se representa en newtons por metro cuadrado o su denominación en pascales (Pa).

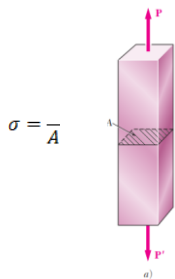


Fig. 4. Formula esfuerzo normal y material sometido a un esfuerzo a tensión

El esfuerzo normal es un esfuerzo promedio, ya que en las proximidades al punto de aplicación de la carga o fuerza se da un esfuerzo mayor, en el caso de que los puntos de aplicación de las cargas se encuentren próximo, el esfuerzo promedio no será acorde al esfuerzo real al que está sometido el material; si no inferior, el esfuerzo normal de la fórmula 1 es distribuido en el área total y no el esfuerzo sobre un punto específico del material.

el esfuerzo normal promedio es el esfuerzo asumiendo que se aplique la carga distribuida homogéneamente en la superficie de aplicación, cuando el esfuerzo no está distribuido es necesario asumir otro enfoque para el cálculo del esfuerzo.

El esfuerzo normal se da en compresión o tensión, cuando el esfuerzo se da a tensión es positivo y a compresión es negativo, ya que se da un esfuerzo el material se deforma alargándose o reduciendo su longitud ya sea aplicado a tensión o a compresión respectivamente.

Deformación carga axial.

En el sometimiento de un perfil estructural a un esfuerzo normal, se dan deformaciones en el material que según la dirección de aplicación de la carga (tensión, compresión) el

materia aumenta o disminuye su longitud; la deformación de un material se simboliza con la letra griega δ (delta), siendo esta la diferencia de la longitud de la probeta posterior (L_f) a la aplicación de la carga y la probeta antes de ser aplicada la carga (L_i), formula 1.

$$\delta = L_f - L_i \tag{1}$$

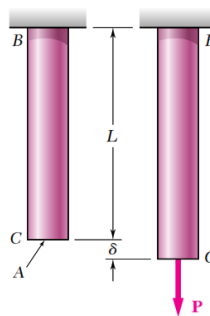


Fig. 5. Deformación en la aplicación de una carga

El material se deforma según la fuerza que se le aplique, a mayor cantidad de fuerza aplicada se genera de manera consecutiva una variación en el esfuerzo y deformación del material.

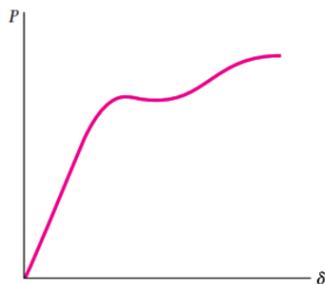


Fig. 6. Diagrama esfuerzo – deformación

La deformación unitaria de un material es el cociente de la deformación de un material y la longitud inicial del material (formula 2), la deformación unitaria se simboliza con la letra griega ϵ (epilson).

$$\epsilon = \frac{\delta}{L_i} \tag{2}$$

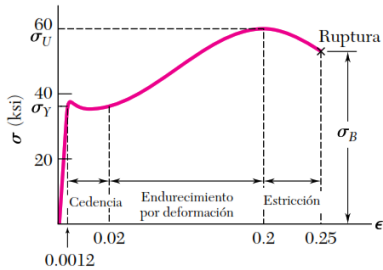


Fig. 7. Diagrama esfuerzo – deformación a cortante

Diagrama esfuerzo-deformación.

El diagrama esfuerzo deformación representa el comportamiento de un material en el proceso de aplicación de carga, de este diagrama se pueden analizar diferentes aspectos del material a ensayar, los materiales se dividen en dos categorías; materiales dúctiles y materiales frágiles.

Las deformaciones de los materiales son elásticas o plásticas; la deformación elástica es la deformación que posterior a suceder el material retorna a sus dimensiones iniciales, en la deformación plástica el material posterior a la deformación no retorna a las dimensiones iniciales o retorna de manera parcial, dando como resultado dimensiones diferentes,

En el inicio de aplicación de una fuerza la deformación unitaria es mínima, hasta que llegado a un esfuerzo determinado (δy) se necesita poco esfuerzo para lograr mayor deformación, posterior se sigue aumentando la carga aplicada hasta llegar al esfuerzo δu , posterior a este punto se produce una mayor deformación del material con una mínima carga aplicada antes de culminar el ensayo con la rotura de la probeta.

El esfuerzo δy , es el esfuerzo a la cedencia, a partir de este punto el material presenta una deformación mayor ante una variación menor de la fuerza aplicada.

En el tramo del inicio del esfuerzo a el punto de cedencia es una línea recta, la tangente de este tramo se conoce como la ley de Hooke (formula 4), se simboliza con la letra E, (proporcionalidad del esfuerzo y la deformación unitaria).

$$\sigma = E\epsilon$$

Esfuerzo a torsión.

El esfuerzo a torsión es la aplicación de pares de giro en sentido contrario uno respecto al otro dando la torsión y por consiguiente la deformación del material bajo estas circunstancias.

VENTAJAS

- Conservación integridad de la máquina.
- Margen de error mínimo.
- Mejora en la obtención de datos
- Calidad al optimizar los datos

DESVENTAJAS

- Reducción de personal
- Dependencia de la tecnología
- Costos en la inversión

VI. METODOLOGÍA

Fase 1.

Establecer 4 escenarios de prueba para la máquina de ensayo de torsión.

Descripción de la fase: en el ensayo a torsión se pueden dar escenarios de funcionamiento, pero no se deben confundir con los resultados ya que pueden darse diferentes resultados comprendiendo un único escenario de trabajo, los escenarios están relacionados con las señales de respuestas del autómatas ante las circunstancias del ensayo, como el inicio de un ensayo sin una probeta, esto se ve reflejado en las señales provenientes de los sensores.

Es el estudio de los escenarios y programación de respuestas en el autómatas programable de estos escenarios. Esta fase es el bosquejo inicial del diagrama de programación.

Se establecieron los siguientes escenarios teniendo en cuenta el funcionamiento normal de una máquina de torsión:

Inicio del funcionamiento del equipo sin probeta: es el inicio de la prueba sin probeta instalada en las mordazas, en esta situación el encoder de giro y el sensor de fuerza tipo S no estarán emitiendo señales dado que no hay cambio en las señales

La máquina de torsión llegue a los 12.89 Nm: iniciado el ensayo de torsión la celda de carga tipo s llega al

valor límite de 12.89 Nm, el ensayo debe ser detenido, de lo contrario la celda se estaría excediendo en su capacidad y quedar defectuosa.

Diámetro	Longitud de la probeta
2,5 cm	50 cm

Tab 1. Dimensiones máximas para ensayo a torsión

Rotura de la probeta: en el transcurso del ensayo de torsión: la probeta se rompe, el nivel de carga en la celda tipo s descendiendo a un valor bajo o cero.

Paradas del equipo: comprende tanto las paradas de emergencia, stop y cambio de la probeta posterior al inicio de un ensayo.

Fase 2.

Diseñar el sistema de control empleando un plc logo 8.

Descripción de la fase: es el diseño en diagrama tipo fup en el programa logo soft del sistema de control, asignación de entradas del encoder de giro, pulsador de inicio de la prueba y parada de emergencia, registro cada 0.2 segundos de entrada análoga de la celda de fuerza tipo s, giro en grados de la probeta, tiempos. Procesamiento de estos en hojas de cálculo junto con los datos no variables como radio de la probeta y longitud de la probeta, con estos datos es posible calcular el segundo momento polar de inercia, esfuerzo y deformación a cortante por torsion del material, estas propiedades son variables según el par aplicado y giro de la probeta, se programa para captación de datos cada 0.2 segundos y un ancho de banda de 0.1 segundo.

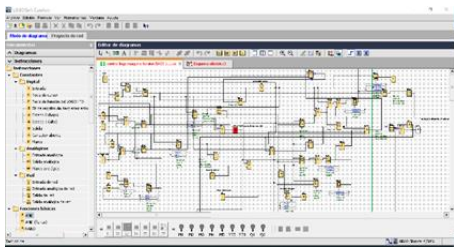


Fig. 8. Fase 3

Fase 2.

Evaluar funcionalidad del sistema automatizado de acuerdo a los escenarios previstos en el objetivo específico número 1.

Descripción de la fase: culminado los objetivos específicos precedentes se inician las simulaciones de un ensayo a torsión

en los escenarios planteados en el objetivo específico número 1, se evalúan los resultados y efectividad de la captación de datos cada 0.2 segundos (fase 2), de no presentarse congruencia entre estos se realizan las correcciones y simulación hasta tener similitud y cumplimiento del objetivo específico número 1.

1. Inicio del funcionamiento del equipo sin probeta.

Como se observa en la figura 9; se puede observar que el autómatas al no generarse una señal de carga en la celda tipo s, después de 3 segundos el autómatas detiene el motor y en la pantalla muestra el mensaje “sin probeta”, acompañado de un fondo rojo.



Fig. 9. Pantalla PLC inicio ensayo a torsión.



Fig. 10. Pantalla PLC con mensaje “sin probeta”

2. La máquina de torsión llegue a los 12.89 Nm.

Como se observa en la figura 11; se puede observar que el autómatas al generarse una señal de carga en la celda tipo s superior al valor umbral , después de 3 segundos el autómatas detiene el motor y en la pantalla muestra el mensaje “ensayo terminado”, acompañado de un fondo brillante.



Fig. 11. Pantalla PLC con mensaje "ensayo culminado"



Fig. 14. Pantalla PLC culminación ensayo rotura probeta

3. Rotura de la probeta en el transcurso del ensayo a torsión.

Como se observa en las siguientes figuras, el ensayo inicia, la probeta culmina el esfuerzo máximo y posteriormente ocurre la rotura de la probeta, lo que ocasiona una menor presión en la celda de carga tipo s.



Fig. 12. Pantalla PLC inicio ensayo a torsion.



Fig. 13. Pantalla PLC ejecución ensayo a torsion.

4. Paradas del equipo.

Comprende las siguientes:

- stop: cuando se presiona este botón en el ensayo el equipo se detiene y muestra el mensaje de stop y un fondo rojo.



Fig. 15. Pantalla PLC parada del equipo

- Parada de emergencia: cuando se presiona este botón en el ensayo el equipo se detiene y muestra el mensaje de parada de emergencia y un fondo rojo.



Fig. 16. Pantalla PLC parada de emergencia

VII. COSTOS DEL PROYECTO.

Descripción del recurso físico	Recursos Estudiante			
	Cant.	Und	Valor Unitario	valor total
Electricidad y servicio de café internet.	1	und	\$ 50.000,00	\$ 50.000,00
Impresiones y insumos de papelería.	1	und	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00
Servicios de diseño y puesta en marcha.	1	und	\$ 2.000.000,00	\$2.000.000,0
Total Recursos Estudiante	\$ 2.350.000,00			
Descripción del recurso físico	Recursos Universidad			
	Cant.	Und	Valor Unitario	valor total
Asesoría de orientadores (2 asesores)	32	semana	\$ 45.000,00	\$ 1.440.000,00
Total Recursos Universidad	\$ 1.440.000,00			
Total recursos	\$ 3.790.000,00			

VIII. RESULTADOS

Verificación de los escenarios planteados y respuesta del autómata ante estos escenarios, el autómata genera las señales y mensajes de respuesta ante los escenarios planteados

El tiempo establecido para la captación de datos, en la generación del diagrama permite identificar el comportamiento del material durante la aplicación del par torsor.

Culminado el ensayo se recopilaron los datos en tablas fue posible generar el diagrama esfuerzo deformación

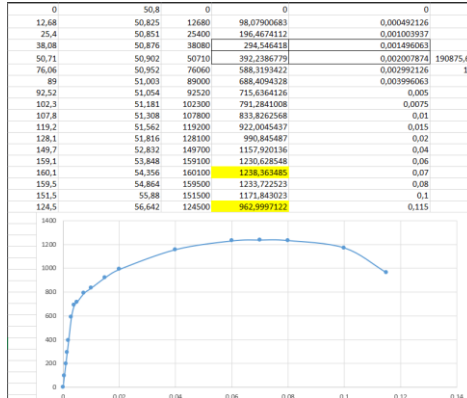


Fig. 17. Diagrama esfuerzo-deformación.

Comentado [01]: Valor bastante alto para servicios de diseño

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Culminada la simulación y prueba de los diferentes escenarios planteados se tienen las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- No ejecutar pruebas en probetas con diámetro mayor a 2.5 cm.
- No instalar probetas de longitud mayor a 50 cm.
- Verificar que no se presente atascamiento de las mordazas o avería de los rodamientos de esta, esto puede causar alteración en los resultados del ensayo.
- Verificar que la probeta no presente desalineaciones.
- Realizar un limpieza y verificación de integridad de los componentes cada mes.

Recomendaciones

IX. BIBLIOGRAFÍA

[1] zwick roell (2020). Maquinas de ensayo a torsion () [online]. Disponible: <https://www.zwickroell.com/es-es/product-overview#products/m%C3%A1quina-de-ensayos-de-materiales-est%C3%A1tica,m%C3%A1quinas-de-ensayos-de-torsi%C3%B3n>.

[2] Cautela padrón, William enrique, moscianese yaguare y Luciano, "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DE ENSAYO DE TORSIÓN ESTÁTICA PARA EL LABORATORIO DE DISEÑO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD

CENTRAL DE VENEZUELA”, Trabajo de grado, universidad central de Venezuela, Caracas 2005

[3] Beer Pierre, Mecánica De Materiales, 5ta. edición. México: McGraw-HILL, 2010

[4] DORF, Richard C y SVOBODA, Circuitos Eléctricos. 8va. Edición. Mexico: Alfaomega, 2011

[5] colombiana de controles Coldecón (2020). Celda de carga 60001 tipo s () [online]. Disponible: <https://coldecon.com.co/producto/celda-de-carga-60001-tipo-s/>.

[6] Compañía levantina de reductores (2020). Tipos de encoders y aplicación en motores () [online]. Disponible: <https://clr.es/blog/es/tipos-de-encoders-aplicaciones-motores/>.

[7] Indiamart (2020). logotipo de siemens () [online]. Disponible: <https://www.indiamart.com/proddetail/siemens-logo-plc-14445988188.html>.