

Diseño y construcción de dos sistemas modulares para el estudio de sensores de fuerza y peso para el laboratorio de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico en la Universidad Técnica del Norte.

Víctor Xavier Salazar Sarango, Kevin Rolando Tulcán Güiz

Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas

Veto1942@hotmail.com

kevintlcn@gmail.com

Resumen- El presente proyecto está dirigido a la construcción de dos módulos didácticos los cuales están destinados a realizar prácticas de deflexión estática

Para esto se combinó la capacidad mecánica de un sistema de elevación con la parte eléctrica encargada de ejercer el movimiento, conjuntamente con un sistema de medición como son los sensores acoplados (peso y fuerza) y los dispositivos de adquisición (controlador PLC), comunicación (HMI) y visualización del proceso obtenida por el software Labview. Con lo expuesto anteriormente la deflexión estática nos permite medir la resistencia del material mediante dos pruebas, la deformación y la ruptura de cierto tipo de material como es el pino y el laurel.

INTRODUCCIÓN

En el mundo actual los procesos industriales de manufactura utilizan métodos de automatización y control para obtener un resultado, es por eso que es de suma importancia la incorporación de estos controladores en la medición de resistencia de materiales, de esta forma se puede deducir si el material es óptimo para utilizarse. Los materiales forman parte de distintas aplicaciones al no poseer un sistema de control se desconoce la resistencia de estos que es necesario para la aplicación de distintas áreas. Al usar sistemas automáticos se puede conocer datos e información detallada de los materiales.

La investigación requiere el examen de parámetros mecánicos, mediante la aplicación de sensores que faciliten la información. Un material de calidad se deduce

si se tiene tipo de información como deformación, ruptura en tipo real es por eso que se necesita un sistema de control, reduciendo así la posibilidad de colapso en su aplicación. Para lograr esto se debe acompañar al controlador mediante la programación y el uso del PLC como equipo de procesamiento informático que posee características adecuadas para el trabajo industrial. Gracias a una gran gama de funciones su demanda al igual que su estudio posee una importancia considerable en las carreras que se relacionan con el control de procesos.

Para lograr el objetivo de este proyecto se decidió dividirlo en los siguientes puntos:

- I. Procedimiento del diseño
- II. Sistema mecánico.
- III. Procedimiento del cálculo (pruebas de campo)
- IV. Diseño del sistema eléctrico
Señalización y acondicionamiento
Sistema de control y fuerza
Selección del motor eléctrico
Dimensionamiento del variador de frecuencia
- V. Diseño de control
Diagrama de control
Diagrama de conexión eléctrico
Adquisición de datos
Acondicionamiento de los sensores (límite de corriente)
- VI. Interfaz humano maquina
- VII. De flexión estática sensor peso
- VIII. De flexión estática sensor fuerza
- IX. Conclusiones
- X. Referencias

De esta manera se permite al estudiante entender de manera más clara y concisa el proceso realizado.

I. PROCEDIMIENTO DEL DISEÑO

El presente proyecto hace referencia a la medición de parámetros mecánicos. En la figura 1.1 se muestra el diseño del módulo para realizar este tipo de medición.

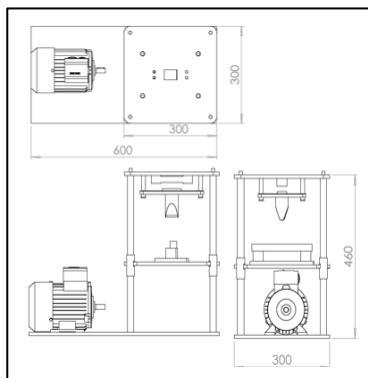


Figura 1.1 Diseño del módulo

NORMAS	CARACTERÍSTICAS
AISI	Suave soldabilidad
	Mejor maquinabilidad
	Calidad estructural y calidad estructural soldable.
INEN	Estándares de calidad
	Ensayos a los que deben someterse

Tabla 1.1 normas y características de composición de los materiales.

II. SISTEMA MECÁNICO

Tomando en cuenta que el módulo didáctico está basado en la parte física de una maquina servohidráulica, se realizó la construcción de la estructura que servirá para abarcar la parte mecánica y eléctrica del mismo. Se muestra en la figura 1.2 el diagrama que constituye la parte mecánica.

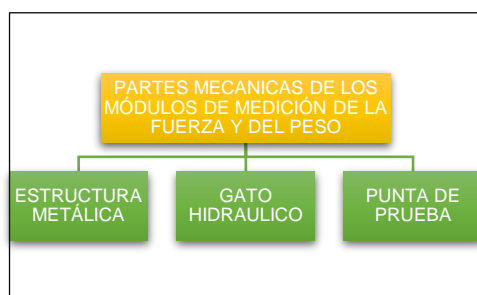


Figura 1.2 Diagrama de constitución mecánica

La estructura está basada en una prensa vista en forma vertical que está formada tres placas metálicas de acero tipo INEN 114, dos barras de Acero de Transmisión tipo [1] AISI 1018, como se muestra en tabla 1.1 y un piñón que a su vez realiza la función de ascenso y descenso (gato mecánico).

III. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

Gato mecánica

Para la selección del gato elevador se calculó el peso que se elevara siendo este de 9 kg. A continuación, se describe los cálculos necesarios para adquirir el sistema de elevación.

3.1. Pruebas de campo

Tomando en cuenta que se va a elevar una masa de nueve kilogramos (9.085Kg), que se obtiene de la suma de los pesos (M1, M2, M3 y M4), y sabiendo que una tonelada es igual a mil kilogramos (1000kg) se procede a realizar el cálculo para encontrar la masa, el peso total que debería soportar y elevar el gato mecánico.

Donde:

M1= peso de probeta

M2= peso de la placa deslizamiento

M3= placa de ajuste

P4= puntos de apoyo de probeta

Mt= masa total

T= toneladas

Datos:

$$T = 10000Kg$$

$$M1 = 2.8 g = 0.028kg$$

$$M2 = 7.52 kg$$

$$M3 = 01.54kg$$

$$M4 = 0.023kg$$

Formulas

$$Mt = M1 + M2 + M3 + M4$$

$$x = \frac{Mt \times 1Ton}{1000Kg}$$

Cálculos

$$Mt = 9.085 \text{ kg}$$

$$P = x = \frac{9.085Kg \times 1Ton}{1000Kg}$$

$$P = x = 0.009085$$

Investigado en el mercado local la inexistencia de un sistema elevador de peso de 0.0090 toneladas y con la capacidad de acople al proceso a realizarse, se ha visto la necesidad de adquirir un sistema amplificador de elevación por tornillo con capacidad de dos toneladas que viene dado por el gato mecánico de tornillo.

Se realiza las pruebas pertinentes con el objetivo de dimensionar el motor a utilizar, el cual ejecuta el trabajo necesario para elevar el gato mecánico, en la tabla 4.5 se observan las formulas a utilizar. [5]

Tabla			
Formulas	Descripción	Unidad	Descripción
$P = M \cdot G$	PESO	Kg m/s	Kilogramos metros por segundo
$T = P \cdot d$	TRABAJO	J	Energía
$P_t = \frac{T}{t}$	POTENCIA	W	Vatios
$W = \frac{2\pi r}{t}$	VELOCIDAD ANGULAR	m/s	Metros por segundo
$M = \frac{P}{W}$	MOMENTO	W	Vatios

Tabla 1.2. datos de pruebas de campo [8]

Datos:

$$d = 0.15m$$

$$M = 9.085 \text{ kg}$$

$$G = 9.8m/s$$

$$r = 1$$

$$a = 0.015m/s$$

Cálculos

$$P = M \cdot G$$

$$P = 9.058 \text{ kg} * 9.8 \frac{m}{s}$$

$$P = 89.03 \text{ kg} \frac{m}{s}$$

$$T = P \cdot d$$

$$T = 89.03kg * 0.15m$$

$$T = 13.13 \text{ J}$$

$$P_t = \frac{T}{t_v}$$

$$P_t = \frac{13.35J}{0.015s}$$

$$P_t = 890 \text{ W}$$

$$W = \frac{2\pi r}{t_v}$$

$$W = \frac{2\pi r}{0.015}$$

$$W = 418.87 \frac{m}{s}$$

$$M = \frac{P}{W}$$

$$M = \frac{890 \text{ W}}{418.87 \frac{m}{s}}$$

$$M = 2.12 \text{ W}$$

Donde:

D_r = distancia de recorrido

P = potencia del motor

M = masa de elevacion

G = gravedad

r = radio eje del motor

t_v = tiempo en dar una vuelta

Con la obtención del motor y los cálculos del peso a utilizar se seleccionó, de una gran variedad de gatos de elevación, uno de tipo mecánico que hace la función de multiplicar la fuerza el cual está constituido por un sistema de elevación por tornillo que facilita el acople al motor eléctrico.



Figura 1.3 gato mecánica

IV. DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRICO

El diseño del tablero está formado por dos partes parte señalización y accionamiento y parte de sistema de control y fuerza que se detallan a continuación en el diagrama de bloque la figura 1.4

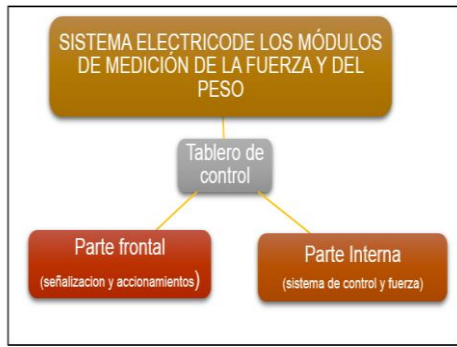


Figura 1.4 diagrama de bloque del diseño del tablero

4.1. Señalización y accionamientos

En la parte externa del tablero se encuentra lo relacionado para la activación-desactivación, selección de módulos didácticos, en la figura 1.5

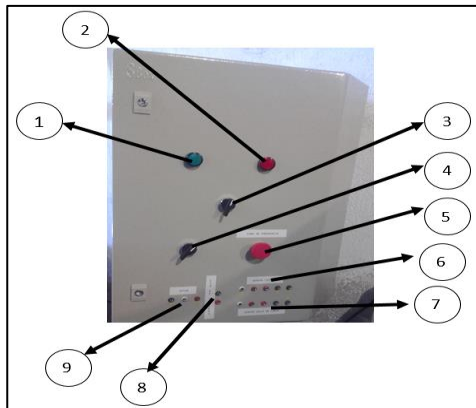


Figura 1.5 Cara frontal del tablero eléctrico

Se observan todas las partes que serán de utilizadas en la cara frontal del tablero.

1. La luz piloto inicio de proceso.
2. Luz piloto funcionamiento del proceso.
3. Selector de posiciones módulo de peso o módulo de fuerza.
4. Selector de posiciones ON-OFF general del tablero y módulos didácticos.
5. Pulsador de paro de emergencia.
6. Conectores para sensor tipo S.
7. Conectores para sensor celda de carga.
8. Conectores para sensor fin de carrera.
9. Conectores para motor trifásico.

4.2. Sistema de control y fuerza

La parte interna del tablero consta de elementos que serán los encargados de realizar la parte de control para los

módulos didácticos de peso y fuerza, como se muestra en la figura 1.6

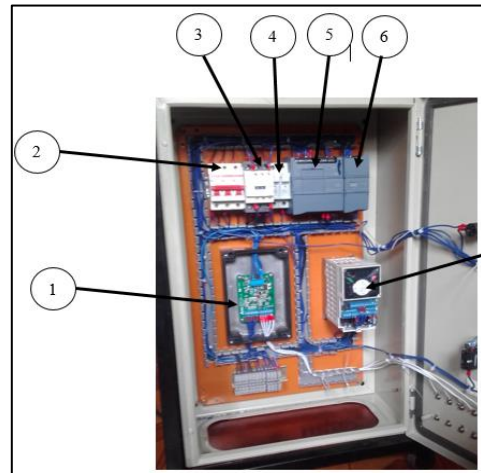


Figura 1.6 sistema de control y fuerza

Requerimiento de energía eléctrica

Dispositivo	Número de horas de funcionamiento al día	Potencia (W)	Energía
Motor eléctrico	2	746	1492
Variador de frecuencia	2	746	1492
			2984

Tabla 1.3. consumo energetico.

4.2.1. Selección del Motor eléctrico

Luego de haber realizado las pruebas de campo, se obtiene que para mover un peso de 30kg utilizando la gata mecánica, se necesita una fuerza de 1.43N y un par torsional de 0.43Nm por lo tanto se ha dimensionado un motor SIEMENS de 1hp el cual tiene un par torsional de 2.15 Nm.

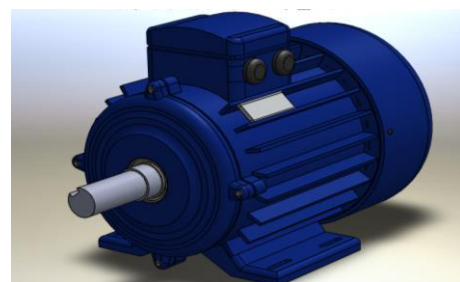


Figura 1.7. motor electrico. [14]

4.2.2. Dimensionamiento variador de frecuencia

Para la realización de la práctica del módulo se debe tomar en cuenta el ascenso y descenso de la gata por tal motivo es necesario implementar el variador de frecuencia, el cual permitirá variar la frecuencia y por ende la velocidad que es directamente proporcional.

El variador de frecuencia seleccionado es un variador iG5A es un variador que tiene funcionamiento trifásico de 220-230 (V), además el variador trabaja con motores de 1hp y nos permite variar la frecuencia para poder reducir la velocidad y realizar la prueba a cabalidad. La frecuencia que se utilizara varía desde los 3hz hasta los 12 Hz véase en la tabla 4.9 donde se muestra la velocidad obtenida y en la en la figura 1.8 se observa el variador de velocidad. [5]



Figura 1.8. Variador de frecuencia

Frecuencia (Hz)	Velocidad (rpm)
12	664
9	498
6	332
3	166

Tabla 1.4. datos de prueba de frecuencia

Datos:

$$Vn = 3320 \text{ rpm}$$

$$Frn = 60\text{Hz}$$

$$Fr2 = 12\text{Hz}$$

$$V2 = ?$$

Cálculos

$$V2 = \frac{fr2 \times Vn}{frn}$$

Donde:

Vn

= velocidad nominal M

Frn

= frecuencia nominal

$Fr2$ = frecuencia baja

$$V2 = \text{Velocida baja}$$

Velocidad

$$V2 = \frac{12\text{Hz} \times 2.15Nm}{60\text{Hz}}$$

$$V2 = 664 \text{ RPM}$$

V. DISEÑO DE CONTROL

5.1. Diagrama de control

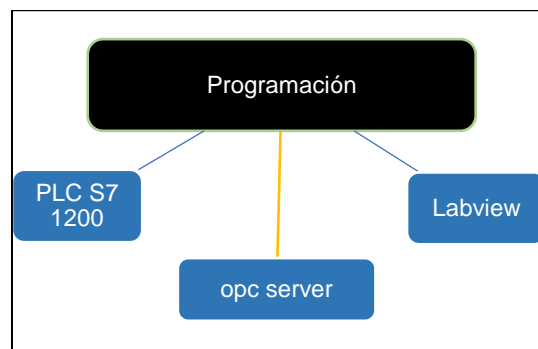


Figura 1.9. diagrama de control

Descripción de elementos del sistema de control

1. Interfaz de programación con software TIAPORTAL.
2. Controlador lógico programable(PLC) S7-1200
3. HMI, visualización de salidas del sistema de control software Labview.
4. Motor eléctrico
5. Sensor de peso
6. Sensor de fuerza
7. Transmisor de pesaje necesario para el acondicionamiento de los sensores.
8. Cable de programación Ethernet
9. Variador de frecuencia

5.2. Diagrama de conexión eléctrica

DIAGRAMA DE CONEXIÓN ELÉCTRICA

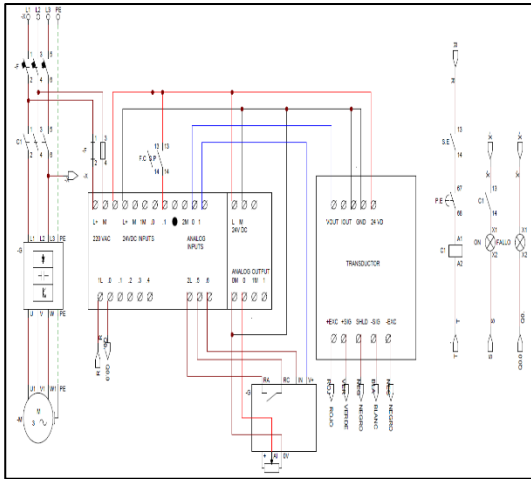


Figura 1.10. Diagrama de conexión eléctrica

5.3. Adquisición de datos

En la figura se muestra el módulo culminado, este cuenta con un interruptor trifásico que energiza al sistema y un interruptor manual para dar inicio al sistema.



Figura 1.11. Módulo didáctico finalizado

La programación y la comunicación de los módulos se sustentan en el uso de programas de software confiables como son Labview, [4] que es un lenguaje de programación gráfica para el diseño de adquisición de datos, OPC server define estándares de comunicación de datos en tiempo real entre dispositivos de control y una interfaz humana máquina [7] y el Tía portal [10] ofrece la posibilidad de intercambiar datos de proyecto entre distintos proyectos o copiarlos a aplicaciones externas



Figura 1.12.. Pantalla frontal

La pantalla cuenta con diferentes dispositivos de control que mostraran el proceso.

- Pulsador de inicio del sistema.
- Pulsador de stop y pulsador de paro de emergencia.
- Control y visualización de exlíder de frecuencia de los motores
- Visualización de datos que entregan los sensores.
- Visualización de curva de características.
- Visualización del cambio de velocidad
- Se tiene un selector de cambio de práctica.

Automatización

Del módulo de prácticas, se implementa un código de programación en TIA PORTA en lenguaje LADDER [2] Para implementar el lenguaje LADDER como se muestra en la imagen siguiente consta de cinco funciones, una interrupción cíclica y el startup.

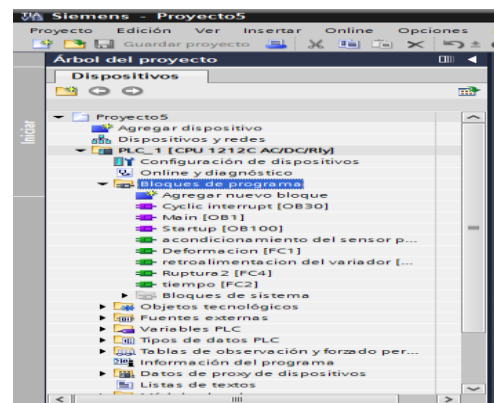


Figura 1.13 Tía porta

5.4. Acondicionamiento de los sensores

Para el acondicionamiento de los sensores de peso y fuerza se utiliza la función FC3 “*acondicionamiento del sensor*”.

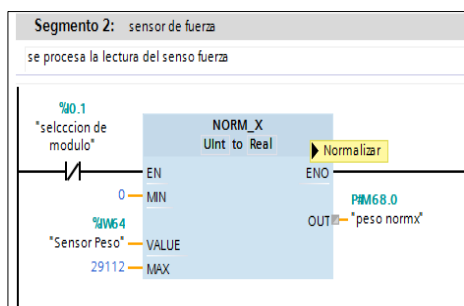
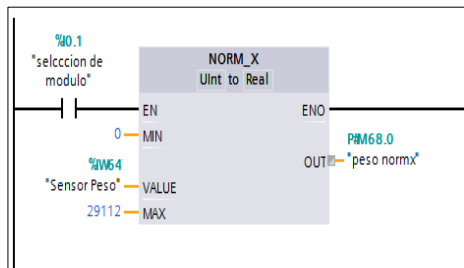


Figura 1.14. Bloque de acondicionamiento

Cuyo proceso es el siguiente:

- 1) Leer el sensor de peso y fuerza en el canal IW64 “**Sensor Peso**” y pasa a por el bloque NORM_X el cual de vuelve el valor porcentual de la señal en la variable peso normx entre 0-1.
- 2) A esta señal normalizada se procede a escalar su valor entre 0-30/0-50kg respectivamente
- 3) Para realizar un envío de datos con mayor exactitud del sensor a labview se realiza una multiplica por 1000 y a su vez logramos reducir el exceso de decimales.
- 4) Todo este proceso se habilita dependiendo del modulo a usar.

En la siguiente función se detalla la función *retroalimentación del variador*.

En la entrada IW66 se conecta la retroalimentación del variador la cual nos ayuda a limitar el proceso cuando exista una sobre carga, para ello se procedió de la siguiente manera.

- 1) Con la función **MOVE** lo que se hace es mover la lectura del sensor a la variable corriente para su proceso y comparación
- 2) Comparamos si la lectura del sensor es mayor a la establecida mediante la variable límite de corriente, la misma que se envía mediante la interfaz de Labview, que se obtuvo de datos experimentales en el módulo.

Seguidamente de muestra la toma de datos y el grafico de cómo se estableció el valor de límite de corriente.

FRECUENCIA	CORRIENTE	
	Prueba 1	Prueba 2
10	4,47	4,3
12,5	5,62	5,9
15	6,7	6,9
20	9	10

Tabla 1. 5. Valores limire de frecuencia y corriente

5.4.1. Límite de corriente

- 1) Si la corriente obtenida es mayor o igual a la establecida por la variable *limite corriente* se activa la marca, si pasa un tiempo determinado en sobre corriente el proceso se detiene por sobe corriente.
- 2) La función deformación se estableció para la programación de las condiciones de la práctica de su mismo nombre que ya implementado en lenguaje Ladder.
- 3) El objetivo principal de la práctica deformación, es ver el comportamiento de la probeta a una determinada carga, por lo cual mediante la interfaz de Labview se establece el valor de la máxima carga a la cual va a ser sometida la probeta.

Control de Deformación

Al accionar el pulsador inicio de la interfaz de Labview se inicia el proceso con lo cual el motor empieza a subir presionando la probeta contra el sensor, el cual se detiene ya sea por haber alcanzado el valor de la carga seleccionado o bien por una sobre corriente, el cual hace que le motor empieza a descender hasta censar el sensor final de carrea el cual está situado en la parte inferior del módulo limitando la distancias a descender.

Control de Ruptura

Función ruptura, como su nombre lo indica en esta práctica vamos a establecer la carga máxima en la cual la probeta entra en ruptura, para ello se implementa el siguiente código, para validar si la probeta llego o no a romperse. Para ello se realiza una lectura en una función especial de Tía portal *ciclic interrupt*, que es una interrupción para obtener una lectura cada 10ms de sensor.

Además, se procedió a realizar una diferencia entre el dato actual y el anterior dándonos como resultado un valor positivo, el mismo que cambia a negativo el instante en que la probeta se ha roto, esto a su vez es validado y activando la marca de **rota** que hace a su vez detener el proceso y regresar el motor, para empezar una nueva práctica.

Para llamar a todas las funciones anteriormente mencionadas en el bloque principal MAIN.

VI. INTERFAZ HUMANO MAQUINA

A continuación, para encender la interfaz en Labview en Labview iniciamos con el ejecutable del proceso, verificando que el cable Ethernet esté conectado al PLC y haya sido reconocido por la PC, tendremos una ventana como muestra la imagen



Figura 1. 15.. pantalla frontal control HMI

En el siguiente bloque de información del sistema consta de, Motor FWD que es un indicador cuando el motor está haciendo la practica en este caso motor de subida, también tenemos Motor REV el cual nos indica que el motor está descendiendo o en reversa, tipos de módulos (peso o fuerza), los RPM – MM/S que son indicadores de revoluciones por minuto y la velocidad con la que el motor trabaja y por ultimo existe un tiempo estimado que nos indica cuanto se demora en realizar la práctica seleccionada. Que se puede apreciar en la figura



Figura 1.16. informacion del sistema

Por último, podemos visualizar una tabla de datos que es la encargada de guardar los datos que el sensor nos va midiendo al momento de realizar la práctica seleccionada. Como indica la figura

Diagrama PESO-TIEMPO es el que nos enseña la curva al momento que le sensor toma datos.

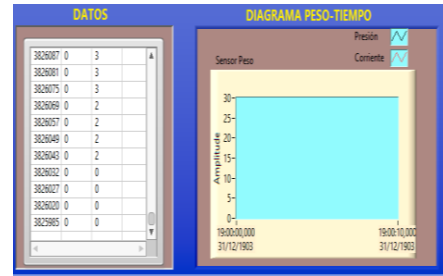


Figura 1.17 curva del sensor toma datos.

VII. DE FLEXIÓN ESTÁTICA SENSOR PESO

Se la realizo con probetas de 10x10x200 mm, la normativa [6] ASTM D143-09 indica que la probeta para este tipo de ensayos es de 50x50x760 mm. Para este tipo de modules didácticos se vio la necesidad de modificar la probeta de pruebas y realizar el ensayo y calcular los parámetros del ensayo en del esfuerzo de ruptura que suministra la máquina. Como lo indica la figura 1.21

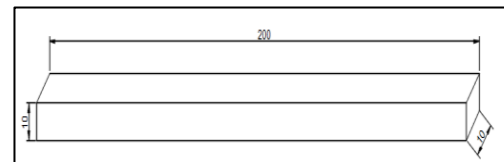


Figura 1.18 probeta de pruebas

Medimos la altura (h) y el ancho (b) de la probeta, medimos la dimensión de la luz (L) entre los apoyos donde se vaya a colocar la probeta, este debe ser lo más centrado posible, en la figura observamos la punta de prueba con la probeta de madera.

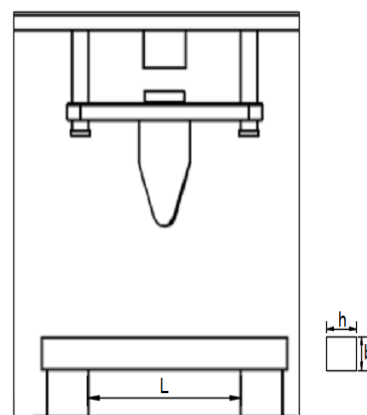


Figura 1.19. Colocación de la probeta.

Una vez colocada la probeta en los apoyos del módulo didáctico, en el programa Labview en la parte de la interfaz se realiza los sesteos para el procedimiento de deformación

de la madera, mientras que el TIA Portal se verifica la ejecución de la programación

En esta práctica se detectará la fuerza máxima de la probeta, que hace que llegue a la rotura a su vez hace que el motor empiece a subir hasta detectar mediante el sensor que la probeta llegó a su ruptura, en este momento el motor empieza a descender, se detendrá el momento que llega al sensor que está ubicado en la parte inferior, limitando la distancia que recorre el motor

Una vez hechos los distintos ensayos con los dos tipos de madera se empieza a realizar los cálculos que se obtiene para este ensayo.

- Cálculo de esfuerzo de ruptura (MOR).

$$MOR = \frac{3 * Pr * L}{2 * b * h^2}$$

- **MOR**= Esfuerzo de ruptura (MOR)
- **Pr**= La carga máxima que soporta la probeta en kilogramos fuerza.
- **L**= La luz de la probeta o la distancia de separación entre apoyos en cm.
- **b**= ancho de la probeta en cm.
- **h**= altura de la probeta.

Para la madera laurel de 10x10x200mm se tiene los siguientes cálculos. Con el modulo didáctico de Peso.

$$MOR = \frac{3 * Pr * L}{2 * b * h^2}$$

$$MOR = \frac{3 * 30000g * 15cm}{2 * 1cm * 1cm^2} = 675000 g/cm^2$$

Cálculos para madera pino de 10x10x200 mm con el modulo didáctico de Fuerza.

$$MOR = \frac{3 * Pr * L}{2 * b * h^2}$$

$$MOR = \frac{3 * 20000g * 15cm}{2 * 1cm * 1cm^2} = 450000 g/cm^2$$

VIII. DE FLEXIÓN ESTÁTICA SENSOR FUERZA

Para la ejecución de la práctica de esfuerzo en límites proporcional (DEFORMACION) se debe seleccionar en la interfaz la práctica deformación. Como se muestra en 1.20 la figura.



Figura 1.20. Selección de práctica deformación

La práctica de flexión estática para el sensor fuerza posee las mismas dimensiones ya que mantiene bajo la normativa ASTM D143-09 indica que la probeta para este tipo de ensayos es de 50x50x760 mm. [6] Para este tipo de modules didácticos se vio la necesidad de modificar la probeta de pruebas y realizar el ensayo y calcular los parámetros del ensayo en del esfuerzo en el límite proporcional que suministra la máquina.

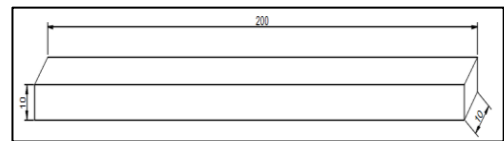


Figura 1.21. Probeta de pruebas

Para realizar esta práctica se escogió dos tipos de maderas (laurel y pino), que tiene como finalidad encontrar el límite de esfuerzo proporcional (ELP).

• Procedimiento

Medimos la altura (h) y el ancho (b) de la probeta, medimos la dimensión de la luz (L) entre los apoyos donde se vaya a colocar la probeta, este debe ser lo más centrado posible, en la figura 1.25 observamos la punta de prueba con la probeta de madera.

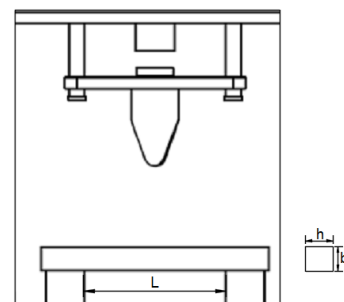


Figura 1.22. Prueba con la probeta de madera

Una vez colocada la probeta en los apoyos del módulo didáctico nos dirigimos al programa Labview a la parte de la interfaz y así realizar el procedimiento para **la ruptura** de la madera, y podemos verificar el funcionamiento en el programa creado en el TIA Portal.

El objetivo de esta práctica es establecer un límite de fuerza, y realizar el análisis de la probeta, sometida a esta carga, en este segmento primero se enclava el pulsador inicio para que el motor empieza hacer el acenso, hasta llegar a medir el peso o fuerza prestablecido mediante Labview o a su vez se cense una sobrecorriente, en cualquiera de estas dos circunstancias el motor empezara a descender hasta topar el sensor final de carrera que está conectado en I0.0

Si el peso censado es mayor o igual al set point establecido se activará la marca límite de fuerza la misma que detiene el acenso del motor y a su vez retorna.

Una vez hechos los distintos ensayos con los dos tipos de madera se empieza a realizar los cálculos que se obtiene para este ensayo.

- Cálculo de esfuerzo en limite proporcional (ELP).

$$ELP = \frac{3 * Pp * L}{2 * b * h^2}$$

- **ELP**= Esfuerzo en limite proporcional (ELP)
- **Pp**= La carga en el límite de proporcionalidad en kilogramos fuerza.
- **L**= La luz de la probeta o la distancia de separación entre apoyos en cm.
- **b**= ancho de la probeta en cm.
- **h**= altura de la probeta.

Para la madera laurel de 10x10x200mm se tiene los siguientes cálculos con el modulo didáctico de Peso.

$$ELP = \frac{3 * Pp * L}{2 * b * h^2}$$

$$ELP = \frac{3 * 25000g * 15cm}{2 * 1cm * 1cm^2} = 562500 \text{ g/cm}^2$$

Cálculos para madera pino de 10x10x200 mm con el modulo didáctico de fuerza

$$ELP = \frac{3 * Pp * L}{2 * b * h^2}$$

$$ELP = \frac{3 * 18000g * 15cm}{2 * 1cm * 1cm^2} = 405000 \text{ g/cm}^2$$

IX. CONCLUSIONES

- Con la implementación de los módulos didácticos de peso y fuerza se dio a conocer el funcionamiento, curva de características, comportamiento de los sensores celda de carga y sensor tipo S, mediante los estándares de lectura de entrada analógica del voltaje 0 – 10v
- Los módulos didácticos de peso y fuerza están diseñados y es capaz de realizar el ensayo de flexión estática variando la velocidad del motor.
- Los módulos didácticos pueden realizar ensayos con un rango máximo de 50 Kg y 30 Kg ya que al momento de sobrepasar estos rangos podríamos dañar el sensor tipo “S” y celda de carga.
- Tras realizar pruebas con diferentes frecuencias se notó que la velocidad y fuerza de subida del conjunto de desplazamiento, sumado a la inercia del motor sobrepaso el límite de medición de los sensores, por esta razón se determinó que lo más óptimo para el buen funcionamiento del sensor es limitar el rango de frecuencia a valores bajos, para reducir la fuerza de impactó sobre los sensores de peso y fuerza.
- Con la información de los diferentes tipos de dispositivos de acondicionamiento descritos en el capítulo dos se pudo concluir que el *Transductor o transmisor de pesaje tipo KM02* cumple con las especificaciones para el funcionamiento de los sensores sin necesidad de implementar otro tipo de dispositivos o configuraciones.
- Al realizar las prácticas con la madera de pino y laurel se pudo observar y comparar que el Esfuerzo en el límite proporcional (**ELP**) y el Modulo de ruptura (**MOR**) son diferentes al momento de sufrir esfuerzos, se realiza la comparación con las maderas que se encuentran en la tabla 2.5.

X. REFERENCIAS

- [1] AISI, I. E. (s.f). <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0114.1975.pdf>. Obtenido de www.sumitec suministros tecnicos s.a.
- [2] Álvarez, M. P. (2007). *Controladores Lógicos*. Barcelona: Marcambo.
- [3] Chapman, S. J. (2012). *Maquinas Electricas 5ED*. En S. Chapman, *Maquinas Electricas* (págs. 386-387). Mexico: McGraw-Hill.
- [4] INSTRUMENTS, N. (2016). *NATIONAL INSTRUMENTS*. Obtenido de NATIONAL INSTRUMENTS.
- [5] Jacques, S. (2002). *Variadores de Velocidad*. Barcelona-España: Schneider Electric S.A.

- [6] JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA. (1989). *Manual Secado De Maderas*. Cartagena: Grupo Andino.
- [7] MatrikonOPC. (2016). *Que es un servidor OPC*. Obtenido de MatrikonOPC.
- [8] Solé, A. C. (2010). Instrumentación Industrial. En A. C. Solé, *Instrumentación Industrial* (pág. 94).
- [9] Systems, L. I. (mayo de 2010). Manual de Variador IG5A.
- [10] SIEMENS. (2012). *SIWAREX WP231 Sistema de pesaje electrónico*.
- [11] Maraña, J. C. (2005). Instrumentacion y control de procesos . En J. C. Maraña, *Instrumentacion y control de procesos* (pág. 11).
- [12] CABLE, G. (s.f.). http://www.kywi.com.ec/files/GENERAL_CABLE.
- [13] Cruz, F. (28 de 11 de 2015). *Geocities*. Obtenido de Manómetros: http://www.geocities.ws/leon_df/manometros.html
- [14] Motores, w. U. (2016). *Guia de Especificación de Motores Electricos Brasil*.

Design and construction of two modular systems for the study of sensors the strength and weight for engineering Laboratory in Electrical Maintenance at the Technical University of the North.

Víctor Xavier Salazar Sarango, Kevin Rolando Tulcán Güiz

Technical University North, FICA

veto1942@hotmail.com

kevintlcn@gmail.com

Abstract - The present project is directed to the construction of two didactic modules which are destined to carry out practices of static deflection. For this, the mechanical capacity of a lifting system was combined with the electrical part responsible for exercising the movement, together with a measuring system such as coupled sensors (weight and force) and acquisition devices (PLC controller), communication (HMI) and visualization of the process obtained by the Labview software. With the above mentioned static deflection allows us to measure the strength of the material by two tests, the deformation and the rupture of certain type of material such as pine and laurel.

INTRODUCTION

In today's world industrial manufacturing processes use automation and control methods to obtain a result, that is why it is of the utmost importance the incorporation of these controllers in the measurement of resistance of materials, in this way can be deduced if the material is optimal to use. The materials are part of different applications because they do not have a control system, it is not known the resistance of these that is necessary for the application of different areas. When using automated systems you can know detailed data and information of the materials.

The research requires the examination of mechanical parameters, through the application of sensors that facilitate the information. A quality material is deduced if you have information type such as deformation, rupture in real type that is why you need a control system, thus reducing the possibility of collapse in your application. To achieve this, the controller must be accompanied by programming and use of the PLC as a computer processing equipment that has characteristics suitable for industrial work. Thanks to a wide range of functions, its

demand as well as its study has a considerable importance in the careers that are related to the control of processes.

To achieve the objective of this project it was decided to divide it into the following points:

- I. Design and
- II. Mechanical system.
- III. Calculation procedure (field tests)
- IV. Electrical system design
Signaling and conditioning
Control and force system
Selecting the electric motor
Sizing of the frequency inverter
SAW. Control Design
Control diagram
- V. Electrical Connection Diagram
Data acquisition
Conditioning of the sensors (current limit)
- VI. Human machine interface
- VII. Bending static sensor weight
- VIII. Bending static force sensor
- IX. Conclusions
- X. References

In this way the student is allowed to understand in a clearer and more concise way the process performed.

I. DESIGN PROCEDURE.

This project refers to the measurement of mechanical parameters. Figure 1.1 module design shown for this type of measurement

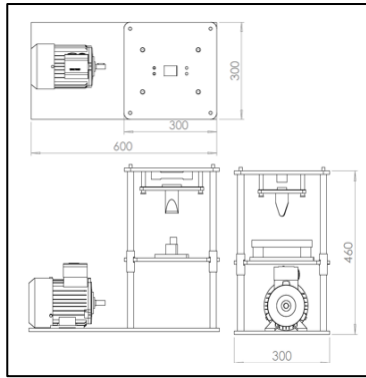


Figure 1.1 Desing module

II. MECHANICAL SYSTEM

Considering that the teaching module is based on the physical part of a hydraulic servo machines, construction of the structure that will cover the mechanical and electrical part of it was made. It shows in Figure 1.2. the diagram the mechanical part shown.

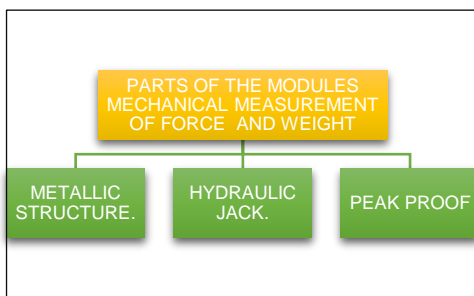


Figure1.2 Mechanical construction diagram

The structure is based on a press view vertically is formed of three metal plates steel type INEN 114, two steel bars Transmission [1] AISI 1018, as shown in Table 1.1 and a pinion which in turn performs the function of ascent and descent (mechanical jack).

NORMS	CHARACTERISTICS
AISI	Soft weldability
	Improved machinability
INEN	Structural quality and structural quality weldable.
	Quality standards
	Tests which must undergo

Table 1.1. Standards and characteristics of composition of materials

III. CALCULATION PROCEDURE

Mechanical jack

For selection jack it raised the weight 9 kg and this is calculated. The following describes the necessary calculations to acquire the lift system.

3.1. Field Tests

Taking into account that will raise weighing nine kilograms (9.085Kg), which is obtained from the sum of the weights (P1, P2, P3 and P4), and knowing that one ton is equal to one thousand kilograms (1000kg) we proceed to the calculation to find the total weight.)

Where:

- M1= Spencimen weight.
- M2=Weight sliding plate.
- M3=Adjustment plate.
- M4= Footholds test.
- Mt=Total mass.
- T=Tons.

Data:

- $T = 10000Kg$
 - $M1 = 2.8 g = 0.028kg$
 - $M2 = 7.52 kg$
 - $M3 = 01.54kg$
 - $M4 = 0.023kg$
- Formulas

$$Mt = M1 + M2 + M3 + M4$$

$$x = \frac{Mt \times 1Ton}{1000Kg}$$

Calculations

$$P = x = \frac{Mt = 9.085 kg \times 1Ton}{1000Kg}$$

$$P = x = 0.009085T$$

Researched in the local market that there is no mechanical jack of 0.0090 tons has been the need to purchase a lifting system with capacity of two tons with a lifting system screw, then:

Testing is done in order to dimensioning the motor used, which performs the necessary work to elevate the mechanical Jack. [5]

Table			
Formulas	Description	Unity	Description
$P = M \cdot G$	WEIGHT	Kg m/s	Kilograms meters for second
$T = P \cdot d$	WORK	J	Energy
$Pt = \frac{T}{t}$	POWER	W	Watts
$W = \frac{2\pi r}{t}$	ANGULAR VELOCITY	m/s	Meter for second
$M = \frac{P}{W}$	MOMENT	W	Watts

Table 1.2. field test the data [8]

Data:

$$d = 0.15m$$

$$M = 9.085 kg$$

$$G = 9.8m/s$$

$$r = 1$$

$$a = 0.015m/s$$

Calculations

$$P = M \cdot G$$

$$P = 9.058 kg \cdot 9.8 m/s$$

$$P = 89.03 kg \frac{m}{s}$$

$$T = P \cdot d$$

$$T = 89.03 kg \cdot 0.15 m$$

$$T = 13.13 J$$

$$Pt = \frac{T}{tv}$$

$$Pt = \frac{13.13 J}{0.015s}$$

$$Pt = 890W$$

$$W = \frac{2\pi r}{tv}$$

$$W = \frac{2\pi r J}{0.015s}$$

$$W = 418.87 \frac{m}{s}$$

$$M = \frac{Pt}{W}$$

$$M = \frac{890W}{418.87 \frac{m}{s}}$$

$$M = 2.12W$$

Where:

Dr = route distance.

P = Engine power.

M = Mass of elevation.

G = Gravity.

r = Radius motor shaft.

tv = Time in a spin.

By obtaining the engine and weight calculations used it was selected, a variety of lifting jacks, one of mechanical type that functions to multiply the force which consists of a lifting system screw facilitating coupling the electric motor.



Figure 1.3 Mechanical jack

IV. ELECTRICAL DESIGN

The board design consists of two parts and driving parts and signaling of control and power system as detailed below in the block diagram of Figure 1.4

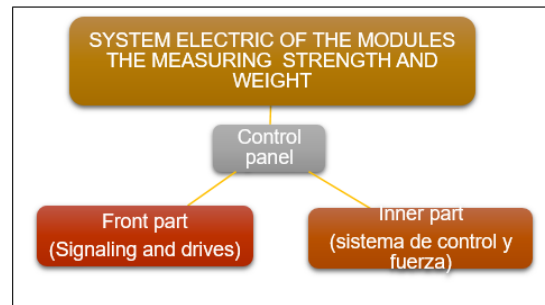


Figura 1.4 Diagram of block design the control panel

4.1. Signaling and drives

On the outside of the control panel it's found to the on-off, selection of training modules, in figure 1.5

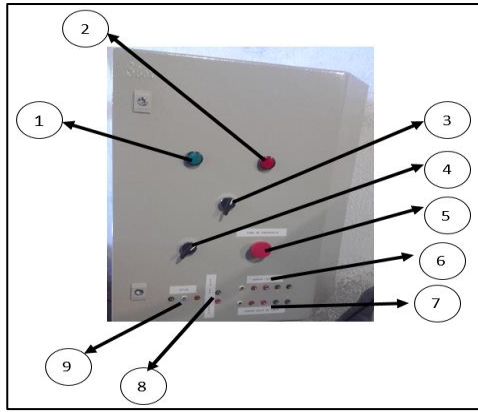


Figura 1.5 Front side of the electrical panel.

All parts that will be use don the front panel are observed.

1. The pilot light start process.
2. Light pilot operation of the process.
3. Selector of module positions weight or force module.
4. Selector of positions ON-OFF general and board didactic modules.
5. Emergency stop button.
6. Connectors for sensor S.
7. Connectors for load cell sensor.
8. Connectors for limit switch sensor.
9. Connectors phase motor.

The type of cable used for internal wiring of all these elements is based on the current flowing is not greater than 2A per line it is for this reason has been used 16 AWG cable and 18, used for wiring circuit control and power that supports 600V with a current not exceeding 20A and temperature to 60 degrees.

4.2. Control and power system.

The inside of the control panel consists of items that will be responsible for performing the control part for teaching modules weight and strength, as shown in Figure 1.6

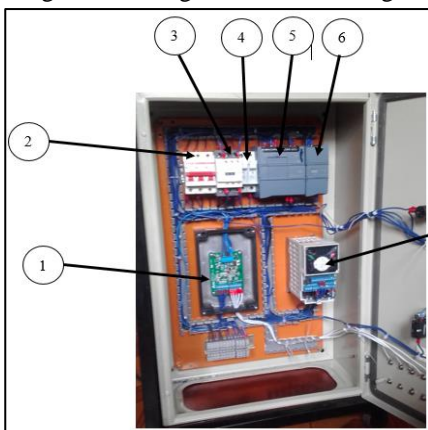


Figura 1.6 Control and power system

Power requirement.

Device	Number of operating hours per day	Power (W)	Energy
Electric motor	2	746	1492
Variable frequency drive	2	746	1492
			2984

Tabla 1.3. Energy consumption.

4.2.1. Electric motor selection.

After completing the field tests, we find that to move a weight of 30kg using mechanical Jack, a forcé of 1.43N and torque of 0.43Nm therefore dimensione done engine SIEMENS 1hp which has a torque of 2.15Nm

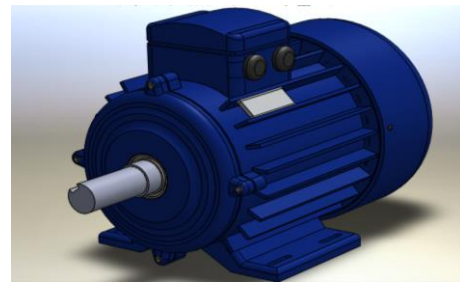


Figura 1.7. Electric motor [14]

4.2.2. Dimensioning Variable frequency

To make practice the module must take into account the ascent and descent of the mechanical jack for this reason it is necessary to implement the inverter, which will allow to vary the frequency and therefore the speed is directly proportional.

Variable frequency selected is a iG5A drive is a drive that has three-phase operation of 220-230 (V), the drive also works with 1hp engines and allows us to vary the frequency to slow down and fully testing. The frequency that is used varies from 3 Hz to 12 Hz see in Table 4.9 where the speed obtained and shown in Figure 1.8 the observed the variable speed drive [5]



Figure 1.8. Variable frequency

Frequency (Hz)	Speed (rpm)
12	664
9	498
6	332
3	166

Table 1.4. frequency test data

Data:

$$Vn = 3320 \text{ rpm}$$

$$Frn = 60\text{Hz}$$

$$Fr2 = 12\text{Hz}$$

$$V2 = ?$$

Where:

$Vn = \text{Nominal speed } M$

$Frn =$

$= \text{Nominal frequency}$

$Fr2 = \text{Low frequency}$

$V2 = \text{Low speed}$

Calculations:

$$V2 = \frac{fr2 \times Vn}{frn}$$

Speed

$$V2 = \frac{12\text{Hz} \times 2.15Nm}{60\text{Hz}}$$

$$V2 = 664 \text{ RPM}$$

V. CONTROL DESIGN

5.1. Control diagraman

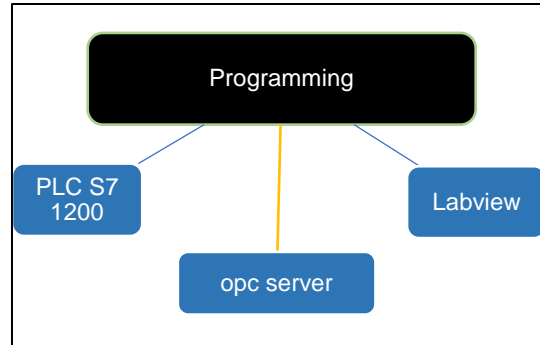


Figure 1.9. Control diagraman

5.2. Description of control system elements

1. TIA PORTAL Programming interfaz software.
2. Programmable logic controller (PLC) S7-1200.
3. HMI, display system outputs Labview software control.
4. Electric motor.
5. Sensor weight.
6. Force sensor.
7. Weighing Transmitter necessary for conditioning sensor.
8. Programming cable Ethernet.
9. Frequency Drive.

5.3. Electrical connection diagram

ELECTRICAL CONNECTION DIAGRAM

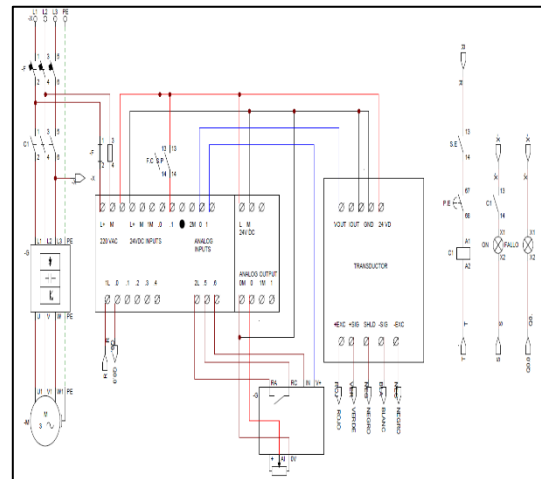


Figure 1.10. Electrical connection diagram

5.4. Data Acquisition.

The figure the completed module is shown, this has a phase switch that energizes the system and a manual switch to start the system.



Figure 1.11. Completed didactic module.

Programming and communication modules are based on the use of reliable software such as Labview, [4] which is a graphical programming language for designing data acquisition, OPC server defines standards of data communication in real time between devices are control and human machine [7] interface and Aunt portal [10] offers the possibility to Exchange Project data between different projects or external applications copilarlos.



Figure 1.12. Front screen.

The display has different control devices that show the process.

- Button system startup.
- Stop button and emergency stop button.
- Display control and Frequency former leader of the engines.
- Delivering data visualization sensors.
- Display Characteristic curve.
- Display speed change.
- Selector practice.

For Automation.

Module practices, programming code in TIA PORTA is implemented in LADDER language [2]

To implement LADDER language as shown in the following image has five functions, a cyclical interruption and startup.

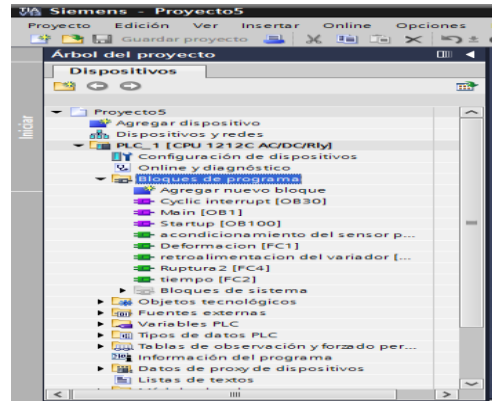


Figure 1.13. Tía porta

5.5. Conditioning sensors.

For conditioning of the weight sensors and force is used the function FC3 "sensor acondionamiento"

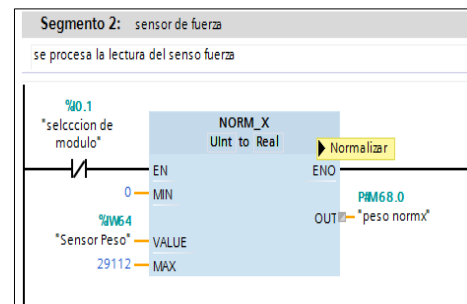
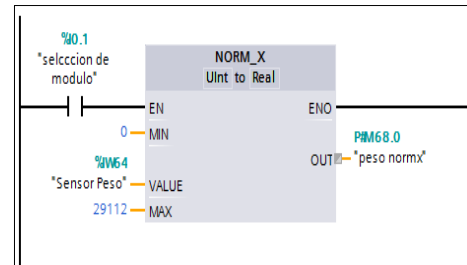


Figure 1.14. Conditioning block.

Whose process is as follows:

- 1) Read the weight sensor and strength in the channel IW64 "Sensor weight" and passes by the block NORM_X which returns the percentage value of the signal at the variable normax weight between 0-1.

- 2) To this standard signal proceeds to scale its value between 0-30 / 0-50kg respectively.
- 3) To ship data more accurately the sensor Labview multiplication is done by 1000 and in turn we reduce excess decimals.
- 4) This whole process is enabled depending on the module to use. The following function of the feedback function is detailed variador.

In the IW66 input drive which helps us to limit the process when there is an overload, for it proceeded as follows connects.

- 1) With MOVE function what is done is to move the Reading sensor to the current Process variable and comparison.
- 2) Compare if the sensor Reading is greater than that established by the variable current limit, it is sent through the interface Labview, which was obtained from experimental data give the module.

Then data collection and chart how the value of current limit is set is displayed..

FREQUENCY	CURRENT	
	Test 1	Test 2
10	4,47	4,3
12,5	5,62	5,9
15	6,7	6,9
20	9	10

Tabla 1.5. . Frequency and current limit values.

5.5.1. Current Limit.

- 1) If the current drawn is greater than or equal to the limit set by the variable current mark is activated, if you pass a current determined on the process stops overcurrent time.
- 2) The deformation function is set for programming the conditions of the practice of the same name that already implemented in ladder language.
- 3) The main objective of the deformation practice, is to see the behavior of the specimen at a given load, so Labview interface through the value of the maximum load which will be submitted the specimen set.

Deformation Control.

Pressing the button start interface Labview starts the process with which the engine begins to rise pushing the specimen against the sensor, which stops either for having reached the value of the selected load or by an overcurrent which makes it begins to descend until engine censusing

carrea end sensor which is located in the bottom of the module by limiting the distances..

Rupture Control.

Break function, as its name suggests this practice will establish the maximum load at which the specimen enters break, for which the code is implemented, to validate whether or not the specimen came to break. For this reading is done in a special function interrupt CICLIC Aunt portal, which is an interrupt to get a reading sensor each 10ms.

He also proceeded to make a difference between the current data and the previous one giving results in a positive value, the same changes to negative the moment when the specimen is broken, this in turn is validated and activating brand rattan turn makes stop the process and return the engine to start a new practice.

To call all the above functions in the main block MAIN.

VI. HUMAN MACHINE INTERFACE.

Then to turn the interface in Labview started with the executable process, verifying that the Ethernet cable is connected to the PLC and has been recognized by the PC, we have a window as shown in the picture



Figure 1.15. Front screen HMI Control.

In the next block of information system consists of, Motor FWD which is an indicator when the engine is making practice in this engine climb case, we also have Motor REV which indicates that the engine is down or reverse, types modules (weight or force), the RPM - MM / S that which are indicators of revolutions per minute and speed with which the engine works and finally there is estimated that indicates how long it takes practice to perform the selected time. Which can be seen in Figure.



Figure 1.16. System information

Finally we can see a data table that is responsible for saving data that the sensor is measuring us at the time of the selected practice. As Figure

WEIGHT-TIME diagram is teaching us the curve when he takes sensor data.

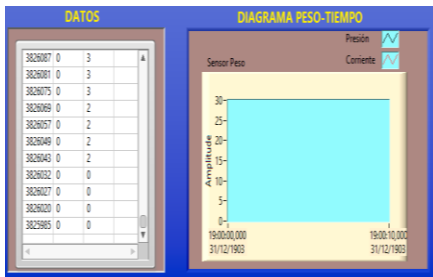


Figure 1.17 sensor curve takes data.

VII. STATIC BENDING SENSOR WEIGHT

Is performed with the specimens 10x10x200 mm, [6] ASTM D143-09 indicates that the specimen for such assays 50x50x760 mm is. For this type of training modules was the need to modify the test specimen and perform the test and calculate the test parameters in the effort to break that supplied the machine. As shown in Figure 1.21.

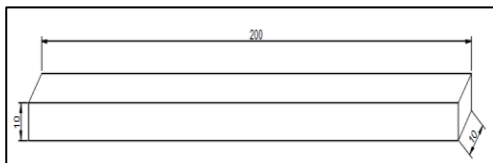


Figure 1.18 test specimen

We measure the height (h) and width (b) of the specimen, measure the dimension of light (L) between the supports where it is to place the test tube, these should be

as focused as possible, in the figure we show the tip test with the specimen timber.

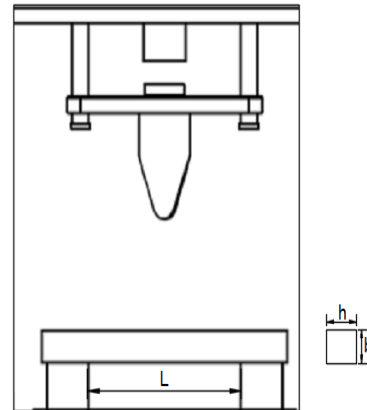


Figure 1.19. Placement of the specimen.

After placing the specimen in the training module supports in Labview program in the interface part sesteos deformation process for the timber is performed while the TIA Portal executing programming verified.

In practice the maximum strength of the specimen, which makes reaching the break in turn causes the engine start up until detected by the sensor that the specimen came to a rupture, at this time is detected the engine begins to descend It will stop when reaching the sensor is located at the bottom, limiting the distance the engine

Once the experiments made with two types of wood begins to perform the calculations for this test is obtained.

- Calculating breaking effort (MOR).

$$MOR = \frac{3 \cdot Pr \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2}$$

- **MOR**= Breaking effort (MOR)
- **Pr**= The maximum load on the specimen in kilograms force.
- **L**= Light of the specimen or the separation distance between supports in cm.
- **b**= width of the specimen in cm
- **h**= height of the specimen.

For wood laurel 10x10x200mm it has the following calculations. With weight training module.

$$MOR = \frac{3 \cdot Pr \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2}$$

$$MOR = \frac{3 \cdot 30000g \cdot 15cm}{2 \cdot 1cm \cdot 1cm^2} = 675000 g/cm^2$$

Calculations pine wood 10x10x200 mm with didactic module Forces.

$$MOR = \frac{3 * Pr * L}{2 * b * h^2}$$

$$MOR = \frac{3 * 20000g * 15cm}{2 * 1cm * 1cm^2} = 450000 g/cm^2$$

VIII. SENSOR FORCE BENDING STRENGTH

For the execution of the practice of effort proportional limits (strain) should be selected on the interface deformation practice. As shown in Figure 1.23.



Figure 1.20. Practice selection deformation.

The practice of static bending strength for the sensor has the same dimensions as kept under ASTM D143-09 rules indicates that the specimen for such assays 50x50x760 mm is. For this type of training modules was the need to modify the test specimen and perform the test and calculate the parameters of the test effort in the proportional limit that supplies the machine.

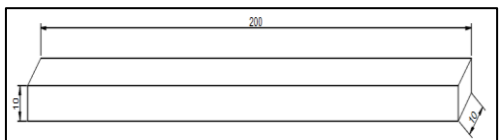


Figure 1.21. Test specimen

To make this practice is chose two types of wood (pine and laurel), which aims to find the proportional limit stress (ELP).

• Process

We measure the height (h) and width (b) of the specimen, measure the dimension of light (L) between the supports where it is to place the test tube, these should be as focused as possible, in Figure 1.25 we see the probe with the specimen timber.

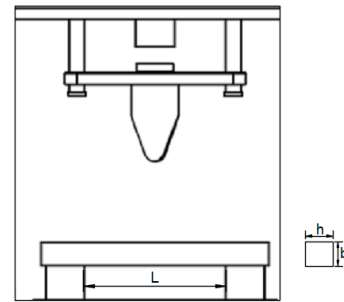


Figure 1.22. Test specimen timber.

Once placed the specimen in support of the training module we went to Labview program to the part of the interface and thus perform the procedure for breaking wood, and can check the operation in the program created in the TIA Portal.

The aim of this practice is to set a limit of strength, and the analysis of the specimen subjected to this burden, in this segment first the Start button is locked so that the engine starts to make the ascent, reaching measure weight or Labview preset by force or turn cense an overcurrent in either of these circumstances the engine will descend until running into the limit switch is connected to I0.0

If the census weight is greater than or equal to the set point set the limit mark of the same force that stops the ascent engine and turn returns will be activated.

Once the experiments made with two types of wood begins to perform the calculations for this test is obtained.

- Calculation of proportional limit effort (ELP).

$$ELP = \frac{3 * Pp * L}{2 * b * h^2}$$

- **ELP**= Proportional limit effort (ELP)
- **Pp**= The load on the limit of proportionality in kilograms forcé.
- **L**= The light from the speciemn or the separation distance between supports in cm.
- **b**= Width of the specimen in cm.
- **h**= Height of the specimen.

For laurel wood 10x10x200mm you have the following calculations with didactic weight module.

$$ELP = \frac{3 * Pp * L}{2 * b * h^2}$$

$$ELP = \frac{3 * 25000g * 15cm}{2 * 1cm * 1cm^2} = 562500 g/cm^2$$

Calculations pine wood 10x10x200 mm with strength didactic module.

$$ELP = \frac{3 * Pp * L}{2 * b * h^2}$$

$$ELP = \frac{3 * 18000g * 15cm}{2 * 1cm * 1cm^2} = 405000 g/cm^2$$

IX. CONCLUSIONS

- With the implementation of training modules weight and strength was unveiled operation, curve characteristics, behavior of load cell sensors and sensor type S, by reading standards analog input voltage 0 - 10v.
- Teaching modules are designed weight and strength and is able to perform the static bending test by varying the motor speed.
- Teaching modules can perform tests with a maximum range of 50 kg and 30 kg since at the time of exceeding these ranges could damage the "S" type sensor and load cell.
- After testing different frequencies it was noted that the speed and force of rising set of displacement, combined with the inertia of the bypass engine limit sensor measurement, for this reason it was determined that the most optimal for the proper functioning of the sensor it is to limit the frequency range to low values, to reduce the impact force on the sensor weight and strength..
- With the information of the different types of conditioning devices described in chapter two it was concluded that the transducer or transmitter weighing KM02 type meets the specifications for the operation of the sensors without the need to implement other devices or configurations.
- When performing practices with pine and laurel could observe and compare the effort in the proportional limit (ELP) and modulus of rupture (MOR) are different when subjected to stresses, comparison with the woods is made that encentran in table 2.5.

X. REFERENCES

- [1] AISI, I. E. (s.f.). <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0114.1975.pdf>. Obtenido de www.sumitec suministros tecnicos s.a.
- [2] Álvarez, M. P. (2007). *Controladores Lógicos*. Barcelona: Marcambo.
- [3] Chapman, S. J. (2012). *Maquinas Electricas 5ED*. En S. Chapman, *Maquinas Electricas* (págs. 386-387). Mexico: McGraw-Hill.
- [4] INSTRUMENTS, N. (2016). *NATIONAL INSTRUMENTS*. Obtenido de NATIONAL INSTRUMENTS.
- [5] Jacques, S. (2002). *Variadores de Velocidad*. Barcelona-España: Schneider Electric S.A.
- [6] JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA. (1989). *Manual Secado De Maderas*. Cartagena: Grupo Andino.
- [7] MatrikonOPC. (2016). *Que es un servidor OPC*. Obtenido de MatrikonOPC.
- [8] Solé, A. C. (2010). *Instrumentación Industrial*. En A. C. Solé, *Instrumentación Industrial* (pág. 94).
- [9] Systems, L. I. (mayo de 2010). *Manual de Variador IG5A*.
- [10] SIEMENS. (2012). *SIWAREX WP231 Sistema de pesaje electrónico*.
- [11] Maraña, J. C. (2005). *Instrumentacion y control de procesos*. En J. C. Maraña, *Instrumentacion y control de procesos* (pág. 11).
- [12] CABLE, G. (s.f.). http://www.kywi.com.ec/files/GENERAL_CABLE.
- [13] Cruz, F. (28 de 11 de 2015). *Geocities*. Obtenido de Manometros: http://www.geocities.ws/leon_df/manometros.html
- [14] Motores, w. U. (2016). *Guia de Especificación de Motores Electricos Brasil*.

