

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE ENSAYOS DE TENSIÓN PARA LA MÁQUINA UNIVERSAL TINIUS OLSEN DE LA EMPRESA CEDAL S.A.

Ing. Miguel Carvajal / Ing. Franklin Silva / Juan Villarroel

*Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Departamento de Eléctrica y Electrónica
Quijano y Ordoñez y Marqués de Maenza s/n
Latacunga - 2015*

RESUMEN

El presente proyecto consistió en el diseño e implementación de un sistema automático de ensayo de tensión para la máquina universal TINIUS OLSEN de la empresa CEDAL S.A, el que fue instalado y acoplado a una máquina existente la cual se encontraba en desuso, CEDAL tiene la necesidad de realizar netamente ensayos de tracción de los materiales que son procesados en la planta, la implementación de este proyecto tiene como objetivo un sistema automático, que se regirá a la norma NTE INEN 2250:2013, como inicio el trabajo consistió en revisar y dar un mantenimiento a la máquina, se verificó su estado mecánico y eléctrico, de esta manera se identificó que reparar y mejorar previo a la implementación del sistema, una vez probada la máquina se procedió a seleccionar los sensores que permitieron emitir las señales necesarias para el diseño electrónico. Se diseñó un sistema que realiza el diagrama esfuerzo-deformación, se realizaron pruebas de ensayos mediante la norma de "ALUMINIO. PERFILES, BARRAS, VARILLAS Y TUBOS EXTRUIDOS. REQUISITOS E INSPECCIÓN." La cual se identifica como NTE INEN 2250:2013, el sistema diseñado se baso en parámetros proporcionados por dicha norma, esta norma menciona el proceso del ensayo, formulas de cálculos y la preparación de muestras, se selecciono la parte de adquisición de datos en la cual se acondiciono las señales obtenidas por los sensores; se usó el software Laview para la programación e interpretación de los datos ya procesados, se implementó el sistema en la máquina realizando una calibración de la misma, los ensayos

realizados son exportados a Word para ser guardados.

ABSTRACT

This Project was about the design and implementation of an automatic system of test of tension for universal machine TINIUS OLSEN of the company CEDAL S.A It was installed and connected to a already existing machine, which was in disuse, CEDAL has the necessity to make tension tests of the materials, which they process in the factory, this Project implementation has as objective an automatic system, at the beginning this job consisted reviewing and giving a maintenance to the machine, and also verify its mechanical state and electrical in this way was known what element needs to be repaired and to improve before the system implementation, once prove the machine was selected the sensors that helped to emit the necessary signals for electronic design. A system that allows to make the diagram effort-deformation which comprises indispensable in the norm of the company, in this project was done the test of tests by means of the ALUMINUM norm ".PROFILES, BARS, RODS AND TUBES EXTRUIDOS. REQUIREMENTS AND INSPECTION." Which is identifies like NTE INEN 2250:2013, The system designed was based on parameters provided by standard, this standard mentions the trial process, calculation formulas and sample preparation, the data acquisition part in which the signals obtained by the sensor; the Laview software for programming and interpretation of the data was used and

processed, the system was implemented in the machine performing the same calibration, trials are exported to Word in order to be saved.

I. INTRODUCCIÓN

La meta del diseño e implementación de un sistema automático de ensayos, es poder minimizar el tiempo de realización de los mismos debido al gran volumen de producción que genera la empresa CEDAL S.A, lo cual ayudará a certificar la calidad de perfilería en función de los parámetros mecánicos, por otro lado poder realizar de una manera más óptima el ensayo debido a que se necesitaba de dos personas para realizar el mismo, las cuales tenían que verificar valores y calcularlos resultados necesarios lo que se convertía en una tarea tediosa la cual requería de mucho tiempo, de esta manera el ensayo automático necesitara de una sola persona sin necesidad de realizar cálculos o cualquier tipo de verificación de datos agilizando la liberación del producto para sus demás procesos o enviarlo al mercado, muchas veces para poder certificar la calidad de la perfilería se tenía que acudir a agentes externos los cuales cobraban un considerable monto por cada ensayo, lo que ahora será un ahorro para la empresa al poder realizar infinidad de ensayos de una manera rápida y precisa, un punto fundamental es la reducción de costos en este software con relación a los existentes en el mercado ya que se obtendrá el mismo resultado con la particularidad que se tiene un ahorro muy elevado en la implementación del sistema.

Con un equipo en óptimas condiciones se podrán realizar ensayos de tensión de acuerdo a las normas existentes en el entorno, con menores tiempos de ejecución de pruebas y capacidad de repitencia. CEDAL permite realizar el proyecto de tesis, y se compromete a brindar el auspicio para ejecutar el proyecto: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE ENSAYOS DE TENSIÓN PARA LA MÁQUINA UNIVERSAL TINIUS OLSEN DE LA EMPRESA CEDAL S.A, con la

norma NTE INEN 2250:2013 la cual rige en el país en lo que se refiere a ALUMINIO. PERFILES, BARRAS, VARILLAS Y TUBOS EXTRUIDOS. REQUISITOS E INSPECCIÓN, y en la que va enfocado el proyecto, esto conseguirá el aseguramiento de la calidad del producto.

II. MARCO TEÓRICO

La máquina universal por lo general es usada para ensayos destructivos se tomarán en cuenta los principales; tensión, compresión, corte y flexión. Se considera que es similar a una prensa hidráulica la cual puede aplicar carga de manera controlada y así someter a piezas de diferentes composiciones o materiales determinados a los diferentes tipos de ensayos mencionados con el fin de conocer sus propiedades mecánicas, se debe tomar en cuenta que su funcionalidad permite ensayar probetas de diferentes formas, dimensiones y características que estarán estipuladas por normas existentes específicas, al observar el tipo de agarre o mordazas especiales requeridas.

Esta máquina genera flujo hidráulico a presión mediante una bomba la que esta previamente diseñada según la capacidad requerida, esta bomba inyecta el fluido hidráulico hacia un cilindro el cual es controlado por la válvula de carga que se encuentra ubicada en la unidad de potencia hidráulica, al dejar así que fluya el aceite según la necesidad de carga requerida como también la velocidad a la que se vaya a ensayar, de igual manera la válvula de descarga tiene el papel de retorno del fluido al tanque reservorio por acción de gravedad del pistón. Esta máquina es útil al momento de caracterizar nuevos materiales como también verificar propiedades mecánicas en función de parámetros o normas de calidad.

III. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

La máquina consta de dos partes que son el tablero de peso el cual se puede observar en la figura 1 y la unidad de

potencia hidráulica que se la puede observar en la figura 2.



Figura 1: Tablero de peso Tinius Olsen típica super "L"



Figura 1: Unidad de potencia hidráulica Tinius Olsen típica super "L"

La unidad de potencia hidráulica consta de un sistema que está conformado de bomba, válvulas, reservorio, mecanismos, mangueras y acoples que funcionan sincronizadamente para inyectar el fluido hidráulico al cilindro, la carga que se aplica para la realización de los diferentes ensayos están dadas por la inyección de aceite al pistón impulsado hacia arriba por el fluido hidráulico, que está controlado por la válvula de carga la cual ayuda a verificar el porcentaje de fluido necesario o requerido para el ensayo, una vez que se ha ensayado se puede hacer uso de la válvula de descarga, que consta también de un porcentaje controlado de flujo y por medio de la gravedad y el

peso regresa el pistón a su posición de home.

El tablero de peso de la máquina está conformado por un cabezal superior, un cabezal inferior y un cabezal ajustable motorizado, y evidentemente el cilindro donde ingresa el fluido.

El cabezal ajustable motorizado es usado para controlar la distancia o regulación en la que se va a realizar el ensayo en función de las diferentes dimensiones de las probetas, este una vez que se ha regulado permanece fijo durante el mismo, el cabezal superior tanto como inferior son impulsados por el pistón hidráulico hacia arriba con la diferencia que el superior se lo usa netamente para tensión y el inferior para compresión estos dos en función del cabezal ajustable motorizado.

IV. ESFUERZO

Se caracteriza como la fuerza por unidad de superficie que soporta ó se aplica sobre un cuerpo, es decir es la relación entre la fuerza aplicada y la superficie en la cual se aplica.

La fuerza aplicada a un cuerpo no genera el mismo esfuerzo sobre cada una de las superficies del cuerpo, el esfuerzo en términos matemáticos está representado por sigma (σ) y definido por la Ecuación:

$$\text{Esfuerzo } (\sigma) = \frac{\text{Fuerza aplicada}}{\text{Área sobre la cual se aplica la fuerza}}$$

V. DEFORMACIÓN.

Es también conocida como deformación unitaria y viene hacer la relación entre la longitud total deformada sobre la longitud inicial, como se sabe todo material que este expuesto a una carga aplicada se deformará indistintamente según su aplicación.

La deformación matemáticamente está representada por la letra griega minúscula épsilon (ϵ) y definido por la ecuación:

$$\text{Deformación unitaria } (\epsilon) = \frac{\text{Deformación total } (\delta)}{\text{Longitud inicial } (L)}$$

VI. DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN UNITARIA.

Este diagrama se usa en el ensayo de tensión para caracterizar nuevos materiales y también verificar parámetros de seguridad de los mismos.

Para cualquier material que sea ensayado los resultados son aplicables indistintamente del tamaño de muestras o probetas.

Este diagrama está conformado por el esfuerzo en la ordenada y la deformación unitaria en la abscisa y se lo puede observar en la figura 3.

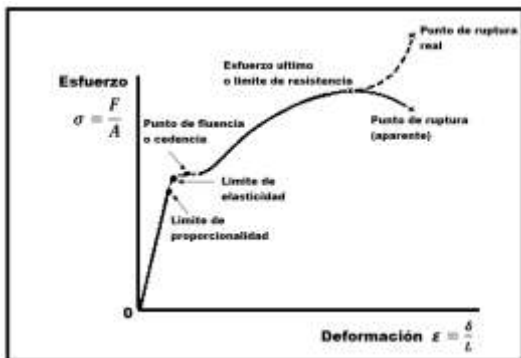


Figura 3. Diagrama esfuerzo Vs deformación

Fuente: Resistencia de materiales (Andrew Pytel)

VII. REALIZACIÓN DEL ENSAYO DE TRACCIÓN.

Por requisito se deberán tomar las medidas de ancho y espesor de la probeta en la zona calibrada con la ayuda de un calibrador y un micrómetro, estos dos datos servirán para el cálculo del área, como siguiente paso se debe asegurar la probeta en las mordazas de la máquina y se procede con el ensayo.

Al accionar la máquina se deberá aplicar una carga continua conforme la necesidad del ensayo, lo cual permitirá observar que en función de la carga inyectada la probeta variará su forma, esta irá estirándose poco a poco y cambiará su medida hasta el punto de producirse una estricción en el centro de la sección transversal de menor área, el cual irá reduciendo su diámetro inicial conforme la probeta sigue deformándose hasta romperse como se observa en la figura 4.

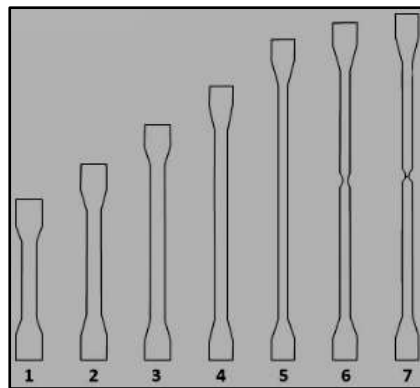


Figura 4. Deformación hasta el fallo en una probeta.

Fuente: D. García, "Ensayo de Tracción" Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

VIII. SENSOR Y TRANSDUCTOR.

SENSOR

El sensor es un dispositivo que a partir de la energía del medio donde se mide, da una señal de salida transducible que está en función de la variable medida.

El sensor de detección discreta genera una señal por la ausencia o presencia del objeto a medir, esta señal puede ser abierta o cerrada.

El sensor de detección analógica genera una señal continua que variara en amplitud y periodo dependiendo de la magnitud medida.

El sensor es una ayuda en el campo de la automatización, control, medición, procesamiento, monitorización ya que

interpreta datos directamente tomados de las variables medidas y mediante circuitos de acondicionamiento entrega señales eléctricas y electrónicas.

TRANSDUCTOR

El transductor es un dispositivo que tiene la capacidad de transformar el efecto de una causa física, como la presión, la temperatura, dilatación, humedad, etc, en otro tipo de señal normalmente eléctrica.

IX. SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL TRANSDUCTOR DE PRESIÓN.

SELECCIÓN

Se seleccionó una galga extensiométrica, debido a que consta de una excelente estabilidad en el tiempo y un bajo error en su señal por motivo de vibraciones.

La empresa tiene un departamento de bodega el cual se encarga de verificar los repuestos y compras, lo que ayudo a consultar la disponibilidad de los transductores en stock, según la necesidad del proyecto, la presión máxima ejercida por la máquina se definió que es aproximadamente 700 Psi, por lo que este dato sirvió para la verificación de los transductores existentes, lo que llevo a una respuesta favorable, que existe un transductor que cumple con las variantes anteriormente mencionadas y su capacidad es de 0 a 60 Bar lo que representándolo en un valor aproximado es 870 Psi, llegando así a analizar que es factible para el proyecto ya que está dentro del rango de carga máximo requerido de la maquina e incluso se tiene un porcentaje de sobrecarga considerable en caso de ser necesario, debido a que el costo de este tipo de instrumentos es elevado se optó por aprobar esta selección y usar lo más óptimo y viable ofrecido por la empresa, cabe recalcar que la máquina de ensayos universales que se encuentra en la empresa se adquirió netamente con el fin de realizar ensayos de tracción para

corroborar requisitos indispensables estipulados en la norma que acredita la calidad de perfilaría de esta empresa, para el ensayo de tracción en las probetas de aluminio se detecto que no es necesario la capacidad máxima de la máquina, resultando que ni una cuarta parte de la fuerza es aplicada en este ensayo por lo que es apto acondicionarla señal del transductor seleccionado para obtener una elevada precisión en la generación de resultados.

Se ha seleccionado el Transductor NEW – FLOW el cual se muestra en la figura 2.4, serie PT3100 con un rango de 0 a 60 Bar con una alimentación de 8 a 30V DC y una salida de 4 a 20 mA.

IMPLEMENTACIÓN

Este transductor se instaló con un acople independiente al existente para evitar interferencias entre ambos como se muestra en la figura 5, en la implementación se usó:

- Una T de un ¼"
- Una unión de ¼"
- Teflón



Figura 1. Instalación del Transductor NEW – FLOW (PT3100)

El transductor se conecto de la manera como se muestra en la figura 6:

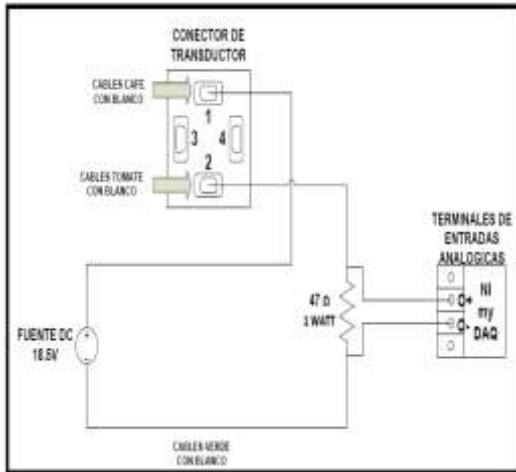


Figura 6. Conexión del transductor
Fuente: Catalogo transductor NEW - FLOW

X. **ACOPLE DEL SENSOR DE DEFORMACIÓN.**

En este caso se ha acoplado el extensómetro electrónico que tiene la máquina, este mide la deformación de la probeta en función de la carga axial que se le aplica, este extensómetro toma la medida por medio de sus bordes que constan de cuchillas las cuales hacen contacto directo con la probeta como se observa en la figura 2.8, una de estas cuchillas esta fija en su posición, la otra se encuentra en un brazo móvil. El brazo móvil es en realidad un brazo pivotante tiene dos extremos el uno es el filo de la cuchilla y el otro está unido a una armadura que se mueve a través de una bobina de LVDT, entrega un voltaje de salida CA proporcional al desplazamiento de su núcleo, se uso un osciloscopio para verificar el valor pico de voltaje y los canales de salida del sensor obteniendo una señal aproximada de 4V, conocido este valor se considero que es seguro llevar la señal hasta la DAQ para su acondicionamiento en el software, cabe recalcar que este extensómetro viene calibrado de fábrica para una distancia inicial de 50 mm y su valor expresado en el display del controlador manual se lo da directamente en % debido a esto hay que simplificar la señal y repetirla en el software del proyecto a continuación se observa en la figura 7 el módulo LVDT y el

extensómetro electrónico.



Figura 7. Extensómetro en la probeta

El sensor de deformación se conecta de la manera como se muestra en la figura 8:

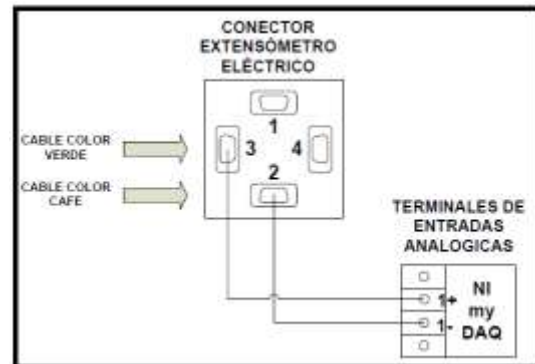


Figura 8. Representación gráfica conexión del extensómetro eléctrico

XI. **SELECCIÓN DE LA TARJETA DAQ**

Para la selección de la tarjeta de adquisición se basará en un factor fundamental que es la resolución, número de canales a usar y costo.

Se sabe que mientras mayor versatilidad tenga una tarjeta mayor será el costo de la misma por lo que para el presente proyecto se está optimizando este sistema usando el criterio técnico necesario para el mismo, se va a necesitar de dos

canales analógicos por lo que no es necesario tener gran cantidad de los mismos, la resolución es un punto fundamental el cual se ha determinado sea de 16 bits en el ADC ya que tiene una velocidad de muestreo alta y permite tener una resolución excelente con diferencia de las de 8 bits, y por costos no convendría de 24 bits además de ser usada para aplicaciones muchos más específicas.

Una vez conocidos los requerimientos enunciados anteriormente se procedió a la búsqueda de la tarjeta que cumpla con las condiciones necesarias para el proyecto, la necesidad fue generada nuevamente en bodega la cual supo mencionar que posee una tarjeta de adquisición de datos la cual fue adquirida pero no se encuentra en uso, se procedió a revisar las características de la DAQ ofrecida para comparar con los requerimientos necesarios en la selección, una vez hecha la comparación se llegó a la conclusión de que era factible el uso de la misma ya que cumple con el número de canales necesarios como también la velocidad de resolución estimada, se reviso su funcionamiento y se verificó que se encuentra en perfectas condiciones, al saber que cumple con los requerimientos antes mencionados además de ser versátil y funcional, se recalca que la tarjeta es un beneficio en relación a costos por lo que es muy importante apegarla al proyecto debido a que está en perfecto funcionamiento y sería innecesario adquirir otra por parte de la empresa, la tarjeta de adquisición de datos que se usara en el proyecto es la NI my DAQ, se la puede observar en la figura 9.

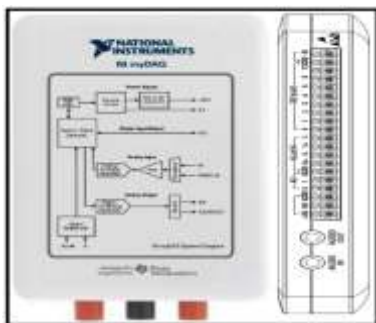


Figura 9. Grafica NI my DAQ y configuración de pines

XII. SELECCIÓN DEL SOFTWARE

Para la construcción del software se selecciono Lavity en el cual se realizara un conjunto de pantallas lógicamente secuenciadas en el panel frontal con funciones y botones los cuales estarán en contacto directo con el operador, estas funciones serán programados en diagramas de bloques los cuales identificaran las variables del proceso y las representaran llevando a cabo el ensayo, cumpliendo con la necesidad de obtener resultados seguros.

XIII. IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE AL EQUIPO

La caja donde se ha implementado el sistema de adquisición de señales consta en su parte Superior la etiqueta o título de la tesis y en su parte frontal un interruptor de arranque, un foco indicador de encendido y la entrada a USB de la NI my DAQ respectivamente etiquetados, como se puede ver en la figura 10.



Figura 10. Caja del sistema de adquisición de señales

XIV. PRUEBAS DEL EQUIPO Y SOFTWARE INSTALADO

Los datos obtenidos desde el software de ensayos de tracción se pueden ver en la figura 11.

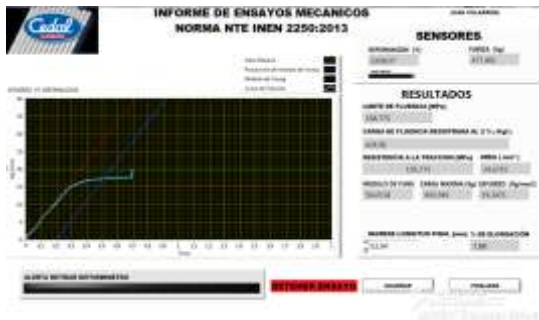


Figura11. Representación gráfica de resultados de ensayo de tracción en el software

Resumen de resultados:

A continuación, en la tabla 1 se muestran los resultados obtenidos de forma manual vs los obtenidos en el software de ensayos de tracción, se muestra el porcentaje de error de los mismos

Tabla 1. Resumen de resultados y porcentaje de error del ensayo de tracción

Resultados	En forma Manual	En forma Digital	% de Variación
Fuerza máxima [Kgf]	493,98	492,945	-0,20
Resistencia Máxima [MPa]	196,23	195,775	-0,23
Carga a la Fluencia [Kgf]	422,82	424,96	0,50
Limite de Fluencia [MPa]	167,96	168,775	0,48
Porcentaje de alargamiento [%]	7,88	7,88	0

Al comparar los resultados de los ensayos realizados en forma manual y en el sistema digital, se llega a la conclusión de que se encuentra calibrado obteniéndose valores similares en los resultados teniendo un error menor a 1%, este valor es una recomendación hecha por la empresa con el fin de tener valores confiables debido a que es un medio de liberación del producto con relación a la calidad de su perfilería.

XV. CONCLUSIONES

- Se logró modernizar una máquina universal TiniusOlsen mediante la tecnología existente en el entorno actual; con la cual se incrementó la precisión y mejor elaboración de reportes, de esta manera se disminuyó el tiempo de ensayos, lo que a Cedal le hacía falta por su gran volumen de producción.
- Para una correcta selección del transductor de presión se debe verificar la capacidad de fuerza máxima que tiene la máquina y su entorno de funcionamiento para minimizar errores en la señal por ruido.
- Se usó un sensor LVDT para detectar la deformación de la probeta en el ensayo debido a su gran capacidad de precisión teniendo como resolución mínima 0,001 mm.
- Se programó en Labview ya que National Instrument posee el hardware y software que cumple con los requisitos necesarios para la implementación del proyecto.
- Se logró que todo el procedimiento que anteriormente se realizaba manualmente hoy en día se lo puede realizar a través de una interfaz humano máquina utilizando un software y un sistema de adquisición de datos.
- Luego de realizar el software se logró apreciar que se tiene una precisión menor al 1% en las mediciones lo cual hace confiable la adquisición de reportes.
- Se logró modernizar la manera de realizar ensayos de tensión al utilizar la electrónica y el software, reduciendo el costo de la implementación en comparación con el software existente del mercado.
- Durante el desarrollo del software fue necesario realizar el filtrado digital de las señales de los sensores ya que la máquina en si generaba ruido lo cual afectaba las mediciones.
- La selección de la DAQ se basó en los canales necesarios, al tener dos sensores se necesitó dos canales y su velocidad de respuesta es de 16 bits que es la más versátil para este tipo de adquisición y su costo no es muy elevado en comparación con las demás DAQ.

- Se logró satisfacer las necesidades de la empresa CEDAL S.A al implementar un sistema de ensayos de tensión basado en la norma NTE INEN 2250-2013 la cual ayuda a verificar la calidad de perfilería en base a su producción generando reportes necesarios para poder liberar su producto al mercado.

XVI. RECOMENDACIONES

- Conseguir un transductor más eficiente capaz de resistir las variables externas de una manera más propicia en relación al ruido, revisar en el mercado las marcas más recomendadas y características más eficientes ante situaciones externas que puedan afectar su nitidez en la medida.
- Realizar un sistema de filtrado de señales independiente del filtrado digital que se le realiza en el software, para tener una señal más nítida al momento de la adquisición.
- En este proyecto se implementó un sistema automático sobre una máquina ya existente, en caso que se desee realizar un proyecto parecido sin tener la máquina se puede realizar una propuesta sobre la capacidad de la misma según la aplicación que tendrá, en este caso se encuentra sobredimensionada por lo que se hizo más complicada la calibración de señales por el hecho de manejar valores de carga muy bajos en relación a la capacidad tan alta de la máquina.
- Al momento de instalar el transductor de presión cebarlo ya que si no se lo hace no emitirá ningún tipo de señal y se puede asumir que se encuentra dañado o no funciona.
- Evitar mover, tocar o manipular las partes electrónicas o peor aún el software debido a que se encuentra calibrado para el

correcto funcionamiento del mismo.

- Verificar que la máquina de ensayos se encuentre en posición de home y lista para inyectar carga debido a que puede estar afectando el peso del cabezal en el ensayo.

XVII. BIBLIOGRAFÍA

- Moot, R. Resistencia de materiales aplicada, Pearson, 3era ed. Dayton
- Pytel, A. Resistencia de materiales, Harla, 4ta ed. Pennsylvania.
- Askeland, D. Ciencia e Ingeniería de los materiales, Thomson, 3era ed. Missoun.
- Creus, A. Instrumentación Industrial, Boixareu, 6ta ed. Barcelona. Moot.

XVIII. BIOGRAFÍA



Juan Marcelo Villarroel Tovar, nació en Latacunga, Ecuador. Curso sus estudios secundarios en el Instituto tecnológico superior Vicente León, sus estudios superiores los realizó en la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, donde obtuvo el título de Ingeniero Electromecánico en Junio del 2015