

# AUTOMATIZACION DE LA MAQUINA UNIVERSAL DEL LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL EN LA UNIVERSIDAD SANTO TOMAS TUNJA

Fonseca Sánchez, Fabio Andrés, [Fabio.fonseca@ustatunja.edu.co](mailto:Fabio.fonseca@ustatunja.edu.co)

Umaña Méndez, Oscar Eduardo [oscar.umana@ustatunja.edu.co](mailto:oscar.umana@ustatunja.edu.co)

**Abstract—In the field of electronic engineering often the engineer is forced to generate knowledge that is not always to the benefit of society, and when to achieve development of systems that benefit human life, this is at a high cost of such so that ordinary people cannot access it.**

**In our experimental development we manage to offer a device that is useful for society and that the persons composing it easy to access, we offer a system that generates benefits in fields such as steel, field, meteorology and others. Implementing a system that can acquire the temperature and Offer a picture of the land on which it sits.**

## I. INTRODUCTION

La máquina universal representa una herramienta clave para los estudiantes pero existen procesos que desarrolla que son laboriosos, explícitamente la interpretación de los datos pues en el proceso, estos son reportados en una hoja milimétrica puesta en cilindro que gira a medida que aumenta la presión de la bomba y corresponden a los datos del comportamiento del ensayo, es decir, los datos son dibujados por un tambor XY al cual se le anexa una hoja milimetrada y con base a esto, se realizan los cálculos correspondientes para obtener los datos en unidades reales de trabajo; obviamente con este sistema los resultados están sujetos a posibles errores de cálculo. Además, al graficar los datos es necesario observar en qué condiciones se llevó a cabo el ensayo, anotando éstos es una hoja milimetrada la cual se anexa al tambor.

Con el paso del tiempo y el continuo avance tecnológico estos equipos se van deteriorando perdiendo su eficiencia y haciendo más difícil su manipulación. Para este proyecto se tiene como fin la automatización de estos equipos aplicando el uso de nuevas tecnologías.

Posteriormente al análisis realizado, se concluyó en la necesidad de industrializar la máquina en aspectos como el control, adquisición y procesamiento de datos. Esta investigación tiene como objetivo primordial la automatización

de la Máquina Universal marca ICON mejorando con ello procesos como realizar un ensayo a través de un PC, controlar la velocidad y desplazamiento de las mandíbulas de la máquina, el descargue de la bomba hidráulica para así alcanzar ciertas condiciones al momento de realizar un ensayo. De igual manera implementar un sistema de adquisición y procesamiento de datos que muestren los resultados procesados en el ensayo realizado con la maquina universal. Por último los directamente beneficiados van a ser los estudiantes pues podrán aplicar sus conocimientos a procesos que se ajustan más con la realidad minimizando el margen de error en el cálculo y la obtención de datos.

## II. MARCO TEORICO

Las Maquinas Universales o de ensayos son aparatos en donde un cilindro o “Gato” es accionado por medio de un sistema electro- hidráulico o electrónico como lo es con un motor y un tornillo sin fin. Estas máquinas se utilizan para hallar las propiedades de ciertos materiales sometidos a una determinada presión, logrando así una compresión, elongación o flexión de cualquier tipo de material y poder caracterizarlos, esto se logra por medio de unas placas una estática y la otra móvil que se accionan por el sistema hidráulico. Dentro de este capítulo se detallara algunos conceptos de instrumentación y automatización al igual que cada una de las pruebas que se realiza la maquina universal como son las pruebas de elongación, tensión, compresión entre otras.

En un concepto apropiado y amplio se puede decir que tanto la instrumentación, el control y la automatización son todo el conjunto de instrumentos y sistemas que estén asociados los cuales se utilizan para detectar señales además de observarlas, medirlas y comunicarlas, es decir la instrumentación ha tenido grandes avances a través del tiempo aprovechando también el desarrollo de otras áreas como el de la informática

Hoy en día existen muchos procesos industriales los cuales exigen la intervención de los diversos productos obtenidos, en el campo de la instrumentación existen diversos y variados procesos entre los que se encuentra desde los productos derivados del petróleo hasta las industrias papeleras y textiles. En cualquier proceso industrial se ve la necesidad de mantener y supervisar algunas magnitudes de medida ya sean presión, desplazamiento peso, caudal, nivel, temperatura, velocidad etc.

Los transductores, sensores y en si los instrumentos de medición y control permiten el mantener cada una de estas constantes de medida en un estado apropiado para cualquier proceso y más idóneas que las que cualquier operador pueda realizar. En los primeros años de la industria, operarios llevaban a cabo el control de cada uno de estos instrumentos, trabajo que era bastante tedioso e inexacto debido a la cantidad de instrumentos como manómetros, válvulas manuales etc.

En la actualidad con los avances de la tecnología y la complejidad de estos procesos exigen una automatización creciente; evitando la mano de obra de muchos operarios y la supervisión, en la actualidad estas supervisiones también las realiza un operario per desde una sala aislada, centros de control situados dentro del mismo proceso lo cual aumento la seguridad de los trabajadores de las industrias, gracias a estos instrumentos el hombre a podido construir productos bastante complejos y de buena calidad que en condiciones de los operarios sería muy difícil obtenerlos realizando el control manual.

La mayoría de los procesos industriales a controlar pueden dividirse ampliamente en dos categorías: procesos continuos y procesos discontinuos. En ambos tipos, deben mantenerse en general las variables (presión, caudal, nivel, temperatura, etc.), bien en un valor deseado fijo, bien en un valor variable con el tiempo de acuerdo con una relación predeterminada, o bien guardando una relación determinada con otra variable. El sistema de control que permite este mantenimiento de las variables puede definirse como aquel que compara el valor de la variable o condición a controlar con un valor deseado y toma una acción de corrección de acuerdo con la desviación existente sin que el operario intervenga en absoluto.

El sistema de control exige pues, para que esta comparación y subsiguiente corrección sean posibles, que se incluya una unidad de medida, una unidad de control, un elemento final de control y el propio proceso. Este conjunto de unidades forman un bucle o lazo que recibe el nombre de bucle de control. El bucle puede ser abierto o bien cerrado.

## **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO I.N.V. E – 410 – 07**

Este ensayo se refiere a la determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto, tanto cilindros moldeados como núcleos extraídos, y se limita a concretos con un peso unitario superior a 800 kg/m<sup>3</sup> (50 lb/pie<sup>3</sup>) El ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a cilindros moldeados o a núcleos, a una velocidad de carga

prescrita, hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste.

Los valores establecidos en unidades SI deben ser considerados como la norma.

Esta norma no pretende considerar los problemas de seguridad asociados con su uso, si los hay. Es responsabilidad de quien la emplee establecer prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y determinar la aplicación de limitaciones regulatorias antes de su empleo.

### **Uso Y Significado:**

Los resultados de este ensayo se pueden usar como base para el control de calidad de las operaciones de dosificación, mezclado y colocación del concreto; para el cumplimiento de especificaciones y como control para evaluar la efectividad de aditivos y otros usos similares.

Se debe tener cuidado en la interpretación del significado de las determinaciones de la resistencia a la compresión mediante este método de ensayo, por cuanto la resistencia no es una propiedad intrínseca fundamental del concreto elaborado con determinados materiales. Los valores obtenidos dependen del tamaño y forma del espécimen, de la bachada, de los procedimientos de mezclado, de los métodos de muestreo, moldes y fabricación, así como de la edad, temperatura y condiciones de humedad durante el curado.

### **Máquina de Ensayo:**

La máquina de ensayo debe ser de un tipo tal, que tenga suficiente capacidad de carga y que reúna las condiciones de velocidad.

Se hará una verificación de la calibración de la máquina de ensayo de acuerdo con la norma ASTM E-4. "Práctica para la verificación de la carga de las máquinas de Ensayo"; en las siguientes situaciones:

Al menos anualmente y nunca excedido de trece (13) meses.

En la instalación original o en la relocalización de la máquina.

Inmediatamente después de hacer reparaciones o ajustes que puedan afectar de cualquier modo la operación del sistema de pesas o los valores mostrados, excepto para el ajuste a cero que compensa el peso propio del equipo o del espécimen, o ambos.

Cuando quiera que haya una razón para dudar de la exactitud de los resultados, sin tener en cuenta el intervalo de tiempo desde la última verificación.

### **Diseño:**

La máquina debe operar eléctricamente y aplicar la carga de una manera continua y no en forma intermitente, y sin choques. Si sólo tiene una velocidad de, deberá estar provista de medios suplementarios para cargar a una velocidad apropiada para la verificación. Estos medios suplementarios de carga se pueden operar manualmente o por medio de motor. El espacio disponible para los especímenes debe ser lo suficientemente grande para acomodar, en posición legible, un aparato de calibración elástica de suficiente capacidad para cubrir el intervalo potencial de carga de la máquina de ensayo y que cumpla con los requisitos de la norma ASTM E 74. Los aparatos de calibración elástica generalmente disponibles y más

comúnmente usados para este propósito, son el anillo de carga circular de ensayo y las celdas de carga.

**Precisión:** La precisión de la máquina de ensayo debe cumplir con los siguientes requisitos:

El porcentaje de error de las cargas dentro del rango propuesto para la máquina, no debe exceder del  $\pm 1.0\%$  de la carga indicada.

La precisión de la máquina de ensayo se debe verificar aplicando cinco (5) cargas de ensayo en cuatro (4) incrementos aproximadamente iguales en orden ascendente. La diferencia entre dos cargas de ensayo sucesivas cualesquiera no debe exceder en más de un tercio de la diferencia entre la máxima y la mínima carga de ensayo.

La carga del ensayo tal y como se indica por la máquina de ensayo y la carga aplicada calculada a partir de las lecturas de los elementos de verificación, se deben registrar en cada punto de ensayo. Se debe calcular el error, E, y el porcentaje de error, Ep, para cada punto de estos datos como sigue:

$$E=A-B$$

$$EP=100 (A-B)/B$$

Ecuación 1

Donde:

A = carga, kN (o lbf) indicada por la máquina que está siendo verificada, y B = carga aplicada, kN (o lbf) determinada por el elemento de calibración. En el informe sobre la verificación de una máquina de ensayo, se debe consignar dentro de qué intervalo de carga se encontró que se ajustaba a los requisitos de la especificación, en lugar de informar una aceptación o rechazo general. En ningún caso el intervalo de carga deberá incluir cargas por debajo del valor que sea 100 veces el cambio más pequeño de carga que pueda estimar el mecanismo indicador de carga de la máquina de ensayo o cargas dentro de aquella porción del intervalo por debajo del 10% de la máxima capacidad del mismo.

En ningún caso se debe consignar el intervalo de carga incluyendo cargas por fuera del rango de las cargas aplicadas durante el ensayo verificación.

La carga indicada por la máquina de ensayo no se debe corregir ni mediante cálculos, ni mediante el uso de diagramas de calibración para obtener valores dentro de la variación permisible requerida.

La máquina de ensayo debe estar equipada con dos bloques de carga, de acero con caras endurecidas, uno de los cuales es un bloque con rótula el cual descansa sobre la superficie superior de la muestra, y el otro un bloque sólido sobre el cual se colocará el espécimen. Las superficies de los bloques que estarán en contacto con el espécimen deben tener una dimensión al menos 3% mayor que el diámetro del espécimen a ensayar. Excepto para los círculos concéntricos descritos a continuación, las caras de carga no se deben separar del plano

en más de 0.02 mm (0.001") en cualquiera de los 150 mm (6") de los bloques de 150 mm (6") de diámetro o mayores, o en más de 0.02 mm (0.001") de cualquier bloque con diámetro más pequeño; los bloques nuevos se deben fabricar con la mitad de estas tolerancias. Cuando el diámetro de la cara de carga con rótula exceda el diámetro del espécimen en más de 13 mm (0.5"), se deben inscribir círculos concéntricos con una profundidad no mayor de 0.8 mm (0.03") y un ancho no mayor a 1.0 mm (0.04") para facilitar el centrado.

El bloque inferior de carga debe cumplir los siguientes requisitos:

Debe ser adecuado para proveer una superficie maquinada que cumpla con los requerimientos anteriormente indicados. Las superficies superiores e inferiores deben ser paralelas una a la otra. El bloque se debe poder asegurar a la platina de la máquina de ensayo. Su dimensión horizontal menor debe ser al menos 3% mayor que el diámetro del espécimen ensayado. Los círculos concéntricos son opcionales.

**Indicador de Carga:**

Si la carga de una máquina de compresión usada en el ensayo de concreto se registra en un dial, éste debe tener una escala graduada que permita leer con una precisión del 0.1% de la carga total de la escala. El dial debe ser legible dentro del 1% de la carga indicada a cualquier nivel de carga dado dentro del intervalo de carga. En ningún caso se debe considerar el intervalo de carga de un dial que incluya cargas por debajo del valor que sea 100 veces el más pequeño cambio de carga que se pueda leer sobre la escala. La escala debe tener una línea y un número que indique el cero (0). El puntero debe tener una longitud tal, que alcance las marcas indicadoras. El espesor del extremo del puntero no debe exceder la distancia libre entre las graduaciones más pequeñas. Cada dial debe estar equipado con un dispositivo de ajuste al cero, accesible desde afuera, y con un indicador apropiado para que en todo momento y hasta cuando sea reiniciado indique, con una exactitud del 1%, la carga máxima aplicada al espécimen.

Si la máquina de ensayos indica la carga en forma digital, el número debe ser suficientemente grande para que sea legible, con un incremento numérico igual o menor al 0.05% de la carga total de la escala y dentro del 1.0% de la carga indicada en cualquier nivel dentro del rango de valores de carga dados. Se deben realizar los ajustes para que la aguja señale el cero verdadero cuando se encuentre con carga cero (0). Se debe proveer un indicador de carga máxima que, en todo momento, hasta cuando la máquina sea reiniciada, indique con una precisión del 1%, la carga máxima que fue aplicada al espécimen.

**Muestras**

Las muestras no se deben ensayar si cualquier diámetro individual de un cilindro difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro en más de 2%

Figura 4 Dibujo esquemático de un bloque de carga típico con rótula

Tomado de: Norma INV E-407-07

Ninguna de las muestras ensayadas a compresión se debe separar de la perpendicularidad del eje en más de  $0.5^\circ$  (equivalentes a 3 mm en 300 mm ( $0.12''$  en  $12''$ ) aproximadamente). El extremo de una muestra que no sea plana en 0.05 mm ( $0.002''$ ) debe ser refrentado de acuerdo a lo indicado por la norma INV E-403. El diámetro usado para calcular el área de la sección transversal de la muestra se debe determinar con una precisión de 0.25 mm ( $0.01''$ ), promediando los dos diámetros medidos en ángulo recto uno con respecto al otro y en la mitad del espécimen.

El número individual de cilindros medidos para la determinación del diámetro promedio se puede reducir a uno por cada diez especímenes o tres especímenes por día, lo que sea mayor, si se sabe que todos los cilindros han sido hechos con un único lote de moldes reutilizables que consistentemente producen especímenes de diámetro promedio en una variación de 0.50 mm ( $0.02''$ ). Cuando el diámetro promedio con un rango de variación de 0.50 mm o cuando los cilindros no están hechos con un único lote de moldes, cada cilindro ensayado se debe medir y el valor encontrado ser usado en los cálculos de la resistencia a la compresión de cada muestra. Cuando los diámetros son medidos con frecuencia reducida, el área de los cilindros ensayados en un determinado día se calculará como el promedio de la de los tres (3) o más cilindros que representan el grupo ensayado dicho día.

Si el cliente que requiere los servicios solicita la determinación de la densidad de la muestra, se debe determinar la masa de la muestra antes del refrentado. Se debe remover cualquier humedad de la superficie con una toalla y medir la masa de la muestra usando una balanza o báscula con una precisión del 0.3% de la masa que esté siendo medida. Se debe medir la longitud de la muestra con una aproximación de 1 mm ( $0.05''$ ) en tres partes espaciadas regularmente alrededor de la circunferencia. Se debe sacar un promedio de la longitud con una precisión de 1mm ( $0.05''$ ). Alternativamente, se puede determinar la densidad del cilindro pesándolo en el aire y luego en el agua a  $23^\circ \pm 2^\circ \text{ C}$  ( $73.5^\circ \pm 3.5^\circ \text{ F}$ ), y calculando el volumen.

Cuando no se requiera determinar la densidad y la relación longitud/diámetro del cilindro sea menor de 1.8 ó mayor de 2.2, la longitud de éste se deberá medir con una aproximación de 0.05D.

#### Velocidad de Carga:

Se aplica la carga continuamente sin golpes bruscos. La carga se deberá aplicar a una velocidad correspondiente a una tasa de aplicación de carga comprendida en el rango de  $0.25 \pm 0.05 \text{ MPa/s}$  ( $35 \pm 7 \text{ psi/s}$ ). La velocidad escogida se debe mantener, al menos, durante la segunda mitad del ciclo de ensayo, para la fase de carga prevista. Sin embargo, no se deberá ajustar la velocidad de movimiento a medida que se está alcanzando la carga última y la tasa de aplicación de carga decrece debido al agrietamiento del cilindro. Durante la aplicación de la primera mitad de la fase de carga prevista, se permite una velocidad de carga mayor, siempre que ésta se controle para evitar cargas por impacto.

Se aplica la carga hasta que el indicador señale que ella comienza a decrecer de manera continua y el cilindro muestra

un patrón de falla bien definido (Figura 4). Si se usa una máquina equipada con un detector de rotura del espécimen no se permitirá su reconexión hasta que la carga haya caído a un valor menor de 95% de la máxima. Cuando se ensayan cilindros sin refrentar, puede ocurrir una fractura de esquina antes de alcanzar la carga última; en tal caso se debe continuar la compresión hasta que se tenga la certeza de haber alcanzado la carga última. Se registra la carga máxima soportada por el cilindro durante el ensayo y se anota el patrón de falla de acuerdo con los modelos de la (Figura 4). “, si se ajusta a alguno de ellos. En caso contrario se harán un dibujo y una descripción del tipo de falla producido. Si la resistencia medida es muy inferior a la esperada, se examina el cilindro para detectar zonas con vacíos o con evidencias de segregación o si la fractura atraviesa partículas del agregado grueso y se verifican, también, las condiciones del refrentado.

#### Cálculos:

Se calcula la resistencia a la compresión, dividiendo la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo, por el promedio del área de la sección transversal, y expresando el resultado con una aproximación de 0.1 MPa (10 psi).

Si la relación entre la longitud del espécimen y su diámetro es 1.75 o menor, se corrige el resultado obtenido, multiplicándolo por el factor apropiado de los que se indican a continuación:

### ENSAYO DE TENSIÓN DE BARRAS Y ALAMBRES DE ACERO I.N.V. E – 501 – 07

En las pruebas de tensión y también llamadas ensayos de tracción el cual consiste en someter un material a una fuerza que va aumentando hasta producir el fallo del material causando una deformación en un intervalo de tiempo y velocidad muy pequeños. Esta es una de las pruebas más utilizadas para hallar las propiedades de los materiales midiendo su resistencia con una fuerza estática y que se aplica lentamente.

En un ensayo de tracción pueden determinarse diversas características de los materiales elásticos: Módulo de elasticidad, Coeficiente de Poisson, Límite de proporcionalidad, Límite de fluencia o límite elástico aparente, Límite elástico (límite elástico convencional o práctico), Carga de rotura o resistencia a tracción, Alargamiento de rotura, Estricción.

Por lo general, el límite de proporcionalidad no se determina, Tampoco se calcula el Módulo de Young, ya que éste es característico del material; así, todos los aceros tienen el mismo módulo de elasticidad aunque sus resistencias puedan ser muy diferentes.

Esfuerzo de tracción (T): Es el cociente, en cualquier instante del ensayo, entre la carga y el área de la sección transversal inicial de la muestra.

Esfuerzo máximo de tracción (Tm): Es el cociente entre la carga máxima y el área de la sección transversal inicial de la muestra.

Límite de fluencia (Tf): Si durante el ensayo se observa una caída o estabilización de la carga, el esfuerzo correspondiente al valor más alto de dicha carga, se denomina "límite superior de fluencia" y el esfuerzo correspondiente a la mayor carga

subsiguiente observada se denomina "límite inferior de fluencia".

Límite de elasticidad convencional ( $T_e$ ): Esfuerzo al cual corresponde el alargamiento permanente prescrito, expresado en porcentaje de la longitud entre marcas.

Símbolos y terminología – En la Tabla 6 se incluyen los símbolos y terminología aplicables.

Equipos

Sistema de carga: Existen dos tipos generales de sistemas de carga: el mecánico (con tornillo) y el hidráulico. Estos difieren principalmente en la variabilidad de la relación de aplicación de carga-cabeza transversal. Las máquinas modernas tanto de tornillo como hidráulicas permiten una variación ilimitada a lo largo del rango de velocidades.

Máquina de Ensayo: La máquina para el ensayo de tensión debe mantenerse en excelentes condiciones de operación y utilizarse solamente en el rango de carga apropiado. Debe, además, calibrarse periódicamente para asegurar en todo momento la exactitud especificada, con un error máximo permisible del 1% de la carga indicada en la máquina.

Las máquinas que vienen equipadas con registradores gráficos de esfuerzo-deformación, tienen un componente medidor de carga, el cual debe ser calibrado separadamente del calibrador de la máquina de ensayo.

Sistema de agarre del espécimen:

La función del elemento de soporte o de agarre de la máquina de ensayo, es transmitir la carga de las cabezas de la máquina, al espécimen que se está ensayando. El requerimiento esencial, es que la carga sea transmitida axialmente. Esto implica que los centros de acción de las abrazaderas estén alineados con el eje del espécimen durante todo el ensayo de manera que sean minimizados los doblamientos o giros en el elemento. El agarre del espécimen se restringirá a la longitud entre mordazas.

Velocidad del ensayo:

La velocidad del ensayo no debe ser mayor de aquélla a la cual las lecturas de carga y deformación puedan realizarse con exactitud. En los ensayos de producción, la velocidad de ensayo comúnmente se expresa como:

(1) En términos de velocidad libre de recorrido de la cabeza transversal (rata de movimiento de la cabeza de la máquina de ensayo, cuando no está bajo carga); (2) En términos de la rata de separación de las dos cabezas de la máquina de ensayo bajo carga; o (3) en términos de la rata de esfuerzo del espécimen. La velocidad del ensayo se puede también expresar en términos de la rata de deformación del espécimen. Sin embargo, no es práctico controlar la rata de deformación en las máquinas que actualmente se utilizan.

Las siguientes limitaciones de la velocidad del ensayo son las más adecuadas para la mayoría de los productos de acero:

Cualquier velocidad de ensayo se puede usar hasta la mitad del límite elástico o de resistencia a la deformación. Cuando se alcance este punto, la rata de separación de las cabezas bajo carga se debe ajustar, para que no exceda de 1.6 mm por minuto para 25.4 mm de longitud entre marcas, o la distancia entre las abrazaderas de los especímenes de ensayo que no tengan sección reducida. Esta velocidad se debe mantener hasta el límite elástico o de resistencia a la deformación. En la

determinación de la resistencia a la tensión, la rata de separación en las cabezas bajo carga, no debe exceder de 12.7 mm por minuto para 25.4 mm de longitud entre marcas. En ningún caso, la velocidad del ensayo será menor a 1/10 de la rata máxima especificada para determinar el límite elástico o la resistencia a la deformación y la resistencia a la tracción.

Se permite fijar la velocidad de la máquina de ensayo, ajustando la velocidad libre de las cabezas a los valores antes especificados, ya que la rata de separación de las cabezas bajo carga en estas colocaciones de la máquina, es menor que los valores especificados de velocidad de movimiento libre de las cabezas.

Como alternativa, si la máquina está equipada con un elemento que indica la rata de carga, la velocidad de la máquina entre el valor medio y el valor máximo del límite elástico o resistencia a la deformación, se puede ajustar para que la rata de esfuerzo no exceda de 690 MPa/min (100.000 si/min). Sin embargo la rata mínima de esfuerzo no debe ser menor de 70 MPa/min (10.000 psi/min).

## ADQUISICION DE DATOS

Se entiende por adquisición de datos a la acción de medir variables, convertirlas a formato digital, almacenarlas en un computador y procesarlas en cualquier sentido. Este proceso se necesita de una "interface" entre el mundo físico y el computador que suele denominar como tarjeta de adquisición de datos.

El proceso de adquisición de datos del mundo físico conlleva los siguientes pasos fundamentales:

1. Utilización de un sensor/ transductor adecuado para la variable que se desea medir, el cual permite detectar y convertir la variable física a una señal analógica de voltaje o corriente eléctrica.
2. Amplificación de la señal de voltaje o corriente si se requiere. Si la señal que proviene del sensor es débil, se requiere un amplificador de voltaje y algún método para filtrar los ruidos eléctricos.
3. Traducción de esta señal analógica al lenguaje propio del computador: lenguaje digital. Este proceso se conoce técnicamente como conversión análogo/digital(A/D)

de difícil acceso para las personas, mejorando la calidad en los procesos y mejorando los índices de seguridad industrial que se presenten en una fabrica.

### III. DESARROLLO DEL PROYECTO

#### ESTUDIO DE LAS CONDICIONES DE LA MÁQUINA Y ANÁLISIS DE LOS CORRESPONDIENTES CAMBIOS A IMPLEMENTAR

La Máquina de Ensayos Universales marca ICON, con capacidad máxima de 20 toneladas consiste de un marco de carga compuesto de dos cabezales, uno móvil que actúa con el movimiento de un pistón, y el otro estático que se encuentra en la parte inferior, pero este está compuesto por una manivela y un tornillo sin fin el cual le da un movimiento vertical ascendente o descendente dependiendo el movimiento de la manivela, la maquina universal cuenta con una consola de control en ella se encuentra la válvula de paso la cual al momento de realizar cualquier ensayo se debe verificar que se encuentre cerrada para que permita el paso del aceite hacia el pistón, igualmente se encuentra la válvula de regulación con la que se puede graduar la velocidad con la que desee mover el cabezal superior. (Ver figura 1)



Figura 1 Consola de control maquina universal  
Tomado de: Autor

Realizando el estudio de las condiciones de la máquina universal se observó que hay varias deficiencias en la parte de seguridad, en general la maquina en el momento daba buena prestación pero en conclusión era importante corregir los inconvenientes que tenía en el momento y realizar las mejoras propuestas.

Principalmente se observó que el botón de control de la máquina ON-OFF estaba en condiciones críticas el cual se necesitaba reemplazar lo más rápido posible. (Ver figura 2)



Figura 2 Consola de control maquina universal  
Tomado de: Autor

En la consola de control se encuentra el arrancador del motor, el cual tiene deficiencias en el cableado lo cual provoca un riesgo de corto circuito lo cual puede generar algún accidente con los estudiantes, laboratoristas o usuario que esté realizando las correspondiente prueba.

La tubería se encuentra en estado aceptable, no tiene fugas de aceite en ningún punto. (Ver figura 3)

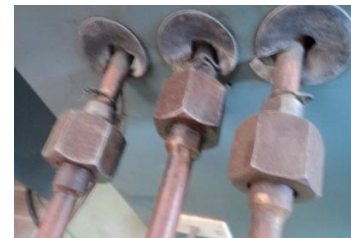


Figura 3 Tubería en cobre  
Tomado de: Autor

La consola cuenta con un sistema por contrapesos en la parte de atrás que tiene un péndulo y en su parte extrema se sitúa una masa que dependiendo de la carga aplicada a la maquina o la probeta se alarga o acorta según sea la medida para generar mayor o menor inercia, al interior también se ve el sistema de cremallera la cual mueva la agujas del reloj generando una visualización de la carga aplicada y que a su vez hace girar la graficadora. (Ver figura 4)



Figura 4 Parte posterior consola  
Tomado de: Autor

#### Funcionamiento Maquina Universal.

La máquina de ensayos funciona por medio de un sistema hidráulico que está ubicado en la parte interna de la consola de control el cual cuando se activa hace mover una bomba que envía aceite hacia una serie de tuberías que llegan hacia un pistón de simple efecto parecido a un “gato”. (Ver figura 23) Este se basa en el principio de Pascal que dice que toda sobrepresión aplicada a un fluido confinado y en reposo se transmite íntegramente a todos los puntos del sistema y a las paredes del recipiente que lo contiene con la misma intensidad. Entonces, como presión, por definición, es igual al cociente entre la fuerza aplicada y la superficie sobre la cual se aplica, si tienes una fuerza pequeña aplicada sobre una superficie pequeña, ese cociente puede dar el mismo resultado que una fuerza grande aplicada sobre una superficie grande.



Figura 5 Consola interna  
Tomado de: Autor

En la prensa hidráulica la bomba y el motor empujan una columna de aceite, que se encuentra en un tubo de diámetro bastante pequeño. Ese aceite circula por el tubo hasta llegar a otro recipiente que tiene un diámetro mayor y se encuentra en contacto con un émbolo que empuja una superficie muy grande. Si la presión se transmite con la misma intensidad, a superficie grande, para mantener la misma presión.

Este sistema hidráulico posee un cilindro de simple efecto, que al accionarlo con la bomba haciendo circular el aceite por las tuberías y generando una presión en el pistón hace que la mordaza superior empiece a ascender generando una acción de compresión y de tensión con la carcasa del pistón y una operación de tensión con la mordaza fija.

### ANALISIS VARIABLES E IMPLEMENTACION DEL CORRESPONDIENTE SENSADO.

Como objetivo del proyecto además de la actualización y calibración de la máquina, se quiere obtener la curva fuerza – desplazamiento de los ensayos para la máquina universal de forma automatizada. Es por ello que se tienen que establecer dos variables dentro de un ensayo de tracción la máquina:

**Desplazamiento del cabezal superior:** conociendo esta variable mediante la cual se puede conocer la distancia de desplazamiento que ha existido entre los dos cabezales y con ello la deformación que ha sufrido el material de prueba durante el ensayo ya sean varillas, bigas o cilindros aplica para los tres tipos de pruebas.

**Presión en las tuberías de cobre:** esta variable ayuda a supervisar y controlar la presión que circula por cada una de sus tuberías al momento de realizar un ensayo, además de esto puede detectar posibles fugas y así la pérdida de la presión y el aceite de la bomba.

**Fuerza de tracción o compresión:** mediante este parámetro se determina la fuerza a la que está sometida la probeta o el tipo de material en prueba durante el ensayo. Esta fuerza se haya con el fin de obtener valores importantes para el desarrollo de los cálculos y obtener conclusiones de dichas pruebas.

### Acondicionamiento mecánico de los sensores:

**Celda de carga:** Para ubicar la celda de carga se debe adecuar la máquina universal realizando unos cambios en su estructura, debido a que la posición ideal para la celda de carga es entre el pistón y el cabezal superior puesto que en este punto se concentra la fuerza que ejerce la máquina para realizar la correspondiente prueba, de esta manera se requiere realizar varios cambios en la estructura de la máquina puesto que la celda de carga posee un tamaño mayor que el espacio que se podía dedicar para esta, por lo tanto en la solución que se planteó se debe cambiar las barras de acero que soportan el cabezal superior y la mandíbula superior(ver figura 6).



Figura 6 Ubicación celda de carga y barras de acero.  
Tomado de: AUTOR

Para realizar estos cambios la universidad santo tomas Tunja se encargó de la parte económica, por lo cual fue necesario comprar 3 metros de acero macizo 4148 de diámetro 2” 3/4, dividido en dos tramos de 1.5 metros pero las barras originales de la máquina tienen un diámetro de 2” 9/16 por lo tanto fue necesario hacerles un maquinado a las barras para dejarlas del diámetro correcto, de la misma manera se realizó el roscado en los cuatro extremos de las barras para introducir las tuercas que trae la máquina universal y no se realice algún cambio adicional



Figura 7 Barras de acero macizo nuevas con maquinado y roscado.  
Tomado de: AUTOR

### ACONDICIONAMIENTO DE LAS SEÑALES

Durante el acondicionamiento y el siguiente paso del proceso de la señal pueden haber ciertos tipos de problemas como acoples de impedancias o un alto nivel de ruido ya sea por medio de la red o picos de voltaje generados por algún motor cercano, teniendo en cuenta que estos factores que afectan la siguiente etapa del proceso y por consiguiente los valores entregados no son los verdaderos, se necesita acondicionar muy bien las señales de los sensores para que su envío al sistema de procesamiento de los datos sea el adecuado.

#### Acondicionamiento de señal de la celda de carga:

Teniendo en cuenta que la celda de carga entrega una señal de voltaje muy baja se hizo necesario construir un sistema basado en amplificadores operacionales, para darle mayor ganancia y que al ingresarla al sistema de procesamiento entregue un valor verdadero.

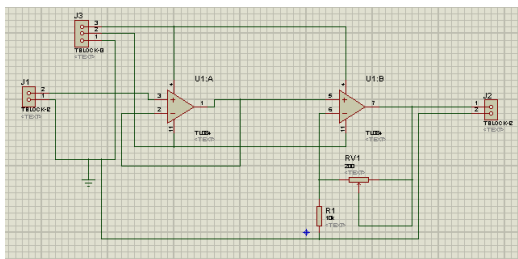


Figura 8 Simulación acondicionador de señal  
Tomado de: AUTOR



Figura 9 Baquela acondicionador de señal  
Tomado de: AUTOR

Para comprobar el funcionamiento del circuito se utilizó un generador de señal y un osciloscopio, el generador de señal se conecta directamente a la entrada del circuito, este se alimenta a 5 voltios y se observa con el osciloscopio a la salida.

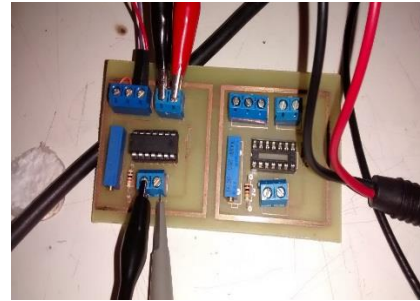


Figura 10 Prueba de acondicionador de señal  
Tomado de: AUTOR

La señal de entrada puede ser de cualquier frecuencia para la prueba se configuro el generador de señales a una frecuencia de 1 kHz y se puso una amplitud de 100mv calculando que no se fuera a saturar el amplificador y dañara la señal de salida

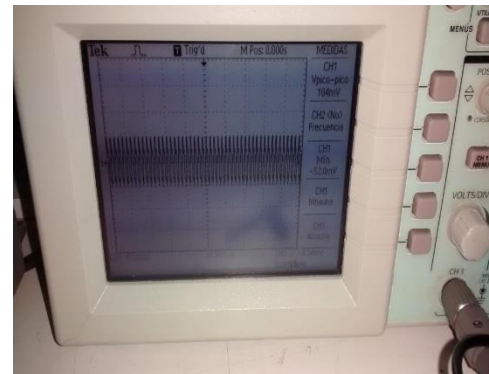


Figura 11 Señal de entrada circuito acondicionador de señal  
Tomado de: AUTOR

La señal de salida que se obtuvo se amplifico al doble dando así como conclusión que el acondicionador está en óptimas condiciones para el funcionamiento de la celda de carga.



Figura 12 Señal de salida circuito acondicionador de señal  
Tomado de: AUTOR

**Acondicionamiento de señal sensor de presión:**

El circuito de acondicionamiento de la señal del sensor de presión básicamente es el mismo circuito de la celda de carga con ciertas adiciones como una resistencia de 220 ohmios para convertir los datos de corriente que nos envía el sensor a voltaje, teniendo estos datos se calcula la ganancia correspondiente y de esta manera se tiene el circuito completo.

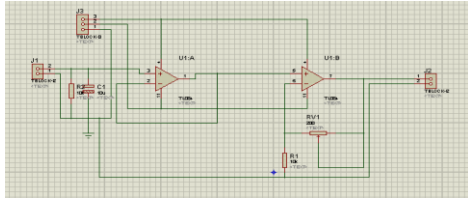


Figura 13 circuito acondicionador de señal sensor de presión  
Tomado de: AUTOR

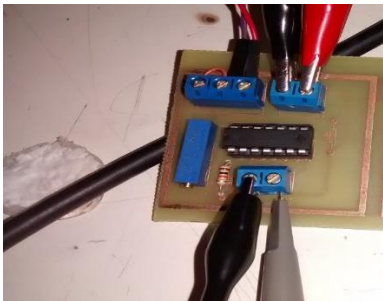


Figura 14 Prueba de acondicionador de señal sensor de presión  
Tomado de: AUTOR

**Acondicionamiento de señal sensor de desplazamiento:**

El sensor de desplazamiento básicamente es un potenciómetro el cual varía el voltaje dependiendo su desplazamiento, por lo tanto este varía de 0 a 5 voltios por lo tanto lo único que se debe adicionar es una resistencia para evitar que cuando el sensor este en la posición 0 no se presente algún corto.

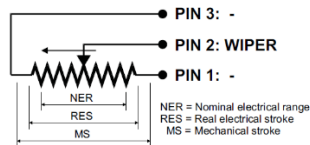


Figura 15 conexión eléctrica sensor de desplazamiento  
Tomado de: Hoja técnica.

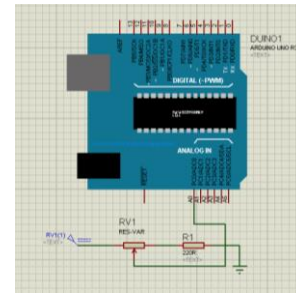


Figura 16 conexión eléctrica sensor de desplazamiento con arduino  
Tomado de: AUTOR

**Diseño e implementación Consola electrónica y de control.**

En el estudio realizado a la máquina universal marca Icon se determinó que era necesario implementar una consola electrónica desde la cual se pudiera controlar la máquina desde allí, de la misma forma que contara con todos los elementos eléctricos y electrónicos nuevos para así organizar la máquina, dar una nueva imagen y prestar facilidad para realizar mantenimiento ya sea preventivo como correctivo.

Para ello se adquirió una caja de paso de 32cm\*32 cm luego se acondiciono para ubicar los botones de control e indicación.

La lógica cableada que se diseñó para controlar la máquina universal tuvo en cuenta varias condiciones, para iniciar de requiere tener dos lámparas una roja y una verde para indicar que el “gato” está encendido o apagado para ello se utilizó el módulo relay doble.



Figura 17 Módulo relay doble  
Tomado de: AUTOR

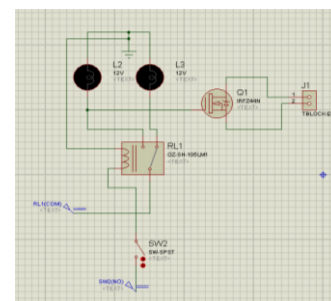


Figura 18 circuito encendido lámparas y motor “gato”  
Tomado de: AUTOR

En la figura 19 se observa el circuito para controlar la activación del arrancador y el control de encendido de los indicadores, ahora se debe tener en cuenta que se va a controlar desde dos punto ya sea desde el pc o desde los interruptores instalados en la consola, para ello se realizó una lógica aprovechando el otro relay en el módulo dándole prioridad a las órdenes del pc.

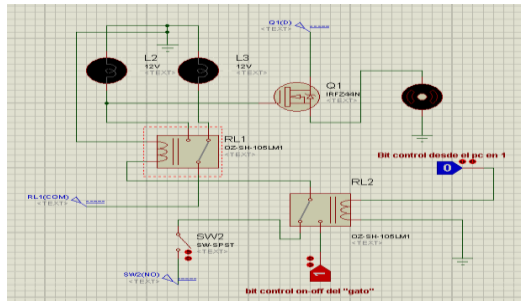


Figura 19 circuito encendido lamparas y motor “gato” con prioridad del pc  
Tomado de: AUTOR

Después de haber realizado el correspondiente diseño se dispone a hacer el montaje en la consola para ello se inicia a abrir los correspondientes huecos para insertar los botones e indicadores



Figura 20 Nueva consola electrónica  
Tomado de: AUTOR

Luego se procede a colocar los botones e indicadores en el lugar correspondiente, para ello el botón se divide y entra el cabezal por la parte frontal, luego tiene una rosca que lo presiona contra la caja y lo deja fijo y posteriormente se ubica el interruptor para que se active mecánicamente de la misma manera el bombillo.



Figura 21: Nueva consola electrónica  
Tomado de: AUTOR



Figura 22 Nueva consola electrónica  
Tomado de: AUTOR

### Montaje de motoreductor en la mandíbula inferior

Un objetivo propuesto es controlar el movimiento de la mandíbula inferior para ello se requiere cambiar la manivela que genera el movimiento, para ello se debe diseñar un soporte y acople



Figura 23 Mandíbula inferior con manivela.  
Tomado de: AUTOR



Figura 24 con manivela de la mandíbula inferior  
Tomado de: AUTOR

Luego de observar el mecanismo de para subir y bajar la manivela se concluyó que se debe diseñar un soporte y un acople tipo manzana para el motor y el eje.



Figura 25 Eje manivela mandíbula superior  
Tomado de: AUTO



Figura 26 Soporte moto reductor  
Tomado de: AUTOR

Características del motoreductor:

- a) MOTOR REDUCTOR DE 12 VOLTIOS A 60 RPM
- b) ESTE MOTOR ES DE ALTO TORQUE TE SOPORTA HASTA 100 KG DE PESO.
- c) MEDIDAS: 28 CM DE LARGO, 7 CM DIAMETRO MOTOR, 12 CM ANCHO EN EL REDUCTOR, 2 CM DIAMETRO EJE, 12.5 CM LARGO EJE.(ver figura 56)



Figura 27 moto reductor  
Tomado de: AUTOR



Figura 28 moto reductor instalado  
Tomado de: AUTOR

### PROTECCION ELECTRICA

La protección para la fuente de alimentación se acondiciono un fusible el cual se calculó para que diera capacidad de alimentación de corriente a todos los equipos para ello se elaboró una tabla la cual incluyo todos los equipos a alimentas en Dc.

Equipo	Voltage	Corrientes (amperios)	Resistencia (ohmios)
Motoreductor	12	7	1,714285714
Sensor de desplazamiento	5	0,022727273	220
indicador 1	12	0,02	600
indicador 2	12	0,02	600
indicador 3	12	0,02	600
indicador 4	12	0,02	600
indicador 5	12	0,02	600
Total		7,122727273	

Tabla 1 Carga fuente Dc  
Fuente: Autor

Con estos datos se calculó el fusible a implementar para ello teniendo el consumo total de todos los elementos se calcula el 5% y se adiciona al total.

$$Fusible = (7,2 * 5\%) + 7,2A$$

$$Fusible = 0,36 + 7,2 A$$

$$Fusible = 7.6A$$

Debido a que el fusible de 7.6 A no es comercial se adquirió uno de 10<sup>a</sup> para completar así la protección de la fuente Dc.

### 3. ADQUISICIÓN DE DATOS

#### ARDUINO

Luego de haber acondicionado las señales para obtener una variación de cero a cinco voltios DC que son los rangos que leen las entradas análogas de la plataforma de Arduino la cual va a utilizar para el desarrollo de este proyecto y con la que realizará la adquisición de datos.

El objetivo de la tarjeta de adquisición arduino es tomar los datos de todos los sensores ya sea sensor de desplazamiento, celda de carga, y sensor de presión, también él debe recibir los datos enviados desde el pc y hacer ciertas comparaciones para activar los motores etc.

En la primera parte del programa se encuentra la configuración del sensor de distancia ultrasonido, también la configuración de los pines y la velocidad de transmisión hacia el computador.

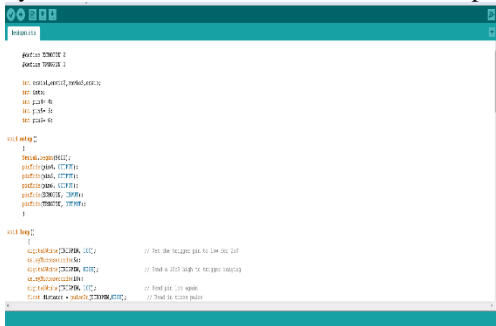


Figura 29 Programa en plataforma arduino Tomado de: AUTOR

A continuación está el programa principal el cual primero recibe los datos del sensor ultrasonido, continua recibiendo los datos del computador y realiza las correspondientes comparaciones y dependiendo el dato recibido se activa o desactiva los pines.



Figura 30 Programa en plataforma arduino Tomado de: AUTOR



Figura 31 Programa en plataforma arduino Tomado de: AUTOR

Para terminar el programa se envía los datos recibidos de los sensores para que el computador se pueda graficar y generar un archivo en Excel.

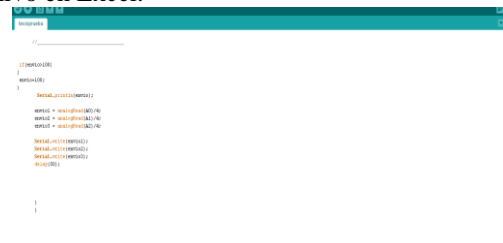


Figura 32 Programa en plataforma arduino Tomado de: AUTOR

### IV. JUSTIFICACION

La máquina ICON ubicada en el laboratorio de ingeniería civil de la universidad santo tomas Tunja, es vital para el desarrollo de las distintas prácticas que realizan los estudiantes de ingeniería civil, razón por la cual es necesario realizar las diferentes adecuaciones que se tienen planteadas con el fin de mejorar la calidad académica puesto que permitirá a estudiantes y docentes contar con esta herramienta para el desarrollo de prácticas de laboratorio, así como la propuesta y generación de nuevos proyectos de investigación y desarrollo de proyectos de grado.

Las funciones importantes de esta máquina son realizar movimientos como lo son TRACCION, FLEXION Y COMPRESION, por lo tanto la actualización y automatización de esta máquina permite al estudiante obtener un resultado más exacto, el cual se pueda manipular en un software como Excel y por lo tanto tener un porcentaje de error mínimo en los cálculos y conclusiones que se den.

Uno de los objetivos de este proyecto es realizar un plan que permita hacer un diagnóstico del funcionamiento de la máquina para así durante el proceso de actualización buscar los elementos más acordes para un correcto funcionamiento, de la misma manera en el proceso de actualización y automatización se busca aumentar la seguridad del operario en este caso el

estudiante y/o docente puesto que se prestara mayor atención en la manipulación de la máquina, por lo cual al finalizar el proyecto la maquina actualizada proporcionara más ventajas tales como mejor disponibilidad y aumento de productividad, mayor precisión, reducción de pausas y tiempos de parada, así como obtener los datos de una manera ms confiable y con más capacidad de análisis.

Para lograr los objetivos se debe tener un completo apoyo de la universidad, por lo cual está a dispondrá de manera eficiente a la facultad de ingeniería mecánica para realizar asesora en los cambios correspondientes para no disminuir de capacidad la maquina pero si mejorar la prestación de servicio, por esta razón la facultad a puesto a disposición los laboratorios para realizar los trabajos de acondicionamiento mecánico que se deben hacer a la máquina, de la misma manera la facultad de ingeniería civil pondrá a disposición los laboratorios para realizar el trabajo correspondiente en la maquina ICON y asumirá los gastos correspondientes frente a la universidad, por esa razón es primordial realizar una excelente gestión con las empresas que suministran los elementos y realizar un estudio de cuál es la mejor opción de compra para así sustentarla ante el comité administrativo y financiero por medio de la facultad de ingeniería electrónica.

Dado que la universidad en pro de mejorar la calidad en educación demuestra alto interés en la actualización de la máquina por lo tanto se hace a cargo del presupuesto correspondiente

#### V. CONCLUSION

- Con este proceso la máquina tendrá la opción de cambiar a modo manual cuando se considere oportuno o en caso de algún fallo en el sistema de automatización.
- Al ser este un sistema automatizado liberará de algunas tareas a los estudiantes y laboratoristas, ya que si antes tenían que estar bastante pendientes del desplazamiento de la máquina y del reloj que muestra el peso, estas variables ya se mostrar de forma automática a través de un software gráfico. Además que no hay la necesidad de poner hojas milimetradas en la graficadora XY.
- El sistema automatizado garantizará aún más la seguridad tanto de los laboratoristas como de los estudiantes que la estén manipulando ya que antes de esta intervención existía el riesgo de un choque eléctrico debido a que su sistema eléctrico estaba defectuoso.
- El estudio y selección de los instrumentos de medida adecuados permiten tener precisión y un buen funcionamiento de la máquina universal. Con el estudio de las señales eléctricas de los sensores y la toma de datos se reconoce que existen diferentes tipos

de errores, que no se pueden corregir en vez de eso se podrían disminuir, utilizando amplificadores operacionales como el TL084 y condensadores para aumentar el nivel de la señal de entrada y filtrarla para igualar el rango del convertidor análogo digital (ADC), y de esta manera aumentar la resolución y sensibilidad de las medidas. Además al hacer el acondicionamiento de señales, mejora la relación de señal-a-ruido elevando el nivel de señal antes de se vea afectada por el ruido ambiental.

- Se consideraron importantes los sensores en las mediciones de magnitudes que permitan controlar los procesos y toda el área que de alguna u otra forma estén automatizadas y deban tener algún tipo de control.

#### REFERENCES

- [1] CEMBRANOS, Florencio AUTOMATISMOS ELÉCTRICOS, NEUMÁTICOS E HIDRÁULICOS
- [2] CREUS, Antonio INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL
- [3] GARCÍA, Emilio AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES
- [4] FESTO HYDRAULICS, ELECTROHYDRAULICS – BASIC AND ADVANCED LEVEL
- [5] SINCLAIR, IAN SENSORS AND TRANSDUCERS
- [6] ARNEO, J.M. FABRICACIÓN INTEGRADA POR COMPUTADOR
- [7] WILLIAN D, Cooper. INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA MODERNA Y TÉCNICAS DE MEDICIÓN
- [8] BOLTON, W. SISTEMAS DE CONTROL ELECTRÓNICO EN INGENIERIA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
- [9] CREUS, Antonio. “INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL”, 6A EDICIÓN, MÉXICO DF: ALFA OMEGA GRUPO EDITOR S.A. 1998.
- [10] MARTÍNEZ SÁNCHEZ, Victoriano Ángel. “AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL MODERNA”, MÉXICO DF: ALFA OMEGA GRUPO EDITOR, S.A., 2001
- [6] ARNEO, J.M. FABRICACIÓN INTEGRADA POR COMPUTADOR
- [11] SOTELO. “HIDRÁULICA GENERAL”, VOL. 1, FUNDAMENTOS, MÉXICO D.F, EDITORIAL LIMUSA S.A. 2000.