



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ**

**EMPRESA:**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ**

**NOMBRE DEL PROYECTO:**

**INSTRUMENTACIÓN DE LA MÁQUINA DE IMPACTO Y LA MÁQUINA DE  
TENSIÓN COMPRESIÓN DEL LABORATORIO DE ING. MECÁNICA DEL  
ITTG.**

**CARRERA:**

**INGENIERÍA MECÁNICA**

**PRESENTA:**

**FRANCISCO JAVIER SANTIZ ALVAREZ**

**ASESOR INTERNO:**

**M. C. LUIS ALBERTO MORALES ALIAS**

**TUXTLA GUTIÉRREZ CHIAPAS, 8 DE JUNIO DE 2016**

CAPÍTULO 1. ....	1
1.1 DATOS GENERALES DE LA EMPRESA.....	1
1.1.1 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ.....	1
1.1.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	3
1.2 MISIÓN, VISIÓN Y VALORES. ....	4
1.2.1 MISIÓN.....	4
1.2.2 VISIÓN.....	4
1.2.3 VALORES.....	4
1.3 INGENIERÍA MECÁNICA.....	4
1.3.1 OBJETIVO.....	4
1.3.2 PERFIL.....	5
CAPÍTULO 2. ....	7
2.1 ANTECEDENTES.....	7
2.2 CARACTERÍSTICAS.....	7
2.3 OBJETIVO GENERAL.....	7
2.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
2.5 JUSTIFICACIÓN.....	8
2.6 ALCANCE Y LIMITACIONES.....	8
CAPÍTULO 3. ....	10
MARCO TEÓRICO.....	10
3.1 INTRODUCCIÓN.....	10
3.2 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES.....	10
3.2.1 TENSIÓN.....	10
3.2.2 ALARGAMIENTO UNITARIO.....	11
3.2.3 CARGA.....	12
3.3 DIAGRAMA DE TENSIÓN – DEFORMACIÓN.....	13
3.4 PROPIEDADES MECÁNICAS OBTENIDAS DE LAS PRUEBAS DE TENSIÓN – DEFORMACIÓN.....	13
3.4.1 COEFICIENTE DE POISSON.....	13
3.4.2 MODULO DE YOUNG.....	14
3.4.3 LÍMITE ELÁSTICO.....	14
3.4.4 PUNTO DE CEDENCIA.....	14
3.4.5 RESISTENCIA MÁXIMA DE TENSIÓN.....	15
3.4.6 PUNTO DE FRACTURA.....	15
3.5 MÁQUINA UNIVERSAL DE TENSIÓN-COMPRESIÓN.....	15
3.5.1 INTRODUCCIÓN.....	15

3.5.2 ESPECIFICACIONES. ....	15
3.5.3 DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA. ....	16
3.5.4 CIRCUITO HIDRÁULICO. ....	20
3.5.6 INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN DE LA MÁQUINA UNIVERSAL “CRODE”. ....	20
3.6 TIPOS DE PROBETA. ....	22
CAPÍTULO 4. ....	25
ANÁLISIS DE LOS SENSORES A UTILIZAR. ....	25
4.1 INTRODUCCIÓN. ....	25
4.2 SENSORES DE PRECISIÓN. ....	25
4.3 TRANSFORMADOR DIFERENCIAL DE VARIABLE LINEAL (LVDT). ....	26
4.3.1 CARACTERÍSTICAS. ....	27
4.3.2 LIMITACIONES. ....	27
4.3.3 VENTAJAS. ....	27
4.3.4 DESVENTAJAS. ....	27
4.4 CODIFICADOR O DECODIFICADOR LINEAL (ENCODER). ....	27
4.4.1 TECNOLOGÍA. ....	28
4.5 SENSORES ULTRASÓNICOS. ....	28
4.5.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS. ....	29
4.6 CUADRO COMPARATIVO DE SENSORES. ....	30
4.7 SENSOR ULTRASÓNICO ALLEN BRADLEY (873M-D18RAV300-D4). ....	31
4.7.1 CARACTERÍSTICAS. ....	32
CAPÍTULO 5. ....	32
INSTRUMENTO PARA LA MEDICIÓN DE LA CARGA. ....	32
5.1 INTRODUCCIÓN. ....	32
5.2 CELDA DE CARGA. ....	33
5.3 TARJETA ACONDICIONADOR DE SEÑAL 1B31. ....	33
5.4 AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACIÓN. ....	34
5.5 CONVERTIDOR ANÁLOGO-DIGITAL (CAD). ....	34
5.6 FUENTE DE ALIMENTACIÓN. ....	34
CAPÍTULO 6. ....	34
IMPLEMENTACIÓN DEL INSTRUMENTO VIRTUAL. ....	34
6.1 INTRODUCCIÓN. ....	34
6.2 SELECCIÓN DEL DISPOSITIVO DE ADQUISICIÓN DE DATOS. ....	35
6.3 CONSTRUCCIÓN DEL INSTRUMENTO VIRTUAL. ....	36
6.3.2 CAPTURA DE VALORES Y PROCESAMIENTO DIGITAL DE LA SEÑAL RECIBIDA. ....	36
6.4 PANEL FRONTAL DEL INSTRUMENTO VIRTUAL. ....	38

CAPÍTULO 7. ....	41
DISEÑO DE SOPORTE PARA SENSOR. ....	41
7.1 INTRODUCCIÓN. ....	41
7.2 IMAGEN DE LA CRUZ DE SOPORTE. ....	41
7.3 DISEÑO DE PLACA QUE SOPORTA EL SENSOR. ....	42
CAPÍTULO 8. ....	43
MÁQUINA PARA PRUEBAS DE IMPACTO (CHARPY). ....	43
8.1. ANTECEDENTES. ....	43
8.2 PROPIEDADES DE IMPACTO. ....	43
8.2.1. TENACIDAD. ....	43
8.2.2. TEMPERATURA DE TRANSICIÓN DE DÚCTIL A FRÁGIL. ....	44
8.2.3. RESILIENCIA. ....	44
8.3 MÁQUINA CHARPY. ....	45
8.3.1 INTRODUCCIÓN. ....	45
8.3.2 DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA. ....	47
8.3.3 ENERGÍA DE UN CUERPO EN MOVIMIENTO. ....	47
8.3.4 ENERGÍA TRANSMITIDA AL CUERPO RESISTENTE. ....	48
8.4 DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA. ....	50
8.4.1 PARTES QUE LA FORMAN. ....	50
8.5 MARTILLOS DE GOLPEO. ....	54
8.5.1 MARTILLO PARA PRUEBAS TIPO CHARPY. ....	54
8.5.2 MARTILLO PARA PRUEBAS TIPO IZOD. ....	54
8.6 SOPORTE PARA LAS PROBETAS. ....	55
8.6.1 BLOQUE DE SOPORTE. ....	55
8.6.2 SOPORTE PARA PROBETAS TIPO CHARPY. ....	55
8.6.3 SOPORTE PARA PRUEBAS TIPO IZOD. ....	56
8.7 TIPOS DE PROBETA. ....	57
8.7.1 PROBETAS PARA LA PRUEBA CHARPY. ....	57
8.7.2 PROBETAS PARA LA PRUEBA IZOD. ....	58
8.8 FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA. ....	60
CAPÍTULO 9. ....	60
SELECCIÓN DE LOS SENSORES. ....	60
9.1 INTRODUCCIÓN. ....	60
9.2 DISEÑO DE LA FUENTE REGULADORA DE VOLTAJE. ....	60
9.3 ENCODER GIRATORIO. ....	62
9.3.1 ENCODERS OPTICOS INCREMENTALES. ....	62

9.3.2 DE ALTA FRECUENCIA 844D. ....	62
CAPÍTULO 10. ....	63
INTERFAZ DE USUARIO.....	63
10.1 INTRODUCCIÓN.....	63
10.2 SELECCIÓN DEL DISPOSITIVO DE ADQUISICIÓN DE DATOS.....	63
10.2.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	64
10.3 ETAPA DE PROCESAMIENTO DE DATOS. ....	65
CAPÍTULO 11. ....	68
DISEÑO DEL SOPORTE PARA EL ENCODER.....	68
11.1 INTRODUCCIÓN.....	68
11.2 DISEÑO DEL SOPORTE DEL ENCODER. ....	69
COCLUSIONES.....	70
BIBLIOGRAFÍA.....	71
CITAS ELECTRÓNICAS.....	71
ANEXOS. ....	72

# CAPÍTULO 1.

## 1.1 DATOS GENERALES DE LA EMPRESA.

### 1.1.1 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ.

El Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG); es una universidad pública de tecnología, ubicada en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Es una Institución educativa pública de educación superior, que forma parte del Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos de México. El Instituto también está afiliado a la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), zona Sur-Sureste.

En la década de los 70's, se incorpora el estado de Chiapas al movimiento educativo nacional extensión educativa, por intervención del Gobierno del Estado de Chiapas ante la federación.

Esta gestión dio origen a la creación del Instituto Tecnológico Regional de Tuxtla Gutiérrez (ITRTG) hoy Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG).

El día 23 de agosto de 1971 el Gobernador del Estado, Dr. Manuel Velasco Suárez, colocó la primera piedra de lo que muy pronto sería el Centro Educativo de nivel medio superior más importante de la entidad.

El día 22 de octubre de 1972, con una infraestructura de 2 edificios con 8 aulas, 2 laboratorios y un edificio para talleres abre sus puertas el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez con las carreras de Técnico en Máquinas de Combustión Interna, Electricidad, Laboratorista Químico y Máquinas y Herramientas.

En el año 1974 dio inicio la modalidad en el nivel superior, ofreciendo las carreras de Ingeniería Industrial en Producción y Bioquímica en Productos Naturales. En 1980 se amplió la oferta educativa al incorporarse las carreras de Ingeniería Industrial Eléctrica e Ingeniería Industrial Química.

En 1987 se abre la carrera de Ingeniería en Electrónica y se liquidan en 1989 las carreras del sistema abierto del nivel medio superior y en el nivel superior se reorientó la oferta en la carrera de Ingeniería Industrial Eléctrica y se inicia también Ingeniería Mecánica.

En 1991 surge la licenciatura en Ingeniería en Sistemas Computacionales.

En 1997 el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez ofrece la Especialización en Ingeniería Ambiental como primer programa de postgrado.

En 1998 se estableció el programa interinstitucional de postgrado con la Universidad Autónoma de Chiapas para impartir en el Instituto Tecnológico la Maestría en Biotecnología.

En el año 1999 se inició el programa de Maestría en Administración como respuesta a la demanda del sector industrial y de servicios de la región.

A partir del año 2000 se abrió también la Especialización en Biotecnología Vegetal y un año después dio inicio el programa de Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica y la Licenciatura en Informática.

Su lema es “**ciencia y tecnología con sentido humano**”.

### 1.1.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.

Carretera Panamericana Kilómetro 1080, Terán, 29050 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. C.P. 29000, Apartado postal 599.

Teléfonos: (961) 61-5-03-80 y (961) 61-5-04-61

Fax: (961) 61-5-16-87

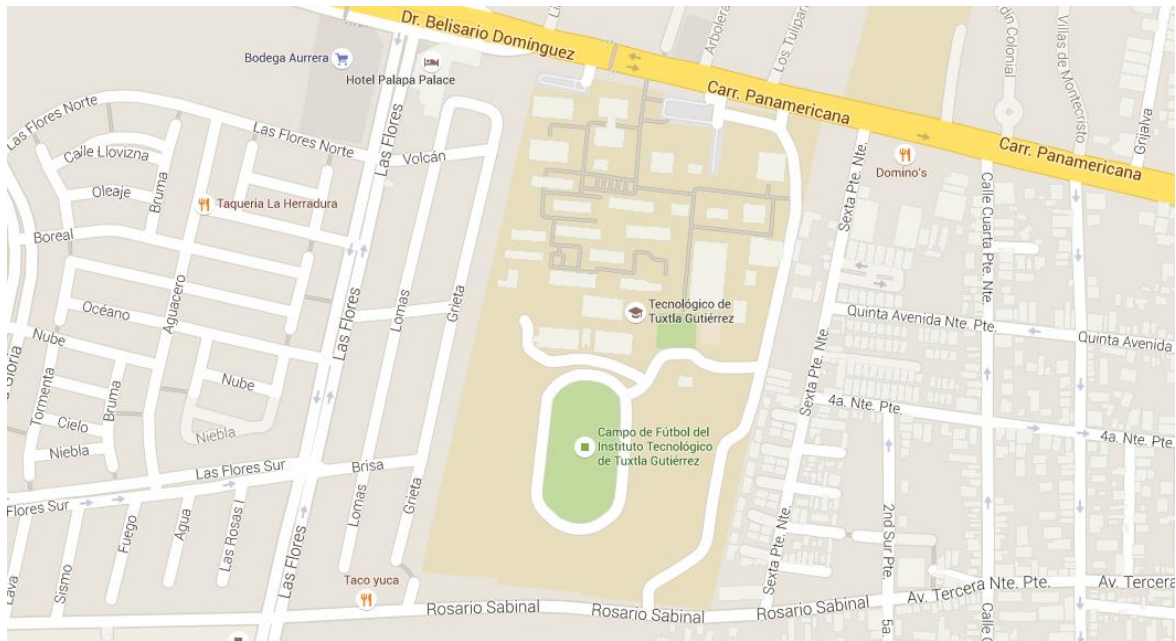


Fig. 1. Ubicación demográfica de las instalaciones del ITTG.



## **1.2 MISIÓN, VISIÓN Y VALORES.**

### **1.2.1 MISIÓN.**

Formar de manera integral profesionales de excelencia en el campo de la ciencia y la tecnología con actitud emprendedora, respeto al medio ambiente y apego a los valores éticos

### **1.2.2 VISIÓN.**

Ser una Institución de excelencia en la educación superior tecnológica del sureste, comprometida con el desarrollo socioeconómico sustentable de la región.

### **1.2.3 VALORES.**

- El ser humano
- El espíritu de servicio.
- El liderazgo.
- El trabajo en equipo.
- La calidad.
- El alto desempeño.
- Respeto al medio ambiente.

## **1.3 INGENIERÍA MECÁNICA.**

### **1.3.1 OBJETIVO.**

Formar profesionales con actitud y capacidad para desarrollar, investigar y aplicar conocimientos científicos y tecnológicos en áreas de la ingeniería mecánica, como: energía, fluidos, diseño, manufactura, automatización, control, materiales, montaje y mantenimiento de equipo, entre otras; apto para asignar, utilizar y administrar los recursos humanos y materiales en forma segura, racional, eficiente y sustentable; con disposición creativa y emprendedora; con fundamentos éticos y comprometido, en todo momento, con el bienestar de la sociedad.

### 1.3.2 PERFIL.

- Aplicar herramientas matemáticas, computacionales y métodos experimentales en la solución de problemas para formular modelos, analizar procesos y elaborar prototipos mecánicos.
- Seleccionar y emplear los materiales adecuados para: el diseño y fabricación de elementos mecánicos; o para su uso en instalaciones industriales con base en el conocimiento de sus propiedades.
- Gestionar proyectos de diseño, manufactura, diagnóstico, instalación, operación, control y mantenimiento, tanto de sistemas mecánicos como de sistemas de aprovechamiento de fuentes de energías convencionales y no convencionales.
- Participar en servicios de asesoría, peritaje, certificación, capacitación, compra y venta de equipo y maquinaria afines a su profesión.
- Elaborar, interpretar y comunicar, de manera profesional, en forma oral, escrita y gráfica: informes, propuestas, análisis y resultados de ingeniería.
- Comunicarse con eficacia en su desempeño profesional en su propio idioma y por lo menos en otro idioma extranjero.
- Poseer capacidad directiva para administrar eficientemente los recursos humanos, materiales y económicos a su disposición en el ejercicio de su profesión.
- Desarrollar una actitud emprendedora para la creación de nuevas empresas, con espíritu creativo, liderazgo y compromiso social.
- Utilizar el pensamiento creativo y crítico en el análisis de situaciones relacionadas con la ingeniería mecánica, para la toma de decisiones.
- Crear, innovar, transferir y adaptar tecnologías en el campo de la ingeniería mecánica, con actitud emprendedora y de liderazgo, respetando los principios éticos y valores universales, ejerciendo su profesión de manera responsable en un marco legal.
- Formar parte de grupos multidisciplinarios en proyectos integrales con una actitud que fortalezca el trabajo de equipo, ejerciendo diversos roles contribuyendo con su capacidad profesional al logro conjunto.
- Observar y aplicar las normas y especificaciones nacionales e internacionales relacionadas con el tratamiento adecuado de las materias primas, los productos terminados, así como los materiales residuales, generados en los procesos industriales.

- Participar en proyectos tecnológicos y de investigación científica con el objetivo de restituir y conservar el medio ambiente para propiciar un desarrollo sustentable.
- Implementar sistemas de control automático de procesos industriales, así como gestionar sistemas de calidad para mejorar los estándares de producción.
- Aplicar sus conocimientos, habilidades y aptitudes para cursar estudios de posgrado.
- Reflexionar acerca del contexto histórico, geográfico y socioeconómico de su región, para proponer soluciones congruentes con la realidad del país en un entorno globalizado.

# CAPÍTULO 2.

## 2.1 ANTECEDENTES.

Los diversos tipos de materiales que ha desarrollado el hombre a lo largo de la historia han aumentado junto con el desarrollo tecnológico dentro de la industria. Cada nuevo material posee nuevas características tanto físicas como químicas.

El estudio de las propiedades de los materiales es de suma importancia para la selección e implementación de estos en las diferentes ramas de la ingeniería. Características como la fuerza, elasticidad, maleabilidad, ductilidad, rigidez, plasticidad, etc. Son factores que influyen en la selección del material para la manufactura o diseño.

Para medir dichas propiedades se realizan diferentes tipos de pruebas. Una de las pruebas más utilizadas que se realiza a los materiales es el de tensión compresión, la cual permite medir la deformación que presenta un material al aplicarle fuerza de tensión o de compresión. Al aplicar este tipo de prueba se puede conocer diversas características de los materiales. Esta prueba se lleva a cabo mediante máquinas de tensión o compresión especiales, capaces de aplicar cargas de diferentes magnitudes de fuerza, dichas máquinas deben de contar con sensores y sistemas de instrumentación para medir la deformación y la carga aplicada al material.

Con el desarrollo de nuevas tecnologías, es posible implementar nuevos sensores y sistemas de instrumentación con mayor precisión.

## 2.2 CARACTERÍSTICAS.

Las primeras máquinas universales de pruebas presentaban sistemas de medición electromecánicos, a base de bulbos y sistemas de gráficas sobre hojas. Hoy en día gracias a la tecnología estas máquinas universales ya cuentan con sistemas de medición digital e interfaz para pc, lo que resulta para el almacenamiento de datos y manipulación de estos, obteniendo mejor interacción en los parámetros durante la prueba.

## 2.3 OBJETIVO GENERAL.

Realizar la instrumentación de la máquina universal de tensión-compresión del laboratorio de ingeniería mecánica del instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

La instrumentación del equipo consistirá en realizar lectura de la señal de presión por el módulo de carga y la lectura de la señal de desplazamiento. Estas señales serán acondicionadas y enviadas a una computadora, para poder desplegarlas en una ventana interactiva con ayuda del software LabVIEW (software de national instruments).

## **2.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Realizar el estudio de la máquina universal de tensión-compresión para identificar su funcionamiento y el estudio de los sensores que utiliza. Determinar si estos son compatibles con la instrumentación o en su caso implementar nuevos.
- Realizar una investigación de los tipos de sensores que existen para seleccionar el adecuado para el uso de la máquina, ya que este debe de ser compacto, robusto, y no ser sensible al polvo o luz.
- Para la recepción de los datos se necesita un sistema de procesamiento, que cuente con una interfaz de entrada y de salida para poder procesar los datos y hacer uso de ellos.

## **2.5 JUSTIFICACIÓN.**

La máquina universal de tensión-compresión que se encuentra en el INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ fue adquirida hace algunas décadas. Hoy en día la tecnología proporciona herramientas que permiten medir con mayor exactitud y precisión, así mismo la implementación de la computadora para el procesamiento de la información.

El proyecto se realiza con el objetivo de aprovechar las capacidades y los avances tecnológicos de la actualidad, como la recolección de información en variables físicas. Al llevar a cabo el mejoramiento de la máquina universal, se apoya a que los alumnos obtengan mejores resultados en las pruebas a realizar, así como una mejor interacción entre máquina y hombre.

## **2.6 ALCANCE Y LIMITACIONES.**

El alcance de este proyecto abarca el diseño de un instrumento virtual de LabVIEW, donde se procesa la información de señales por medio de la interfaz con la computadora, para obtener los valores de carga y deformación, así como su respectiva gráfica.

Se hace un estudio en la preselección de los sensores de distancia; el cual se selecciona de acuerdo a sus características y al medio ambiente de trabajo donde se encuentra la máquina universal de tensión-compresión.

Para la interfaz de las señales que mandan los sensores y la plataforma virtual de labVIEW, se implementa el arduino; que es un sistema que integra

un microcontrolador y un entorno de desarrollo (IDE), diseñado para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios.

Por medio del software SolidWorks, se diseña una placa especial para soportar el sensor que medirá el desplazamiento vertical. El diseño de la placa quedara expresada en los planos de fabricación.

# CAPÍTULO 3.

## MARCO TEÓRICO.

### 3.1 INTRODUCCIÓN.

En este capítulo se explican conceptos básicos dentro de las ciencias de los materiales, y algunas propiedades físicas de los materiales, las cuales están presentes en gran variedad. Se describe la máquina universal de tensión-compresión la cual se instrumentara para fines académicos.

### 3.2 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES.

La resistencia de un material depende de su capacidad para soportar una carga excesiva sin presentar deformación o falla. Esta propiedad es inherente al propio material y debe determinarse mediante la experimentación.

Una de las pruebas más importantes a este respecto es el ensayo de tensión y compresión. Aunque a partir de esta prueba se pueden establecer varias propiedades mecánicas importantes de un material, se utiliza principalmente para determinar la relación entre el esfuerzo normal promedio y la deformación normal promedio en muchos materiales de ingeniería como metales, cerámicas polímeros y materiales compuestos.

El comportamiento mecánico o las propiedades mecánicas de un material reflejan la relación entre la fuerza aplicada y la respuesta del material (o sea, su deformación). Algunas de las propiedades mecánicas más importantes son la tensión, deformación de carga, resistencia, la dureza, la ductilidad y la rigidez. Así como las características físicas de los materiales; como lo son: el módulo de Young, punto de cedencia y resistencia máxima de tensión.

#### 3.2.1 TENSIÓN.

En física e ingeniería, se denomina **tensión mecánica** al valor de la distribución de fuerzas por unidad de área en el entorno de un punto material dentro de un cuerpo material o medio continuo.

Un caso particular es el de *tensión uniaxial*, que se define en una situación en que se aplica fuerza  $F$  uniformemente distribuida sobre un área  $A$ . En ese caso la tensión mecánica uniaxial se representa por un escalar designado con la letra griega  $\sigma$  (sigma) y viene dada por:

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad \text{Ec. 3.1}$$

Siendo las unidades [Pa] (pascal = [N/m<sup>2</sup>]), [MPa] = 10<sup>6</sup> [Pa] y también [kp/cm<sup>2</sup>].

Donde:

$\sigma$  = esfuerzo

$P$  = carga aplicada

$A_0$  = área de la sección transversal

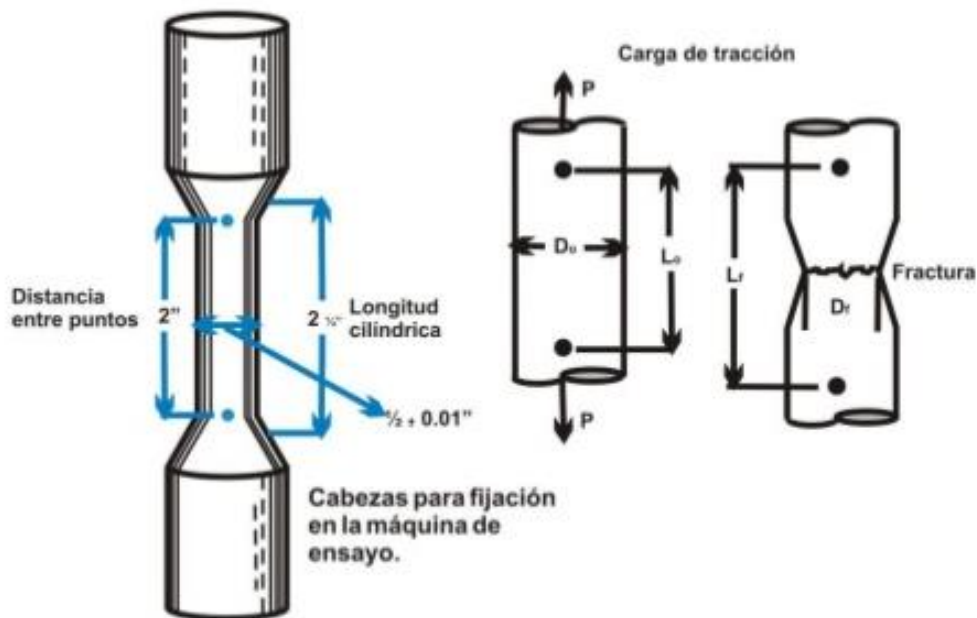


Fig. 3.1. Esquema de probetas que se utilizan en el ensayo de tensión.

### 3.2.2 ALARGAMIENTO UNITARIO.

Del mismo modo, la deformación se determina al dividir el cambio  $\delta$  en la longitud de la probeta entre la longitud original  $L_0$  de la probeta. Aquí se supone que la deformación es constante a lo largo de la región entre los puntos marcados. Por lo tanto,

$$\varepsilon = \frac{\delta}{L_0} \quad \text{Ec. 3.2}$$

$\varepsilon$  = deformación



$\delta$  = variación de la longitud de la muestra

$L_0$  = longitud inicial de la muestra

En la deformación resulta una magnitud adimensional. En la práctica industrial, es común convertir la deformación en un porcentaje de deformación o porcentaje de elongación.

$$\text{deformacion} \times 100\% = \% \text{ deformacion}$$

### 3.2.3 CARGA.

La carga está relacionada con la fuerza externa del sistema y con el área del plano interno de interés. Los planos de interés, que normalmente permanecen en la dirección de la carga experimentan una fuerza de tensión directa o normal.

“Es la fuerza exterior que actúa sobre un cuerpo.”

#### Consecuencias:

- ⇒ **Resistencia.** Es cuando la carga actúa y produce deformación. Es la capacidad de un cuerpo para resistir una fuerza aun cuando haya deformación.
- ⇒ **Rigidez.** Es cuando la carga actúa y NO produce deformación. Es la capacidad de un cuerpo para resistir una fuerza sin deformarse.

#### 3.2.3.1 TIPOS DE CARGA.

**Carga estática.** Se aplica gradualmente desde en valor inicial cero hasta su máximo valor.

**Carga dinámica.** Se aplica a una velocidad determinada. Pueden ser:

- ⇒ **Carga súbita,** cuando el valor máximo se aplica instantáneamente.
- ⇒ **Carga de choque libre,** cuando está producida por la caída de un cuerpo sobre un elemento resistente.
- ⇒ **Carga de choque forzado,** cuando una fuerza obliga a dos masas que han colisionado a seguir deformándose después del choque.

### 3.3 DIAGRAMA DE TENSIÓN – DEFORMACIÓN.

Los valores de esfuerzo y deformación encontrados en estas mediciones se denominan esfuerzo verdadero y deformación verdadera, y una gráfica de sus valores se llama diagrama de esfuerzo-deformación verdadero. Este diagrama tiene la forma por una línea discontinua en la figura 3.3.

Aunque los diagramas de esfuerzo-deformación verdadero y convencional son diferentes, la mayor parte del diseño en ingeniería se hace ara que el material soporte un esfuerzo dentro del rango elástico.

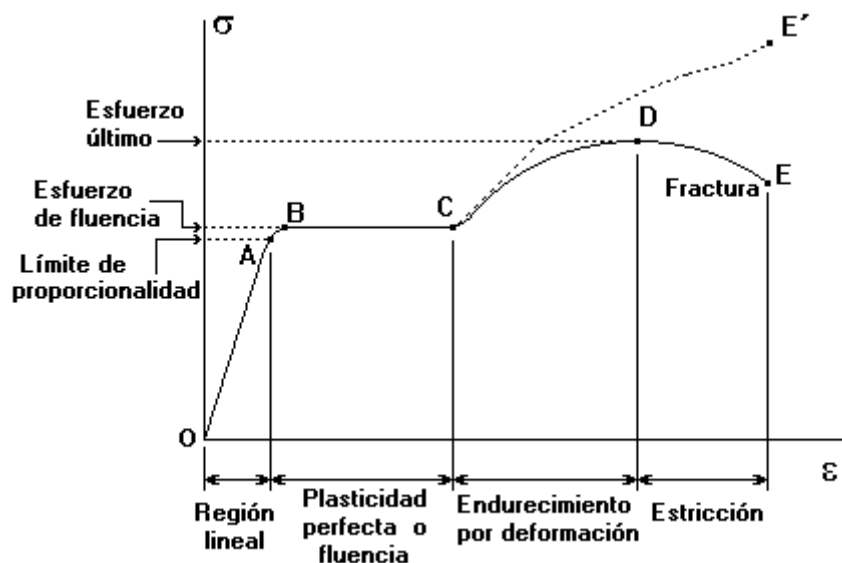


Figura 3.2. Diagrama de esfuerzo-deformación convencional y verdadero para un material dúctil (acero)

### 3.4 PROPIEDADES MECÁNICAS OBTENIDAS DE LAS PRUEBAS DE TENSIÓN – DEFORMACIÓN.

Las principales propiedades mecánicas de metales y aleaciones son de suma importancia en la ingeniería para el diseño, como lo módulo de Young, limite elástico, punto de cedensia, resistencia máxima de tensión y punto de elongación o fractura.

#### 3.4.1 COEFICIENTE DE POISSON.

El **coeficiente de Poisson** ( $\nu$ ) es una constante elástica que proporciona una medida del estrechamiento de sección de un prisma de material elástico lineal e isótropo cuando se estira longitudinalmente y se adelgaza en las direcciones perpendiculares a la de estiramiento.

### 3.4.2 MODULO DE YOUNG.

El módulo de elasticidad de Young es un parámetro que caracteriza el comportamiento de diferentes materiales elásticos frente a una fuerza aplicada, este módulo está ligado directamente a la composición química del material y es considerado una propiedad más del mismo y se determina experimentalmente.

Este es usado principalmente para determinar de forma experimental las deformaciones que sufre cada material al estar sometido a diferentes cargas que se encuentren dentro de las que soporta en su rango elástico ( su valor es diferente al límite elástico de cada uno de los materiales así dependa de este). Este es un módulo de elasticidad longitudinal mientras el coeficiente de Poisson antes nombrado es de elasticidad transversal

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad \text{Ec. 3.3}$$

### 3.4.3 LÍMITE ELÁSTICO.

El límite elástico, también denominado límite de elasticidad, es la tensión máxima que un material elastoplástico puede soportar sin sufrir deformaciones permanentes. Si se aplican tensiones superiores a este límite, el material experimenta un comportamiento plástico deformaciones permanentes y no recupera espontáneamente su forma original al retirar las cargas. En general, un material sometido a tensiones inferiores a su límite de elasticidad es deformado temporalmente de acuerdo con la ley de Hooke.

Los materiales sometidos a tensiones superiores a su límite de elasticidad tienen un comportamiento plástico. Si las tensiones ejercidas continúan aumentando el material alcanza su punto de fractura. El límite elástico marca, por tanto, el paso del campo elástico a la zona de fluencia. Más formalmente, esto comporta que en una situación de tensión uniáxica, el límite elástico es la tensión admisible a partir de la cual se entra en la superficie de fluencia del material.

### 3.4.4 PUNTO DE CEDENCIA.

El punto de cedencia o fluencia es el valor que se alcanza de un esfuerzo, mayor del límite elástico, al cual el material continúa deformándose sin que se haya incremento de la carga. Como se puede observar en la figura 3.2.

### **3.4.5 RESISTENCIA MÁXIMA DE TENSIÓN.**

Es la tensión más alta que el material puede soportar. Después de llegar a este valor, el área transversal del material se empieza a reducir rápidamente.

### **3.4.6 PUNTO DE FRACTURA.**

Es la elongación cuando el material ha llegado a su punto de ruptura.

## **3.5 MÁQUINA UNIVERSAL DE TENSIÓN-COMPRESIÓN.**

### **3.5.1 INTRODUCCIÓN.**

La máquina de pruebas de tensión y compresión es un equipo didáctico con capacidad a la tensión de 12 toneladas. Incluye tres juegos de mordazas; uno para las probetas prismáticas, de secciones cuadrada y rectangular y dos para probetas cilíndricas para diámetros de hasta 5/8". La capacidad de prueba a compresión es de 15 toneladas, para lo cual se utilizan un par de platos de 15 cm. La prueba permite estudiar el comportamiento en la zona elástica y plástica de los materiales de ingeniería sometidos a la carga.

### **3.5.2 ESPECIFICACIONES.**

<b>Nombre:</b>	MÁQUINA PARA PRUEBAS DE TENSIÓN Y COMPRESIÓN
<b>Capacidad:</b>	
En tensión:	12,000 kg.
En compresión:	15,000 kg.
<b>Cilindro hidráulico:</b>	
Diámetro:	6"
Carrera:	8"
Presión de trabajo:	1500 lb/pulg <sup>2</sup>

<b>Bombas de engranes:</b>	Capacidad a una velocidad de 1800 R.P.M. y una presión de trabajo de 1500 lb/pulg <sup>2</sup> 1.79 G.P.M.
<b>Aceite:</b>	30 lts de Mobil DTE heavy médium (o equivalente)
<b>Motor de la bomba:</b>	1.5 HP / trifásico / 220 V. / 1150 R.P.M. / 60 Hz.
<b>Indicación de la carga:</b>	Digital
<b>Capacidad de celda de carga para Tensión y Compresión.</b>	15,000 Kg
<b>Fusible de la celda:</b>	0,5 Amp
<b>Filtro de succión:</b>	Malla de alambre, 40 micrones
<b>Filtro de descarga:</b>	10 micrones
<b>Válvula de alivio principal ajustable:</b>	1500 lb/pulg <sup>2</sup>
<b>Válvula de alivio secundaria ajustable:</b>	250 lb/pulg <sup>2</sup>
<b>Arrancador magnético:</b>	NEMA 0/3polos/4-6 Amp

### 3.5.3 DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA.

La máquina para pruebas de tensión y compresión se compone de una base metálica (1) sobre la que está montada la torre de pruebas. Esta torre a su vez está constituida por una placa base, donde se tienen fijadas las columnas (5) en cuyo extremo superior se tiene el cilindro hidráulico (7). En la placa inferior se encuentra instalada la celda de carga (2), que sirve para medir la fuerza aplicada.

El tornillo (3) junto con el vástago del embolo (6) soportan los platos de compresión o las mordazas de tensión (4).

Sobre la mesa base (1) se encuentra también el gabinete (15) que contiene en su interior el motor eléctrico, la bomba hidráulica, las válvulas reductoras de presión, válvulas de 4 vías, el depósito de aceite con su filtro de succión y de descarga.

En el frente del gabinete se tiene también el interruptor (10) de encendido de la bomba, la pantalla digital (11) y el interruptor de la celda de carga (12).

Los dos manuales al frente del gabinete son: uno (13) para operar la máquina en tensión o comprensión y el otro (14) para regular el volumen de aceite que se envía al cilindro.

Las tuberías (8 y 9) son en su caso, una de alimentación del cilindro y otra de retorno o viceversa.



Fig. 3.3. Imagen de la máquina universal de tensión y compresión.



Fig. 3.4. Imagen vertical de la máquina universal de tensión-compresión.



### 3.5.4 CIRCUITO HIDRÁULICO.

La carga se aplica a los especímenes a través de un circuito hidráulico cuyo funcionamiento conviene entender (ver fig. 3.5).

El aceite se succiona del tanque (9) a través de un filtro de malla de alambre (1) mediante una bomba de engranes y la presión de la descarga se regula mediante la válvula de alivio (3). La carga aplicada en el cilindro hidráulico (6) se regula mediante la válvula (4). El sentido de aplicación de la carga se controla mediante la válvula direccional (5). La válvula (7) genera una contrapresión en el cilindro hidráulico, para permitir que la que la válvula (4) controle la presión en todo momento, debido a que esta válvula trabaja solo desde 50 psi como mínimo. El aceite retorna al tanque a través del filtro desechable (8).

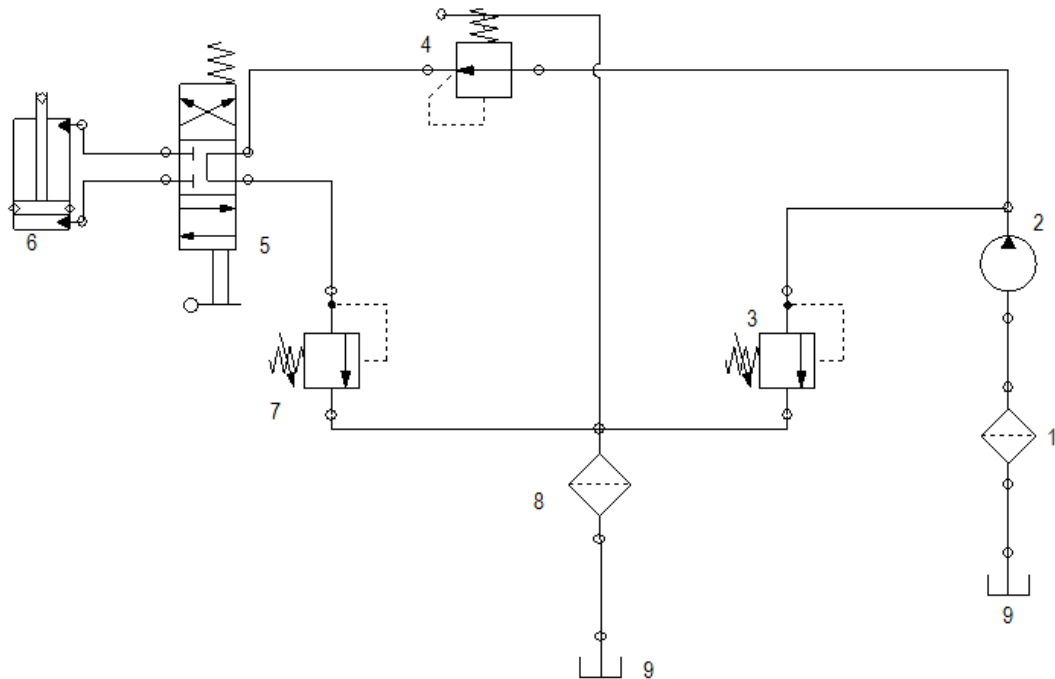


Fig. 3.5. Diagrama del sistema hidráulico.

### 3.5.6 INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN DE LA MÁQUINA UNIVERSAL “CRODE”.

#### 3.5.6.1 PRUEBA DE COMPRESIÓN.

Para esta prueba se emplean los platos o discos mostrados en la Fig. 3.6. El plato inferior tiene grabados círculos concéntricos que auxilian en posicionamiento de la

probeta. El plato superior tiene una junta esférica que absorbe pequeñas faltas de paralelismo entre las caras de contacto de la probeta, sin embargo se debe procurar que dichas caras sean sensiblemente paralelas.

Ajuste la distancia entre los platos, accionando el interruptor localizado entre los mandos hidráulicos de la consola, (Ver Fig. 3.3), el cual mueve el cabezal inferior de la torre de carga, a la posición que convenga.



Fig. 3.6. Plato para compresión.

### **3.5.6.2 PROCEDIMIENTO PRUEBA DE TENSIÓN.**

Para efectuar la prueba de tensión, se deberán enroskar los mandriles que se muestran en la figura 3.7. Para prolongar la vida en las mordazas, evite usarlas contra la superficie irregular de varillas corrugadas, las cuales al ofrecer escasos puntos de contacto con los dientes de estas, les producen fracturas que reducen su capacidad de agarre.

1.- Marque con cinta o plumón en los extremos de la probeta, la longitud de contacto con la mordaza para asegurar un agarre suficiente.

Los mandriles se suministran con tres tipos de mordazas:

- a) Mordaza para probetas planas. Hasta un 12 mm.
- b) Mordaza para probeta cilíndrica de 5 a 10 mm.
- c) Mordaza para probeta cilíndrica de 11 a 15 mm.

2.- Para intercambiar mordazas se retira la tapa lateral usando como extractores los mismos tornillos que lo sujetan.

3.- Para fijar la probeta, se empujan hacia dentro las mordazas usando un extremo de aquella hasta introducir una longitud mínima de 10 cm.

4.- Al jalar hacia afuera la probeta, las mordazas espontáneamente las sujetan.

5.- Al terminar la prueba se extrae la probeta empujando hacia dentro las mordazas con la herramienta que a propósito se incluye.



Fig. 3.7. Mandril para tensión.

### **3.6 TIPOS DE PROBETA.**

La carga axial es frecuente en los problemas de diseño de estructuras y de máquinas. Para simular esta carga en el laboratorio se coloca una probeta entre las mordazas de una máquina de ensayos del tipo accionado eléctricamente o de una hidráulica, máquinas usadas corrientemente en los laboratorios de ensayo de materiales para aplicar una tracción axial.

Las probetas de ensayo para materiales metálicos se obtienen, generalmente por mecanizado de una muestra del producto objeto de ensayo, o de una muestra moldeada. En el caso de tratarse de productos que tengan una sección constante (perfiles, barras, etc.) o de barras obtenidas por moldeo, se pueden utilizar como probetas las muestras sin mecanizar.

Las probetas para ensayos de tensión se maquinan de diferentes formas. La sección transversal del espécimen puede ser redonda, rectangular o irregular según sea el caso. Las formas dimensionales de las probetas dependen de las asignaciones que estipule las normas o estándares referidos por las agencias de ensaye e inspección en los materiales y productos (como la ASTM., ASM., DIN., ISO., etc.). La porción central del tramo recto es de sección menor que los extremos para provocar que la falla ocurra en una sección donde los esfuerzos no resulten afectados por los aditamentos de sujeción. El tramo de calibración es el marcado según estándar, sobre el cual se miden las lecturas iniciales y finales de diámetro. Los extremos de las probetas redondas y rectangulares pueden ser simples, cabeceados o roscados. Los extremos simples deben ser largos para adaptarse algún tipo de mordaza cuneiforme o plana, ver fig. 3.8.

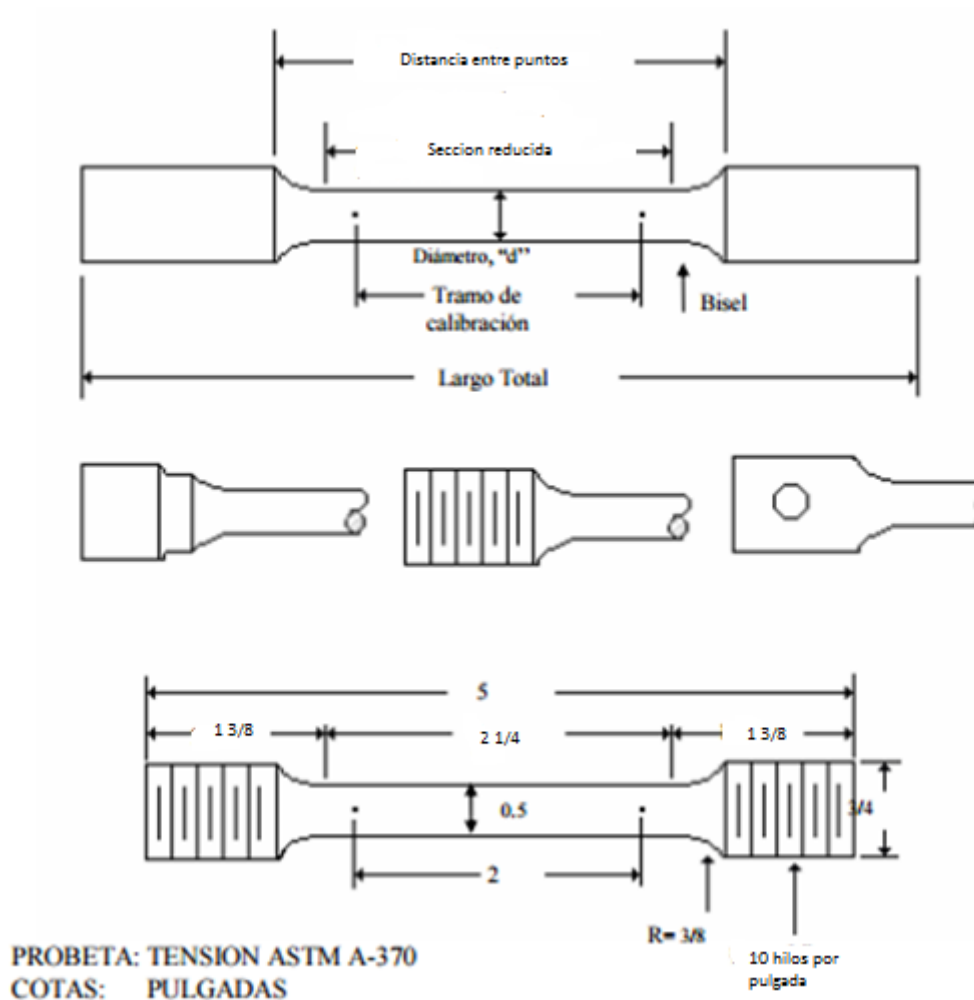


Fig. 3.8. Tipos de cabecera y tramos de calibración.

Otros estándares para polímeros o plásticos se encuentran en el ASTM D 412, ASTM D 530, ASTM D 638, para concreto ASTM C 190 para materiales eléctricos ASTM D 651 etc. La longitud de la sección reducida depende de la clase de material a ensayar y de las mediciones a leer. El tramo de calibración es siempre un poco menor que las distancias entre las cabeceras. La ASTM exige un tramo de calibración de cuatro veces el diámetro inicial, para las probetas cilíndricas en materiales dúctiles. Las probetas de tensión redondas para metales dúctiles se realizan por lo común de un diámetro de 0.505 pulg. pueden utilizarse probetas más pequeñas siempre y cuando el tramo de calibración sea de cuatro veces el diámetro. La probeta para matrices metálicas fundidas es de 0.250 pulg. de diámetro y un radio de 3 pulg. con tramo de calibración de 2 pulg. Las probetas para tubos pequeños de 1 pulg. o menos se ensayan directamente teniendo la precaución de insertar tapones metálicos de ajuste apretado, en los extremos de una longitud según sea el largo de la mordaza para no colapsar el tubo. Para tubos de mayor diámetro verificar el estándar ASTM. E-8. Por lo tanto para productos como barras, varillas corrugadas, alambrones, alambres, etc., se ensayan según su sección transversal, en forma directa. Se debe tener la consideración del tramo de calibración de cuatro veces el diámetro del producto o probeta, y la longitud total que se recomienda es de entre 12 a 30 pulgadas según dimensiones de las mordazas. La relación entre el diámetro o ancho del extremo y el diámetro o el ancho de la sección reducida, es determinada por las recomendaciones de la ASTM. Aunque para materiales frágiles o quebradizos se recomienda que los extremos sean suficientemente grandes para evitar la falla por combinación de esfuerzos en las mordazas. Una probeta debe ser simétrica con respecto a su eje longitudinal, para evitar la flexión al aplicársele carga.

# CAPÍTULO 4.

## ANÁLISIS DE LOS SENSORES A UTILIZAR.

### 4.1 INTRODUCCIÓN.

En el capítulo anterior se observan los conceptos teóricos para comprender el concepto de pruebas de tensión en materiales. La prueba de tensión es el ensayo de carga-deformación, cuya implementación electrónica es el punto central de este proyecto. Para la realización de esta prueba se requiere la medición de dos variables: la carga que se le aplica a una probeta de cierto material objeto de la prueba, y la deformación que la probeta presenta al momento de ser sometida a la fuerza de tensión que ejerce esa carga sobre ella. El primer paso en el desarrollo del proyecto consiste en elegir y estudiar el sensor adecuado para la medición de las variables antes mencionadas. Elegir correctamente el sensor resulta una decisión importante. Dependiendo de las características del sensor se podrá obtener una señal precisa y que represente el valor real de las variables.

### 4.2 SENSORES DE PRECISIÓN.

Se llama sensor al instrumento que produce una señal, usualmente eléctrica (anteriormente se utilizaban señales hidráulicas), que refleja el valor de una propiedad, mediante alguna correlación definida (su ganancia). Transductor es un instrumento que convierte una forma de energía en otra (o una propiedad en otra).

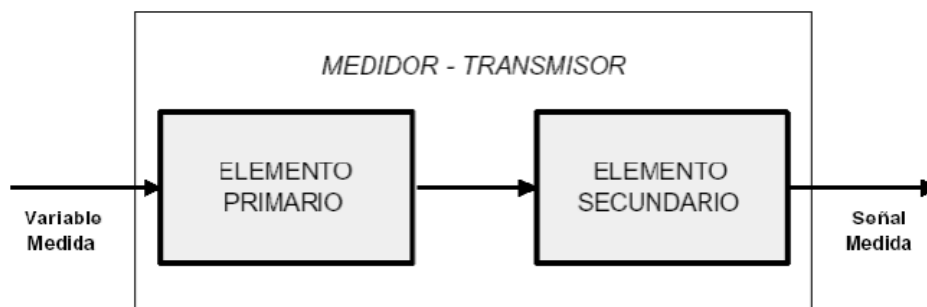


Fig. 4.1. Diagrama de entrada y salida de un sensor.

Los sensores de presión o transductores de presión son elementos que transforman la magnitud física de presión o fuerza por unidad de superficie en otra magnitud eléctrica que son las que se emplean en los equipos de automatización o adquisición estándar. Los rangos de medida son muy amplios, desde unas milésimas de bar hasta los miles de bar.

Para el proyecto se plantea tres tipos de sensores de posición en forma de lvdts, encoder y ultrasónicos.

### 4.3 TRANSFORMADOR DIFERENCIAL DE VARIABLE LINEAL (LVDT).

Un L.D.V.T. (transformador diferencial de variable lineal) es un transformador que produce una tensión proporcional al desplazamiento de un núcleo ferromagnético (núcleo móvil separado). Este tipo de transductor consiste en un bobinado primario alimentado por una señal de C.A. y dos bobinados secundarios.

El núcleo es una aleación de hierro y níquel, y esta laminado longitudinalmente para reducir las corrientes de Foucault. El vástago que lo arrastra no debe de ser magnético. Todo el conjunto puede apantallarse magnéticamente para hacerlo inmune a campos externos.

Cuando el núcleo se desplaza al interior de estas bobinas genera voltajes inductivos ( $V_1$ ) y ( $V_2$ ) en cada bobina secundaria proporcionales a su desplazamiento.

Los dos bobinados secundarios están conectados en series y fases opuestas, de modo que la señal de salida es la diferencia entre estos voltajes. En esta configuración, el voltaje de salida es cero cuando el núcleo se encuentra en el centro y las dos tensiones ( $V_1$ ) y ( $V_2$ ) se anulan. Cuando el núcleo se desplaza hacia las extremidades del captador la diferencia aumenta más y más. La señal de salida se rectifica con el fin de obtener una tensión continua, repetitiva de la posición del núcleo.

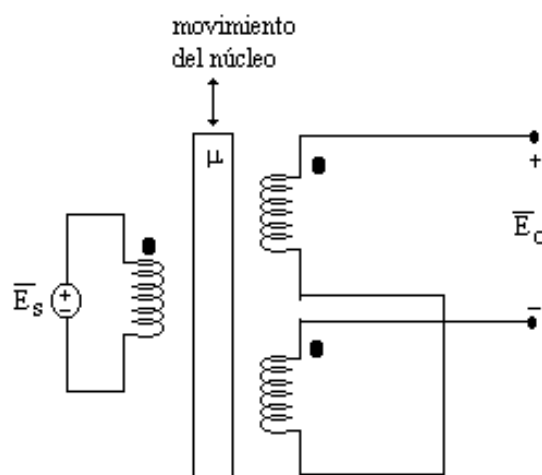


FIG. 4.2 Transformador diferencial variable lineal (LVDT).

#### **4.3.1 CARACTERÍSTICAS.**

- Tensión de alimentación 1-50Vef
- Frecuencia 50Hz-25Khz

#### **4.3.2 LIMITACIONES.**

- Offset (debido a capacitancias parásitas)
- Armónicos (distorsión eliminable con filtros)
- Rango de 1mm y menos de 1m 45° en angulares

#### **4.3.3 VENTAJAS.**

- Resolución teórica infinita (mayor del 0.1% práctica)
- Alta sensibilidad (1 a 500 mV por milímetro)
- Alta linealidad (entre 0.05 y 1% del rango de medida)
- No requiere contacto (bajo rozamiento del núcleo)
- Aislamiento eléctrico entre primario y secundario.
- Robusto (temperatura extrema, presión, radioactividad)

#### **4.3.4 DESVENTAJAS.**

- Armónicos
- Ruido
- Desgaste
- Capacitancia parásita
- Fase de fuente

#### **4.4 CODIFICADOR O DECODIFICADOR LINEAL (ENCODER).**

Los encoders son sensores que generan señales digitales en respuesta al movimiento. Están disponibles en dos tipos, uno que responde a la rotación, y el otro al movimiento lineal. Cuando son usados en conjunto con dispositivos mecánicos tales como engranes, ruedas de medición o flechas de motores, estos pueden ser utilizados para medir movimientos lineales, velocidad y posición. Los encoders están disponibles con diferentes tipos de salidas, uno de ellos son los encoder incrementables, que generan pulsos mientras se mueven, se utilizan para medir la velocidad, o la trayectoria de posición. El otro tipo son los encoders absolutos que generan multi-bits digitales, que



indican directamente su posición actual. Los encoders pueden ser utilizados en una gran variedad de aplicaciones. Actúan como transductores de retroalimentación para el control de la velocidad en motores, como sensores para medición, de corte y de posición. También como entrada para velocidad y controles de rango. A continuación se enlista algunos ejemplos:

- Dispositivo de control de puertas
- Robótica
- Máquinas de lente demoleedor
- Plotter
- Soldadura ultrasónica
- Maquinaria convertidor
- Máquinas de ensamblaje
- Máquinas etiquetadoras
- Indicación x/y
- Dispositivos de análisis
- Máquinas taladradoras
- Máquinas mezcladoras
- Equipo medico

#### **4.4.1 TECNOLOGÍA.**

Los encoders pueden utilizar tanto tecnología óptica como magnética. El sensor óptico provee altas resoluciones, velocidades de operaciones altas, y con seguridad, operación de larga vida en la mayoría de los ambientes industriales. Los sensores magnéticos, se utilizan frecuentemente en aplicaciones de trabajo pesado como en laminadoras de papel y acero, proveen buena resolución, altas velocidades de operación, y máxima resistencia al polvo, humedad, y golpe térmico y mecánico.

#### **4.5 SENSORES ULTRASÓNICOS.**

Los sensores ultrasónicos son dispositivos autónomos de estado sólido diseñados para la detección sin contacto de objetos sólidos y líquidos. Para muchas aplicaciones, tales como el monitoreo del nivel de agua en un tanque, la tecnología ultrasónica permite que un dispositivo haga el trabajo que de otro modo requeriría varios sensores. Los sensores están disponibles en varios rangos y estilos de detección y tienen una salida analógica o discreta según el modelo.

La medida de diferentes variables físicas mediante los ultrasonidos están relacionadas normalmente con su velocidad, su tiempo de propagación y, en algunos casos, con la atenuación o interrupción del haz propagado. Hay tres principios físicos en los que se basa el funcionamiento de los sensores de ultrasonidos: - Propagación de los ultrasonidos en medios homogéneos y no homogéneos – Reflexión de los ultrasonidos en objetos inmóviles o fijos. – Efecto Doppler.

#### **4.5.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.**

Los sensores de proximidad ultrasónicos están generalmente disponibles en forma de sensores de reflexión directa, donde el emisor y el receptor se hallan en un mismo cuerpo. Por otro lado, se dispone de barreras ultrasónicas, que tienen el emisor y el receptor en cuerpos separados.

Los sensores de proximidad ultrasónicos tienen las siguientes ventajas:

- ❖ Rango relativamente amplio (hasta varios metros)
- ❖ Detección del objeto independientemente del color y del material
- ❖ Detección segura de objetos transparentes (por ejemplo, botellas de vidrio)
- ❖ Relativamente insensibles a la suciedad y al polvo
- ❖ Posibilidad de desvanecimiento gradual del fondo
- ❖ Posibilidad de aplicaciones al aire libre
- ❖ Posibilidad de detección sin contacto con puntos de conmutación de precisión variable.
- ❖ La zona de detección puede dividirse a voluntad.
- ❖ Se dispone de versiones programables

Los sensores de proximidad ultrasónicos tienen las siguientes desventajas:

- ❖ Si se utilizan sensores de proximidad ultrasónicos para objetos con superficies inclinadas, el sonido se desvía. Por ello es importante que la superficie del objeto a reflejar esté dispuesta perpendicularmente al eje de propagación del sonido o bien que se utilicen barreras ultrasónicas.
- ❖ Los sensores de proximidad ultrasónicos reaccionan con relativa lentitud. La frecuencia de conmutación máxima está entre 1 y 125 Hz.
- ❖ Los sensores de proximidad ultrasónicos son generalmente más caros que los sensores de proximidad ópticos (casi el doble).

#### 4.6 CUADRO COMPARATIVO DE SENSORES.

En la siguiente tabla se hace un comparativo de las principales características de los sensores, ya que la principal función es el de medir el desplazamiento lineal de las mordazas, también dependen de sus dimensiones de diseño para adaptarlo sin problemas a la máquina universal.

Se recomienda utilizar un sensor ultrasónico, ya que por las dimensiones de este, no alteraría demasiado el diseño de la máquina universal. A comparación de un LVDTs que su funcionamiento se basa en el desplazamiento de una varilla que estaría expuesta a golpes o al polvo. Al igual el encoder de cable es robusto y su funcionamiento principal sería el desplazamiento de un alambre y esta propenso a que se descalibre con facilidad o personal no capacitado lo utilice para otras funciones. A diferencia de los sensores LVDT's y encoder, el sensor ultrasónico se le puede diseñar un soporte el cual se puede montar y desmontar con facilidad, evitando que quede expuesto a la manipulación de personal no familiarizada con la máquina.

	LVDTs. SX20	ENCODER AWP 110	ULTRASONICO 873M-D18RAV300-D4
DESCRIPCION	Palpador tipo lápiz	Potenciómetros de alambre	Ultrasónico
ESPECIFICACIONES	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Acondicionador de señal integrada</li> <li>-Carcasa de acero resistente, inoxidable</li> <li>-Económico</li> <li>-Modularidad (opciones de cabeza y articulaciones giratorias)</li> <li>-Barra de núcleo reforzado (6mm diámetro)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Medición de longitud 300 mm a 1,250 mm</li> <li>-Alambre de acero inoxidable de diámetro de 0.5 mm</li> <li>-Fuente de alimentación máxima de 42 V</li> <li>-Tamaño pequeño</li> </ul> <p>Alambre de acero inoxidable de alta resistencia</p>	<p>Sensores discretos cuentan con salidas PNP normalmente abiertos/cerrados</p> <p>Incluyen dos puntos de set de enseñanza y funciones múltiples</p> <p>El rango de detección superior e inferior se puede escalar a una ventana distancia fija</p> <p>El sensor se enseña mediante un sencillo proceso de reprogramación remota de cuatro pasos o un cable de programación opcional.</p>
Fuente de alimentación	24 VDC ±10 VDC	42 V	
CONSUMO (EXEPTO SALIDA DE CORREINTE)	15 mA típico, 30 mA máximo		20 Ma

SALIDA DE CORRIENTE	4-20 mA $\pm$ 1%	4-20 mA $\pm$ 1%	4-20 mA $\pm$ 1%
SALIDA DE VOLTAJE	0-10 V $\pm$ 1%	0-10 V $\pm$ 1%	0-10 V $\pm$ 1%
DIAMETRO	20 mm		18 mm
RANGO	0.25 mm - 500 mm	300 mm a 1250 mm	30 mm a 300 mm
LINEALIDAD	De 0.15 a .3%. según la serie	$\pm$ 0.25%	
SALIDA	Analógica	Analógica	Analógica

Tabla 4.2. Principales diferencias entre los 3 tipos de sensores.

#### **4.7 SENSOR ULTRASÓNICO ALLEN BRADLEY (873M-D18RAV300-D4).**

Los sensores ultrasónicos de propósito general 873M están diseñados para detectar objetos sólidos o líquidos mediante el uso de ondas de sonido. Estos sensores disponen de un compacto cañón de 18 mm que es sólo 40 mm de largo, con recta o en ángulo recto de detección de opciones de cara, proporcionando una mayor flexibilidad para las zonas con espacio limitado. Además, el 873M ofrece conmutación de mayor velocidad que otros sensores ultrasónicos en la cartera y cuenta con una clasificación IP67 para entornos de servicio severo.

La línea de lectura de 873M está disponible con dos rangos diferentes de detección salidas discretas y analógicas o. modelos analógicos se ofrecen, ya sea con una solución escalable de 4 ... 20 mA o 0 ... 10 V CC de salida. Los modelos discretos cuentan con salidas PNP complementarias que se pueden configurar ya sea como un umbral o ventana. Las salidas son configurables como normalmente abierto o normalmente cerrado. Todos los modelos se les enseña de forma remota con un pasador de dos o un cable de programación opcional. Estos sensores tienen protecciones eléctricas completas incluyendo cortocircuito, sobrecarga, falsa detección, ruido transitorio, y la polaridad inversa.

La familia 873M es una excelente opción para aplicaciones que incluyen: diámetro del rodillo, la medición de altura, que forma parte de conteo, la tensión de banda, y la detección de nivel. Las industrias típicas que podrían beneficiarse de la 873M son

embalaje y montaje, manipulación de materiales, y muchos sitios de fabricación en general.

#### **4.7.1 CARACTERÍSTICAS.**

- Rangos de detección 30 ... 800 mm dependiendo del modelo
- modelos escalables analógicas de salida (4 ... 20 mA o 0 ... 10 V DC)
- modelos discretos de enseñanza (NA / NC, PNP)
- ángulo recto o hacia la derecha rosca carcasa 18 mm
- LEDs de alta luminosidad para mostrar el estado de salida
- Carcasa de latón niquelado
- enseñar a distancia con un pasador de dos o cable de programación opcional
- Conector M12, 4 pines QD

## **CAPÍTULO 5.**

### **INSTRUMENTO PARA LA MEDICIÓN DE LA CARGA.**

#### **5.1 INTRODUCCIÓN.**

El instrumento con el que cuenta la Máquina de Tensión y Compresión es electrónico y basa su funcionamiento en una celda de carga, una tarjeta acondicionadora de señal, un convertidor análogo digital de 3 1/2 dígitos y una fuente de alimentación.

Al fin de clarificar lo anterior, se muestra en la Fig. 5.1 un diagrama de bloques y se da en seguida una descripción del funcionamiento de cada una de esas etapas:

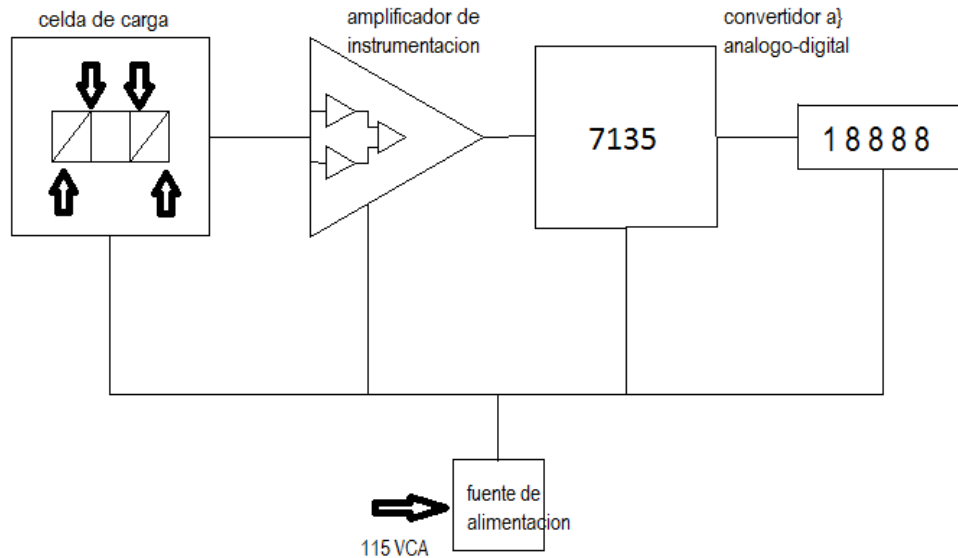


Fig. 5.1 Diagrama de bloques.

## 5.2 CELDA DE CARGA.

Una celda de carga es un transductor que convierte una fuerza, actuando sobre ella, una señal electro-analógica. Esta conversión se logra debido a la deformación elástica de las galgas extenso métricas, que se encuentran adheridas al cuerpo de la celda, y conectadas en una configuración "Puente de Wheatstone". La deformación de los extensómetros establece una relación proporcional entre la fuerza aplicada y el cambio en la resistencia eléctrica de las galgas.

## 5.3 TARJETA ACONDICIONADOR DE SEÑAL 1B31.

Este circuito integra tres aspectos fundamentales en instrumentación electrónica que son:

- a) **Amplificador de instrumentación de alta ganancia programable hasta 5000 v/v.**
- b) **Filtrado de señal a la salida del amplificador.**
- c) **Voltaje de excitación constante.**

Este acondicionador cuenta con un ajuste de ganancia y de "offsets" de entrada y salida, los cuales se verán con detalle en la explicación de la calibración del instrumento.

#### **5.4 AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACIÓN.**

La magnitud de la señal entregada por la celda de carga es muy pequeña (del orden de fracciones de mili volts), y por tal motivo es necesaria amplificarla y a la vez ajustar la ganancia a fin de calibrar el instrumento.

Para lograr lo anterior se utiliza el amplificador de instrumentación marca intersil, número ICL7605, que ofrece ganancias de 1 a 1000 y anchos de banda de 0 a 10 Hz., lo cual es más que suficiente considerando que las mediciones de par son casi estáticas.

#### **5.5 CONVERTIDOR ANÁLOGO-DIGITAL (CAD).**

Cada vez que se cuenta con una señal análoga amplificada, que responde directamente proporcional a la fuerza aplicada. Para convertir las señales se utiliza el CAD ICL7135, de intersil.

#### **5.6 FUENTE DE ALIMENTACIÓN.**

Los únicos voltajes de alimentación requeridos por la circuitería son +5 volts para el display y +12 volts para la tarjeta acondicionadora.

## **CAPÍTULO 6. IMPLEMENTACIÓN DEL INSTRUMENTO VIRTUAL.**

### **6.1 INTRODUCCIÓN.**

Se describe la forma en que se implementó el instrumento virtual, el cual consiste en una forma de instrumentación que se realiza a base de programación, en lugar de utilizar componentes físicos. Los datos son procesados por medio de una computadora y desplegados al usuario según las necesidades de los instrumentos. El proyecto, de la

construcción de la gráfica de carga-deformación, y la interacción con el operario de la máquina para calibrar la prueba y el almacenamiento de los datos.

## 6.2 SELECCIÓN DEL DISPOSITIVO DE ADQUISICIÓN DE DATOS.

Para el procesamiento de los datos por medio de la computadora, se requiere de un sistema de adquisición de datos que realice el muestreo de la señal de interés y que transforme dicha información en formato digital. Para el objetivo de proyecto se decidió utilizar el arduino MEGA, ya que es necesario un mayor número de entradas para las señales del sensor ultrasónico y de la celda de carga.



Fig. 6.1.- Arduino mega.

El Arduino Mega es una placa electrónica basada en el ATmega1280. Cuenta con 54 pines digitales de entrada / salida (de los cuales 14 se pueden utilizar como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs (puertos serie de hardware), un 16 MHz oscilador de cristal, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP, y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para apoyar el microcontrolador; basta con conectarlo a un ordenador con un cable USB o la corriente con un adaptador de CA a CC o una batería para empezar. El arduino Mega es compatible con la mayoría de los shield para el Arduino Duemilanove o Diecimila.

Microcontrolador	ATmega1280
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V



Voltaje de entrada (límites)	6-20V
E / S digitales prendedores	54 (de los cuales 15 proporcionan salida PWM)
Pines de entrada analógica	16
Corriente continua para Pin I / O	40 mA
Corriente CC para Pin 3.3V	50 mA
Memoria flash	128 KB de los cuales 4 KB utilizado por el gestor de arranque
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Velocidad de reloj	16 MHz

### 6.3 CONSTRUCCIÓN DEL INSTRUMENTO VIRTUAL.

El instrumento virtual fue construido en la versión de LABVIEW™ 2015. Este software, diseñado por National Instruments, ofrece la posibilidad de crear programas para la instrumentación virtual por medio de programación en lenguaje G. Cuando se refiere a la instrumentación virtual, significa que gran parte del acondicionamiento realizado, así como como la recepción, procesamiento y transmisión de los datos se implementan mediante programación, ahorrando una gran cantidad de elementos físicos.

En esta plataforma se programa a partir de diagramas de bloques predefinidos que representan diversas funciones y que son interconectadas entre si en lugar de utilizar secuencias de instrucciones escritas en un programa.

#### 6.3.2 CAPTURA DE VALORES Y PROCESAMIENTO DIGITAL DE LA SEÑAL RECIBIDA.

Por medio de LABVIEW se implementaron los siguientes puntos del diseño del instrumento virtual.

### 6.3.2.1 PROGRAMA PARA EL INGRESO DE PARÁMETROS INICIALES EN LOS ENSAYOS

La fig. 6.2 muestra la programación en diagrama de bloques para ingresar los datos iniciales y después calcular el área. Se debe tomar en cuenta que los valores ingresados deben ser mayor que cero el área y la longitud inicial.

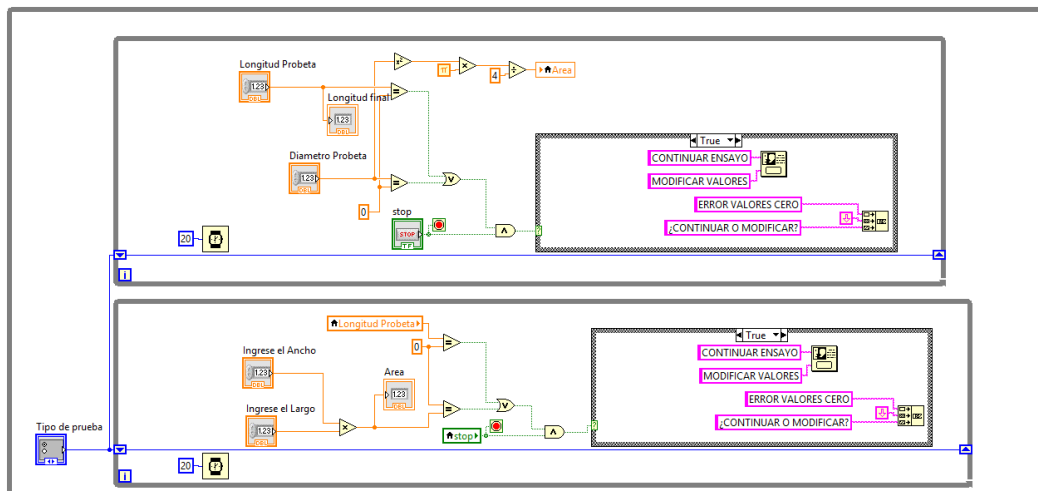


Fig. 6.2. Esquema de la programación en diagrama de bloques para el ingreso de datos iniciales en probetas circulares y planas para los ensayos de tracción.

### 6.3.2.2. PROGRAMA PARA VISUALIZAR LOS RESULTADOS PARA EL ENSAYO DE TRACCIÓN

En la fig. 6.3. se muestra la programación en diagrama de bloques para obtener la curva esfuerzo vs deformación unitaria para el ensayo de tracción basados en los parámetros de diseño.

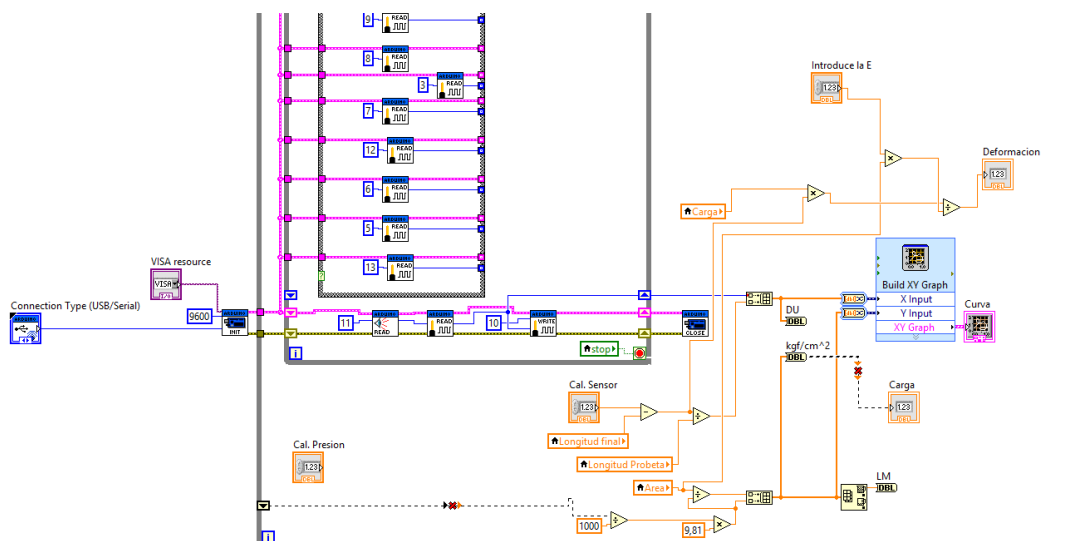


Fig. 6.3. Esquema de la programación para la visualización de la curva esfuerzo vs deformación unitaria para el ensayo de tracción.

#### 6.4 PANEL FRONTAL DEL INSTRUMENTO VIRTUAL.

El interfaz para la medición de esfuerzo-deformación queda representada de la siguiente manera:

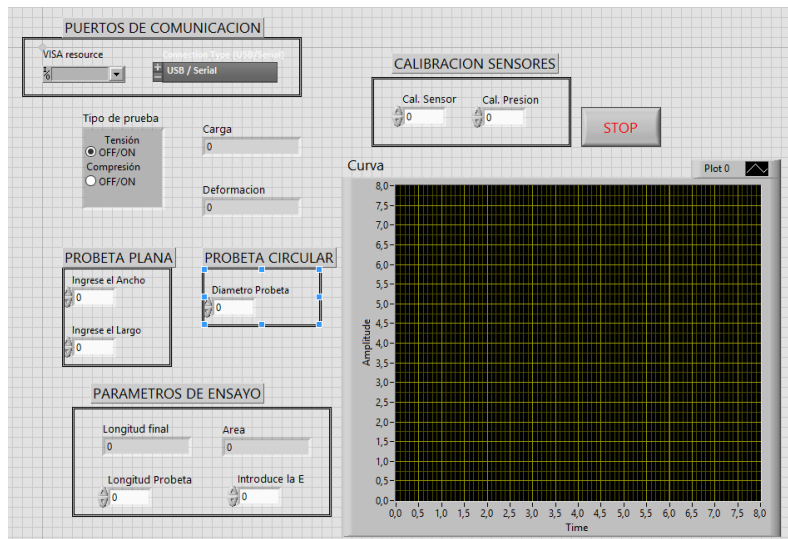


Fig. 6.4 Representación gráfica del programa para la prueba de la máquina universal de ensayo.

El usuario deberá de seleccionar el tipo de prueba en la máquina universal de ensayo.

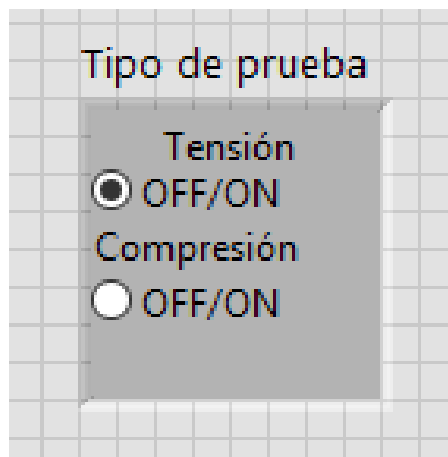


Fig. 6.5. Representación gráfica de la selección de ensayo.

Después de seleccionar el tipo de prueba, el usuario seleccionara el tipo de probeta, si se trata de una probeta plana tendrá que introducir los valores del ancho y largo para que el programa pueda calcular el área. En caso de que sea una probeta circular solo deberá de introducir el diámetro.

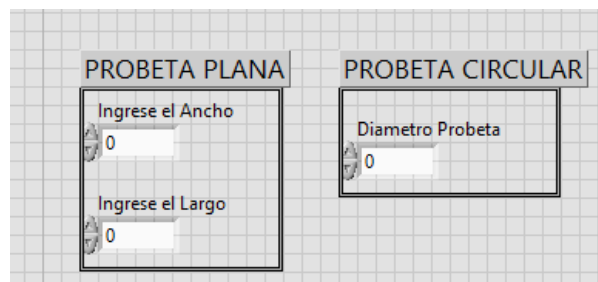


Fig. 6.6. Selección de tipo de probeta.

Después de seleccionar el tipo de probeta, el usuario ingresara el tipo la longitud inicial de la probeta y módulo de elasticidad, los valores del área y la longitud final se reflejaran una vez iniciada la prueba.

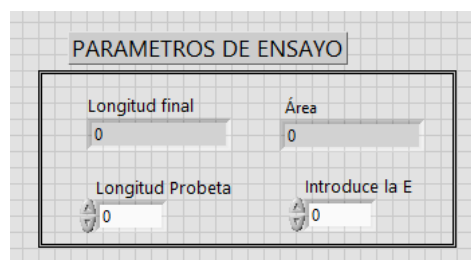


Fig. 6.7. Parámetros del ensayo.

Para que la prueba pueda iniciarse se deben de calibrar el sensor ultrasónico y la celda de carga con valores en cero y no se obtengan datos erróneos.



Fig. 6.8. Botones para calibrar la celda de carga y el sensor ultrasónico.

Se presenta la gráfica donde se verá reflejada la curva de deformación de la probeta.

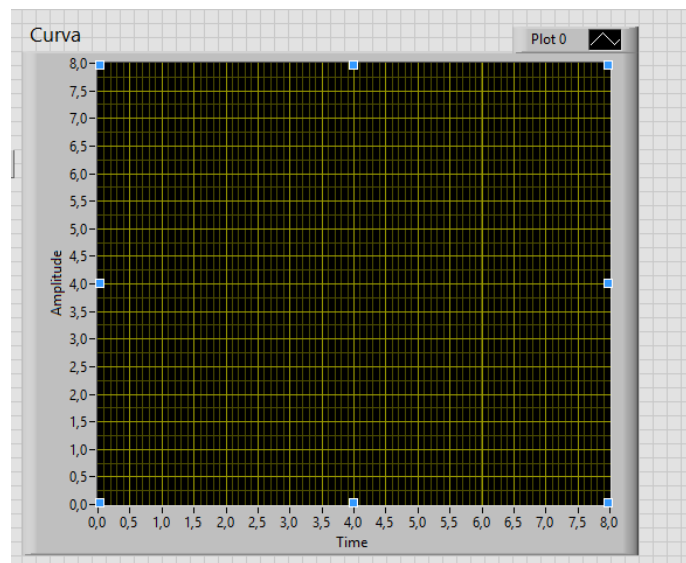


Fig. 6.9. Grafica de esfuerzo deformación.

La deformación total y la carga máxima se reflejan en la siguiente parte del programa.

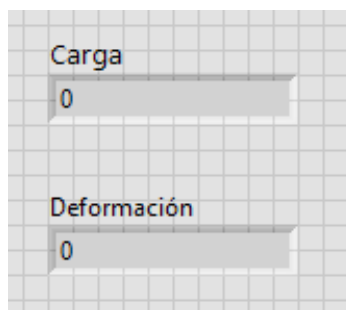


Fig. 6.10. Resultado final de la prueba universal de tensión.

# CAPÍTULO 7.

## DISEÑO DE SOPORTE PARA SENSOR.

### 7.1 INTRODUCCIÓN.

El diseño mecánico es el diseño de objetos y sistemas de naturaleza mecánicas: piezas, estructuras, mecanismos, máquinas y dispositivos e instrumentos diversos. En su mayor parte, el diseño mecánico hace uso de las matemáticas, ciencias de los materiales y las ciencias mecánicas aplicadas a la ingeniería.

Para realizar las modificaciones necesarias al diseño original de la máquina, se diseñó las principales partes móviles por medio del software solidworks, para montar el sensor ultrasónico ALLEN BRADLEY (873M-D18RAV300-D4).

### 7.2 IMAGEN DE LA CRUZ DE SOPORTE.

Se realiza la alteración al diseño original a la cruz de soporte, ya que esta funciona como guía entre los soportes de la máquina universal de tensión-compresión, y su desplazamiento es relativo con el desplazamiento de la mordaza superior de la máquina. Lo que se concluye que el desplazamiento que registra el sensor es igual a la deformación de la probeta.

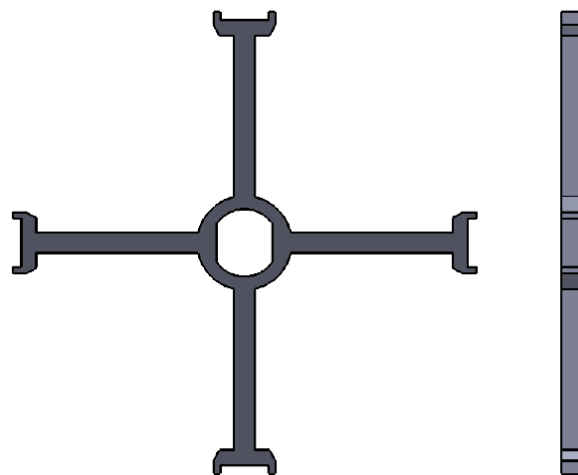


Fig. 7.2. Vista lateral y frontal de la cruz de soporte.

### 7.3 DISEÑO DE PLACA QUE SOPORTA EL SENSOR.

Ya que la cruz de soporte de la máquina, es la parte donde se adaptara el diseño del soporte del sensor. Para llevar a cabo el diseño de la placa que soporta al sensor 873M-D18RAV300-D4, se toma en cuenta la geometría de la cruz de soporte.

El porta sensor debe de coincidir con las dimensiones de la cruz de soporte y no interferir con el funcionamiento de este. Las características del porta sensor debe de ser ligero y compacto, ya que un peso en exceso podría afectar al desplazamiento de la cruz de soporte, y provocar mediciones erróneas sobre el sensor.

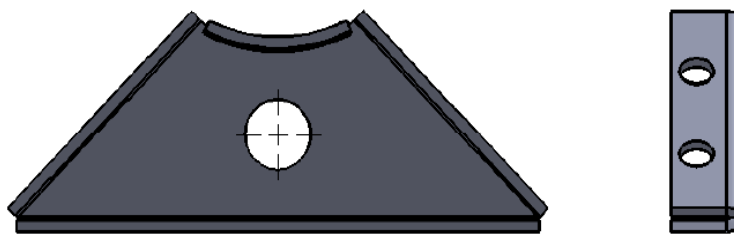


Fig. 7.3. Vista del soporte de sensor.

La placa de soporte está diseñada de una lámina de aluminio, con un espesor de 3 mm, con una perforación en el centro de 18 mm para montar el sensor ultrasónico. Y 4 perforaciones a los lados para acoplarse a los cuatro lados de la cruz de soporte.

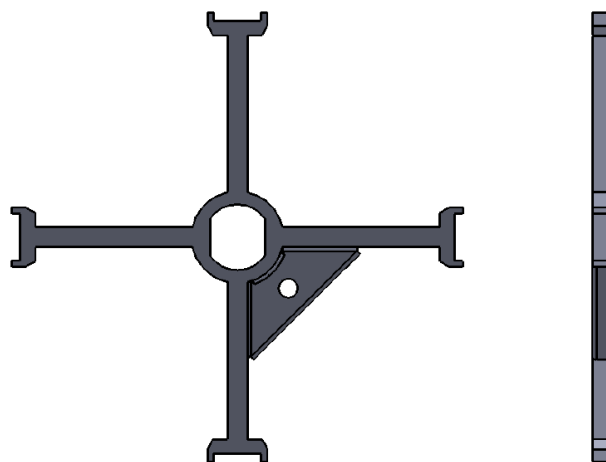


Fig. 7.4. Ensamblaje final de soporte para el sensor con la cruz de soporte.

# CAPÍTULO 8.

## MÁQUINA PARA PRUEBAS DE IMPACTO (CHARPY).

### 8.1. ANTECEDENTES.

Con el paso del tiempo se realizaron avances tecnológicos, y el uso de materiales fue un factor primordial en la construcción, la importancia de tomar en cuenta algunas variables que intervienen en el diseño de las máquinas, ya que estas al no ser proyectadas tomando en cuenta los factores externos a los que están sometidos, sobre todo de temperatura, esfuerzo, velocidad de aplicación de la carga y nivel de concentración de esfuerzos, han causado grandes catástrofes producidos por fallos mecánicos entre ellos el efecto de la transición dúctil-frágil. Un ejemplo de ello se produjo durante la segunda guerra mundial, una gran cantidad de buques y tanques se fracturaban al ser sometidos a bajas temperaturas.

El péndulo Charpy es un dispositivo creado por Georges Charpy, se utiliza en ensayos para determinar la tenacidad de un material los cuales fueron muy difundidos en los Estados Unidos. Una de las empresas pioneras fue SATEC System, la cual realiza ensayos de flexión por choque según los métodos de Charpy y tracción por choque, con dos posiciones del martillo para alcances de 325,4 Joule (32,54 Kg-m) o bien 135,6 Joule (13,56 Kg-m), según los métodos. Con la finalidad de que el material esté actuando en las más severas condiciones, el método Charpy utiliza probetas ensayadas (estado triaxial de tensiones) y velocidades de deformación de 3 a 6 m/s.

### 8.2 PROPIEDADES DE IMPACTO.

A través de un ensayo de impacto es posible caracterizar las siguientes propiedades tecnológicas:

#### 8.2.1. TENACIDAD.

La tenacidad de un material es un término mecánico que se utiliza en varios contextos; en sentido amplio, es una medida de la capacidad de un material de absorber energía antes de la fractura. La geometría de la probeta así como la manera con que se aplica la carga son importantes en la determinación de la tenacidad.” En el caso de condiciones de cargas dinámicas (alta velocidad de deformación) y cuando una entalla (o sea un concentrador de tensiones) está presente, la tenacidad a la entalla es evaluada utilizando ensayos de impacto. Además, la tenacidad de fractura es una propiedad que nos indica la resistencia a la fractura de un material cuando existe una grieta.



La tenacidad es una propiedad de la mayoría de los materiales que se emplean en el diseño de máquinas o herramientas la cual se genera cuando dicho material es sometido a una carga de impacto, en este punto se refiere a la energía que absorbe el material antes de su fractura, éste es un parámetro auxiliar de selección de materiales y de diseño.

### 8.2.2. TEMPERATURA DE TRANSICIÓN DE DÚCTIL A FRÁGIL.

Los materiales sufren un cambio brusco en ductilidad y tenacidad en un rango corto de temperatura, cuando el material absorbe muy poca energía antes de romperse, presenta un comportamiento frágil, mientras que, cuando un material es capaz de absorber gran cantidad de energía, tiene un comportamiento tenaz. La temperatura de transición dúctil – frágil es un parámetro auxiliar de selección de materiales y de diseño.

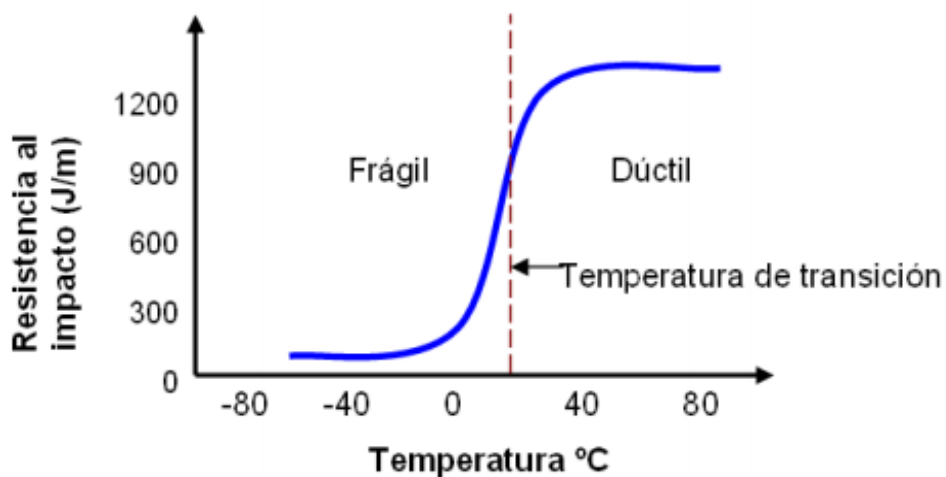


Fig. 8.1. Criterios de temperatura de transición obtenidos por el ensayo charpy.

### 8.2.3. RESILIENCIA.

La resiliencia es la capacidad que presenta un material para absorber energía cuando es deformado elásticamente y devolverla cuando la carga deja de aplicarse, se mide mediante el módulo de resiliencia.

Módulo de resiliencia.- Cuando el esfuerzo ( $\sigma$ ) alcanza el límite de proporcionalidad, a la densidad de la energía de deformación unitaria. En la región elástica del diagrama de esfuerzo – deformación unitaria, fig. 8.2., advierta que la energía es equivalente al área triangular sombreada bajo el diagrama. La resiliencia de un material representa físicamente la capacidad de este de absorber energía sin ningún daño permanente en el material.

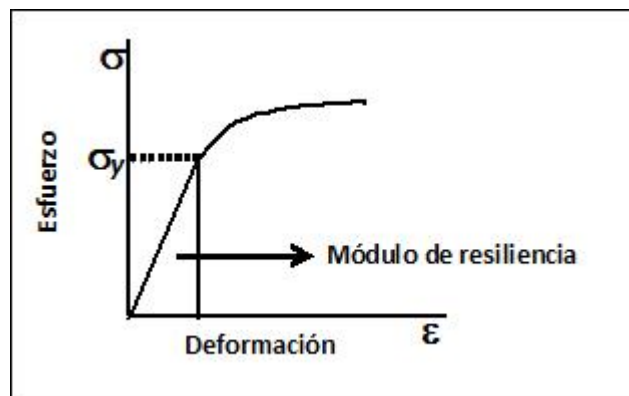


Fig. 8.2. Módulo de resiliencia.

### 8.3 MÁQUINA CHARPY

#### 8.3.1 INTRODUCCIÓN.

Antes de que la mecánica de la fractura se desarrollara como disciplina científica, las técnicas de ensayo de impacto estaban bien establecidas para caracterizar la fractura de los materiales. Se habían llegado a la conclusión de que los resultados de ensayo de tracción de laboratorio no podían extrapolarse para predecir el comportamiento a la fractura; por ejemplo, en algunas circunstancias, metales normalmente dúctiles se fracturan frágilmente sin apenas deformación plástica. Las condiciones del ensayo de impacto son elegidas por que son las más severas con respecto a la fractura, a saber, (1) deformación a temperaturas relativamente bajas, (2) velocidad de deformación elevada y (3) estado triaxial de tensiones (el cual se puede producir por la presencia de una entallada).

La capacidad de absorber energía por deformación antes de la fractura, es un requisito esencial para la mayoría de los aceros utilizados en ingeniería. Dicha capacidad es importante especialmente cuando la carga a la que el material está sometido es

violenta, acentuándose aún más en piezas con muescas o entallas y con condiciones de temperaturas extremas.

La prueba de impacto consiste en impactar de manera súbita una muestra o probeta de material, la cual se encuentra estática, el péndulo que impacta es infinitamente rígido en comparación de la muestra. Con este ensayo se obtiene los valores de energía absorbida por la muestra.

Para los materiales de ingeniería, dos modos de fractura son posibles: dúctil y frágil. En la clasificación de la fractura frágil, las grietas pueden propagarse con gran rapidez, y muy poco acompañamiento de deformación plástica. Tales grietas pueden decirse que son inestables, y su propagación, una vez iniciada, seguirá espontáneamente, esta clase de fractura es la que se establece con los ensayos del péndulo de impacto. La mayoría de las aleaciones de metales son dúctiles, mientras que las cerámicas son especialmente frágiles.

Los ensayos dinámicos son realizados para valorar la capacidad de resistencia a las cargas de impacto (tenacidad) de los materiales por lo general, polímeros o metales y de este modo establecer su disposición a la ruptura frágil.

Para el caso de estudio, el ensayo de impacto consta en liberar un péndulo pesado, quien a su paso choca con una probeta cuya forma es de paralelepípedo, ubicada en unos soportes en la base de la máquina. El ángulo, desde el cual cae el péndulo debe de estar relacionado con la velocidad de caída del mismo en el momento del golpe y en el punto de la nariz del golpeo.

Después de golpear la probeta, el péndulo continúa su camino alcanzando cierta altura que depende de la cantidad de energía absorbida por la probeta durante el impacto. Las probetas que fallan en forma frágil se rompen en dos mitades, en cambio aquellas con mayor ductibilidad (baja fragilidad) se doblan sin romperse. Este comportamiento es muy dependiente de la temperatura y la composición química, lo cual obliga a realizar el ensayo con probetas a distinta temperatura, para evaluar y encontrar la “temperatura de transición dúctil-frágil”.

Generalmente se pueden aplicar varios métodos de ensayo por impacto entre los cuales están:

- Charpy (ASTM D6110, “Standar Test Method for Determining the Charpy Impac Resistance of Notched Specimen of Plastics”): la muestra se coloca horizontalmente en un patrón especial que garantiza estrictamente la posición

de la ranura en la parte media entre los apoyos. El martillo golpea en dirección opuesta a la muesca.

- Izod (ASTM D256, “Standar Test Method for Determining the Charpy Impac Resistance of Notched Specimen of Plastics”): Este tipo de prueba de impacto se utiliza frecuentemente para medir la resistencia al impacto de los materiales, las muestras de ensayo son algo similares a las de Impacto Charpy con probetas de ranura en forma de V, aunque en Izod, la probeta está sujeta en una posición vertical, y el péndulo golpea la muestra fijada cerca del extremo libre.

### **8.3.2 DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA.**

Los materiales se someten, para su estudio, a diferentes pruebas que determinan las características físicas de los mismos.

En el caso de en el caso de “pruebas de impacto” las cargas se aplican bruscamente y conducen a la ruptura de la probeta. La carga puede ser de tal tipo que produzca una flexión en la probeta o que esta se rompa por tensión.

Cuando la probeta se apoya en ambos extremos se realiza una prueba tipo Charpy. Si la probeta se empotra en un extremo, a manera de viga en voladizo, la prueba es de tipo Izod y en ambos y en ambos casos la ruptura es por deflexión. Finalmente, la probeta puede ser rota por tensión pura, aplicada bruscamente.

Teniendo en cuenta que son muchos los factores que influyen en estas pruebas y que se obtienen resultados variables, no se tiene una equivalencia entre pruebas IZOD y CHARPY.

### **8.3.3 ENERGÍA DE UN CUERPO EN MOVIMIENTO.**

Considerando un cuerpo de peso  $W$  situado a una altura  $H$ , se tendrá que ese cuerpo poseerá una energía potencial de:

$$E_p = WH \quad \text{Ec. 8.1}$$

Si el cuerpo se deja caer libremente y se desprecia la fricción con el aire, adquirirá una velocidad al tocar el suelo de:

$$V = \sqrt{2gH} \quad \text{Ec. 8.2}$$

Y la energía cinética del cuerpo será de:

$$E_c = \frac{1}{2} mV^2 \quad \text{Ec. 8.3}$$

Si el cuerpo móvil tiene un movimiento de rotación, la energía cinética del mismo puede determinarse por la ecuación:

$$E_c = \frac{1}{2} I_0 W^2 \quad \text{Ec. 8.4}$$

En donde  $I_0$  es el momento de inercia polar de la masa con respecto al centro de rotación y  $W$  es la velocidad angular.

#### **8.3.4 ENERGÍA TRANSMITIDA AL CUERPO RESISTENTE.**

Solo una parte de la energía cinética inicial del cuerpo móvil es empleada para producir fractura del material que se ensaya; para otra parte de dicha energía se consume en vencer las fricciones que la máquina presenta y en pérdidas secundarias que aparecen debido a la naturaleza del ensayo y deficiencias de la máquina de operación de la misma; algunas de las perdidas más notables son las siguientes:

- ⇒ Fricción en los rodamientos que soportan al eje del péndulo.
- ⇒ Fricción entre las partes componentes del mecanismo indicador.
- ⇒ Fricción del mismo péndulo con el aire.
- ⇒ Producción de esfuerzo y deformaciones en el péndulo durante el impacto.
- ⇒ En comunicarle velocidad a los fragmentos de la probeta después del impacto.

En la mayor parte de los casos el valor de estas pérdidas influenciado por el estado mecánico que tenga la máquina y el tipo de material que se ensaya.

En general, la energía inicial del cuerpo móvil será igual a la energía requerida para la fractura del material, más la energía absorbida por perdidas, más la energía excedente.

Refiriéndose a la fig. 8.3., la altura del centro de gravedad del péndulo puede expresarse en función a la longitud del brazo del péndulo y el ángulo de elevación:

Altura inicial:

$$H_i = R(1 - \cos a) \quad \text{Ec. 8.5}$$

Altura final:

$$H_f = R(1 - \cos b) \quad \text{Ec. 8.6}$$

En ambas formulas R es la distancia del centro de giro al centro de gravedad del péndulo.

$$\text{Energía inicial} = WH_i = WR(1 - \cos a) \quad \text{Ec. 8.7}$$

$$\text{Energía final} = WH_f = WR(1 - \cos b) \quad \text{Ec. 8.8}$$

Suponiendo que la energía final lleva incluidas las pérdidas:

$$\text{Energía absorbida en la fractura} = WH_i - WH_f \quad \text{Ec. 8.9}$$

$$E = W(H_i - H_f) = WR(\cos b - \cos a) \quad \text{Ec. 8.10}$$

NOTA: si el ángulo a o b es mayor de 90° y menor de 180°, el coseno es negativo, esto es:

$\cos a = -\cos(180 - a)$  por tanto cuando el péndulo sobrepasa los 90° la altura será mayor que R puesto que a la unidad ha de sumársele el valor de los  $\cos(180 - a)$ .

Donde:

$\alpha$ : Ángulo de elevación inicial del péndulo desde el eje vertical.

$\beta$ : Ángulo de elevación final del péndulo después del impacto.

h1: Altura de elevación inicial del péndulo.

h2: Altura de elevación final del péndulo

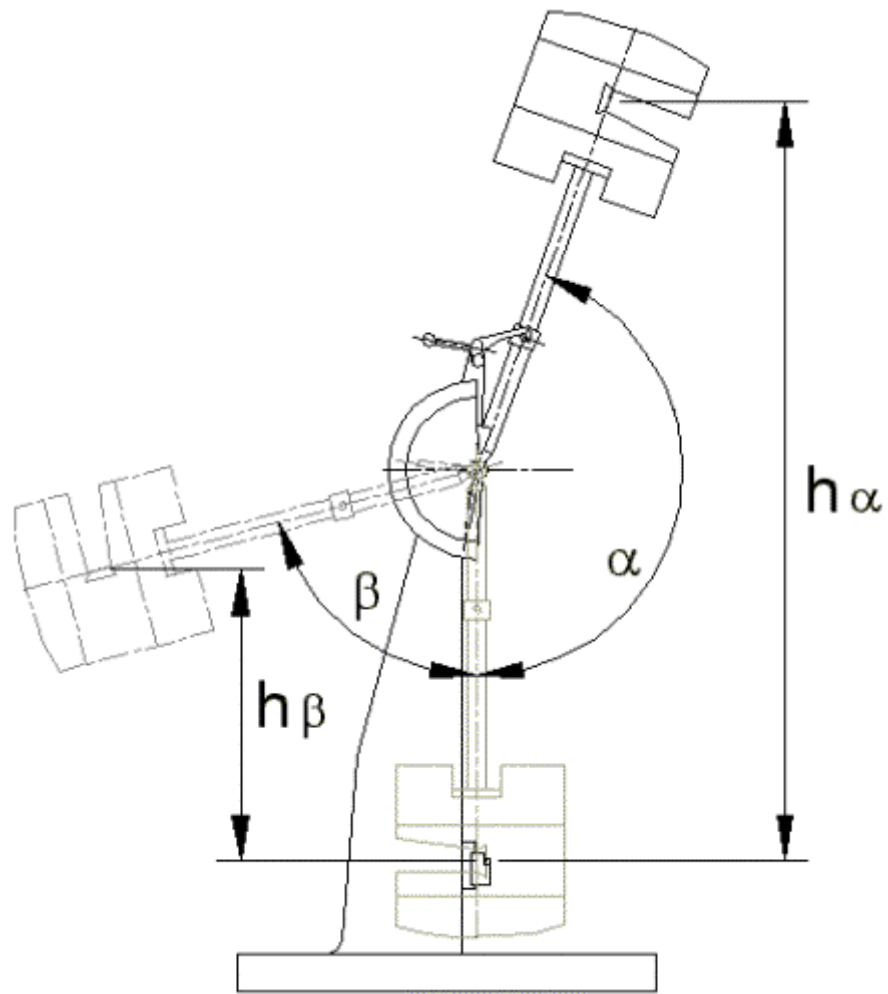


Fig. 8.3. Variables físicas en el péndulo de impacto.

## 8.4 DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA.

### 8.4.1 PARTES QUE LA FORMAN.

De la imagen 8.4 y 8.5 se tienen lo siguiente:

- 1.- Péndulo
- 2.- Chumaceras
- 3.- Eje del péndulo

- 4.- Columnas
- 5.- Collarín del péndulo
- 6.- Brazo del péndulo
- 7.- Masa del péndulo
- 8.- Soporte de probetas
- 9.- Sujetadores de soportes
- 10.- Palanca de freno
- 11.- Seguro del péndulo
- 12.- Escala indicadora
- 13.- Perilla
- 14.- Palanca de disparo
- 15.- Probeta
- 16.- Aditamento para fijar separación de los soportes





Fig. 8.4. Aparato para pruebas impacto.



Fig. 8.5. Aparato para pruebas impacto.

## **8.5 MARTILLOS DE GOLPEO.**

Así como la prueba de impacto tiene un sistema de soporte (mordazas), también está normalizada la forma y tamaño de los martillos de golpeo. Por ello, cada una de las pruebas a realizarse en esta máquina tiene su propio martillo de golpeo.

### **8.5.1 MARTILLO PARA PRUEBAS TIPO CHARPY.**

El martillo de golpeo para pruebas de impacto tipo Charpy, requiere que se cumpla con una disposición específica de los ángulos y dimensiones que entran en contacto con la probeta. Es importante tener en cuenta que el péndulo posee un orificio diseñado de forma tal que el martillo se introduzca sin ninguna complicación de forma correcta. Aquí se presentan los detalles más relevantes, sin embargo, para mayor información se debe consultar la norma técnica ASTM E-23.



Fig. 8.6. Martillo para pruebas tipo charpy.

### **8.5.2 MARTILLO PARA PRUEBAS TIPO IZOD.**

El martillo de golpeo para pruebas de impacto tipo Izod, también requiere que se cumpla con una disposición específica de los ángulos y dimensiones que entran en contacto con la probeta. Es necesario tener en cuenta que como la probeta está en posición horizontal, el martillo de golpeo debe ser colocado un giro de 90° respecto al eje del péndulo. Es por esto que el péndulo posee un orificio diseñado de forma tal que el martillo se introduzca sin ninguna complicación de forma correcta. Consultar la norma técnica ASTM E-23.



Fig. 8.7. Martillo para pruebas tipo izod.

## **8.6 SOPORTE PARA LAS PROBETAS.**

### **8.6.1 BLOQUE DE SOPORTE.**

La máquina ha sido diseñada de manera tal que puedan ser realizados dos tipos de ensayo. Para ello se han diseñado dos tipos de soportes, uno tipo Charpy que sostiene utilizando dos puntos de apoyo, uno en cada extremo, y uno tipo Izod que sostiene la probeta en voladizo. Para poder ubicar estos soportes, y por consiguiente las probetas, a la altura adecuada, es necesario utilizar unos bloques que actúan a manera de suplemento, y que permanecerán fijos en la base de la máquina.

### **8.6.2 SOPORTE PARA PROBETAS TIPO CHARPY.**

Para la prueba de impacto tipo Charpy, las mordazas deben sujetar la probeta por cada uno de sus extremos, dejando un canal para el paso del péndulo, que debe tener una distancia de 40 mm según la norma ASTM E- 23.



Fig. 8.8. Mordazas para prueba tipo charpy.

### 8.6.3 SOPORTE PARA PRUEBAS TIPO IZOD.

Para la prueba de impacto tipo Izod, las mordazas deben sujetar la probeta por uno de sus extremos, dejando espacio en voladizo, para que el golpe suceda a 22mm de la muesca según la norma ASTM E-23.

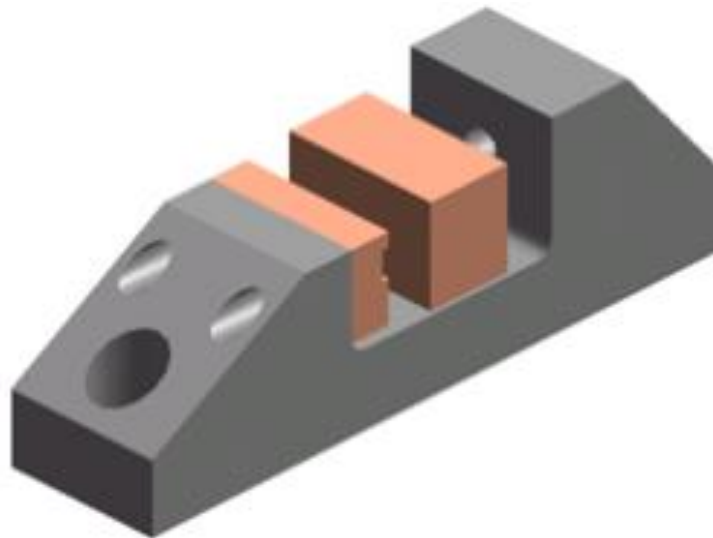
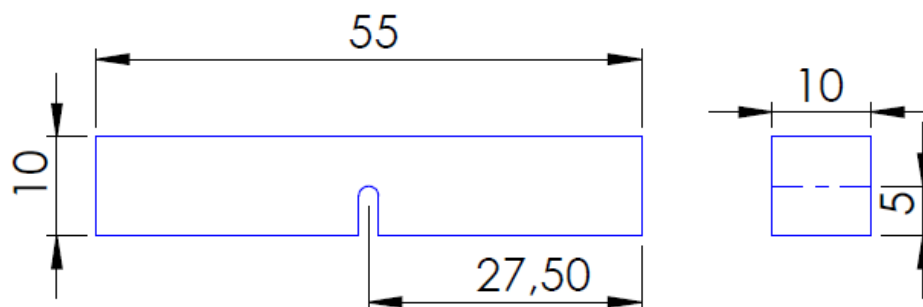
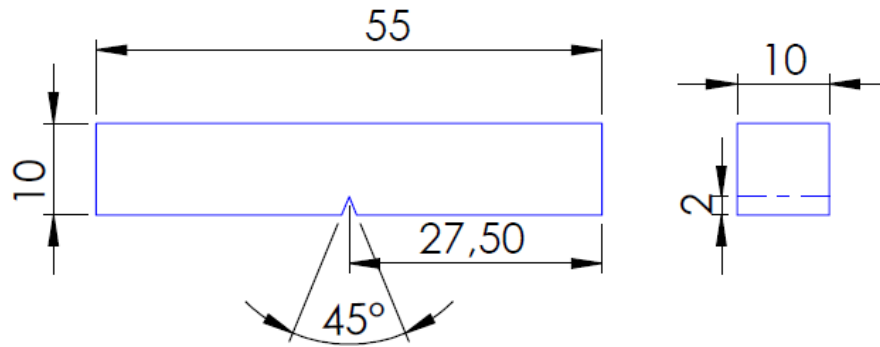


Fig. 8.9. Soporte para pruebas tipo izod.

## 8.7 TIPOS DE PROBETA

### 8.7.1 PROBETAS PARA LA PRUEBA CHARPY.

Con muescas en V: (todas las acotaciones en mm.)

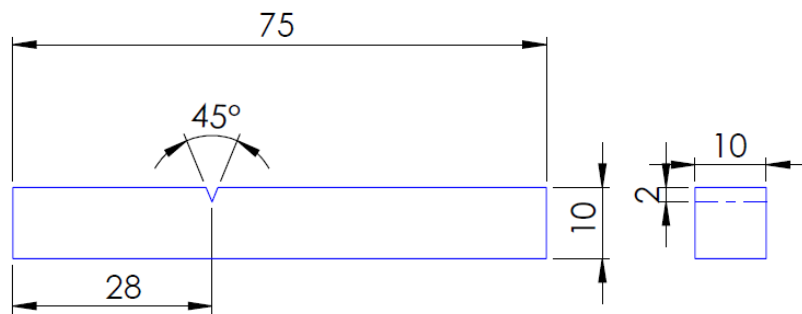


### 8.7.2 PROBETAS PARA LA PRUEBA IZOD.

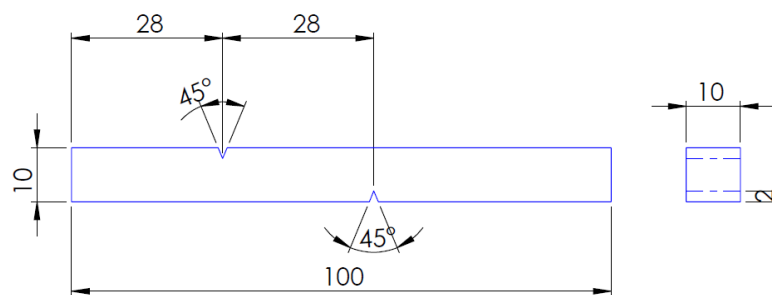
Estas probetas pueden ser de 6 formas distintas.

Sección cuadrada:

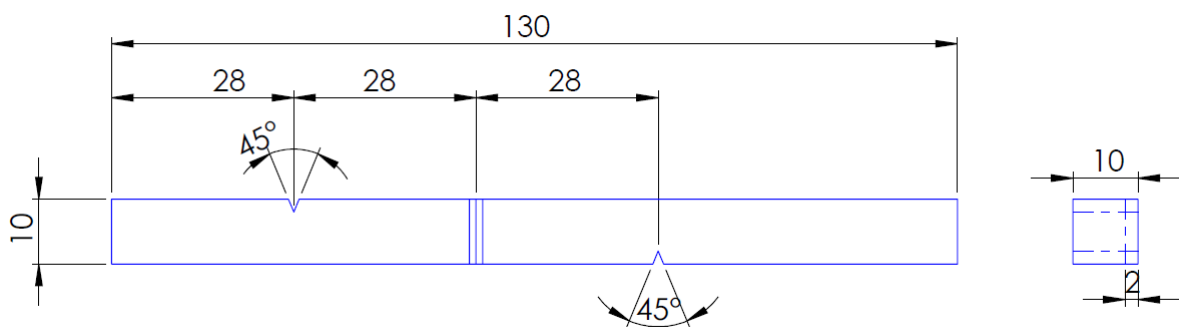
a) Una muesca (1-A)



b) Dos muescas (2-A)

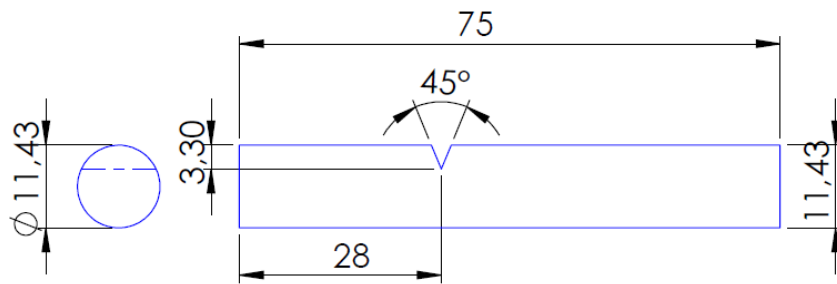


c) Tres muescas (3-A)

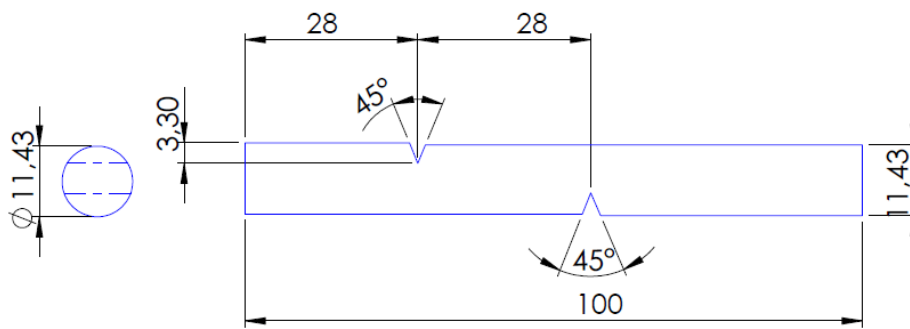


Sección circular:

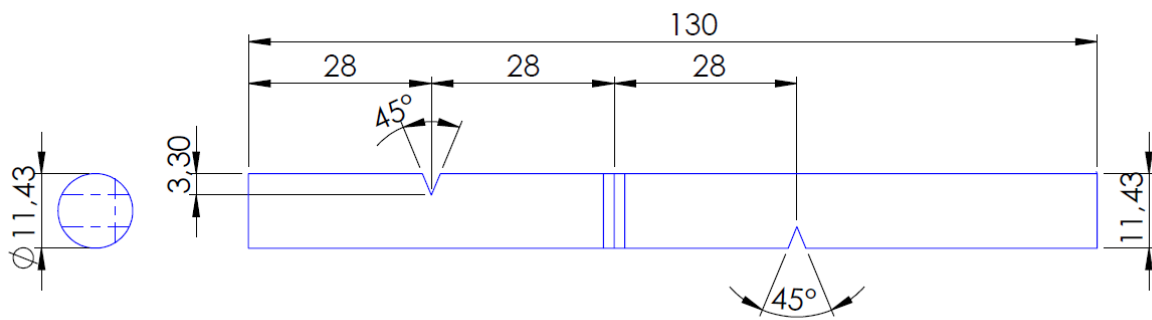
a) Una muesca (1-B)



b) Dos muescas (2-B)



c) Tres muescas (3-B)





## **8.8 FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA.**

El funcionamiento de la máquina es lo bastante sencillo como para el operador lo intuya, aun siendo la primera vez que la maneje. Deberá tener cuidado de colocar los soportes de la probeta a las distancias adecuadas según la prueba a realizar.

El péndulo tiene una energía disponible total de 20 kg.m. para romper las probetas.

1.- Al realizar una prueba, se tendrán en cuenta las correcciones anotadas en la sección de "Energía transmitida al cuerpo resistente".

2.- El valor total de estas pérdidas en una oscilación del péndulo puede ser determinado operando la máquina sin colocar la probeta.

3.- Elévese el péndulo a la posición inicial, suéltese y permita que realice una oscilación completa. Repita cada caso y anótese el valor como un promedio de tres lecturas.

Si se desea saber el valor de las fricciones solo en las chumaceras y con el aire, se colocara el dispositivo medidor en una posición de tal manera que el péndulo no lo arrastre. Así se eliminara la fricción ocasionada por el mecanismo de medición.

# **CAPÍTULO 9.**

## **SELECCIÓN DE LOS SENSORES.**

### **9.1 INTRODUCCIÓN.**

El primer paso en el desarrollo del proyecto consiste entonces en elegir y estudiar los sensores a utilizar para la medición de las variables antes mencionadas. Elegir correctamente los sensores a utilizar resulta una decisión importante. Dependiendo de las características de los sensores a utilizar se podrá obtener una señal precisa y que represente el valor real de las variables.

### **9.2 DISEÑO DE FUENTE REGULADORA DE VOLTAJE.**

El encoder y el arduino funcionan con corriente continua con un voltaje que oscila de 5 a 24 voltios. Por esta razón se debe de construir una fuente de alimentación de corriente directa que tenga un voltaje regulable a su salida.

La función de una fuente de alimentación es convertir la tensión alterna en una tensión continua y lo más estable posible. Básicamente existen dos tipos de fuentes de alimentación: las lineales que utilizan un transformador, para disminuir el nivel de tensión en la red eléctrica al nivel necesario en el circuito y, las fuentes conmutadas que utilizan

circuitos basados en transistores y bobinas trabajando en conmutación para reducir la tensión.

Para el proyecto se requiere de una fuente de CC (corriente continua o DC) regulada, de voltaje fijo y alto amperaje, he aquí un diseño sencillo y versátil. Puede usarse para construir fuentes de 5, 6, 8, 9, 12, 15, 18 o 24V, y hasta de 10A (o más si se requiere).

Utiliza pocos componentes:

**Q1** requiere un disipador de calor de buen tamaño y disipación, dependiendo claro del nivel de corriente para el que se construya la fuente. Por su diseño, el transistor **Q1** no requiere aisladores y puede montarse directamente en el disipador o incluso en la caja metálica si se utiliza.

Al ser un diseño sencillo, no cuenta protección contra cortocircuitos o sobrecargas, por lo que se deben tomar precauciones. El uso del fusible (**F1**) es una alternativa para ello.

**T1** - El transformador debe tener un primario adecuado a la red eléctrica del país donde se va a usar, y un secundario que proporcione un voltaje de un 20 a 30% (aprox.) por encima del voltaje regulado que se desea obtener.

Ejemplo: para una fuente de 12VDC, el transformador debe proporcionar entre 14 y 16VAC.

Y, lógicamente, debe poder proporcionar la corriente que será requerida. Ejemplo: si la fuente debe proporcionar un máximo de 4 Amperes, el secundario del transformador debe ser capaz de proporcionar como mínimo 4A.

**D1, D2, D3 y D4** - Puede utilizar un puente rectificador o cuatro diodos rectificadores discretos, para voltaje de 50, 100 o más V, y una corriente de por lo menos un 20 a 50% por encima de la que será requerida. Ejemplo: si la fuente es para un máximo de 4A debe utilizar puente o diodos rectificadores que soporten corrientes de 5 o más amperios

**C1** - Condensador electrolítico de 2200 ~ 10000 uF (microfaradios) para un voltaje no menor de 80 o 100% por encima del voltaje de la fuente. Ejemplos: para una fuente de 6 o 9V, **C1** debe ser de 16V; para 12V, **C1** debe ser de 25V; para 24V, **C1** debe ser de 50V.

**C2 y C3** - Condensadores electrolíticos de 2.2 ~ 4.7 uF, 50V

**R1** - Resistencia de 3.3 ohm 1W

**IC** - Circuito integrado regulador lineal negativo de 1A, del tipo 79xx, AN79xx, LM79xx UA79xx o equivalentes, para el voltaje que se va a regular.

Ejemplos: para una fuente de 6V se debe usar 7906 o LM7906 o AN7906, etc.  
para una fuente de 12V debe usar: 7912 o LM7912 o UA7912 u otro equivalente

**F1** - Fusible para el amperaje máximo para el cual fue prevista la fuente.

**Q1** - Transistor 2N3055, BD130, 2SAD878, NTE130 o similar. Debe ser montado en disipador de calor, de buen tamaño (proporcional a la corriente que manejará), no requiere aisladores.

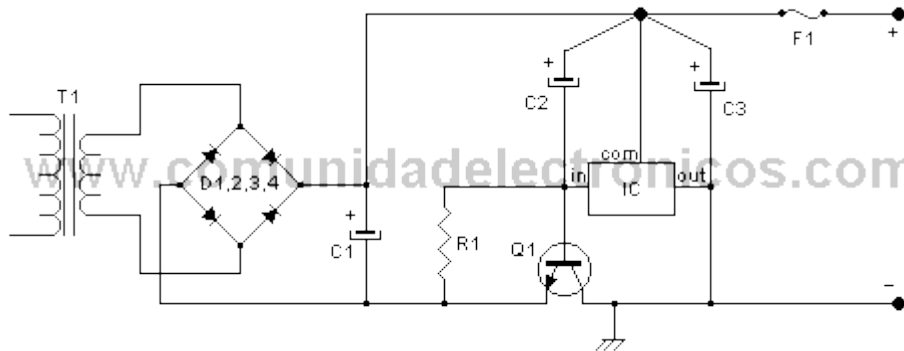


Fig. 9.1. Diagrama de la fuente reguladora de voltaje.

### 9.3 ENCODER GIRATORIO.

Los encoders pueden monitorear electrónicamente la posición de un eje giratorio. Proporcionan control de posición en aplicaciones de empaquetado, robótica, recogida y colocación, tornillos, guía de bolas, posicionamiento de mesa rotativa e inserción de componentes.

#### 9.3.1 ENCODERS OPTICOS INCREMENTALES.

Los encoders ópticos incrementales producen una salida digital relacionada con la posición de un eje giratorio y proporcionan elementos de retroalimentación en sistemas de control de bucle cerrado. Se pueden usar los encoder con componentes electrónicos externos, tales como contadores para acumular datos con el fin de determinar la posición, la velocidad y la dirección. Los encoders se pueden usar cuando no se requiera retención de la posición durante una pérdida de alimentación eléctrica.

#### 9.3.2 DE ALTA FRECUENCIA 844D.

Los encoders incrementales de eje ciego y eje pasante Boletín 844D se montan directamente en el eje monitoreado con una abrazadera de collar partida en el encoder, lo que elimina la necesidad de placas de montaje y acoplamientos flexibles. Los modelos

de eje pasante se instalan al insertar el eje monitoreado por completo a través del encoder, mientras que los modelos de eje ciego solo requieren la inserción del extremo del eje.

### **9.3.2.1 CARACTERISTICAS.**

- ⇒ Respuesta de alta frecuencia
- ⇒ Modelos de acoplamiento frontal de eje ciego o pasante
- ⇒ No es necesario un acoplador flexible
- ⇒ No es necesaria una placa adaptadora
- ⇒ De 120 a 16,384 PPR
- ⇒ Envoltente de 3.5 pulg. (8.89 cm) de diámetro
- ⇒ Admite ejes de 1/2 a 1 1/8 de pulg. (1.27 cm a 3.17 mm)
- ⇒ Opciones de conexión de cable, conector o bloque de terminales

## **CAPÍTULO 10.**

# **INTERFAZ DE USUARIO**

### **10.1 INTRODUCCIÓN.**

Se describe la forma en que se implementó el instrumento virtual, el cual consiste en una forma de instrumentación que se realiza a base de programación en lugar de utilizar componentes físicos. Los datos son procesados por medio de una computadora y desplegados al usuario según las necesidades de los instrumentos.

### **10.2 SELECCIÓN DEL DISPOSITIVO DE ADQUISICIÓN DE DATOS.**

Para el procesamiento de los datos por medio de la computadora, se requiere de un sistema de adquisición de datos que realice el muestreo de la señal de interés y que transforme dicha información en formato digital. Para el objetivo de proyecto se decidió utilizar el arduino UNO, ya que no se necesita un número mayor de terminales.



Fig. 10.1. Arduino uno.

El Uno es una placa electrónica basada en el ATmega328P. Cuenta con 14 pines digitales de entrada / salida (de los cuales 6 se podrán utilizar como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un cristal de cuarzo de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, una jefes de ICSP y un botón de reinicio.

### 10.2.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

Microcontrolador	<a href="#">ATmega328P</a>
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límite)	6-20V
E / S digitales prendedores	14 (de los cuales 6 proporcionan salida PWM)
PWM digital pines I / O	6
Pines de entrada analógica	6
Corriente continua para Pin I / O	20 mA
Corriente CC para Pin 3.3V	50 mA
Memoria flash	32 KB (ATmega328P) de los cuales 0,5 KB utilizado por el gestor de arranque
SRAM	2 KB (ATmega328P)

EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Velocidad de reloj	16 MHz
Longitud	68,6 mm
Anchura	53,4 mm
Peso	25 g

### 10.3 ETAPA DE PROCESAMIENTO DE DATOS.

De la etapa del procesamiento de los datos de la máquina de impacto se encarga del cálculo de posición angular, altura, energía y condiciones iniciales para posteriormente visualizar en la interfaz.

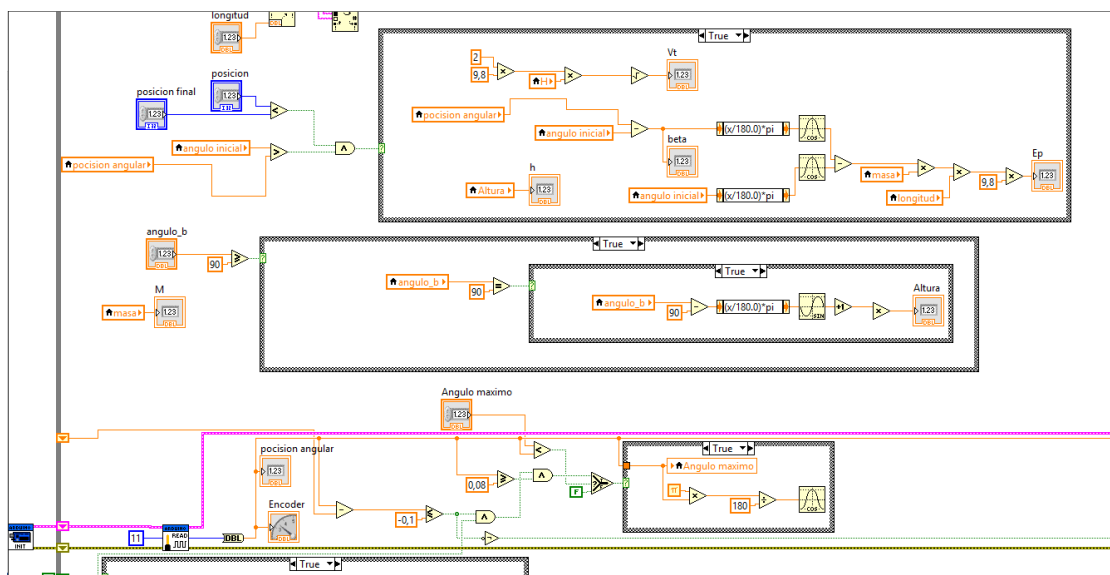


Fig. 10.2. Programa para calcular la energía de impacto de la máquina charpy.

En la siguiente imagen podemos visualizar de una mejor manera el interfaz para la máquina de prueba charpy.

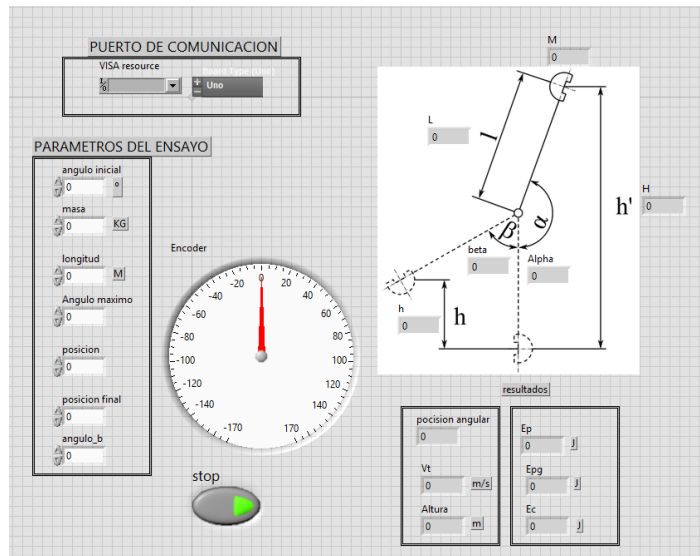


Fig. 10.3. Visualización del programa para el usuario de la máquina de impacto.

El usuario ingresara un ángulo inicial como referencia, la masa y la longitud del martillo, para poder empezar a efectuar la prueba.

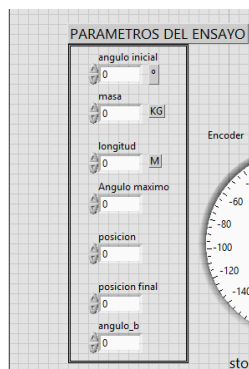


Fig. 10.4. Condiciones iniciales para efectuar la prueba de impacto.

Para interpretar el desplazamiento del encoder, se adapta un tacómetro.

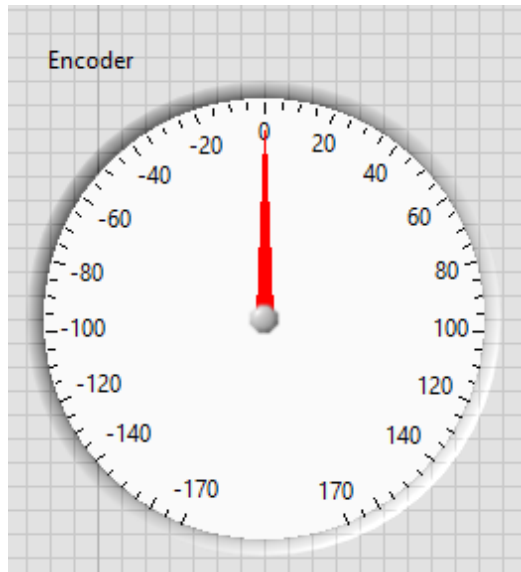


Fig. 10.5. Tacómetro que representa el recorrido del encoder.

Se realiza una representación grafica de los valores obtenidos como lo son la altura inicial, altura final, ángulo beta, ángulo alfa, la longitud y masa del martillo de impacto.

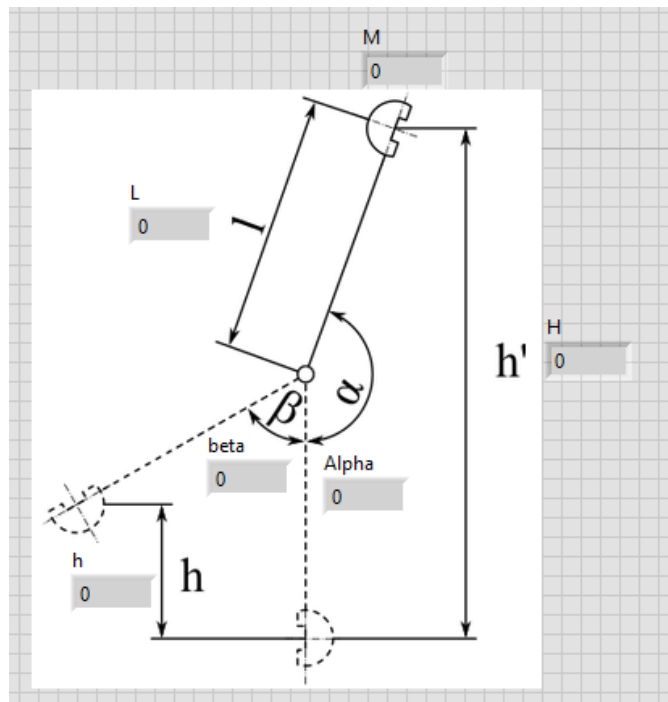


Fig. 10.6. Representación gráfica de los valores obtenidos.

Por último se imprimen los valores obtenidos durante la prueba de impacto, como la última posición, la velocidad tangencial y las energías finales.



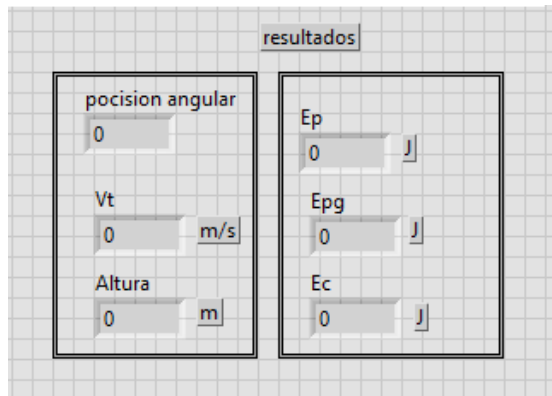


Fig. 10.7. Resultado final.

# CAPÍTULO 11.

## DISEÑO DEL SOPORTE PARA EL ENCODER.

### 11.1 INTRODUCCIÓN.

Para adaptar correctamente el encoder incremental óptico se llevó a cabo el diseño de la máquina de impacto por medio del software solidworks.

Se seleccionó la chumacera del lado derecho de la máquina de impacto, para realizar el soporte que sostendrá el encoder incremental. Ya que en esta parte se puede tomar la barra del soporte del martillo de impacto y obtener las mediciones con el encoder incremental.

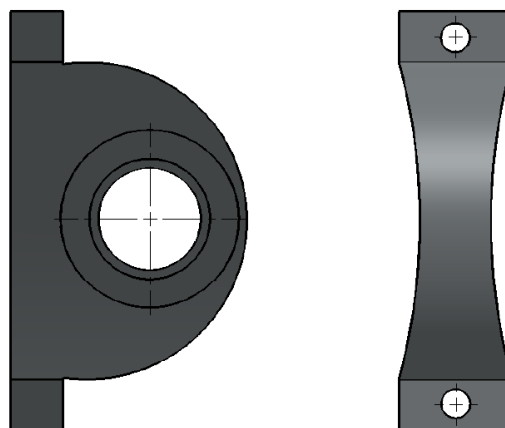


Fig. 11.1. Vista frontal y lateral de la chumacera.

## 11.2 DISEÑO DEL SOPORTE DEL ENCODER.

El soporte del encoder se diseñó adecuándolo a la chumacera y con las dimensiones correspondientes al encoder incremental, dichas especificaciones se pueden encontrar en el catálogo de usuario.

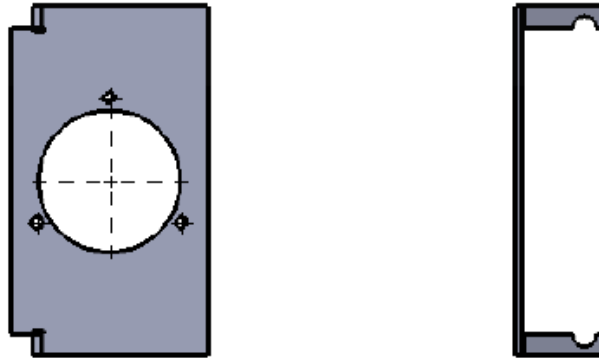


Fig. 11.2. Diseño del soporte para el encoder.

En el plano de diseño vienen especificadas las dimensiones correspondientes del soporte del encoder.

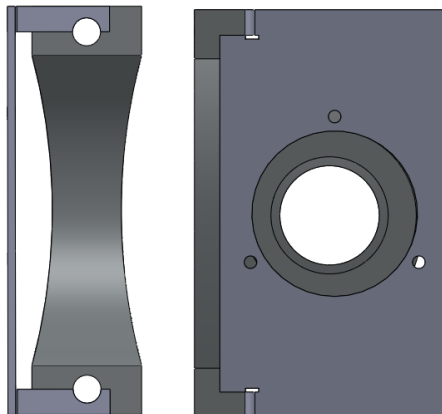


Fig. 11.3. Ensamble del soporte para el encoder con la chumacera.

# COCLUSIONES.

Se llevó acabo la primera etapa de la instrumentación de la máquina de tensión compresión y la máquina de impacto. La cual consistió en el estudio de los sensores para medir el posicionamiento angular y el desplazamiento lineal.

Se realizaron los planos de diseño para poder montar los sensores, y adaptarlos correctamente a la máquina de tensión compresión y la máquina de impacto.

Se realizó los programas correspondientes para llevar acabo la curva de esfuerzo y deformación de la máquina de tensión compresión y la obtención de energía de la máquina de impacto por medio de software labview.

En ambos casos solo se deja representado los dos programas, ya que la implementación de los sensores y pruebas se llevaran a cabo en la segunda etapa del proyecto de instrumentación de la máquina de tensión compresión y la máquina de impacto.

# BIBLIOGRAFÍA.

Manual de máquina para pruebas de impacto, CRODE chihuahua.

Manual de máquina para pruebas de tensión y compresión.

HIBBELER, R. C. 2006. Mecánica de Materiales. Mecánica de Materiales. México: Pearson Educación, 2006.

SHIGLEY, MISCHKE Ch Y. 1993. Diseño de Ingeniería Mecánica. México: Mc Graw Hill, 1993

VALLEJO, ZAMBRANO. 2006. Física Vectorial 2. Quito: RODIN León, 2006

# CITAS ELECTRÓNICAS.

[http://www.sensing.es/Transductores\\_de\\_presion\\_Cm.htm](http://www.sensing.es/Transductores_de_presion_Cm.htm)

<https://instrumentacionunefm.files.wordpress.com/2012/05/sensores-de-presion.pdf>

<http://www.guemisa.com/articul/pdf/ttd.pdf>

<http://www.westmexico.com.mx/pfd/dynapar/catalogos/4.-Manual%20de%20Aplicacion%20de%20Encoders.pdf>

<http://www.alcabot.com/alcabot/seminario2006/Trabajos/DiegoPerezDeDiego.pdf>

[http://www.sensores-de-medida.es/uploads/sensorex\\_sx20mexr.pdf](http://www.sensores-de-medida.es/uploads/sensorex_sx20mexr.pdf)

<http://www.ab.com/en/epub/catalogs/12772/6543185/8239564/11581598/print.html>

<https://www.arduino.cc/>

<http://www.ni.com/labview/esa/>

# ANEXOS.

## Anexo 1.-

### Installation Instructions Bulletin 844D Blind & Through-Shaft Optical Incremental Encoders

IMPORTANT: SAVE THESE INSTRUCTIONS FOR FUTURE USE.

#### Specifications

Electrical	
Code Format	2 channels with zero index
Power Requirements	120mA (no load)
Max Output Frequency	200kHz Push-Pull (120-8192 PPR) 300kHz all other drivers (120-8192 PPR) 600kHz (above 8192 PPR)
Resolution	Up to 16,384 pulses per revolution
Output Driver Capability	3487 Line driver = ± 40 mA 4469 Line driver = ± 200 mA 7272 Line driver = ± 40 mA Push-Pull Single Ended Driver = ± 70 mA
Mechanical	
Angular Acceleration	100,000 radians/sec <sup>2</sup>
Starting Torque @ 25°C (77°F)	9.3Ncm (13in-oz)
Running Torque @ 25°C (77°F)	5Ncm (7 in-oz)
Moment of Inertia	490gcm <sup>2</sup> (6.9 x 10 <sup>-3</sup> oz-in-sec <sup>2</sup> )
Slew Speed	3000 rpm maximum
Shaft Loading (120-2500 PPR)	Axial 67N (15lbs) Radial 133N (30lbs)
Shaft Loading (4096-16,384 PPR)	Axial 44N (10lbs) Radial 67N (15lbs)
Permissible Shaft Radial Movement	Static +/- 0.5mm (0.02in) Dynamic +/- 0.1mm (0.004in)
Permissible Shaft Axial Movement	Static +/- 0.5mm (0.02in) Dynamic +/- 0.5mm (0.02in)
Bore Size	Supports 1/2 to 1-1/8" & 30mm shafts
Environmental	
Protection	NEMA Type 4, 13, IP66 (IEC 529) except terminal block connection type rated IP40 (IEC 529) only
Housing Material	Aluminum
Temperature	-20°C to 85°C (-4°F to +185°F)—Operating -30°C to 85°C (-22°F to +185°F)—Storage
Humidity	90% noncondensing
Shock	50g for 11ms
Vibration	20g from 5 to 2000Hz
Approximate Weight	0.91kg (2lbs)

#### Selection

844D — **A 5 A C 1 CR**  
          *a b c d e f*

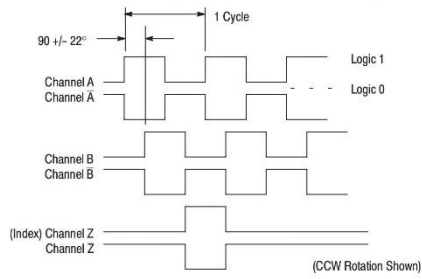
<i>a</i> Shaft Design		<i>b</i> Shaft Size ①	
Code	Description	Code	Description
A	Blind-Shaft	4	1/2in
B	Through-Shaft	5	5/8in
		6	3/4in
		7	7/8in
		8	1.0in
		9	1 1/8in
		M	30mm
<i>c</i> Mounting Configuration		<i>d</i> Connection Type	
Code	Description	Code	Description
A	Tether, 1/2" bolt on a 7.25" dia. B.C. (to fit 8 1/2" NEMA C face)	C	10-pin Connector
B	Tether, 3/8" bolt on a 5.88" dia. B.C. (to fit 4 1/2" NEMA C face)	T	Terminal Block ②
C	Tether, 3/8" bolt on a 2.5-4.0" dia. radius	1	1m (3.28ft) cable
D	Anti-rotation pin		
<i>e</i> Power Supply and Output ③		<i>f</i> Resolution	
Code	Description	Code	Description (PPR)
1	5V DC in, 5V DC DLD out (3487)	DB	120
2	5-26V DC in, 5-26V DC DLD out (7272) ④	CK	360
3	5-15V DC in, 5-15V DC DLD out (4469)	FW	1024
4	8-26V DC in, 5V DC DLD out (3487)	CS	2048
5	10-30V DC in, 10-30V DC Push-Pull out	CR	2500
		DS	4096
		DR	5000
		FS	8192
		CV	10000 ⑤
		LS	16384 ⑤

- ① Shaft sizes below 1.0in include an insulating insert.
- ② Terminal block unit is not rated for fluid ingress protection (IP40 (IEC 529) only).
- ③ DLD = Differential Line Driver
- ④ 7272 line driver has a voltage drop of 1.9V.
- ⑤ Available with power supply and output options 1, 2, 3 and 4.

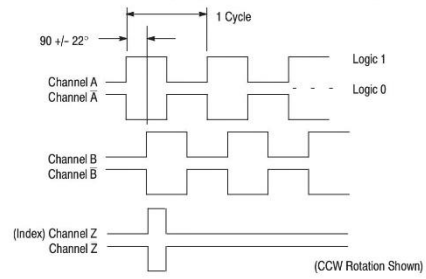
**Rockwell  
Automation**

**Allen-Bradley**

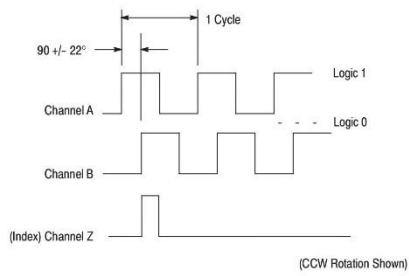
**Differential Line Driver Output (for resolution  $\leq 8192$  PPR)**



**Differential Line Driver Output (for resolution  $> 8192$  PPR)**



**Push-Pull Single End Driver Output**



**Electrical Connections**

**Table A: Differential Line Driver Outputs**

Function	10-Pin Connector	Shielded Cable	Terminal
Channel A Output	A	White	1
Channel B Output	B	Pink	2
Channel Z Output	C	Violet	7
DC+ Input	D	Red	3
DC Return	F	Blue	4
Case Ground	G	Green	—
Channel A Output	H	Brown	5
Channel B Output	I	Black	6
Channel Z Output	J	Yellow	8

**Table B: Push-Pull Outputs**

Function	10-Pin Connector	Shielded Cable	Terminal
Channel A Output	A	White	1
Channel B Output	B	Pink	2
Channel Z Output	C	Violet	7
DC+ Input	D	Red	3
DC Return	F	Blue	4
Case Ground	G	Green	—
Not connected	—	Brown	—
Not connected	—	Black	—
Not connected	—	Yellow	—

Note: 10-pin connector type MS3102R18-1P



**844D  
Blind-Shaft Tolerance**

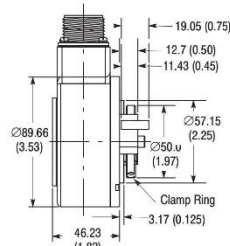
Size	Bore	Mating Shaft	Length
1/2"	0.500/0.501	0.500/0.499	0.70/2.00
5/8"	0.625/0.626	0.625/0.624	0.70/2.00
3/4"	0.750/0.751	0.750/0.749	0.70/2.00
7/8"	0.875/0.876	0.875/0.874	0.70/2.00
1.0"	1.000/1.001	1.000/0.999	0.70/2.00
1 1/8"	1.125/1.126	1.125/1.124	0.70/2.00
30mm	30.000/30.025mm	30.000/29.975mm	18/50mm

**844D  
Through-Shaft Tolerance**

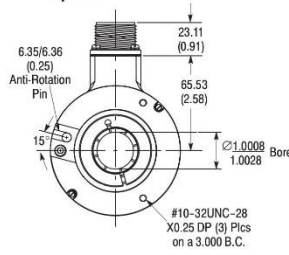
Size	Bore	Mating Shaft	Length—min.
1/2"	0.500/0.501	0.500/0.499	0.70
5/8"	0.625/0.626	0.625/0.624	0.70
3/4"	0.750/0.751	0.750/0.749	0.70
7/8"	0.875/0.876	0.875/0.874	0.70
1.0"	1.000/1.001	1.000/0.999	0.70
1 1/8"	1.125/1.126	1.125/1.124	0.70
30mm	29.980/29.959mm	30.000/29.975mm	18mm

**Dimensions—mm (inches)**

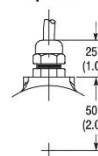
**Blind-Shaft**



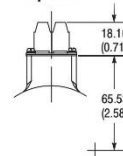
**Connector Option**



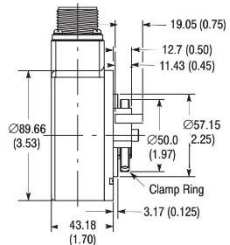
**Cable Option**



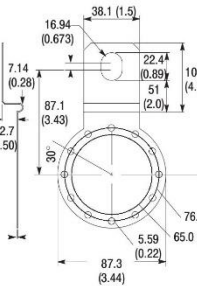
**Terminal Option**



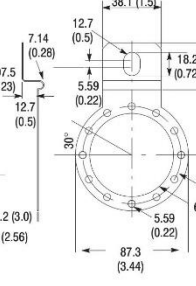
**Through-Shaft**



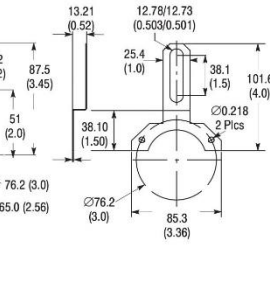
**Tether Option "A"**



**Tether Option "B"**



**Tether Option "C"**



● Shown with optional anti-rotation pin.

**Rockwell  
Automation**

**Allen-Bradley**

### Mounting Instructions

**IMPORTANT:** Be sure mating shaft is chamfered and grease-free.

1. Loosen the screw on the clamping ring with a 3/32 inch hexagon socket wrench.
2. Slide the encoder onto the mating shaft until the tether mount or anti-rotation pin rests on the machine surface.  
The encoder should slide freely on the shaft; if not, do not force. Check the shaft for interferences such as gouges, burrs, rust or size.  
If a mounting hole or anti-rotation pin stop already exists, proceed to step 6.
3. Mark the mounting hole and/or anti-rotation pin stop location.
4. Slide the encoder off. Drill and tap the marked hole to accept the 0.375 inch x 16 (tether option B or C) or 0.5 inch x 13 (tether option A) bolt.
5. Slide the encoder back in the shaft until the tether mount or anti-rotation pin rests on the machine surface.
6. Attach the encoder with either the 0.375 inch or 0.5 inch bolt.

**IMPORTANT:** Do not stress the tether mount while tightening the bolt.

7. Tighten the clamping ring to 8 inch-lbs.
8. Make the electrical connections according to the table under "Electrical Connections."

**IMPORTANT:** Wiring must be in accordance with the National Electric Code and applicable local codes and ordinances.

9. Apply the specified voltage (see Table "e" under "Selection" on page 1 of this publication).



Visit our web site at:  
<http://www.ab.com/sensors>

Publication 75008-147-01(B)  
February 2003  
Printed in USA



## Anexo 2 .-

### 873M General Purpose Ultrasonic Sensor



Offering multiple solutions for detecting challenging targets

#### Features

- Nickel-plated brass 18 mm cylindrical or right-angle threaded barrel provides ease of mounting and reduces installation time
- Analog model's feature 0...10 VDC or 4...20 mA
- Discrete (PNP) models feature normally-open/normally-closed functions
- Window teaching allows sensing range to be defined inside a user-taught sensing area for both discrete and analog models. The user can achieve superior background suppression
- Teaching of the sensor can be accomplished by remote teach or optional programming cable
- Bright LEDs allow the user to monitor power, output and margin from any direction – reducing time required for setup and troubleshooting



Rockwell Automation introduces the Allen-Bradley® 873M family of general purpose ultrasonic sensors. Featuring sensing distances between 30 and 800 mm, the 873M family complements our existing ultrasonic sensor offering by providing a more cost-effective solution for shorter range applications. These sensors are excellent for standard packaging and assembly applications, but are also ideal for sensing many of the targets that can be challenging for photoelectric sensors, such as clear, shiny or non-reflective objects.

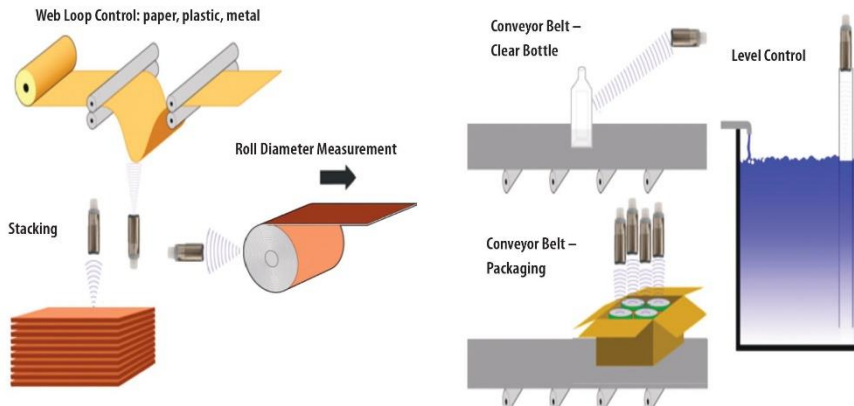
The 873M offers straight or right-angle sensing face options, providing enhanced flexibility for areas with limited space. These compact sensors feature a 18 mm barrel with length of 40 mm for straight barrel models and 50.2 mm for right angle models. Plus, the 873M offers higher switching speeds than other ultrasonic sensors in the portfolio and features an IP67 rating for harsh-duty environments. This family is available with discrete outputs for on/off applications or analog outputs for distance feedback.

LISTEN.  
THINK.  
SOLVE.™

 Allen-Bradley • Rockwell Software

**Rockwell  
Automation**

## Ultrasonic Applications



## General Ordering Information

### Product Selection

Sensing Distance [mm (in.)]	Sensing Direction	Switching Frequency [Hz]	Output Function	Output Type	Response Time	Cat. No.
30...300 mm (1.18...11.8 in.) with 50...300 (1.97...11.8) teachable	Straight	13	PNP – Discrete	Complementary NO/NC	30 ms	873M-D18PO300-D4
						873M-D18RPO300-D4
	Right Angle	N/A	Analog Current	4...20 mA		873M-D18RAI300-D4
			Analog Voltage	0...10V DC		873M-D18RAV300-D4
	Straight		Analog Current	4...20 mA		873M-D18AI300-D4
			Analog Voltage	0...10V DC		873M-D18AV300-D4
50...800 (1.97...31.5) with 70...800 (2.76...31.5) teachable	Straight	4	PNP – Discrete	Complementary NO/NC	100 ms	873M-D18PO800-D4
						873M-D18RPO800-D4
	Right Angle	N/A	Analog Current	4...20 mA		873M-D18RAI800-D4
			Analog Voltage	0...10V DC		873M-D18RAV800-D4
	Straight		Analog Current	4...20 mA		873M-D18AI800-D4
			Analog Voltage	0...10V DC		873M-D18AV800-D4

### Cordsets and Accessories

Description	Cat. No.
DC Micro QD Cordset, Straight, 4-pin, 2 m	889D-F4AC-2
Snap Clamp Mounting Bracket	871A-SCBP18
Swivel/Tilt Style Bracket	60-2649

Allen-Bradley and Rockwell Automation are trademarks of Rockwell Automation Inc.  
Trademarks not belonging to Rockwell Automation are property of their respective companies.

[www.rockwellautomation.com](http://www.rockwellautomation.com)

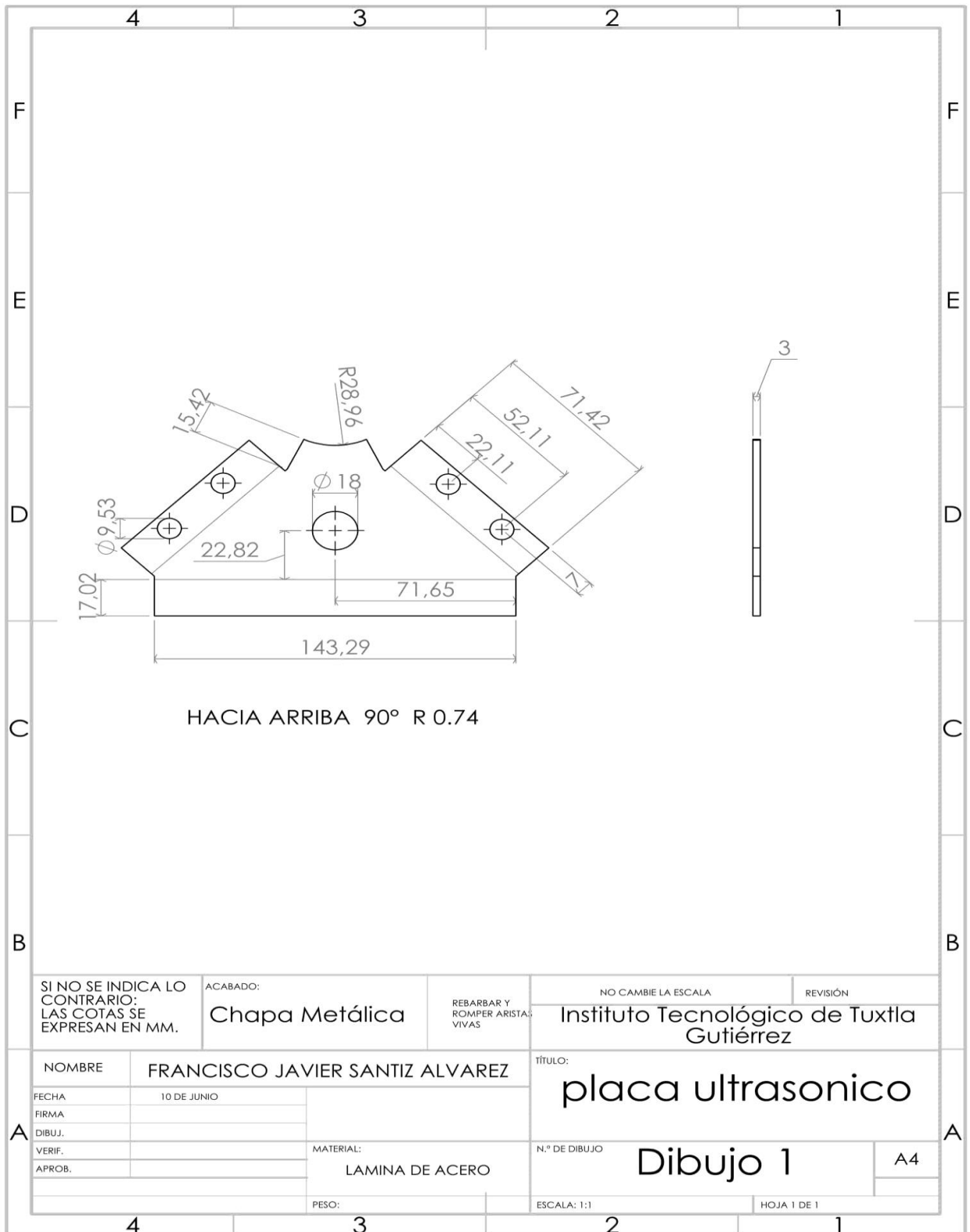
### Power, Control and Information Solutions Headquarters

Americas: Rockwell Automation, 1201 South Second Street, Milwaukee, WI 53204-2496 USA, Tel: (1) 414.382.2000, Fax: (1) 414.382.4444  
Europe/Middle East/Africa: Rockwell Automation NV, Pegasus Park, De Kleetlaan 12a, 1831 Diegem, Belgium, Tel: (32) 2 663 0600, Fax: (32) 2 663 0640  
Asia Pacific: Rockwell Automation, Level 14, Core F, Cyberport 3, 100 Cyberport Road, Hong Kong, Tel: (852) 2887 4788, Fax: (852) 2508 1846

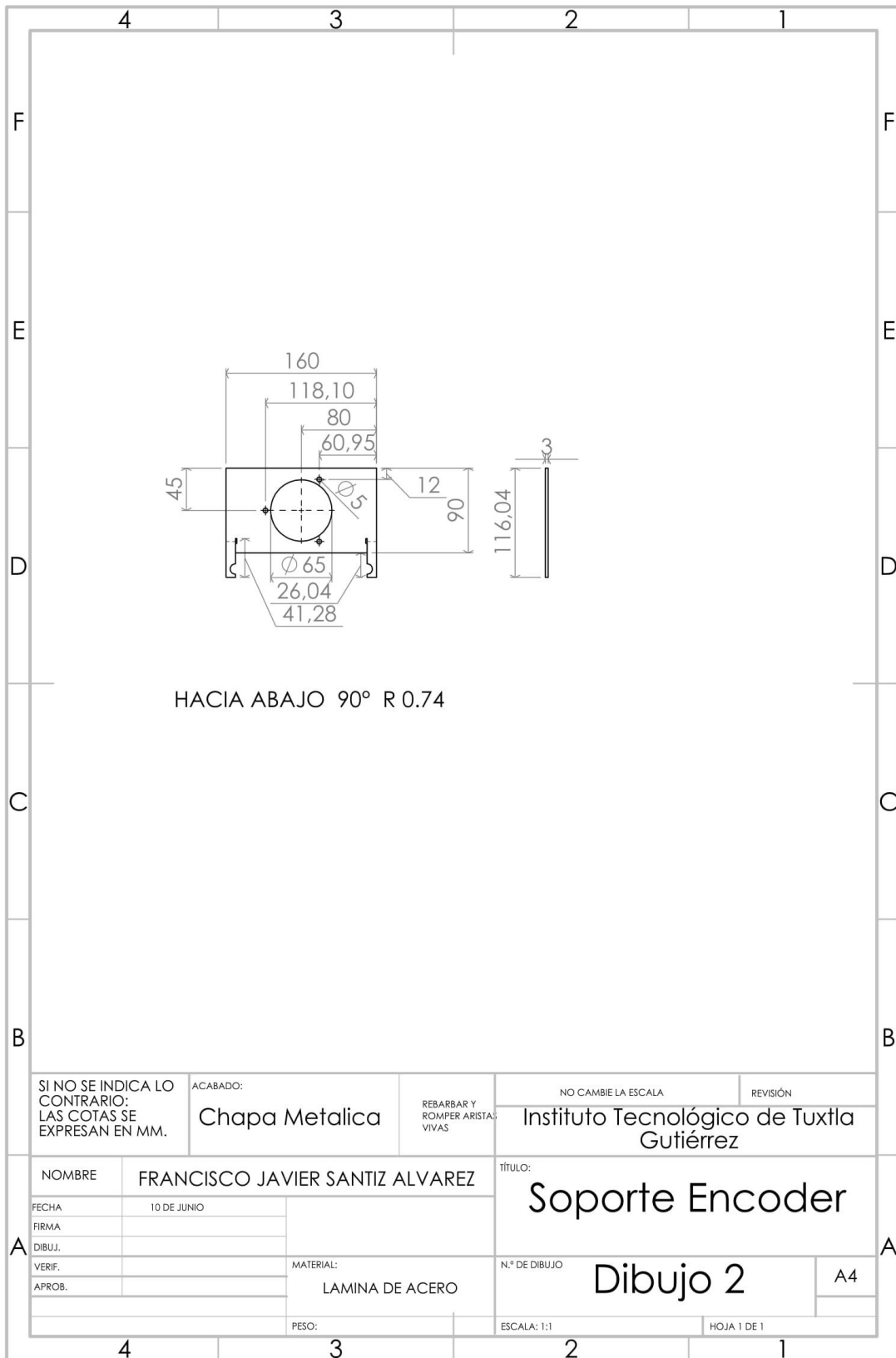
Publication 873M-PP001B-EN-P – November 2013  
Supersedes Publication 873M-PP001A-EN-P – October 2012

Copyright © 2013 Rockwell Automation, Inc. All Rights Reserved. Printed in USA.

**Anexo 3.- Plano de diseño de la placa para soportar el sensor.**



**Anexo 4.- Plano de diseño del portador del encoder.**



**Anexo 5.- Plano de diseño de las perforaciones que se le ara a la cruz de soporte.**

