

DISEÑO DE UN EXTENSÓMETRO PARA LA MEDICIÓN DEL ESFUERZO EN LAS  
NANOFIBRAS DE POLÍMEROS PARA USO BIOLÓGICO

ESTEBAN ELÍAS GIRALDO SALAZAR  
SEBASTIAN ARIAS LÓPEZ

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE TECNOLOGÍAS  
INGENIERIA MECATRÓNICA  
PEREIRA  
2013

DISEÑO DE UN EXTENSÓMETRO PARA LA MEDICIÓN DEL ESFUERZO EN LAS  
NANOFIBRAS DE POLÍMEROS PARA USO BIOLÓGICO

ESTEBAN ELÍAS GIRALDO SALAZAR  
SEBASTIAN ARIAS LÓPEZ

Proyecto para optar al título de Ingeniero Mecatrónico

Director  
M.Sc. José Agustín Muriel Escobar

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE TECNOLOGÍAS  
INGENIERIA MECATRÓNICA  
PEREIRA  
2013

Nota de aceptación:

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado:

---

Firma del presidente del jurado:

---

Pereira, 19 de junio de 2013

*A Dios, a mis Padres*

*A mi Familia*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a DIOS, por iluminarnos, darnos los conocimientos para optar por el título.

A nuestro director de proyecto Agustín Muriel, por sus conocimientos y su asesoría.

A nuestros padres Nelly, Horacio, Clara Isabel y Jesus Elias por sus enseñanzas y apoyo.

A nuestros hermanos Jorge Eduardo, Sergio Oswaldo, Ana Mercedes, Valentina y Marianita por comprensión y acompañamiento.

A nuestras novias Laura Jimena y Gina, por su apoyo constante en el camino que nos llevaron a conquistar tan magnífico logro profesional.

A mi hija Estefany Andrea, mi sobrina Samanta y mis sobrinos y ahijados Catalina y Nicolás por estar allí en mi camino.

A todas las personas que de alguna u otra forma han estado involucradas de manera directa o indirecta en éste trabajo, mil gracias a todos.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE TABLAS .....	8
LISTA DE FIGURAS .....	9
LISTA DE GRÁFICAS.....	11
LISTA DE ANEXOS .....	12
1. TÍTULO .....	13
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	14
2.1 Planteamiento .....	14
3. JUSTIFICACIÓN.....	15
4. OBJETIVOS.....	16
4.1 Objetivo General .....	16
4.2 Objetivos Específicos .....	16
5. MARCO REFERENCIAL.....	17
5.1 Marco Histórico .....	17
5.2. Marco Histórico Conceptual.....	17
5.3. Marco Teórico .....	19
5.3.1 Tracción.....	19
5.3.1.1 Probetas Para Traccion .....	21
5.3.1.2 Modo Y Tiempo De Aplicacion De Las Cargas .....	22
5.3.1.3 Determinaciones A Efectuar En Un Ensayo De Traccion Estatico .....	23
5.3.1.4 Curvas De Comportamientos En Distintos Materiales.....	24
5.3.1.5 Medida Para La Ductilidad.....	27
5.3.1.6 Medida De Elasticidad .....	28
5.3.1.7 Modulo De Resiliencia .....	30
5.3.1.8 Tenacidad.....	30
5.3.2 Determinación Del Módulo De Elasticidad.....	31

5.3.2.1 Consideraciones teóricas generales.....	31
5.3.2.2 Procedimiento.....	33
5.3.2.3 Modulo de elasticidad para materiales que no cumplen ley de Hooke.....	34
5.3.3 Ensayo A la tracción de dos materiales, Sae 1015 & Sae 1045.....	36
5.3.3.1 Ensayo de tracción SAE 1015 .....	36
5.3.3.2 Ensayo de tracción SAE 1045 .....	37
6. ESQUEMA TEMÁTICO.....	39
6.1 Diseño de un sistema para la medición con exactitud de las propiedades mecánicas de tejidos biológicos. ....	39
6.2 Diseño mecánico del extensómetro: .....	39
6.3 Diseño electrónico del extensómetro: .....	44
6.4 Elaboración de simulaciones del diseño para el sistema de medición. ....	48
7. RESULTADOS.....	54
7.1 Resultado de los análisis en la simulación de esfuerzos aplicados a diferentes polímeros, a traves, del software Solidwork E-Drawing .....	54
7.1.1 Cloruro De Polivinilo (PVC).....	54
7.1.2 Polietileno Reticulado .....	55
7.1.3 Polimetilmetacrilato (PMMA).....	57
7.2 Variables y método de medición en la simulación de esfuerzo, aplicado al diseño del extensometro. ....	58
7.2.1 Termografía.....	58
7.2.2 Tensiones De Von Mises o equivalentes .....	59
7.2.3 Datos resultantes del análisis estático lineal.....	59
8. CONCLUSIONES .....	60
9. RECOMENDACIONES .....	61
10. BIBLIOGRAFÍA.....	62
11. ANEXOS.....	63

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Valores típicos del módulo de elasticidad.....	28
Tabla 2. Propiedades elásticas de materiales representativos a temperatura ordinaria ...	29
Tabla 3. Modulo de resiliencia para materiales.....	30
Tabla 4. Tabulacion del CLORURO DE POLIVINILO (PVC).....	54
Tabla 5. Tabulacion del POLIETILENO RETICULADO.....	56
Tabla 6. Tabulacion del POLIMETILMETACRILATO (PMMA) .....	57

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. INSTRON 600DX > DE \$ 50,000 dólares = 88,275,000 Pesos colombianos (1 dólar = 1,765.50 pesos colombianos) .....	17
Figura 2. BIONIX > DE \$ 20,000 dólares = 35,310,000 Pesos colombianos ( 1 dólar = 1,765.50 pesos colombianos) .....	18
Figura 3. UAM-IZT 75,000.00 pesos mexicano = 11,530,071.67 pesos colombianos .....	19
Figura 4. Probeta de tracción a utilizar según la norma IRAM .....	22
Figura 5. Alargamiento y ruptura de la probeta. ....	31
Figura 6. Extensómetro MK3 .....	33
Figura 7. Comparación entre el SAE 1015 & SAE 1045.....	38
Figura 8. Estructura y rieles de desplazamiento .....	40
Figura 9. Porta sensor y sensor .....	41
Figura 10. Mordaza superior e inferior .....	41
Figura 11. Pulsador de marcha, tornillo M6 x 1.0, Movimiento traslacional .....	42
Figura 12. Carcasas y soportes del extensómetro .....	42
Figura 13. Diseño del extensómetro en Solidwork-2011 .....	43
Figura 14. Diseño del extensómetro Renderizado .....	44
Figura 15. Imagen Renderizada con otro fondo .....	44
Figura 16. Esquema De Funcionamiento Del Inductosyn.....	46
Figura 17. Diagrama de terminales PIC16F874/877A.....	47
Figura 18. Microcontrolador PIC16F877A.....	48
Figura 19. Tension de Von Mises (PVC).....	49
Figura 20. Desplazamiento Estatico (PVC).....	49
Figura 21. Tension de Von Mises (Polietileno Reticulado) .....	50

Figura 22. Desplazamiento estático (Polietileno Reticulado).....	51
Figura 23. Tension de Von Mises (PMMA).....	52
Figura 24. Desplazamiento estático (PMMA) .....	52
Figura 25. Termografía de un automóvil .....	59

## LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Grafica 1. Comportamiento de los diferentes materiales ante una carga y una deformación .....	20
Grafica 2.HULE BLANDO, (Esfuerzo – Deformacion).....	25
Grafica 3.YESO DE PARIS, (Esfuerzo – Deformacion).....	25
Grafica 4. ACERO 1030, (Esfuerzo – Deformacion) .....	26
Grafica 5. CARBURO DE TUNGSTENO, (Esfuerzo – Deformacion) .....	26
Grafica 6. Comportamiento del cobre policristalino. ....	27
Grafica 7. Determinación gráfica del módulo de elasticidad.....	32
Grafica 8. Comportamiento del SAE 1015 .....	37
Grafica 9. Comportamiento del SAE 1045 .....	38
Grafica 10. VON MISES, CLORURO DE POLIVINILO (PVC).....	54
Grafica 11. DESPLAZAMIENTO, CLORURO DE POLIVINILO (PVC) .....	55
Grafica 12. VON MISES, POLIETILENO RETICULADO.....	56
Grafica 13. DESPLAZAMIENTO, POLIETILENO RETICULADO .....	57
Grafica 14. VON MISES, POLIMETILMETACRILATO (PMMA) .....	58
Grafica 15. DESPLAZAMIENTO, POLIMETILMETACRILATO (PMMA) .....	58

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. PLANOS MECÁNICOS DEL EXTENSÓMETRO .....	63
ANEXO 2. PROGRAMA EN EL MICROCONTROLADOR .....	78
ANEXO 3. HOJA DE DATOS DE MOTOR GMP36-555PM .....	112
ANEXO 4. HOJA DE DATOS DEL MICROCONTROLADOR PIC16F874A/877A .....	113

## 1. TÍTULO

Diseño de un extensómetro para la medición del esfuerzo en las nanofibras de polímeros para uso biológico.

## 2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

### 2.1 Planteamiento

Las válvulas cardiacas biológicas actualmente aplicadas en el mundo biomédico, son fabricadas de tejido animal, de porcinos y vacunos; pero estos tejidos presentan diferentes patologías postquirúrgicas como lo son: calcificación, desgarramiento de los puntos más altos del tejido, enfermedades de la sangre, además de su envejecimiento a través del tiempo.

Debido a los anteriores inconvenientes, se hace necesario crear un tejido para construir una válvula biológicamente absorbible por el cuerpo humano, con propiedades químicas que no presenten este tipo de patologías. A nivel latinoamericano, el instituto de investigaciones en materiales de la UNAM (Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Iztapalapa ubicada en México), está desarrollando este tejido, construyendo andamios de nanofibras, produciendo ácido poli láctico, que hace parte del grupo de los polímeros y posee las propiedades que se requieren para un prototipo de válvula llamada de "*trileaflet*" Poli (ε-caprolactona) (PCL).

Para el desarrollo de esta nueva válvula, se hace indispensable la medición con exactitud de las propiedades mecánicas de este material, haciéndose necesario en el proceso, la implementación de una máquina que permita realizar las pruebas de esfuerzo a este tipo de tejido. El logro de la válvula que se menciona resulta trascendental en el ámbito económico de las políticas de salud y mejorará notablemente el estilo de vida de muchos pacientes en el mundo. Con este trabajo de grado, se contribuirá a que la UNAM tenga el diseño del extensómetro y posteriormente ellos realicen su correspondiente construcción.

### 3. JUSTIFICACIÓN

El campo de la medicina se ha vuelto muy complejo ya que cada vez se hacen más necesarias nuevas tecnologías que garanticen la calidad de vida de las personas, el acceso de muchos laboratorios para obtener herramientas óptimas, se hace cada vez más exigente debido a los cambios tecnológicos, esto hace que las prácticas investigativas se desarrollen eficazmente para bajar los costos de herramientas ya existentes y facilitar el acceso a ellas, de este modo los costos de la medicina bajan y el tratamiento de enfermedades se vuelve más seguro y así los beneficios pueden ser experimentados por muchas personas en el mundo.

Teniendo en cuenta lo anterior, se hace referencia a las máquinas para la medición de la elongación de materiales aplicables a tejidos biológicos, ya que se consiguen en el extranjero a un costo elevado. Por esta razón, un desarrollo nacional baja notablemente los costos de adquisición, además de la disminución en los costos de mantenimiento, debido a que el conocimiento es desarrollado por los autores de este trabajo de grado.

El desarrollo de este sistema es un valioso aporte al proyecto del instituto de investigación de materiales de la UNAM, sobre el prototipo de la válvula de "trileaflet" Poli (ε-caprolactona) (PCL ya que se implementarían técnicas para el mejoramiento de tratamientos médicos.

Por consiguiente, el tener este diseño para luego ser implementado en nuestro medio, es de suma importancia, ya que con ello se pueden realizar extensómetros a muy bajo costo, donde los grupos de investigación que desarrollan este tipo de análisis se pueden beneficiar, implementando extensómetros y evitando tener que conseguirlos a un costo más alto y desarrollados a sus necesidades.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo General**

Diseñar un sistema para la medición del esfuerzo mecánico en las nanofibras de los polímeros para uso biológico.

### **4.2 Objetivos Específicos**

- Investigar el estado del arte de las máquinas para pruebas en materiales biológicos.
- Realizar un diseño de tipo mecánico teniendo en cuenta los centros de producción de nanofibras de polímeros como tejido base para la aplicación de pruebas.
- Diseñar un prototipo de extensómetro para medir la resistencia mecánica del tejido biológico.

## 5. MARCO REFERENCIAL

### 5.1 Marco Histórico

La nano-tecnología se refiere a la creación y control de objetos a una nano-escala.

No es una disciplina como la química o la física, sino más bien es una herramienta para manipular materiales a muy pequeña escala. La nano-tecnología se ha desarrollado después que se comenzó a observar que los materiales pueden cambiar dramáticamente sus propiedades en la medida que se reduce su tamaño, hasta ser pequeños grupos de átomos.

Se piensa que se pueden llegar a construir objetos usando átomos o moléculas, y en esta forma llegar a disponer por ejemplo, de circuitos integrados de ultra alta capacidad de almacenaje, donde los cables tengan el diámetro de átomos y sus circuitos sean a escala nanométricas, o tal vez máquinas a una nano-escala que se puedan ensamblar a sí mismas. Pero se teme también que los productos a nano-escala puedan ser como venenos dentro de un organismo y que además puedan llegar a dañar el ambiente.

Este proyecto se está desarrollando debido a la necesidad por mejorar y diseñar un sistema para la medición del esfuerzo mecánico en las nanofibras

### 5.2. Marco Histórico Conceptual

Existen en la actualidad variedad de extensómetros comerciales, a continuación se mencionan algunas:

En la figura 1, se puede observar un extensómetro cuyas aplicaciones son de tracción, compresión y doblado.

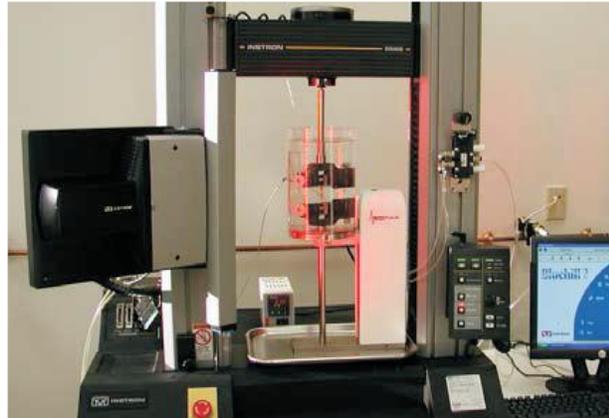
Características técnicas de un extensómetro:

- Capacidad de carga dinámica de 600 kN (Tracción y Compresión).
- Extensómetros: dinámicos, temperatura elevada (hasta 1000°C), CODs para ensayos de fractura.

Aplicaciones:

- Ensayos de tracción.
- Ensayos de compresión y doblado

Figura 1. Extensómetro referencia Instron 600DX



Fuente: <http://www.instron.com/wa/product/Tension-Testers.aspx>)

Este equipo desarrollado por la empresa MTS<sup>1</sup> para el ensayo de las propiedades mecánicas en escala nanométrica posee un dispositivo de ensayos, un ordenador, una unidad de adquisición/control de datos y un *Continuos Dynamic Analysis* (CDA).

El dispositivo de ensayos posee un *Nano Mechanical Actuating Transducer* (NMAT) unas mordazas y un bastidor móvil.

En la Figura 2, se presenta un extensómetro cuyas aplicaciones son de tracción, compresión y doblado

Figura 2. BIONIX



---

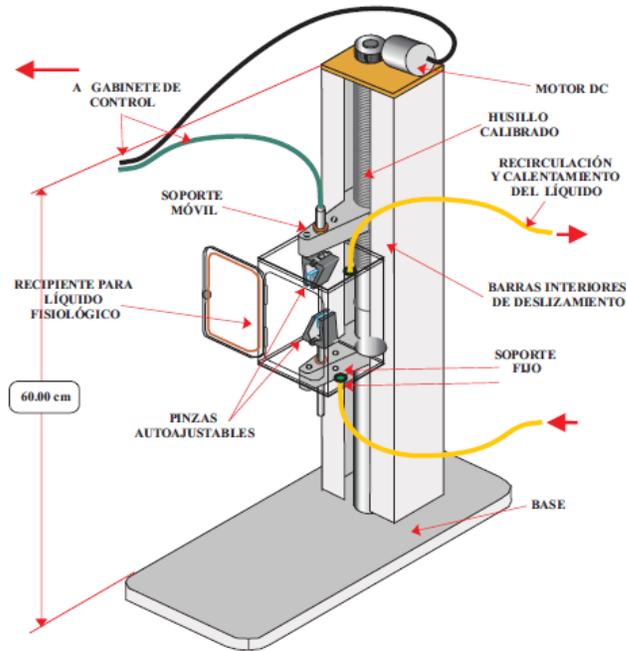
<sup>1</sup> Empresa Alemana MTS

Fuente: <http://www.instron.com/wa/product/Tension-Testers.aspx>

Este equipo realiza ensayos de tracción mediante el desplazamiento del bastidor y superpone una onda de carga armónica sinusoidal a la carga aplicada, lo que a su vez permite medir los desplazamientos debido a la onda anterior.

En la Figura 3, se presenta un extensómetro de tejido vivo cuyas aplicaciones son de tracción, compresión y doblado para medir la resistencia mecánica de la nanofibra del tejido.

Figura 3. UAM-IZT



Fuente: <http://www.instron.com/wa/product/Tension-Testers.aspx>

### 5.3. Marco Teórico

El extensómetro, es un dispositivo empleado para la realización de pruebas destructivas a la tracción, aquí se evalúa lo siguiente: límite de fluencia, límite elástico, límite de ruptura, el esfuerzo admisible, entre otras.

A continuación se profundiza en la tracción, donde se explica cómo se extrae cada dato que arroja la probeta que se está analizando.

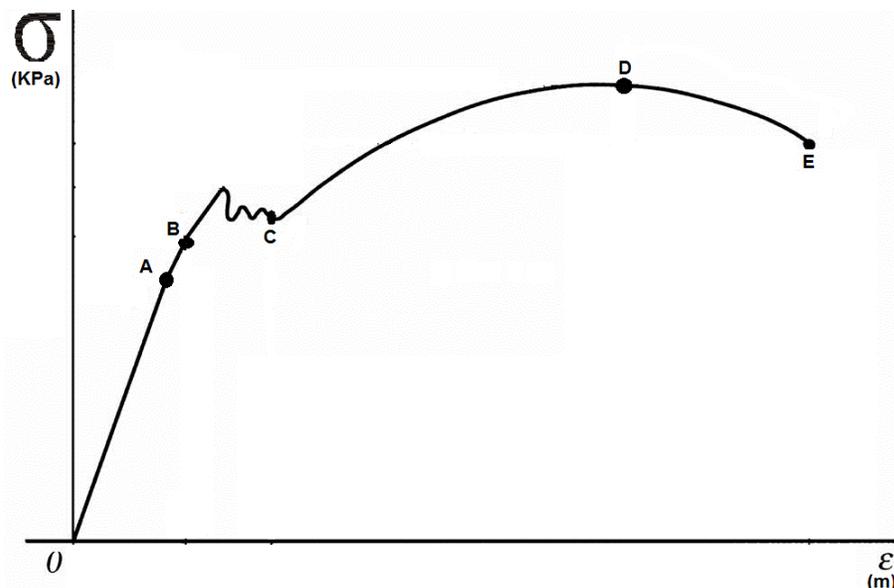
#### 5.3.1 Tracción

Un cuerpo se encuentra sometido a tracción simple cuando sobre sus secciones transversales se le aplican cargas normales uniformemente repartidas y de modo de tender a producir su alargamiento.

Por las condiciones de ensayo, el de tracción estática es el que mejor determina las propiedades mecánicas de los metales, o sea aquella que definen sus características de resistencia y deformabilidad. Permite obtener, bajo un estado simple de tensión, el límite de elasticidad o el que lo reemplace prácticamente, la carga máxima y la consiguiente resistencia estática, en base a cuyos valores se fijan los de las tensiones admisibles o de proyecto ( $\sigma_{adm.}$ ) y mediante el empleo de medios empíricos se puede conocer, el comportamiento del material sometidos a otro tipo de sollicitaciones (fatiga, dureza, etc.).

Cuando la probeta se encuentra bajo un esfuerzo estático de tracción simple, a medida que aumenta la carga, se estudia esta en relación con las deformaciones que produce. La gráfica 1, permite deducir los puntos y zonas características de los materiales que son estudiados para ser utilizados en los tejidos para realizar los andamios.

Gráfica 1. Comportamiento de los diferentes materiales ante una carga y una deformación



Fuente: <http://matematicas-nestor.blogspot.com/2008/02/tarea-5-mecnica-de-slidos.html>

Un caso típico es el diagrama que presenta la gráfica (1), de un acero dúctil en donde el eje de las ordenadas corresponde a las cargas y el de la abscisa al de las deformaciones longitudinales o alargamientos en milímetros.

### 1) Periodo elástico

Se observa en el diagrama que el comienzo, desde el punto (O) hasta el A, está representado por una recta que nos pone de manifiesto la proporcionalidad entre los alargamientos y las cargas que lo producen (Ley de Hooke). Dentro de este periodo y proporcionalmente hasta el punto A, los aceros presentan la particularidad de que la barra retoma su longitud inicial al cesar la aplicación de la carga, por lo que recibe indistintamente el nombre de **periodo de proporcionalidad o elástico**.

### 2) Zona de alargamiento pseudoelástico

Para el límite proporcional se presentan un pequeño tramo ligeramente curvo AB, que puede confundirse prácticamente con la recta inicial, en el que los alargamientos elásticos se les suma una muy pequeña deformación que presenta registro no lineal en el diagrama de ensayo. La deformación experimentada desde el límite proporcional al B no solo alcanza a valores muy largos, sino que fundamentalmente es recuperable en el tiempo, por lo que a este punto del diagrama se lo denomina **límite elástico o aparente o superior de fluencia**.

### **3) Zona de fluencia o escurrimiento**

El punto B marca el inicio de oscilaciones o pequeños avances y retrocesos de la carga con relativa importante deformación permanente del material. Las oscilaciones en este periodo denotan que la fluencia no se produce simultáneamente en todo el material, por lo que las cargas se incrementan en forma alternada, fenómeno que se repite hasta el escurrimiento es total y nos permite distinguir los “límites superiores de fluencia”. El límite elástico aparente puede alcanzar valores de hasta el 10% al 15% mayores que el límite final de fluencia.

### **4) Zona de alargamiento homogéneo en toda la probeta.**

Más allá del punto final de fluencia C, las cargas vuelven a incrementarse y los alargamientos se hacen más notables, es decir que ingresa en el período de las grandes deformaciones, las que son uniformes en todas las probetas hasta llegar a D, por disminuir, en igual valor en toda la longitud del material, la dimensión lineal transversal. El final de período de alargamiento homogéneo queda determinado por la carga máxima, a partir de la cual la deformación se localiza en una determinada zona de la probeta, provocando un estrechamiento de las secciones que la llevan a la rotura, al período DE se lo denomina de estricción. En la zona plástica se produce, por efecto de la deformación, un proceso de endurecimiento, conocido con el nombre de “acritud”, que hace que al alcanzar el esfuerzo la resistencia del metal, éste al deformarse adquiere más capacidad de carga, lo que se manifiesta en el gráfico hasta el punto D.

### **5) Zona de estricción**

En el período de estricción, la acritud, si bien subsiste, no puede compensar la rápida disminución de algunas secciones transversales, produciéndose un descenso de la carga hasta la fractura.

#### **5.3.1.1 Probetas para tracción**

Las probetas para los ensayos de tracción pueden ser: industriales o calibradas; estas últimas, se emplean en experiencias más rigurosas y adoptan formas perfectamente cilíndricas o prismáticas, con extremos ensanchados, no solo para facilitar su sujeción en la máquina de ensayo, sino para asegurar la rotura dentro del largo calibrado de menor sección; en la cual se marcan los denominados “Puntos fijos de referencia” a una

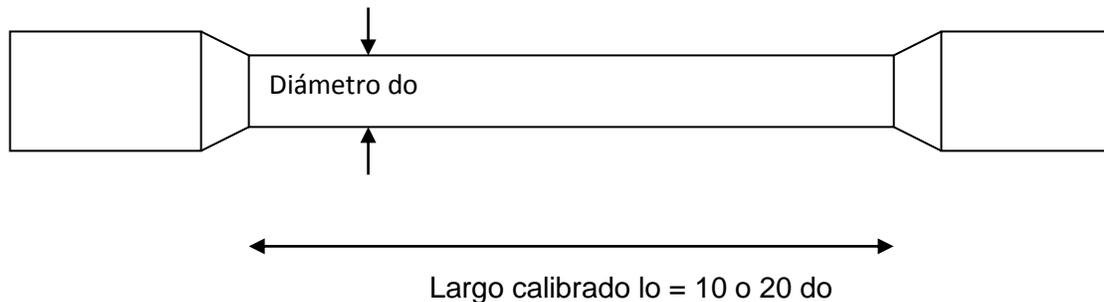
distancia inicial preestablecida ( $l_0$ ), que permitirá después de la fractura, juntando los trozos, determinar la longitud final entre ellos ( $L$ ).

Estos hechos han motivado la normalización de la longitud inicial, estipulándose que dos o más ensayos pueden compararse en sus alargamientos, si las probetas son geoméricamente semejantes, lo que se logra cuando  $l_0$  es proporcional al diámetro o raíz cuadrada de la sección. O sea que los ensayos sobre probetas distintas resultan comparables si se cumple que la ley de semejanza:

$$L_0 = K\sqrt{S_0} \dots\dots K = \frac{L_0}{S_0} \dots\dots\dots \frac{L_0}{\sqrt{S_0}} = \frac{L'_0}{\sqrt{S'_0}} = \dots\dots\dots = K \quad (1)$$

Para esta probeta, se citaron dos normas: la primera la ASTM (Sociedad Americana Para Pruebas y Materiales), donde su principal objetivo es estudiar la composición de los materiales que cumplan con el mínimo de requisitos para la función que van a desempeñar y la segunda norma la IRAM (Instituto Argentino de Normalización y Certificados), es basada en la medición de las probetas donde estas deben de estar dentro de un rango ya establecido, para así tener la confianza sobre el material analizado.

Figura 4. Probeta de tracción a utilizar según la norma ASTM o IRAM



Fuente: <http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi2000/santa-fe-sur/ensayodemateriales/Ensayos/Traccion.htm>

### 5.3.1.2 Modo y tiempo de aplicación de las cargas.

La carga debe aplicarse de tal manera que el esfuerzo resulte uniformemente distribuido sobre la sección transversal del material.

Tratándose de ensayos estáticos el incremento de carga se efectúa en forma muy lenta, para evitar los efectos de las fuerzas de inercia, velocidad que se fija según las normas y materiales, adoptándose generalmente una variación de  $0,1 \text{ Kg/mm}^2$  y por segundo aproximadamente hasta alcanzar el límite de fluencia, a partir del cual puede llegarse como máximo a  $50 \text{ Kg/mm}^2$  por minuto.

Resulta de gran importancia la velocidad de la aplicación de la carga de ensayo, pues su incremento produce un retraso en la aparición de las deformaciones plásticas y un

aumento de la resistencia del material. Si las cargas se aplican en forma extremadamente lentas se obtiene una disminución del límite de fluencia y un aumento de la resistencia, aunque a expensas de la ductilidad, que disminuye considerablemente.

### 5.3.1.3 Determinaciones a efectuar en un ensayo de tracción estático

El ensayo de tracción es el que mejor define las “propiedades mecánicas” de los metales sometidos a la acción de cargas estáticas.

Estas propiedades quedan determinadas si se calcula la aptitud del material a resistir las cargas que le pueden ser aplicadas (propiedades de resistencia) y las deformaciones que experimente por la acción de éstas (propiedades de deformaciones).

#### Propiedades mecánicas de resistencia:

Del gráfico de ensayo pueden determinarse los valores de las cargas a los límites proporcionales y de fluencia y la que corresponde a la máxima, que permiten calcular las tensiones convencionales que fijan las propiedades de resistencia.

Resistencia estática a la tracción.

$$\sigma_{ET} = \frac{P_{max}}{S_0} [Kg/mm^2] \quad (2)$$

Tensión al límite inicial de fluencia:

$$\sigma_f = \frac{P_f}{S_0} [Kg/mm^2] \quad (3)$$

Tensión al límite convencional 0,2.

$$\sigma_{0.2} = \frac{P_{0.2}}{S_0} [Kg/mm^2] \quad (4)$$

La determinación de los límites convencionales requiere el empleo de extensómetro o máquinas con registradores electrónicos.

#### Propiedades mecánicas de deformabilidad:

Alargamiento de rotura: si antes de comenzar las experiencias se marcan sobre la probeta, en una generatriz o recta, los puntos de referencia de acuerdo con la norma aplicada ( $L_0$ ) después del ensayo, juntando los trozos, es factible medir la distancia que los separa ( $L$ ), de modo que el “alargamiento total” resulta:

$$\Delta l = l - l_0 \quad (5)$$

$$\delta\% = \frac{L_f - L_i}{L_i} \cdot 100 \text{ (Alargamiento de rotura)} \quad (6)$$

Conocido este valor se puede determinar el “alargamiento de rotura” que no es más que el unitario convencional correspondiente a la fractura, se lo indica con  $\psi\%$  en lugar de  $\delta\%$  como es establecido para cualquier otro punto de diagrama.

Estricción: como ya sabemos, una vez alcanzada la carga máxima se produce un estrangulamiento en una zona determinada de la probeta. Esta disminución de sección hace que se llegue a la rotura cuando la carga es inferior a la máxima aplicada, diferencia que se acrecienta con la ductilidad del material. **(Estricción).**

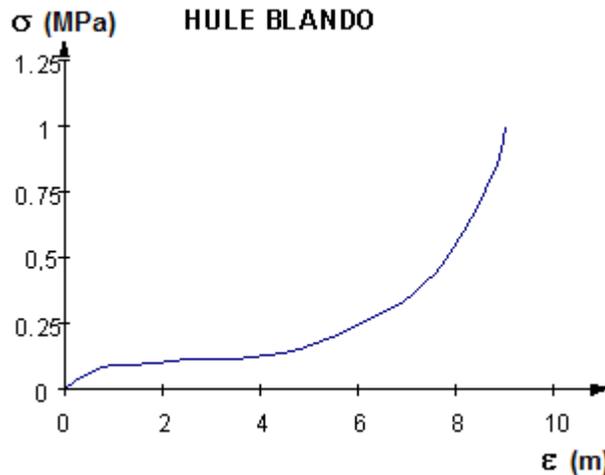
$$\psi.\% = \frac{S_i - S_f}{S_i} \cdot 100 \quad (7)$$

La estricción será, entonces la disminución relativa porcentual de la sección transversal de la rotura.

#### 5.3.1.4 Curvas de comportamientos en distintos materiales

Comportamiento del HULE BLANDO, ante la resistencia mecánica que éste soporta, según Esfuerzo – Deformación, (Ver Gráfica 2).

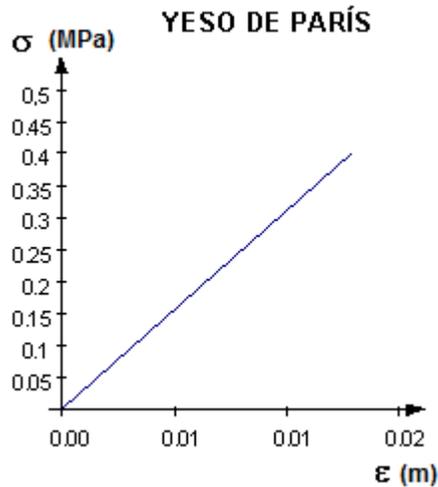
Gráfica 2. HULE BLANDO, (Esfuerzo – Deformacion)



Fuente: <http://www.docstoc.com/docs/117004196/EI-gr%EF%BF%BDfco-de-la-probeta-de-tracci%EF%BF%BDn-a-utilizar-es-seg%EF%BF%BDn-la-norma-IRAM>

Comportamiento del YESO DE PARIS, ante la resistencia mecánica que este soporta, según Esfuerzo – Deformacion, (Ver Grafica 3).

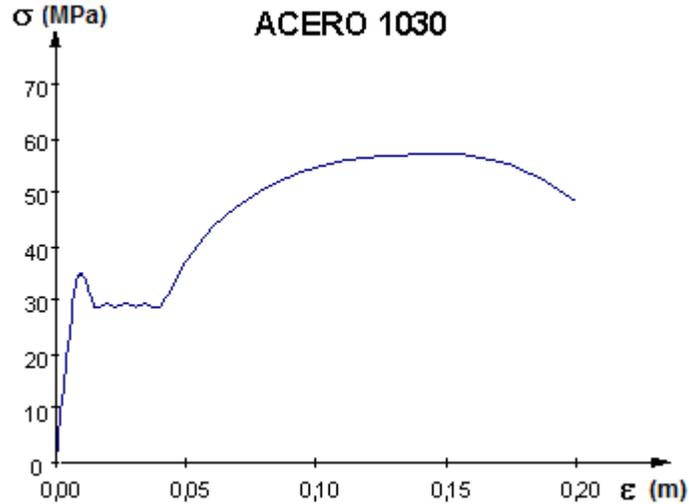
Gráfica 3. YESO DE PARIS, (Esfuerzo – Deformacion)



Fuente: <http://www.docstoc.com/docs/117004196/EI-gr%EF%BF%BDfco-de-la-probeta-de-tracci%EF%BF%BDn-a-utilizar-es-seg%EF%BF%BDn-la-norma-IRAM>

Comportamiento del ACERO 1030, ante la resistencia mecánica que este soporta, según Esfuerzo – Deformacion, (Ver Grafica 4).

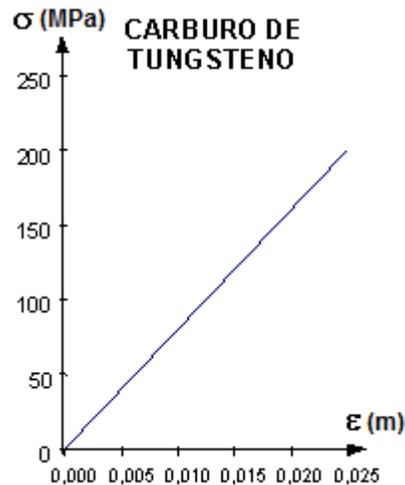
Gráfica 4. ACERO 1030, (Esfuerzo – Deformacion)



Fuente: <http://www.docstoc.com/docs/117004196/EI-gr%EF%BF%BDfco-de-la-probeta-de-tracci%EF%BF%BDn-a-utilizar-es-seg%EF%BF%BDn-la-norma-IRAM>

Comportamiento del CARBURO DE TUNGSTENO, ante la resistencia mecánica que este soporta, según Esfuerzo – Deformacion, (Ver Grafica 5).

Gráfica 5. CARBURO DE TUNGSTENO, (Esfuerzo – Deformacion)

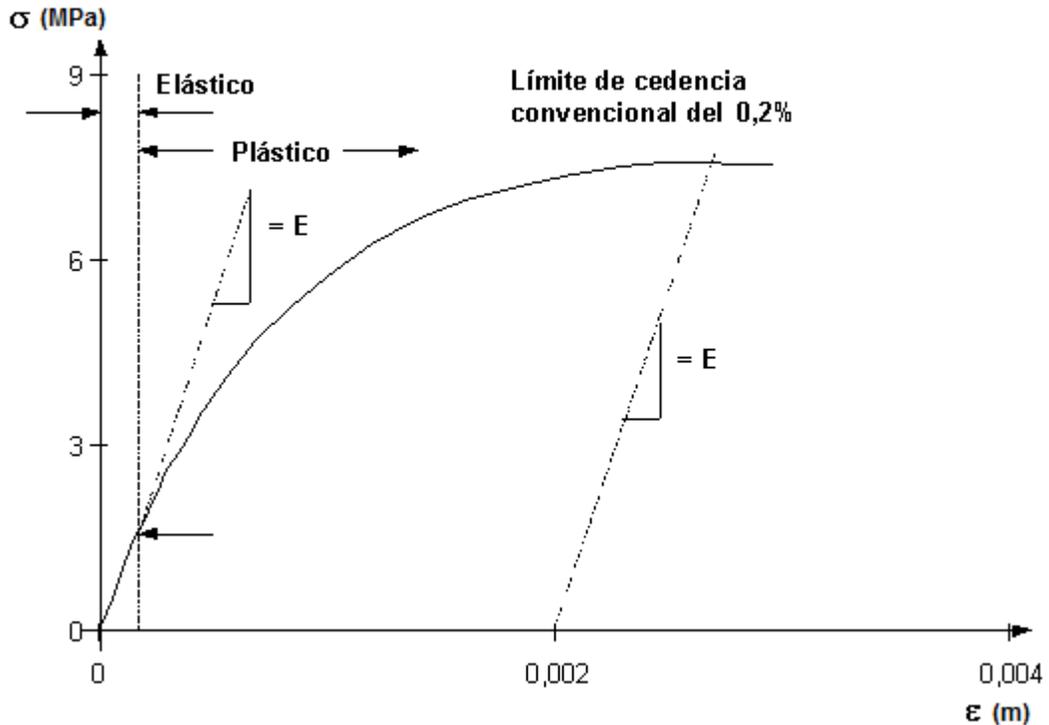


Fuente: <http://www.docstoc.com/docs/117004196/EI-gr%EF%BF%BDfco-de-la-probeta-de-tracci%EF%BF%BDn-a-utilizar-es-seg%EF%BF%BDn-la-norma-IRAM>

Finalmente, si la curva del material no presenta claramente dónde termina la zona elástica y comienza la zona plástica, se define como punto de fluencia al correspondiente a una deformación permanente del 0,2%. La **tabla (1)**, ilustra lo anterior, mostrando el diagrama de esfuerzo contra deformación para cobre policristalino.

Gráfica 6. Comportamiento del cobre policristalino, (Esfuerzo – Deformación)

### COBRE POLICRISTALINO



Fuente: <http://www.docstoc.com/docs/117004196/El-gr%C3%A1fico-de-la-probeta-de-tracci%C3%B3n-a-utilizar-es-seg%C3%BAn-la-norma-IRAM>

Región elástica y región plástica inicial que muestra el límite de fluencia para una deformación permanente de 0,2%.

#### 5.3.1.5 Medida para la ductilidad

El concepto de ductilidad es cualitativo, pues es una propiedad subjetiva del material. En general, las medidas de ductilidad son de interés en tres formas:

- para indicar hasta cuanto material puede ser fracturado sin deformarse en operaciones de procesos de conformación, tales como laminación o extrusión.
- para indicar al diseñador, de modo general, la habilidad del metal para fluir plásticamente antes de fractura.
- sirve como un indicador de cambio en los niveles de impureza o condiciones del proceso.

Las medidas convencionales de ductilidad que son obtenidas del ensayo de tracción son la deformación ingenieril en la fractura  $e_f$  y la reducción de área en la fractura  $q$ . ambas propiedades se obtienen después de fracturar el material, juntando nuevamente la probeta y realizando las mediciones de  $l_f$  y  $a_f$ .

$$e_f = (l_f - l_o)/l_o \quad (8)$$

$$q = (a_f - a_o)/a_o \quad (9)$$

$e_f$  = deformación en la fractura

Ambos valores se pueden expresar en porcentaje.

A causa de que una fracción apreciable de la deformación plástica se concentra en la región localizada (nuca - estricción) de la probeta de ensayo, el valor de  $e_f$  dependerá de la longitud de prueba  $l_o$  sobre la cual se realiza la medida. Una longitud de prueba menor aumentará la contribución de la elongación en la región de la nuca, aumentando el valor de  $e_f$ . Por lo tanto, el reporte del valor del porcentaje de deformación debe siempre referirse a un valor de longitud de prueba inicial  $l_o$ . Para el porcentaje de reducción de área no aparece este requerimiento.

### 5.3.1.6 Medida de elasticidad

La pendiente de la zona inicial (lineal) de la curva  $s$  vs  $e$  es el módulo de elasticidad o módulo de Young. A mayor módulo, es menor la deformación elástica resultante de la aplicación de un esfuerzo dado. Este valor está determinado por las fuerzas de enlace entre los átomos, siendo por ello una propiedad mecánica casi que inmodificable. Puede ser ligeramente afectada por los elementos de aleación, tratamientos térmicos y por el trabajo en frío (conformación en frío). El incremento en la temperatura de trabajo puede disminuir éste valor.

Tabla 1. Valores típicos del módulo de elasticidad.

MÓDULO DE ELASTICIDAD PSI $\times 10^{-6}$				
MATERIAL	TEMP. AMBIENTE	400 °F	800 °F	1000 °F
ACEROS AL CARBONO	30.0	27.0	22.5	19.5
ACEROS INOXIDABLES AUSTENÍTICOS	28.0	25.5	23.0	22.5
ALEACIONES DE TITANIO	16.5	14.0	10.7	10.1
ALEACIONES DE ALUMINIO	10.5	9.5	7.8	

Fuente: <http://www.docstoc.com/docs/117004196/EI-gr%EF%BF%BDficio-de-la-probeta-de-tracci%EF%BF%BDn-a-utilizar-es-seg%EF%BF%BDn-la-norma-IRAM>

Posteriormente, se logra evidenciar las propiedades elásticas de materiales representativos a temperatura ordinaria. Como se muestra en la siguiente tabla. (Ver Tabla 2).

Tabla 2. Propiedades elásticas de materiales representativos a temperatura ordinaria

<b>PROPIEDADES ELÁSTICAS DE MATERIALES REPRESENTATIVOS A TEMPERATURA ORDINARIA</b>			
<b>MATERIAL</b>	<b>MODULO YOUNG</b>	<b>RELACIÓN DE POISSON</b>	<b>RIGIDEZ ESPECÍFICA E/P</b>
	E, 10 <sup>10</sup> N/M <sup>2</sup>	V	10 <sup>6</sup> N.M/KG.
GRAFITO	100		5000
CRISTALES DE AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (ZAFIRO)			
[1010]	230		580
[1120]	125		310
[0001]	48		120
BORO	45	0.21	190
CARBURO SINTERIZADO (WC)	65	0.20	46
VÍTREO - CERÁMICO	10	0.25	39
VIDRIO DE SÍLICE	8	0.24	32
ALEACIONES DE ALUMINIO	7	0.33	26
ACERO	20	0.28	25
TUNGSTENO	41	0.28	21
MADERA (TÍPICA):			
LONGITUDINAL	1	~0.04	16
RADIAL	0.07	~0.3	1
TANGENCIAL	0.06	~0.5	1
ALEACIONES DE COBRE	12	0.35	13
NILON (NYLON)	0.3	0.48	3
POLIETILENO	0.04	0.3	0.4

Fuente: <http://www.docstoc.com/docs/117004196/EI-gr%EF%BF%BDfco-de-la-probeta-de-tracci%EF%BF%BDn-a-utilizar-es-seg%EF%BF%BDn-la-norma-IRAM>

Para Convertir N/M<sup>2</sup> En Kgf/Cm<sup>2</sup>, Multiplique Por 1020 x 10<sup>-5</sup> Y En Lb/Pulg<sup>2</sup>, Por 1450 x 10<sup>-4</sup>

### 5.3.1.7 Módulo de resiliencia

Definimos el módulo de resiliencia, o resiliencia elástica de un material, a la energía absorbida por este durante la deformación elástica, la cual puede recuperarse al descargar el material. Este valor es la energía por unidad de volumen requerida para llevar el material desde un esfuerzo nulo hasta el valor de esfuerzo de fluencia o límite elástico  $s_o$ .

La energía de deformación por unidad de volumen para el caso de esfuerzo de tracción uniaxial

$$u_o = \frac{1}{2} s_x \cdot e_x \quad (10)$$

De la definición, el módulo de resiliencia es

$$u_r = \frac{1}{2} s_o \cdot e_o = \frac{s_o^2}{2e} \quad (11)$$

Siendo  $e_o$  la deformación unitaria para fluencia.

En la gráfica 6, el valor del módulo es el área bajo la región elástica, y una material con alto módulo debe poseer un elevado valor de esfuerzo de fluencia y un bajo valor de  $e_i$ . En este caso el material podrá soportar altas cargas de energía sin que se produzcan deformaciones permanentes que en aplicaciones prácticas sería el caso de los resortes mecánicos.

Tabla 3. Módulo de resiliencia para materiales.

MATERIAL	E <sub>i</sub> (PSI)	S <sub>o</sub> (PSI)	MODULO DE RESILIENCIA U <sub>R</sub>
ACERO MEDIO CARBONO	30 × 10 <sup>6</sup>	45000	33.70
ACERO ALTO CARBONO	30 × 10 <sup>6</sup>	140000	320.00
DURALUMINIO	10.5 × 10 <sup>6</sup>	18000	17.00
COBRE	16 × 10 <sup>6</sup>	4000	5.30
CAUCHO	150	300	300.00
ACRÍLICO (POLÍMERO)	0.5 × 10 <sup>6</sup>	2000	4.00

Fuente: <http://www.docstoc.com/docs/117004196/EI-gr%E1%BF%BDfco-de-la-probeta-de-tracci%E1%BF%BDn-a-utilizar-es-seg%E1%BF%BDn-la-norma-IRAM>

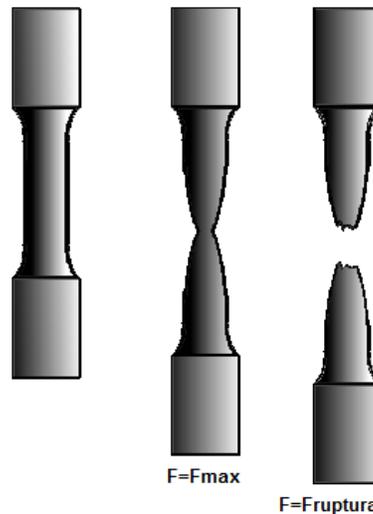
### 5.3.1.8 Tenacidad

La tenacidad de una material es la habilidad para absorber energía durante la deformación plástica, capacidad para soportar esfuerzos ocasionales superiores al esfuerzo de fluencia, sin que se produzca la fractura, propiedad de gran valor en piezas que sirven de acoplamiento en vagones, engranajes, cadenas y ganchos de grúas.

La tenacidad es un concepto comúnmente utilizado, pero difícil de medir y definir. Las formas de concretar el concepto es calcular el área bajo la curva de esfuerzo vs deformación, o mediante ensayos de impacto.

La tenacidad es un parámetro que involucra la resistencia mecánica y la ductilidad.

Figura 5. Alargamiento y ruptura de la probeta.



Fuente: <http://www.docstoc.com/docs/117004196/EI-gr%EF%BF%BDfoco-de-la-probeta-de-tracci%EF%BF%BDn-a-utilizar-es-seg%EF%BF%BDn-la-norma-IRAM>

### 5.3.2 Determinación del módulo de elasticidad.

#### 5.3.2.1 Consideraciones teóricas generales.

Según la ley de Hooke las deformaciones unitarias son proporcionales a los esfuerzos normales, es decir:

$$\sigma \cong \varepsilon \quad (12)$$

Cuando se encuentra en ciertos límites de esfuerzo, esta relación es lineal y puede ser expresada:

$$\sigma = E\varepsilon \quad (13)$$

Donde E es un coeficiente que depende de las propiedades del material y se denomina módulo de elasticidad (módulo de Young) longitudinal. Este coeficiente caracteriza la rigidez del material, es decir su capacidad de resistir las deformaciones.

Puesto que  $\varepsilon$  es una magnitud adimensional, de la fórmula (a) se deduce que E se mide en las mismas unidades que  $\sigma$ , es decir  $\text{kgf/cm}^2$  ó Pa.

Como se dijo anteriormente:  $\sigma = \frac{N}{A}$  y  $\varepsilon = \frac{\delta}{l}$ , de donde se deduce, teniendo en cuenta la ecuación (4), que:

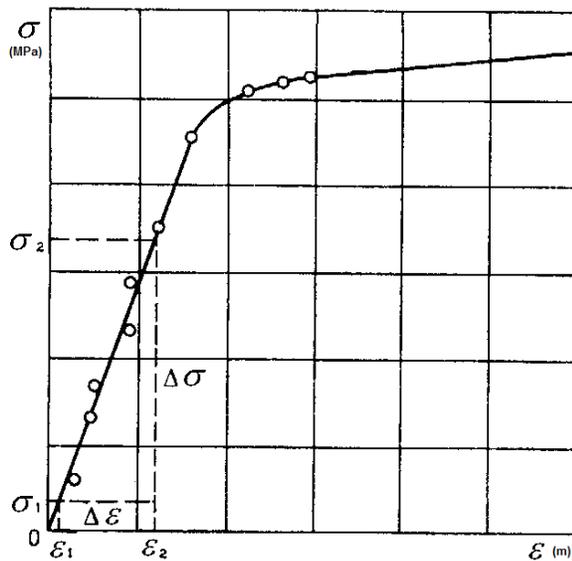
$$\delta = \frac{Nl}{EA} \quad (14)$$

Es decir, el módulo de elasticidad es muy útil para la determinación de las deformaciones que sufre el cuerpo cuando es sometido a una carga.

Si se observa con detenimiento, la fórmula (a), puede ser interpretada como la ecuación de una recta ( $y=ax+b$ ), entonces basta con determinar la relación entre los esfuerzos que surgen en una probeta ( $\sigma$ ), y las deformaciones unitarias causadas ( $\varepsilon$ ), expresar dicha relación en forma de gráfica  $\varepsilon - \sigma$  (para el rango de deformaciones elásticas), y determinar por medio de métodos gráficos (por ejemplo), la pendiente de la recta obtenida, este mismo dato será entonces el módulo de elasticidad que se pretende determinar experimentalmente (ver gráfica 7). De lo anterior se deduce que:

$$E = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} \quad (15)$$

Gráfica 7. Determinación gráfica del módulo de elasticidad



Fuente: <http://www.docstoc.com/docs/117004196/EI-gr%E1%BF%BDfco-de-la-probeta-de-tracci%E1%BF%BDn-a-utilizar-es-seg%E1%BF%BDn-la-norma-IRAM>

### 5.3.2.2 Procedimiento

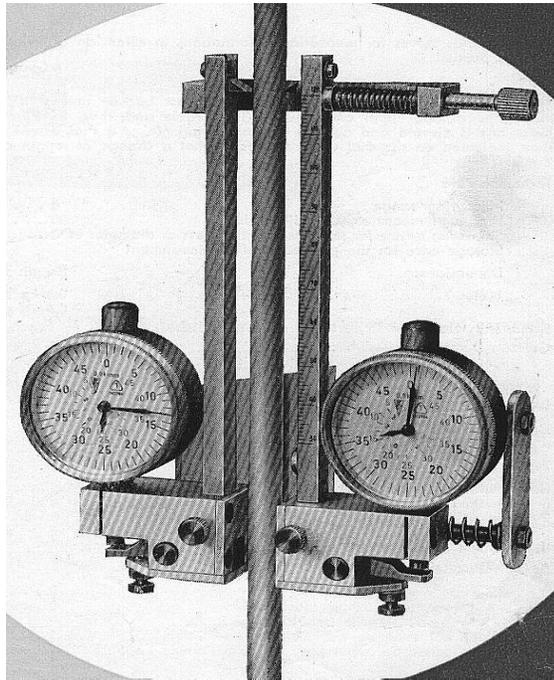
Para obtener el módulo de elasticidad de los materiales metálicos se debe someter las probetas a tracción axial, medir las variables fuerza  $F$  y alargamiento ( $\Delta l$  ó  $\delta$ ), a incrementos conocidos de fuerza. Con los datos obtenidos construir el gráfico  $\varepsilon - \sigma$ . Y por último realizar un tratamiento gráfico de éste para obtener el parámetro buscado  $E$ .

### El extensómetro

Para la medición de las deformaciones en las probetas se usa un instrumento denominado extensómetro, el cual se fija por sus propios medios a las probetas. Este hecho disminuye la distorsión de las mediciones, al excluir las deformaciones causadas en los agarres, inversor, placas de la máquina, etc.

Existen muchos tipos de extensómetros: mecánicos, ópticos, electrónicos (basados en varios principios, por ejemplo las galgas extensométricas, LVDT, etc.), incluso láser. La figura muestra un extensómetro de palanca y comparadores MK3, cuyo esquema de trabajo se muestra en la figura:

Figura 6. Extensómetro MK3



Fuente: <http://www.utp.edu.co/~gcalle/Contenidos/Extensometro.htm>

Para el ensayo de determinación del módulo de elasticidad se instalan unas extensiones cortas, de manera que la distancia entre cuchillas ( $l_0$ ) es igual a 100 mm. (Este parámetro

también se denomina base del extensómetro) Para el ensayo de determinación del módulo de Poisson la distancia entre cuchillas es de 120 mm.

Para excluir la influencia de las posibles excentricidades de las cargas y otros fenómenos, el extensómetro consta de dos relojes comparadores. La deformación entre las dos secciones de apoyo de las cuchillas será la media de las lecturas de los dos relojes.

### Datos técnicos del extensómetro MK3

Rango:	0 ... 3 mm,
Graduación	1/100 mm
Longitud de medición, ajustable:	30 ... 120 mm
Dispositivo de cierre de las probetas de espesor o diámetro:	1 ... 20 mm
Dimensiones. Largo, profundidad, altura:	120 X 50 X 150 mm
Masa:	0,3 kg. Neto 0,6 kg. Bruto

Fabricante: INGENIEUR BERNHARD HOLLE FEINMECHANISCHE WERKSTÄTTEN, Magdeburg, Alemania.

### 5.3.2.3 Módulo de elasticidad para materiales que no cumplen ley de Hooke.

En los materiales que al ser ensayados no cumplen la ley de Hooke, o sea aquellos donde no se presenta el primer tramo recto, el modulo E toma valores distintos para cada tensión y su determinación se realiza en forma analítica, determinando la ecuación que cumpla con la curva de ensayo, que resultara exponencial:

$$\sigma^m = E \cdot \xi \quad (16)$$

Plantearemos la ecuación en la forma:

$$\xi = k \cdot \sigma^m \quad (17)$$

Dónde:

$$k = \frac{1}{E} \quad (18)$$

Aplicando logaritmos resultara:

$$\begin{aligned} \log \xi &= \log k + m \cdot \log \sigma \\ \log k + m \log \sigma & \log \xi = 0 \end{aligned} \quad (19)$$

Esta condición se cumplirá cuando el número de determinaciones de las tensiones y deformaciones específicas resulte infinito. En caso contrario y práctico, donde dicho número es reducido, la expresión será distinta de cero, o sea que existe una diferencia o error para cada uno de ellos que puede indicarse:



$$\log k = \frac{\sum \log \sigma_i \cdot \log \xi_i \cdot \sum \log \sigma_i \cdot \sum \log \xi_i \cdot \sum \log^2 \sigma_i}{(\sum \log \sigma_i)^2 \cdot n \cdot \sum \log^2 \sigma_i} \quad (27)$$

Donde n es el número de determinaciones o puntos considerados, y que surge durante la operación al reemplazar:

$$\sum \log k = n \cdot \log k \quad (28)$$

### 5.3.3 Ensayo a la tracción de dos materiales, Sae 1015 & Sae 1045

#### 5.3.3.1 Ensayo De Traccion SAE 1015

Diámetro inicial de la probeta (Di) = 20 mm.

La sección inicial es:

Longitud inicial (Li) = 200 mm. (Distancia entre puntos de referencias).

Luego del ensayo, las dimensiones finales son:

Diámetro final (Df) = 11,1 mm.

La sección final es:

Longitud final (Lf) = L1 + L2 + L3

Lf = 132,22 mm + 123,66 mm + 12,5 mm

Lf = 268,38 mm

Observación:

Debido a que la probeta no rompió en su tercio medio debimos aplicar el método de la norma IRAM de tracción a saber:

- Se supone que la fractura se produce en el centro de la probeta, caso ideal, o en un punto muy próximo a él.
- Se acepta que el material experimenta iguales deformaciones a ambos lados de la probeta.

Como es necesario medir 10 divisiones de cada lado de la rotura en nuestro caso solo pudimos medir 9 divisiones, la división restante se tomó del otro lado de la rotura.

Del diagrama se obtienen los distintos valores de carga. (Afectándolo de la escala de carga del diagrama = 125 Kgf/mm).

(Pp) Carga al límite proporcional = 62 mm x Escala de carga

Pp = 62 mm x 125 Kgf/mm = 7750 Kgf.

(Pf) Carga de fluencia = 61 mm x 125 Kgf/mm = 7625 Kgf

(Pmax) Carga máxima = 101,5 mm x 125 Kgf/mm = 12687,5 Kgf

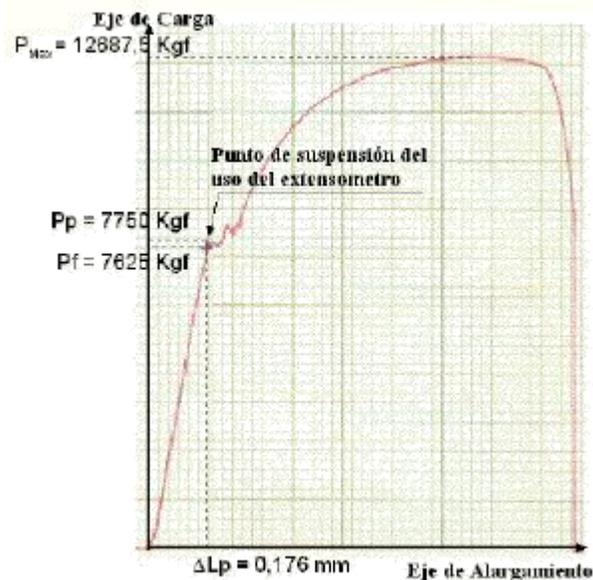
( $\Delta L_p$ ) Alargamiento en el período proporcional = 11 mm x Escala de  $\Delta L_p$  =  
 $\Delta L_p = 11 \text{ mm} \times 0,016 \text{ mm/mm} = 0,176 \text{ mm}$

### Cálculo de tensiones y deformaciones específicas

El diagrama de ensayo es el siguiente. (Ver gráfica 8).

Al finalizar el periodo elástico se suspendió el uso del extensómetro (debido a que su alcance no es tan grande y también que solo es de importancia medir la deformación el periodo proporcional o elástico y no la deformación total que la realizamos al final al medir la probeta). El diagrama sigue en función del tiempo a razón de 5 mm/min.

Gráfica 8. Comportamiento del SAE 1015



Fuente: <http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi2000/santa-fe-sur/ensayodemateriales/Ensayos/Traccion.htm>

### 5.3.3.2 Ensayo de tracción SAE 1045

$D_i = 20 \text{ mm}$

Sección inicial:

$L_i = 200 \text{ mm}$

Luego del ensayos las dimensiones son:

$D_f = 14,12 \text{ mm}$

Sección final:

$L_f = 241,38 \text{ mm}$

$P_p = 110 \text{ mm} \times 125 \text{ Kgf/mm} = 13750 \text{ Kgf}$

$P_f = 106,5 \text{ mm} \times 125 \text{ Kgf/mm} = 13312,5 \text{ Kgf}$

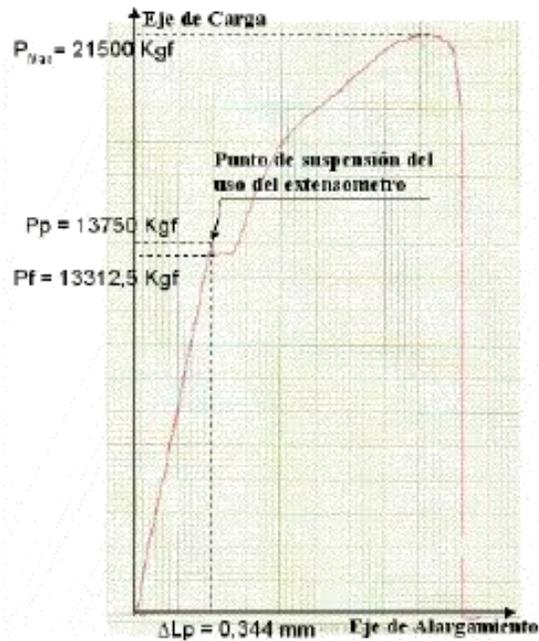
$P_{max} = 172 \text{ mm} \times 125 \text{ Kgf/mm} = 21500 \text{ Kgf}$

$$L_p = 21,5 \text{ mm} \times 0,016 \text{ mm/mm} = 0,344 \text{ mm}$$

### Cálculo de tensiones y deformaciones específicas

El siguiente esquema es el diagrama del ensayo SAE 1045 (se debe tener también en cuenta las observaciones hechas para el diagrama del SAE 1015). (Ver gráfica 9).

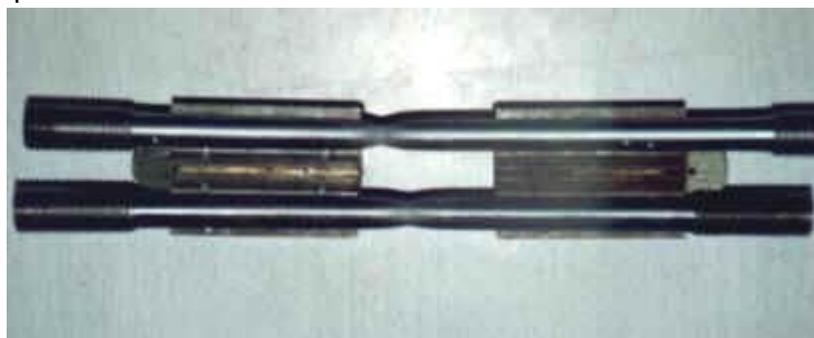
Gráfica 9. Comportamiento del SAE 1045



Fuente: <http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi2000/santa-fe-sur/ensayodemateriales/Ensayos/Traccion.htm>

La foto muestra claramente las diferencias en las deformaciones causadas por el ensayo: el SAE 1015 con mayor alargamiento y mayor estricción que el SAE 1045 que está en la figura 7.

Figura 7. Comparación entre el SAE 1015 & SAE 1045



Fuente: <http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi2000/santa-fe-sur/ensayodemateriales/Ensayos/Traccion.htm>

## 6. ESQUEMA TEMÁTICO

### 6.1 Diseño de un sistema para la medición con exactitud de las propiedades mecánicas de tejidos biológicos.

De acuerdo a lo investigado, y las evidencias recolectadas en el capítulo anterior, se optó por diseñar el modelo del extensómetro, donde el diseño se subdivide en dos grandes etapas, consiguiendo con ello los conocimientos en las áreas de control, mecánica y electrónica. Las dos grandes etapas son:

### 6.2 Diseño mecánico del extensómetro:

Con el propósito de construir un extensómetro aséptico, de bajo costo, para realizar pruebas destructivas a la tracción partiendo de la resistencia de los materiales (polímeros usados en el área de la salud). Tomando como referente los extensómetros conocidos y comercializados por las grandes empresas a nivel mundial, se busca hacer un paralelo con los materiales encontrados a nivel nacional, de modo que sea un diseño propio de la región hecho por la industria de nuestro país.

Los extensómetros mencionados a continuación, han dado la base del modo de operación para el diseño: Máquina Universal de Ensayo WPM ZD 40, extensometría sin contacto, extensómetros especiales, extensómetros transversales, extensómetros hasta rotura, extensómetros biaxiales y extensómetros pinzables. De los cuales se ha hecho una comparación, en donde se han diseñado otros métodos de sujeción, de desplazamiento lineal y de la estructura misma del equipo.

El *software* empleado para el diseño y simulación del extensómetro fue el *solidworks* 2011, en donde se usaron los siguientes materiales, acero inoxidable para la estructura en general y los elementos de movimientos, caucho negro para el soporte del mismo y *empack N* en las guardas y manija de manipulación.

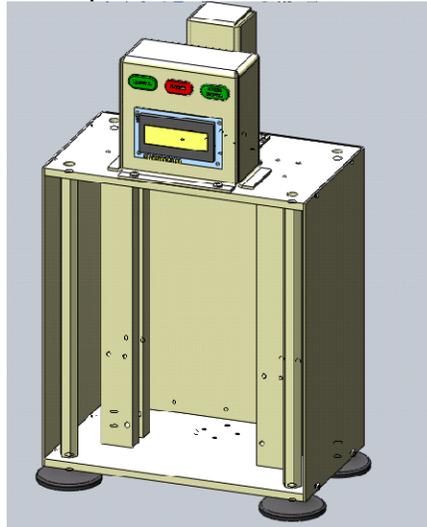
Es un diseño flexible al cambio con el fin de que sea personalizable o se ajuste según las necesidades del usuario; aunque en principio es diseñado con el fin de realizarle pruebas a polímeros.

El extensómetro consta de los siguientes componentes: Un motorreductor, una botonera de mando, un par de carcasas para cubrir los elementos, un par de rieles, dos platinas superior e inferior, dos soportes superior e inferior, una varilla roscada de M6 x 1.0, un porta sensor, un sensor, un par de mordazas superior e inferior, tres tuercas mariposas para la sujeción de la pieza, una manija para el despiece de la parte inferior y cuatro barras con rosca interna que dan la consistencia del mismo.

Su principio de funcionamiento consiste en:

El extensómetro consta de una estructura, carcasas y rieles que garantizan la rigidez del equipo para desarrollar dicha labor, (ver figura 8).

Figura 8. Estructura y rieles de desplazamiento



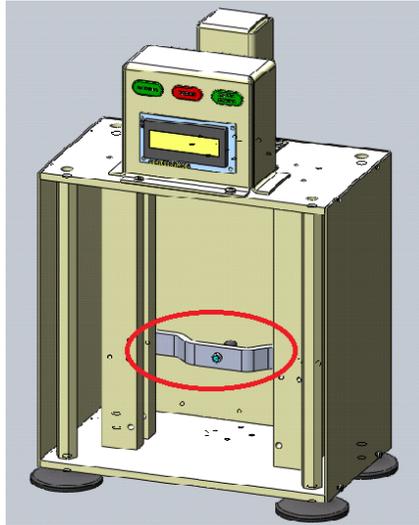
Fuente: Autores

El porta-sensor y sensor están ubicados en la parte central del elemento a medir, ya que toda la concentración de esfuerzos se centra en este punto y por ende la ruptura, (Ver figura 9).

Los soportes y mordazas superior e inferior cuentan con tornillos que garantizan el empotramiento del elemento a realizarle la prueba de tracción, para evitar desplazamientos al momento de realizar la medición, evitando así lecturas erróneas. (Ver figura 10).

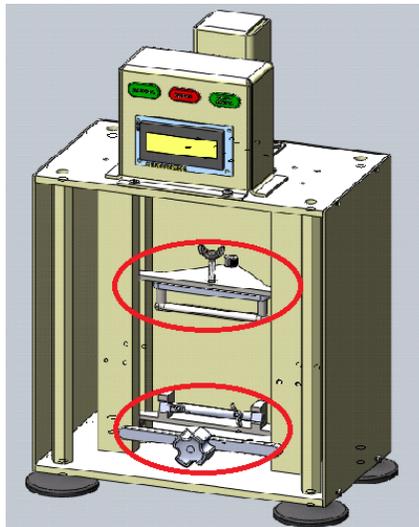
Una vez estandarizadas las condiciones de operación, se da el arranque al único ciclo, con el fin de evaluar la resistencia mecánica de la pieza, este proceso se realiza energizando el motorreductor, haciendo que el tornillo M6 x 1.0 gire en sentido de las manecillas del reloj logrando que este movimiento rotacional se

Figura 9. Porta sensor y sensor



Fuente: Autores

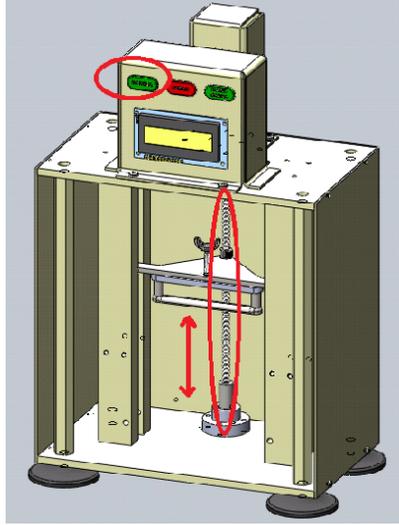
Figura 10. Mordaza superior e inferior



Fuente: Autores

transforme en movimiento traslacional visualizándolo en el soporte superior, este desplazamiento lo realiza guiado por los rieles. Al momento de fracturarse el elemento en la cuestión este mecanismo se detiene, arrojando los datos de elongación y deformación para así poder sacar unas conclusiones del material. (Ver figura 11).

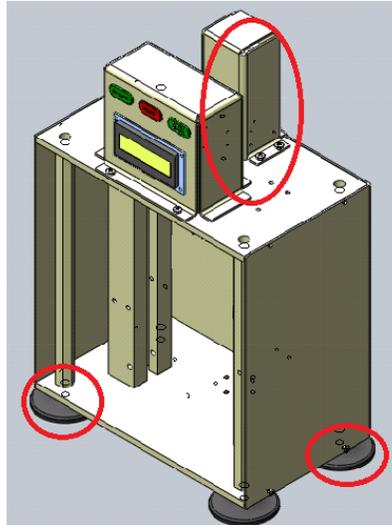
Figura 11. Pulsador de marcha, tornillo M6 x 1.0, Movimiento traslacional



Fuente: Autores

Como es de esperarse y pensando en la seguridad de las personas que lleguen a operar el equipo, este debe de contar con las guardas de protección y soportes, para evitar posibles daños a terceros, es decir, minimizar así el riesgo. (Ver figura 12).

Figura 12. Carcasas y soportes del extensómetro



Fuente: Autores

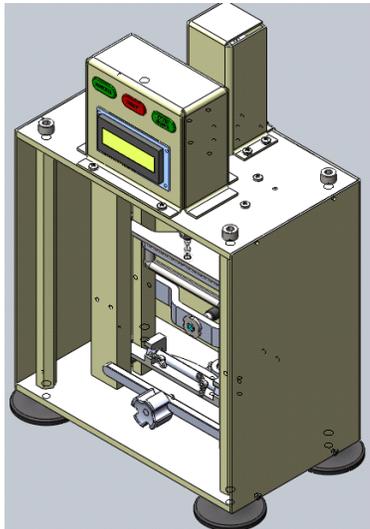
Como se mencionó con anterioridad, los materiales con los que se realizó el diseño en el *software* de solidwork son, acero inoxidable 304; la gran mayoría de los elementos que componen el extensómetro. Empack N; se emplea en la manija inferior y la carcasas del

extensómetro y caucho negro para el soporte del equipo y garantizar una mejor adherencia a la superficie.

No siendo menos importante, se debe de notar el tamaño del diseño del extensómetro, este queda ocupando un volumen aproximadamente de  $1125 \text{ cm}^3$ , lo que lo hace muy práctico y cómodo para transportar.

A continuación se muestra el diseño en el *Software Solidwork* ya con todo el conjunto ensamblado. (Ver figura 13).

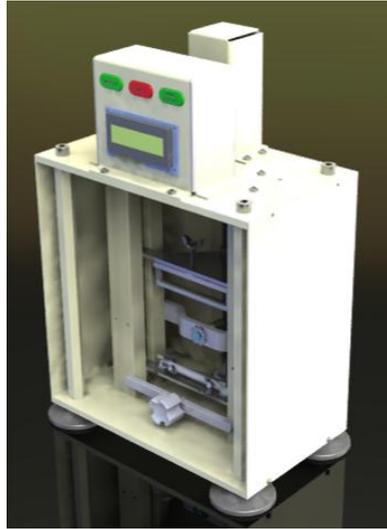
Figura 13. Diseño del extensómetro en Solidwork-2011



Fuente: Autores

Donde se logre elaborar el extensómetro, así quedaría, pudiendo apreciar la estética del mismo y su diseño final, a continuación se muestra una figura de la imagen renderizada para apreciar el resultado del prototipo. (Ver figura 14).

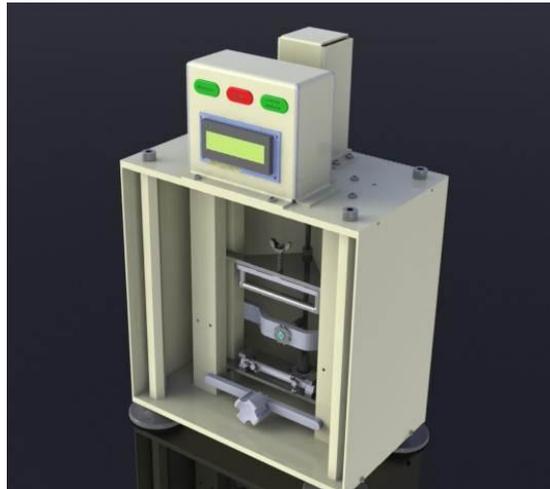
Figura 14. Diseño del extensómetro Renderizado



Fuente: Autores

A continuación, se evidencia otra imagen renderizada del extensómetro pero con otro fondo, para poder notar detalles más relevantes que en principio no se pudieron resaltar, (Ver figura 15)

Figura 15. Imagen Renderizada con otro fondo



Fuente: Autores

### 6.3 Diseño electrónico del extensómetro:

Se realizó el control de extensómetro mediante la programación del microcontrolador de la fábrica microchip de la gama de los PIC16 en su referencia PIC16F877 debido a que este

microcontrolador tiene de memoria una capacidad de 8Kbytes suficientes para almacenar la información medida.

Se realizó la programación en lenguaje ensamblador, utilizando las herramientas de desarrollo y los programas tales como: mlab, PICKIT 2 y 3, proteus profesional.

En el proceso de diseño electrónico se realizaron los siguientes pasos:

### **Paso 1: Escogencia del sensor**

El extensómetro debe medir la deformación del polímero, para determinar el valor de la resistencia de las nanofibras de las cuales está compuesto; al ser un elemento móvil, donde su funcionamiento está en el estiramiento del material, se optó por medir la señal con uno de los siguientes elementos:

Celda de carga: permite medir mediante una galga extensiométrica, la deformación del material, convirtiendo este desplazamiento en señales eléctricas.

Medición de la posición lineal: uno de los sensores de posición lineal de mayor precisión en su medición es el transformador diferencial de variación lineal (LVDT) debido a su casi infinita resolución, poco rozamiento y alta repetibilidad.

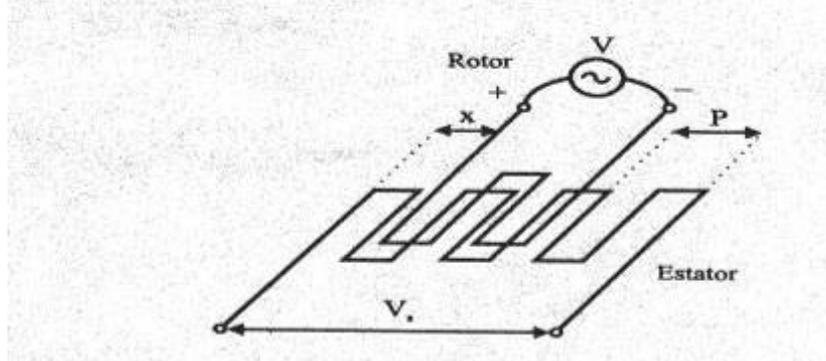
Su funcionamiento se basa en la utilización de un núcleo de material ferromagnético unido al eje cuyo movimiento se quiere medir. Este núcleo se mueve linealmente entre un devanado primario y dos secundarios haciendo con su movimiento que varíe la inductancia entre ellos.

Los dos devanados secundarios conectados en oposición en serie ven como la inducción de la tensión alterna del primario, al variar la posición del núcleo, hace crecer la tensión de un devanado y disminuirá en el otro. Del estudio de la tensión  $E$  se deduce que esta es proporcional a la diferencia de inductancias mutuas entre el devanado primario con cada uno de los secundarios, y que por tanto depende linealmente del desplazamiento del vástago solidario al núcleo.

Además de las ventajas señaladas, el LVDT presenta una alta linealidad, gran sensibilidad y una respuesta dinámica elevada. Su uso está ampliamente extendido, a pesar del inconveniente de poder ser aplicado únicamente en la medición de pequeños desplazamientos.

Otros sensores lineales que también se emplean con relativa frecuencia son las denominadas reglas ópticas (equivalentes a los codificadores ópticos angulares) y las reglas magnéticas o Inductosyn. El funcionamiento del Inductosyn es similar a la del resolver con la diferencia de que el rotor desliza linealmente sobre el estator (un esquema de su funcionamiento se puede ver en la figura 16).

Figura 16. Esquema De funcionamiento del inductosyn



Fuente:[http://infoplac.net/files/documentacion/instrumentacion\\_deteccion/infoPLC\\_net\\_Medida\\_Desplazamiento.pdf](http://infoplac.net/files/documentacion/instrumentacion_deteccion/infoPLC_net_Medida_Desplazamiento.pdf)

El estator se encuentra excitado por una tensión conocida que induce en el rotor dependiendo de su posición relativa una tensión  $V_s$ .

**Paso 2:** circuito de adecuación de la señal de medición.

En esta etapa, al seleccionar el sensor se procede a realizar la adecuación de valores de voltaje y corriente para que el microcontrolador pueda leer las señales y de acuerdo a esto, no solo mostrar los resultados en la pantalla, sino dar la orden al actuador (servomotor) para que realice el movimiento a las pinzas de las cuales está sujeto el material y lo desplace para su correspondiente deformación.

Como el *Software* de simulación electrónica utilizado no tiene este sensor en su librería, se realizó la simulación por medio de un protocolo serial que da la posibilidad al circuito de control del extensómetro conectar cualquiera de los sensores propuestos, para realizar la interfaz y estandarizar el elemento que toma las medidas.

**Paso 3:** Escogencia y programación del sistema embebido.

Se tomaron en cuenta las posibilidades de escoger un sistema embebido de bajo costo, con las aplicaciones requeridas para las funciones del extensómetro. Se consideraron microcontroladores de varias familias y también FPGA's. Al hacer el análisis, se optó por utilizar un microcontrolador de la marca microchip, de la familia 16 el PIC16F877A, el cual tiene las siguientes características:

- Memoria de programa tipo Flash 8Kx14
- Memoria datos 368 bytes
- EEPROM 256 bytes
- 33 pines de Entrada/Salida
- Encapsulado: 40 pines DIP, 44 pines PLCC y 44 pines TQFP
- Soporta cristal hasta de 20MHz
- Voltaje de Operación: 2.0 hasta 5.5VDC
- 1 Conversor A/D de 10-bits (8 canales)
- 2 Módulos CCP (Captura, Comparador, PWM)
- 1 Modulo I<sup>2</sup>C

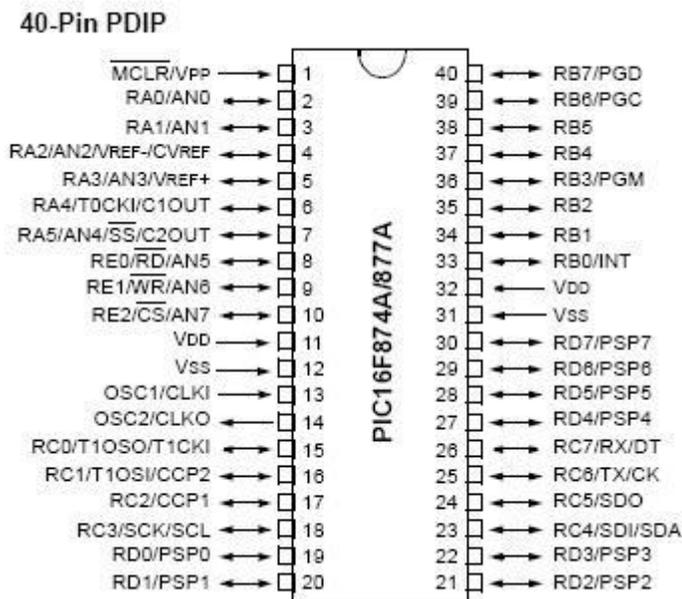
- 1 USART (Puerto Serie)
- 1 Timer 16 bits
- El diagrama de pines se visualiza a continuación, (Ver figura 13).

Una vez identificado el sistema embebido a utilizar, se procedió a realizar la programación en bajo nivel (lenguaje ensamblador), realizando el proceso de compilación del programa y volviéndolo en lenguaje máquina, con la ayuda del *Software* MPASWIN de la empresa microchip.

El programa completo del microcontrolador está en el anexo (2)

En el lenguaje ensamblador se utilizó el set de instrucciones tipo RISC, el cual tiene 35 instrucciones, de las cuales se utilizaron casi en su totalidad para realizar el programa completo del extensómetro.

Figura 17. Diagrama de terminales PIC16F874/877A



Fuente: MICROCHIP

#### Paso 4: Circuito electrónico

A continuación se detalla el circuito electrónico encargado de realizar las acciones de control, toma y muestra de datos.

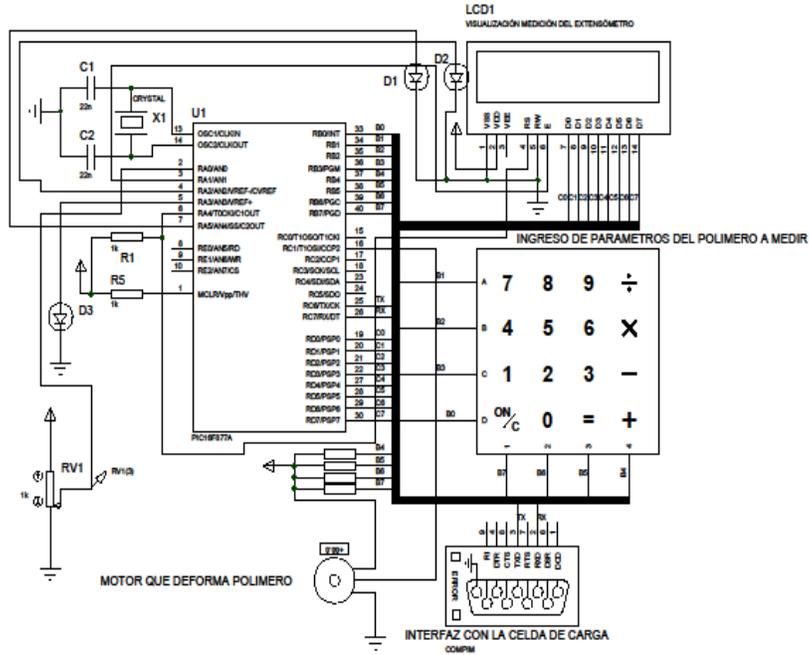
El circuito está conformado por los siguientes elementos: (Ver figura 18).

Microcontrolador PIC16F877A, como cerebro del sistema.

Teclado matricial 4 x 4 encargado de alimentar al sistema los parámetros del polímero al cual se le harán las pruebas de resistencia.

Servomotor encargado de controlar el mecanismo de las pinzas donde va el material a ser deformado.

Figura 18. Microcontrolador PIC16F877A



Fuente: Autores

#### 6.4 Elaboración de simulaciones del diseño para el sistema de medición.

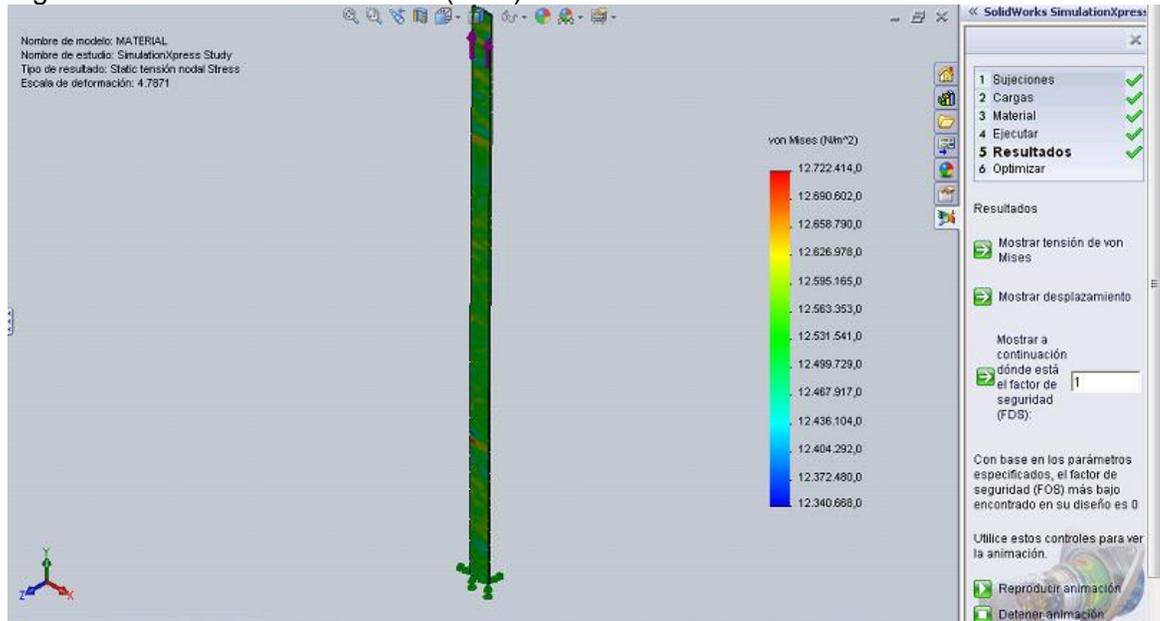
En las simulaciones se utilizaron (3) diferentes polimeros empleados a nivel de medicina, están sometidas a una carga de (26 N), tres veces más de los que ellos pueden soportar en la vida real.

El proceso de simulación, para el Cloruro de Polivinilo (PVC) es el siguiente:

Se tomo una lamina con un volumen de (2500 mm<sup>3</sup>), espacio equivalente a los implantes que se realizan en medicina. Despues de tener definida el área del elemento, se procede a realizar la sujeción del mismo, es decir, se deja empotrado en uno de sus extremos; simulando como si fuera la placa inferior del extensómetro. Una vez se tiene estas condiciones, aplicamos una carga, de abajo hacia arriba, aparentando ser el movimiento traslacional siendo allí donde se le imprimen una fuerza a la tracción de (26 N).

Paso a seguir, es la escogencia del material, para este caso es necesario seleccionar un tipo de polímero (Cloruro de Polivinilo PVC). Ya con todos estos requisitos se puede ejecutar la simulación arrojando en primera instancia los datos de "Von Mises". (Ver figura 19).

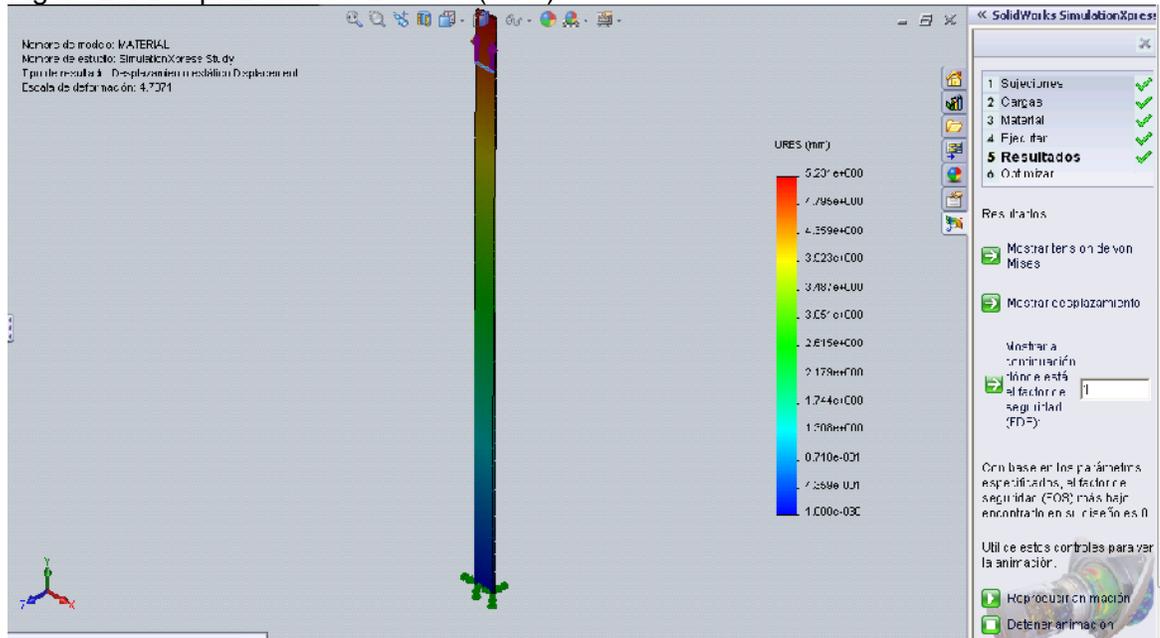
Figura 19. Tension de Von Mises (PVC)



Fuente: Autores

En segunda instancia, el simulador da los datos del desplazamiento estatico, referentes al tipo de material (Cloruro de Polivinilo PVC), y a la fuerza de tensión que se le imprima. (Ver figura 20).

Figura 20. Desplazamiento Estatico (PVC)



Fuente: Autores.

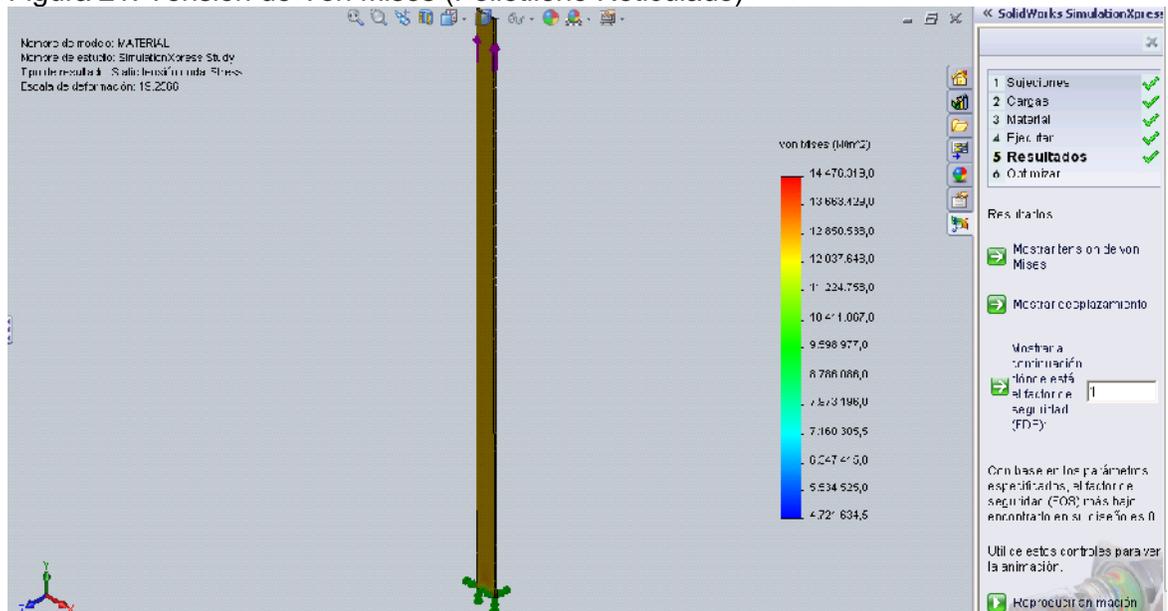
En ambos casos, el reproductor arroja una barra con un código de colores, es decir, en paralelo a la deformación que esta experimentando, él hace un análisis termográfico, donde se puede evidenciar la concentración de esfuerzos, sin embargo, la energía que se concentra allí se disipa a través de calor, siendo la franja de color azul aquella que no tiene casi temperatura, y la franja de color rojo indica todo lo contrario.

El proceso de simulación, para el Polietileno Reticulado es el siguiente:

Se tomo una lamina con un volumen de  $(2500 \text{ mm}^3)$ , espacio equivalente a los implantes que se realizan en medicina. Después de tener definida el área del elemento, se procede a realizar la sujeción del mismo, es decir, se deja empotrado en uno de sus extremos; simulando como si fuera la placa inferior del extensómetro. Una vez se tiene estas condiciones, aplicamos una carga, de abajo hacia arriba, aparentando ser el movimiento traslacional siendo allí donde se le imprimen una fuerza a la tracción de  $(26 \text{ N})$ .

Paso a seguir, es la escogencia del material, para este caso es necesario seleccionar un tipo de polímero (Polietileno Reticulado). Ya con todos estos requisitos se puede ejecutar la simulación arrojando en primera instancia los datos de "Von Mises". (Ver figura 21).

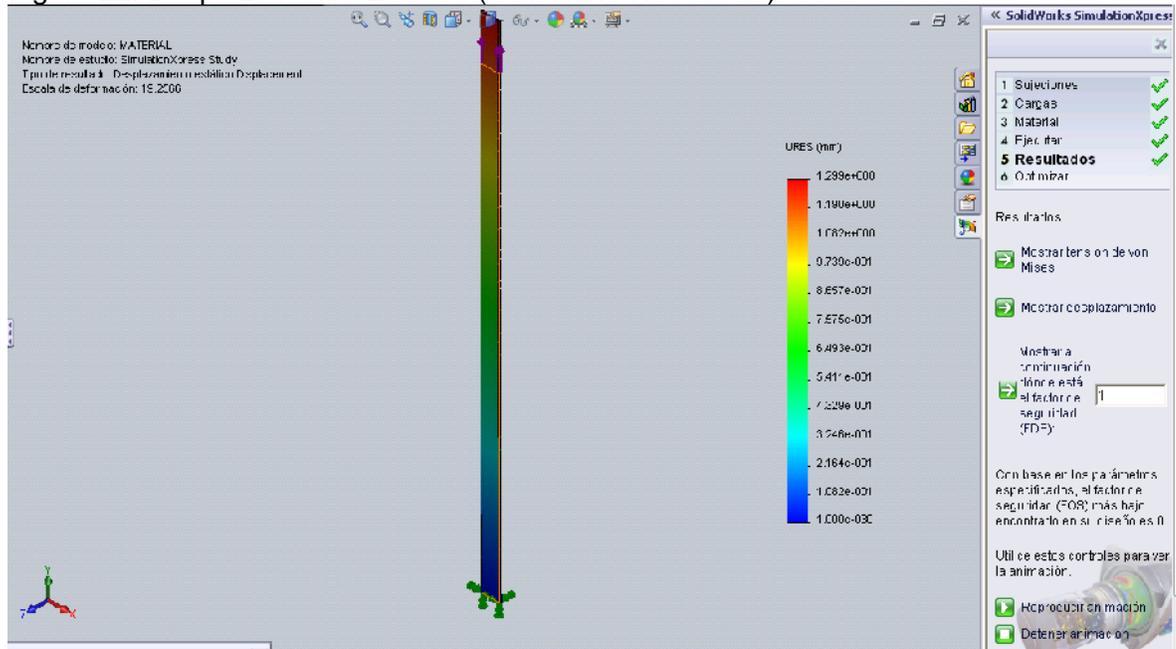
Figura 21. Tension de Von Mises (Polietileno Reticulado)



Fuente: Autores.

En segunda instancia, el simulador da los datos del desplazamiento estatico, referentes al tipo de material (Polietileno Reticulado), y a la fuerza de tensión que se le imprima. (Ver figura 22).

Figura 22. Desplazamiento Estatico (Polietileno Reticulado)



Fuente: Autores

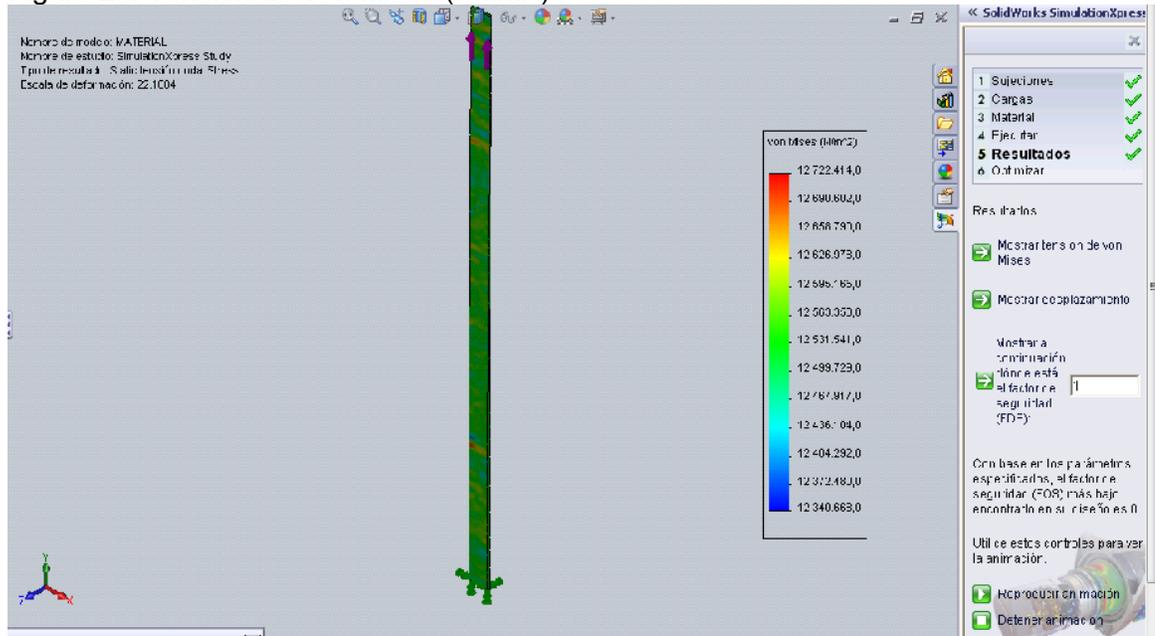
En ambos casos, el reproductor arroja una barra con un código de colores, es decir, en paralelo a la deformación que esta experimentando, él hace un análisis termográfico, donde se puede evidenciar la concentración de esfuerzos, sin embargo, la energía que se concentra allí se disipa a través de calor, siendo la franja de color azul aquella que no tiene casi temperatura, y la franja de color rojo indica todo lo contrario.

El proceso de simulación, para el Polimetilmetacrilato (PMMA), es el siguiente:

Se tomo una lamina con un volumen de  $(2500 \text{ mm}^3)$ , espacio equivalente a los implantes que se realizan en medicina. Después de tener definida el área del elemento, se procede a realizar la sujeción del mismo, es decir, se deja empotrado en uno de sus extremos; simulando como si fuera la placa inferior del extensómetro. Una vez se tiene estas condiciones, aplicamos una carga, de abajo hacia arriba, aparentando ser el movimiento traslacional siendo allí donde se le imprimen una fuerza a la tracción de  $(26 \text{ N})$ .

Paso a seguir, es la escogencia del material, para este caso es necesario seleccionar un tipo de polímero (Polimetilmetacrilato (PMMA)). Ya con todos estos requisitos se puede ejecutar la simulación arrojando en primera instancia los datos de "Von Mises". (Ver figura 23).

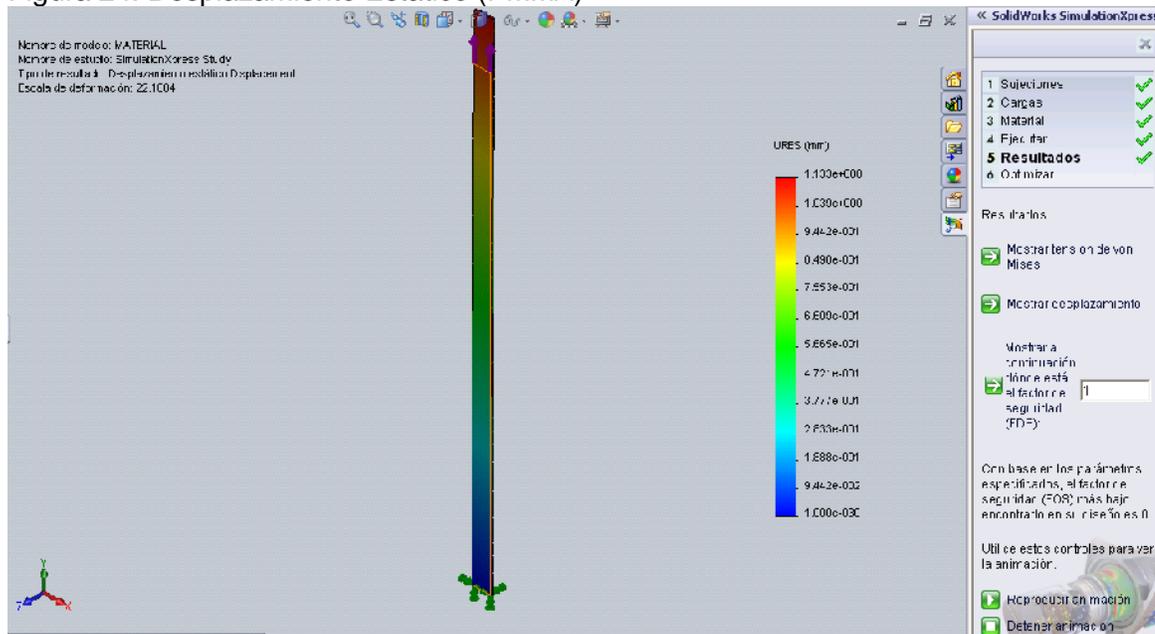
Figura 23. Tension de Von Mises (PMMA)



Fuente: Autores

En segunda instancia, el simulador da los datos del desplazamiento estatico, referentes al tipo de material (Polietileno Reticulado), y a la fuerza de tensión que se le imprima. (Ver figura 24).

Figura 24. Desplazamiento Estatico (PMMA)



Fuente: Autores

En ambos casos, el reproductor arroja una barra con un código de colores, es decir, en paralelo a la deformación que esta experimentando, él hace un análisis termográfico, donde se puede evidenciar la concentración de esfuerzos, sin embargo, la energía que se concentra allí se disipa a través de calor, siendo la franja de color azul aquella que no tiene casi temperatura, y la franja de color rojo indica todo lo contrario.

## 7. RESULTADOS

### 7.1 Resultado de los análisis en la simulación de esfuerzos aplicados a diferentes polímeros, a través, del software Solidwork E-Drawing

En las siguientes tablas se realiza una comparación, entre los tres polímeros que se le realizaron la prueba en el SolidWork – Edrawing. Notificando los datos de: Von Mises (N/m<sup>2</sup>) y Desplazamiento URES (mm)

#### 7.1.1 Cloruro de polivinilo (PVC)

En la siguiente tabla se encuentran registrados los datos que arrojó el simulador, para el CLORURO DE POLIVILO (PVC). (Ver tabla 4)

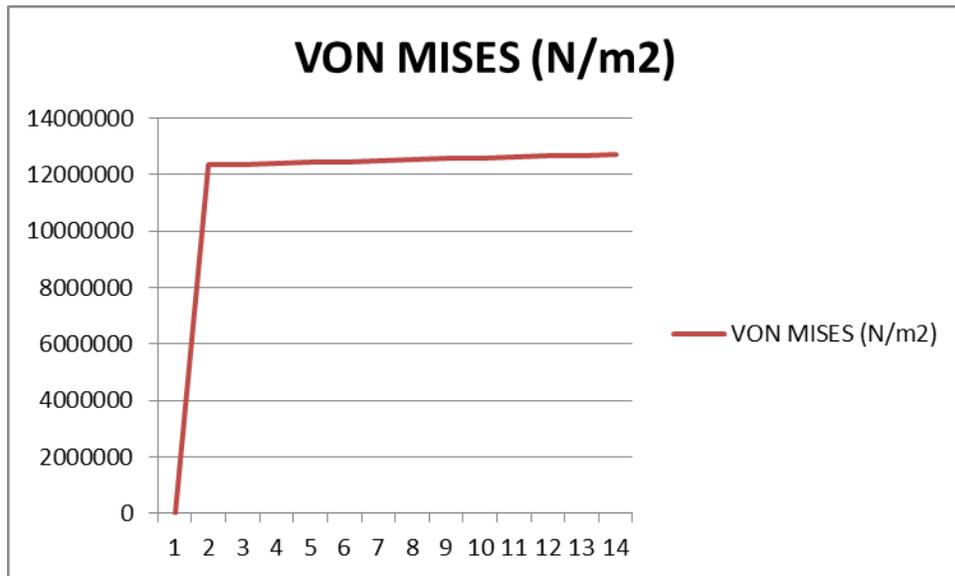
Tabla 4. Tabulacion del CLORURO DE POLIVINILO (PVC)

CLORURO DE POLIVINILO (PVC)		
FUERZA (N)	VON MISES (N/m2)	URES DESPLAZAMIENTO (mm)
0	0	0
2	12340668	0,001
4	12372480	0,012
6	12404292	0,071
8	12436104	1,308
10	12467917	1,744
12	12499729	2,178
14	12531541	2,615
16	12563353	3,051
18	12595165	3,181
20	12626978	3,623
22	12658790	4,359
24	12690602	4,795
26	12722414	5,2

Fuente: Autores

A continuacion, se evidencia el comportamiento del CLORURO DE POLIVINO (PVC), ante la tensión de VON MISES. Arrojando la siguiente grafica. (Ver Grafica 10).

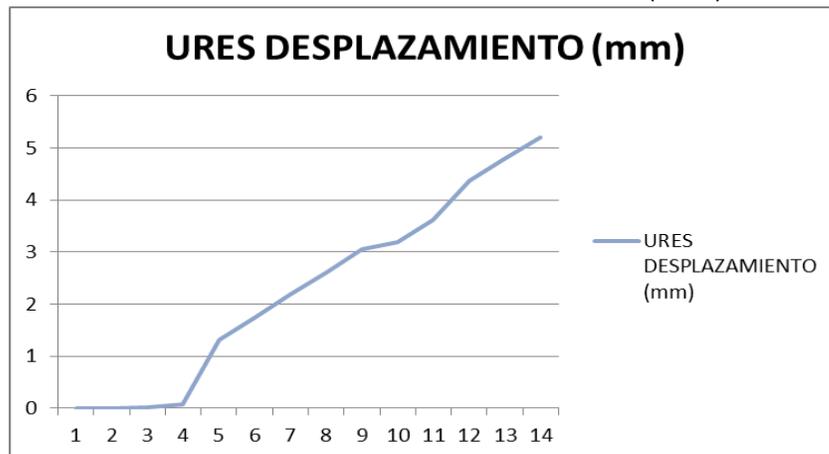
**Grafica 10. VON MISES, CLORURO DE POLIVINILO (PVC)**



Fuente: Autores

Seguidamente, se observa el comportamiento del CLORURO DE POLIVINILO (PVC), ante el desplazamiento (URES). Arrojando la siguiente gráfica. (Ver gráfica 11).

**Grafica 11. DESPLAZAMIENTO, CLORURO DE POLIVINILO (PVC)**



Fuente: Autores

### 7.1.2 Polietileno Reticulado

En la siguiente tabla se encuentran registrados los datos que arrojó el simulador, para el POLIETILENO RETICULADO. (Ver tabla 5)

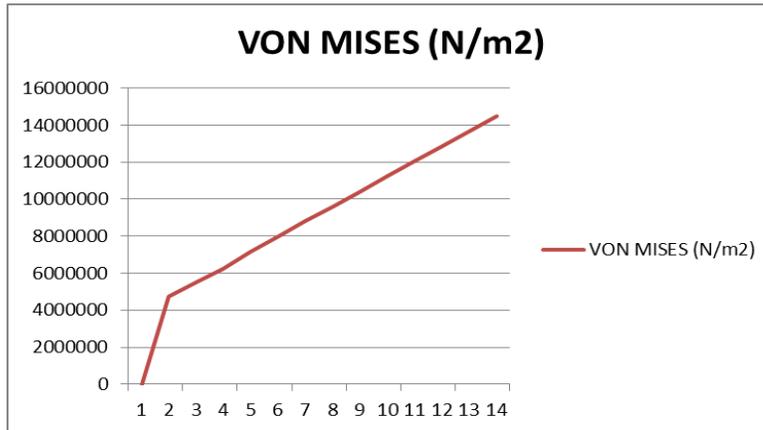
Tabla 5. Tabulacion del POLIETILENO RETICULADO

POLIETILENO RETICULADO		
FUERZA (N)	VON MISES (N/m2)	URES DESPLAZAMIENTO (mm)
0	0	0
2	4721634	0,001
4	5534525	0,1082
6	6247450	0,2164
8	7160305	0,3746
10	7973196	0,4229
12	8788088	0,541
14	9598977	0,6493
16	10401007	0,7575
18	11224753	0,8657
20	12037643	0,9734
22	12850533	1,082
24	13663129	1,19
26	14470013	1,299

Fuente: Autores

A continuacion, se evidencia el comportamiento del POLIETILENO RETICULADO, ante la tension de VON MISES. Arrojando la siguiente grafica. (Ver Grafica 12).

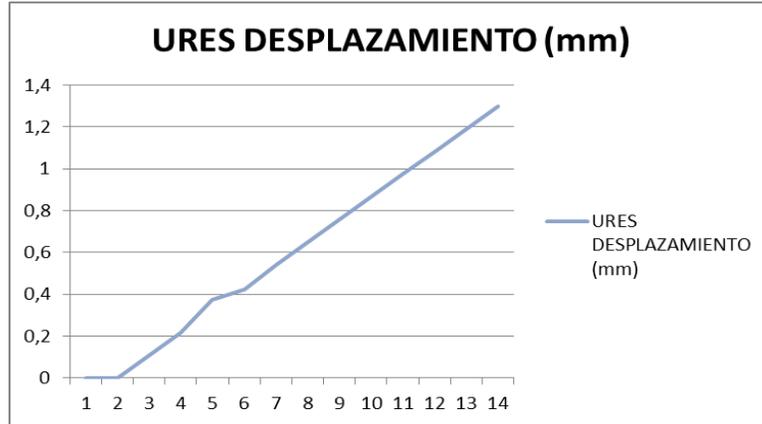
Grafica 12. VON MISES, POLIETILENO RETICULADO



Fuente: Autores

Seguidamente, se observa el comportamiento del POLIETILENO RETICULADO, ante el desplazamiento (URES). Arrojando la siguiente grafica. (Ver Grafica 13).

Grafica 13. DESPLAZAMIENTO, POLIETILENO RETICULADO



Fuente: Autores

### 7.1.3 Polimetilmetacrilato (PMMA)

En la siguiente tabla se encuentran registrados los datos que arrojó el simulador, para el POLIMETILMETACRILATO (PMMA). (Ver tabla 6)

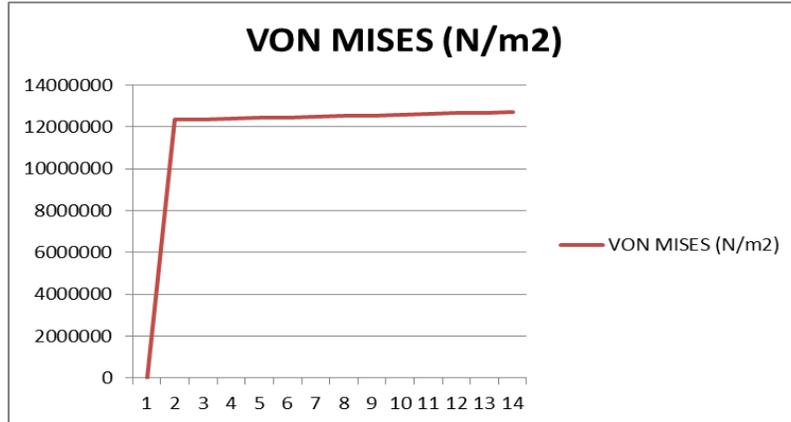
Tabla 6. Tabulacion del POLIMETILMETACRILATO (PMMA)

POLIMETILMETACRILATO (PMMA)		
FUERZA (N)	VON MISES (N/m2)	URES DESPLAZAMIENTO (mm)
0	0	0
2	12340663	0,001
4	12372180	0,09442
6	12404292	0,1888
8	12436004	0,2833
10	12467917	0,3777
12	12499723	0,4721
14	12531541	0,5665
16	12560053	0,6611
18	12595065	0,7553
20	12626073	0,8491
22	12656790	0,942
24	12690602	1,03
26	12722414	1,103

Fuente: Autores

A continuacion, se evidencia el comportamiento del POLIMETILMETACRILATO (PMMA), ante la tensión de VON MISES. Arroja la siguiente grafica. (Ver Grafica 14).

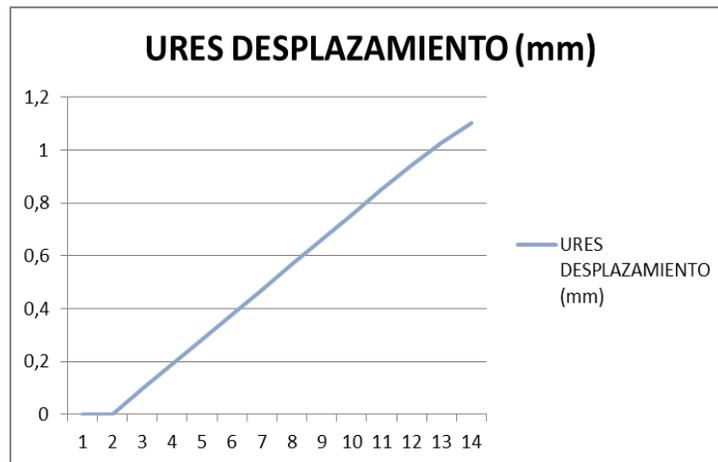
Grafica 14. VON MISES, POLIMETILMETACRILATO (PMMA)



Fuente: Autores

Seguidamente, se observa el comportamiento del POLIMETILMETACRILATO (PMMA), ante el desplazamiento (URES). Arrojando la siguiente grafica. (Ver gráfica 15).

Gráfica 15. DESPLAZAMIENTO, POLIMETILMETACRILATO (PMMA)



Fuente: Autores

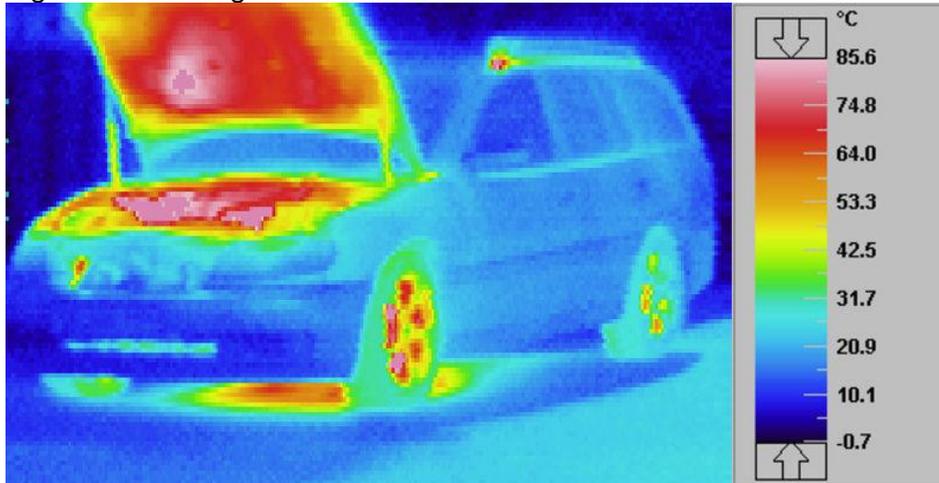
## 7.2 Variables y método de medición en la simulación de esfuerzo, aplicado al diseño del extensómetro.

### 7.2.1 Termografía

La **termografía** es una técnica que permite medir temperaturas a distancia con exactitud y sin necesidad de contacto físico con el objeto a estudiar. Mediante la captación de la radiación infrarroja del espectro electromagnético, utilizando cámaras termografías o

de termovisión, se puede convertir la energía radiada en información sobre temperatura, (Ver figura 25).

Figura 25. Termografía de un automóvil



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Termograf%C3%ADa>

Lo anterior se cita, debido a que en la simulación que se le realizan a los polímeros de uso médico, estos arrojan una figura termografía, donde indica lo siguiente: el color más azul quiere decir que no hay casi temperatura y el color rojo indica todo lo contrario, en la tabla se logra apreciar la escala de colores.

### 7.2.2 Tensiones de Von Mises o equivalentes

La tensión de von Mises o equivalente es una cantidad de tensión calculada a partir de los componentes de la tensión. Aunque una tensión de von Mises en un nodo no define exclusivamente el estado de tensión en ese nodo, proporciona información adecuada para evaluar la seguridad del diseño para múltiples materiales dúctiles.

A diferencia de los componentes de la tensión, la tensión de von Mises no tiene dirección. Está completamente definida por la magnitud con unidades de tensión. La tensión de von Mises es utilizada por el criterio de fallos para evaluar los errores en los materiales dúctiles.

### 7.2.3 Datos resultantes del análisis estático lineal

De forma predeterminada, las direcciones X, Y y Z se refieren al sistema de coordenadas global. Si elige una geometría de referencia, estas direcciones se refieren a la entidad de referencia seleccionada.

URES = Desplazamiento resultante

## 8. CONCLUSIONES

- Al momento de realizar las pruebas de captura de los datos para ser procesadas en el microcontrolador, no se pudo simular el sensor, debido a que no estaba en el *Software* de simulación, pero se determinó emular la señal por protocolo RS 232.
- En el diseño mecánico, se pudo observar lo necesario de realizar ajustes durante el proceso de diseño, ya que las mordazas superior e inferior, no prensaban con exactitud el polímero para las pruebas, por lo que se tomó la determinación de realizar su estructura triangular para tomarlo con mayor precisión.
- La estrategia para plantear el algoritmo de toma y procesamiento de los datos arrojados en el proceso de deformación del polímero, y en el control del servomotor que mueve el mecanismo de las mordazas, se basó en realizar el planteamiento por etapas y posteriormente el programa realizado en ensamblador se hizo mediante subprogramas, teniendo un único programa principal que se encarga de llamarlos en el momento de cada etapa de funcionamiento.
- Por medio de este diseño experimental, se pudo comprobar y realizar pruebas destructivas a los polímeros de uso médico, sometidos a la tracción, los cuales arrojaron valores muy buenos para ser utilizados.

## **9. RECOMENDACIONES**

Se recomienda mediante este proyecto, a las personas que estén interesadas en tomar referencia de este diseño implementarlo, ya que dejan planteados los planos mecánicos y electrónicos, y también el programa del microcontrolador.

También se recomienda a las personas afines a la biotecnología, se motiven a implementar este sistema, debido a que su diseño se inspiró en la necesidad de suplir un equipo construido a bajo costo para medir las nanofibras de polímeros que se utilizan para uso biológico, como el caso de reemplazar órganos vitales hechos con estos polímeros.

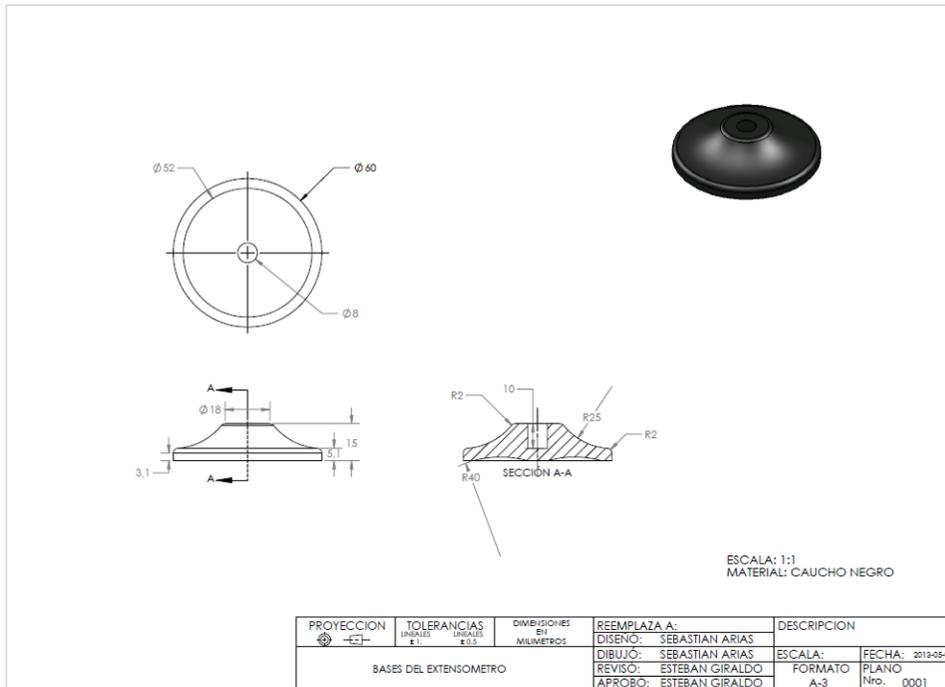
## 10. BIBLIOGRAFIA

- [1] <http://www.metalplasticsas.com/PlasticosIngenieriaEmpackNylon.html> [Consulta: 07-01-2013]
- [2] [http://es.wikipedia.org/wiki/Acero\\_inoxidable](http://es.wikipedia.org/wiki/Acero_inoxidable) [Consulta: 10-01-2013]
- [3] <http://es.wikipedia.org/wiki/Termograf%C3%ADa> [Consulta: 11-02-2013]
- [4] [http://www.ttmotor.com/Upload/2012-9-5/201295174416\\_19\\_GMP36---.pdf](http://www.ttmotor.com/Upload/2012-9-5/201295174416_19_GMP36---.pdf) [Consulta: 15-02-2013]
- [5] [http://www.raulybarra.com/notijoya/archivosnotijoya2/2laminacion\\_lamina2.htm](http://www.raulybarra.com/notijoya/archivosnotijoya2/2laminacion_lamina2.htm) [Consulta: 15-02-2013]
- [6] <http://www.utp.edu.co/~gcalles/index.htm> [Consulta: 01-02-2013]
- [7] [http://www.ibertest.es/es\\_inme5.htm](http://www.ibertest.es/es_inme5.htm) [Consulta: 05-02-2013]
- [8] [http://books.google.es/books?id=gdUzPqg2ViYC&pg=PA438&lpg=PA438&dq=extensometro+tipos&source=bl&ots=hEfhTyYz83&sig=vhJ481tdvUmVyPfNesyRxvTIhc&hl=es&ei=WboJSvaVO4m5jAfmyfmxCW&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=10#PPA438,M1](http://books.google.es/books?id=gdUzPqg2ViYC&pg=PA438&lpg=PA438&dq=extensometro+tipos&source=bl&ots=hEfhTyYz83&sig=vhJ481tdvUmVyPfNesyRxvTIhc&hl=es&ei=WboJSvaVO4m5jAfmyfmxCW&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=10#PPA438,M1)  
<http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi2000/santa-fesur/ensayodemateriales/Ensayos/Traccion.htm> [Consulta: 30-03-2013]
- [9] <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39582b.pdf> [Consulta: 01-4-2013]
- [10] <http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi2000/santa-fesur/ensayodemateriales/Ensayos/Traccion.htm> [Consulta: 15-04-2013]
- [11] <http://www.docstoc.com/docs/117004196/EI-gr%E1%BF%BDficio-de-la-probeta-de-tracci%E1%BF%BDn-a-utilizar-es-seg%E1%BF%BDn-la-norma-IRAM> [Consulta: 20-04-2013]
- [12] [http://infopl.net/files/documentacion/instrumentacion\\_deteccion/infoPLC\\_net\\_Medida\\_Desplazamiento.pdf](http://infopl.net/files/documentacion/instrumentacion_deteccion/infoPLC_net_Medida_Desplazamiento.pdf) [Consulta: 30-04-2013]
- [13] CKARJ Re. Stress-strain characteristics of fresh and frozen human aortic and mitral leaflets and chordae tendinae. Implications for clinical use. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 66(2), 1973. 202-8 p.
- [14] [13] MCMURRY, Química Orgánica. Grupo editorial Iberamericana, año 1992
- [15] MISSIRLIS YF, Chong M. Aortic valve mechanics--Part I: material properties of natural porcine aortic valves. *J Bioeng*, 2(3-4), año 1978, 287 – 300 p.
- [16] MONTIEL CAMPOS Raúl- MANZUR Angel. "Extensómetro adaptado a cámara Kratky para estudio de polímeros a pequeñas elongaciones", Instrumentación y desarrollo, Vol. 2
- [17] Montiel Campos Raúl. " Extensómetro para el estudio de tejido vivo "
- [18] Leeson-Dietrich J, Boughner D, Vesely I. Porcine pulmonary and aortic valves: a comparison of their tensile viscoelastic properties at physiological strain rates. *J Heart Valve Dis*, 4(1), 1995, 88-94 p.
- [19] Lo D, Vesely I. Biaxial strain analysis of the porcine aortic valve. *Ann Thorac Surg*, 60(2Suppl), 1995. 374-8 p.
- [20] Casilla, A. L. maquinas. Calculos del taller. Hispanoamericana: Edicion 36, Edicion 1997. 272 – 273p.

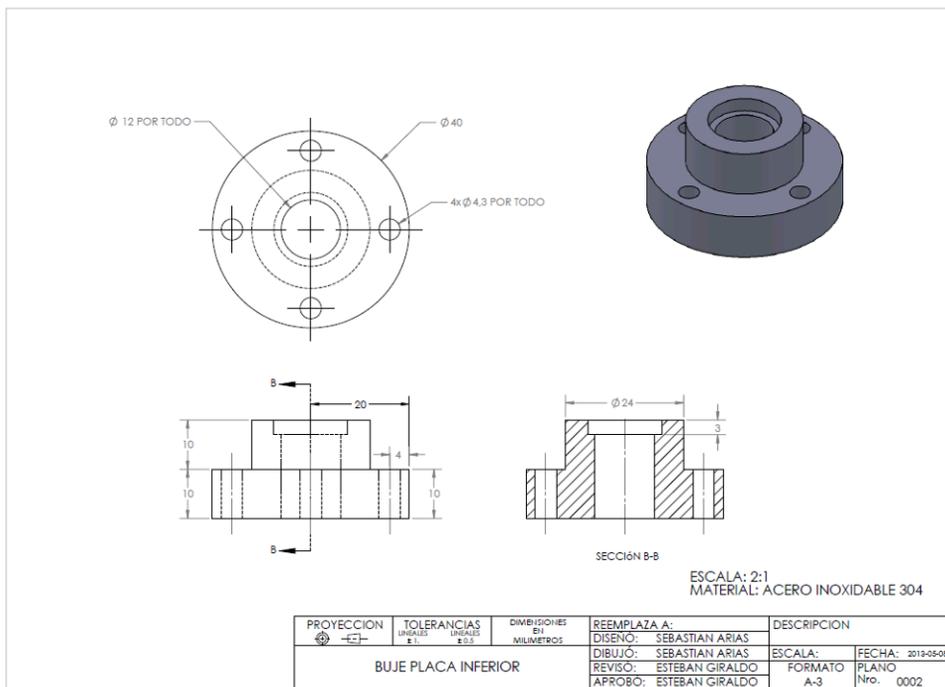
## 11. ANEXOS

### ANEXO 1. PLANOS MECÁNICOS DEL EXTENSÓMETRO

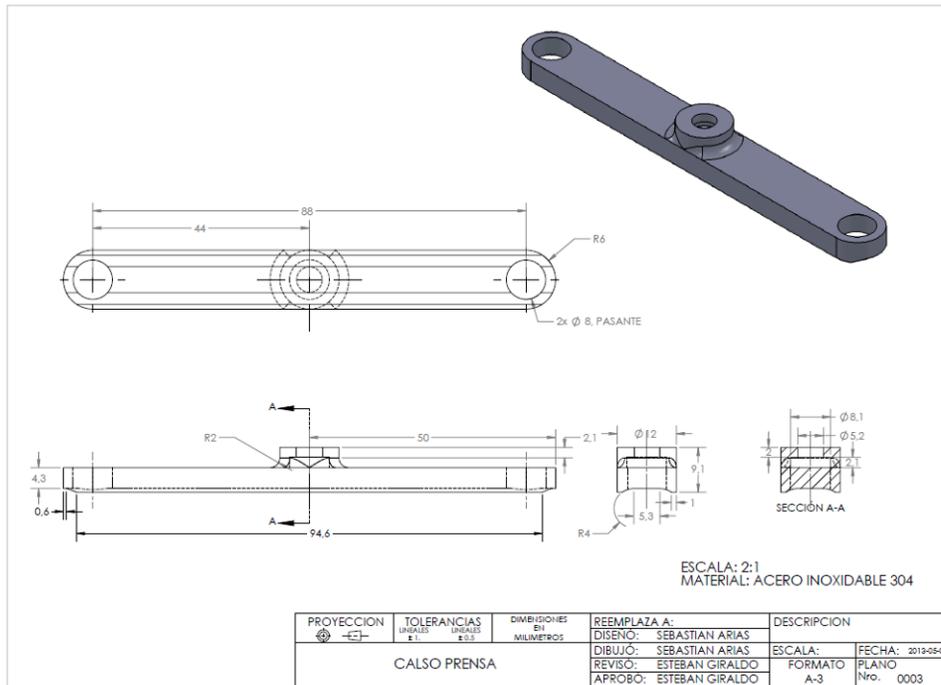
#### Plano 1.1 Bases del extensómetro



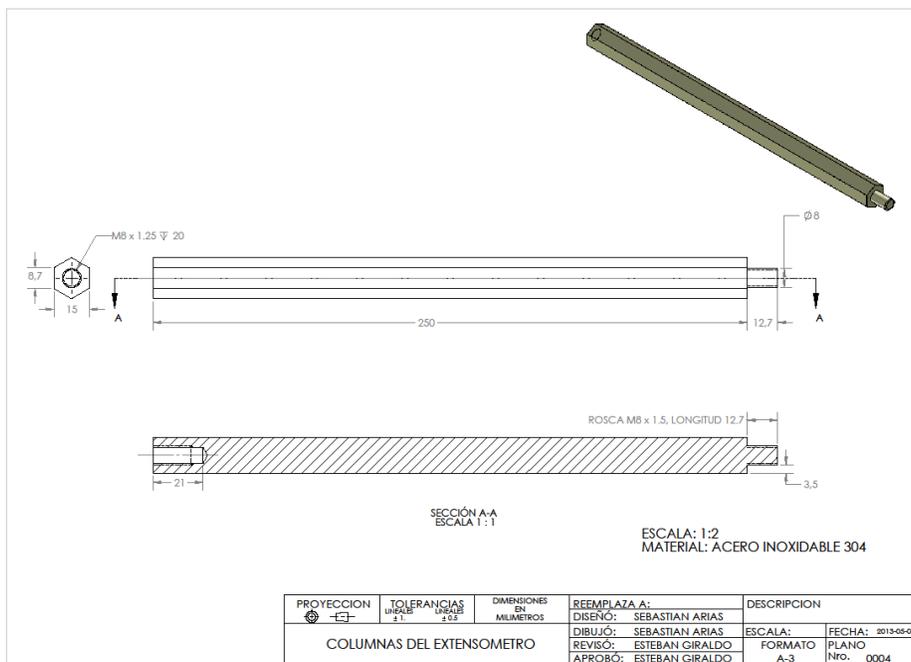
#### Plano 1.2 Buje placa inferior



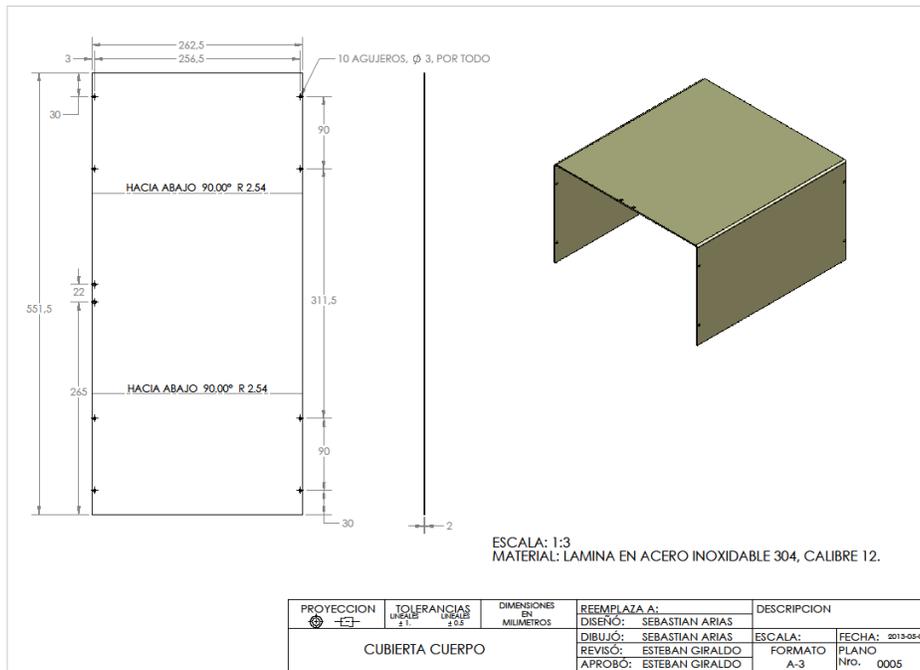
### Plano 1.3 Calso prensa



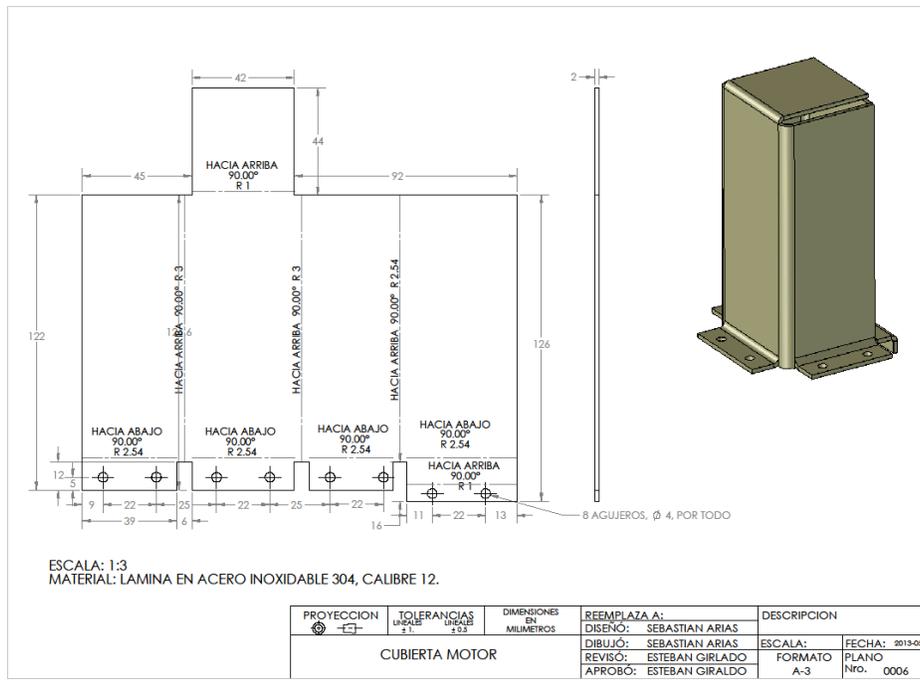
### Plano 1.4 Columnas del Extensometro



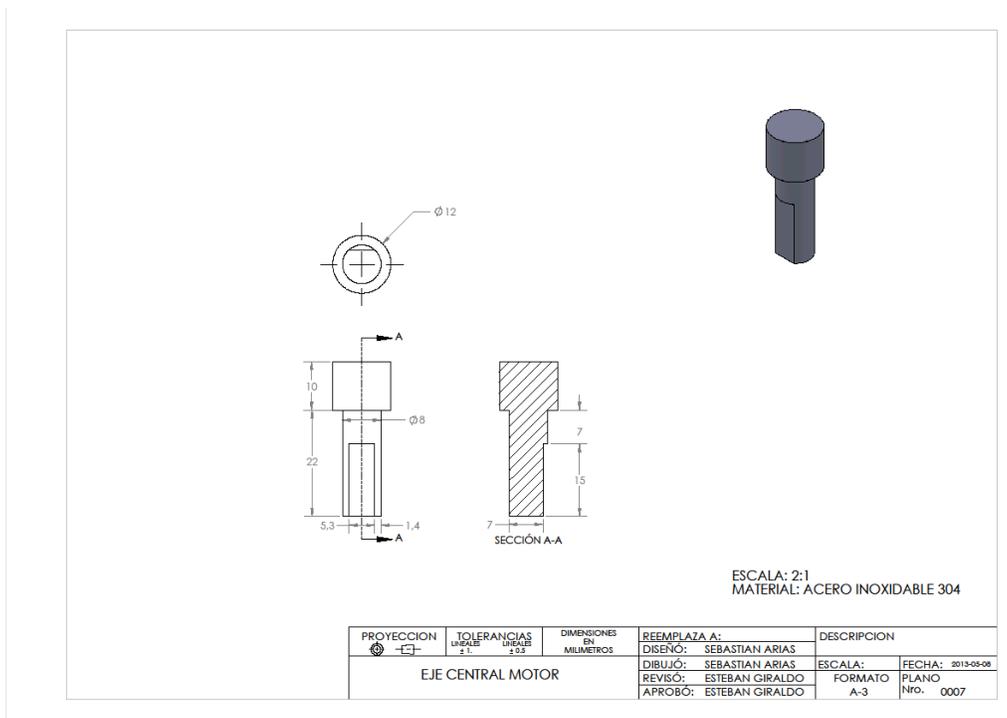
### Plano 1.5 Cubierta Cuerpo



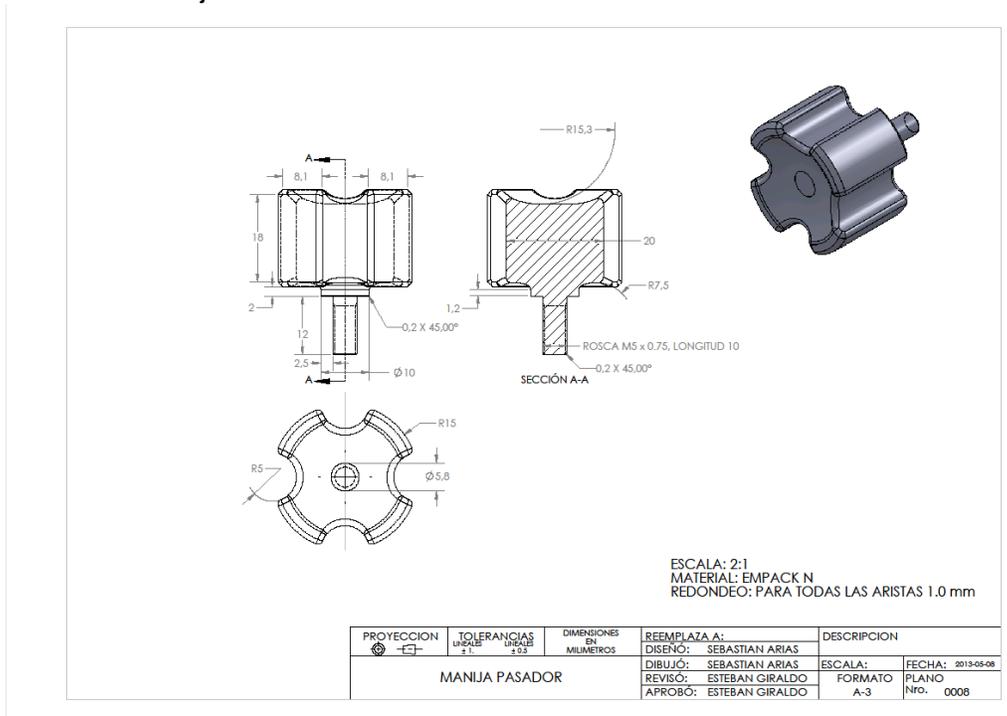
### Plano 1.6 Cubierta Motor



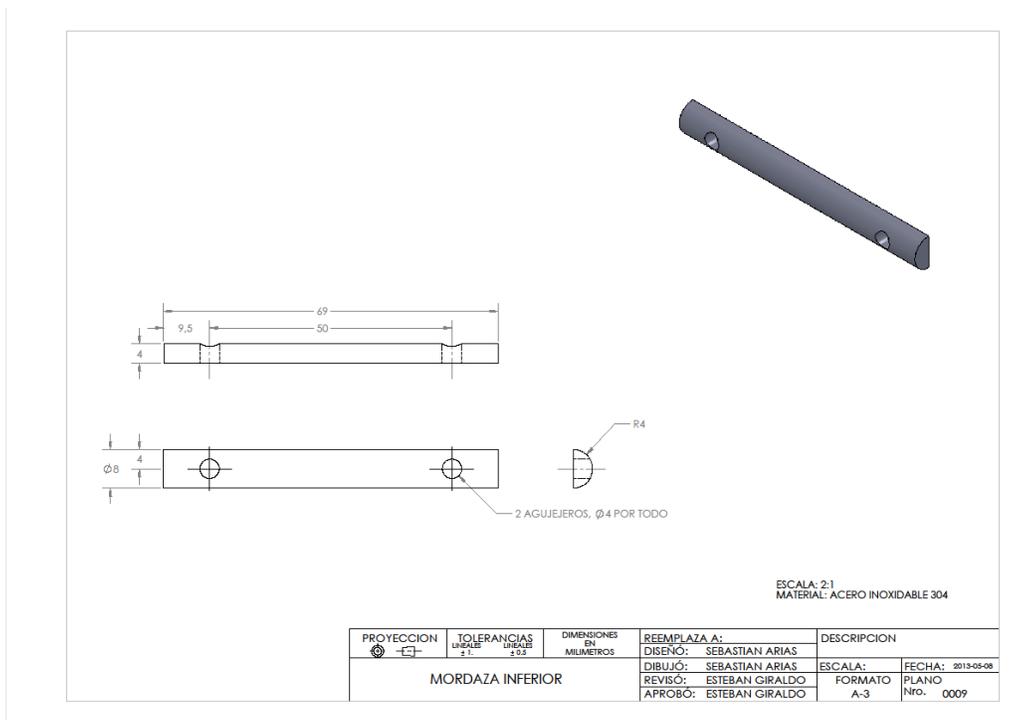
### Plano 1.7 Eje central Motor



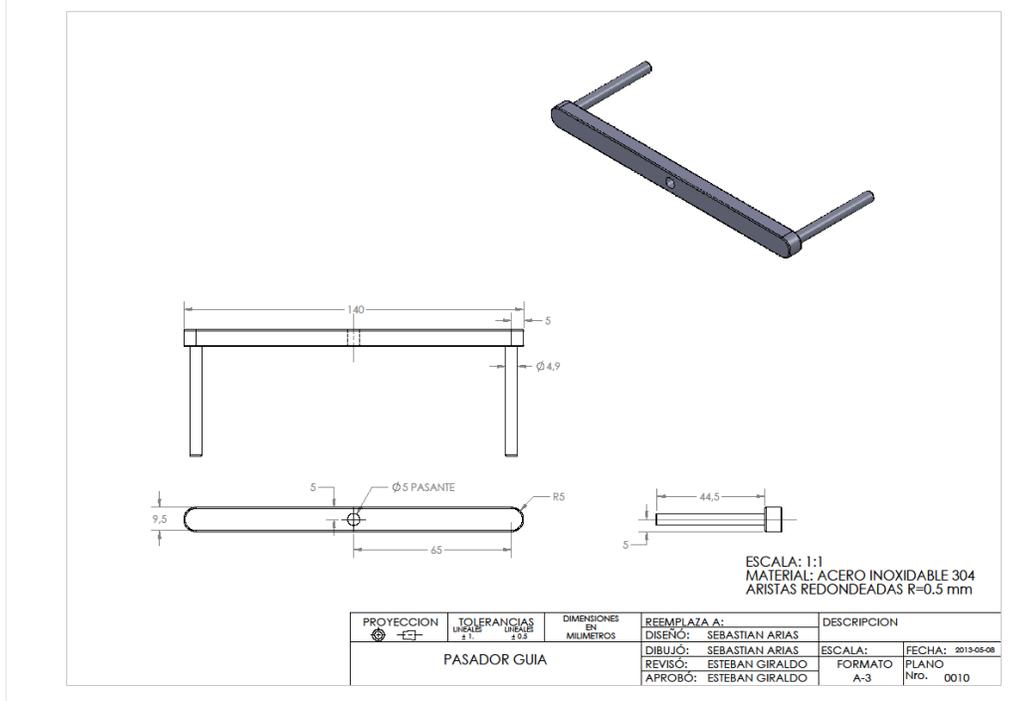
### Plano 1.8 Manija Pasador



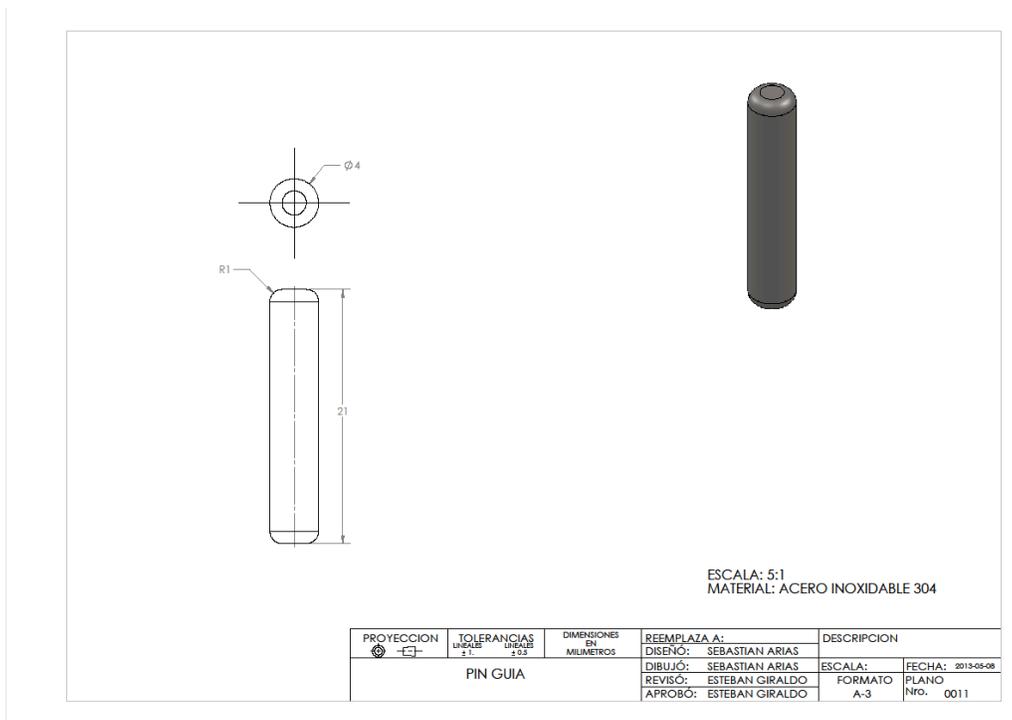
### Plano 1.9 Mordaza Inferior



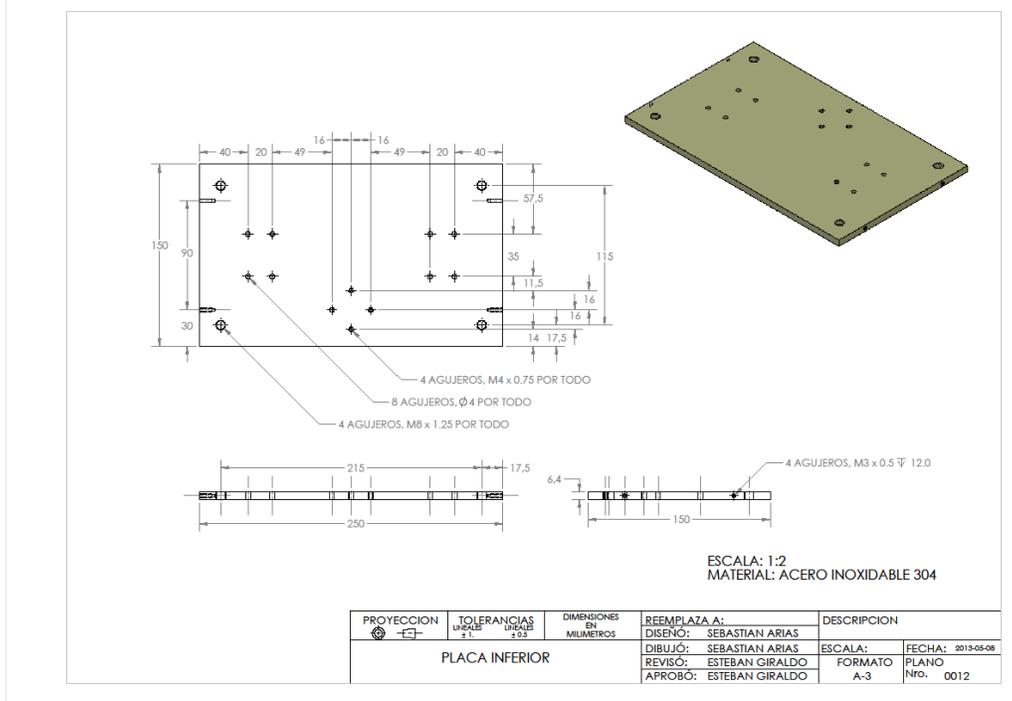
### Plano 1.10 Pasador Guía



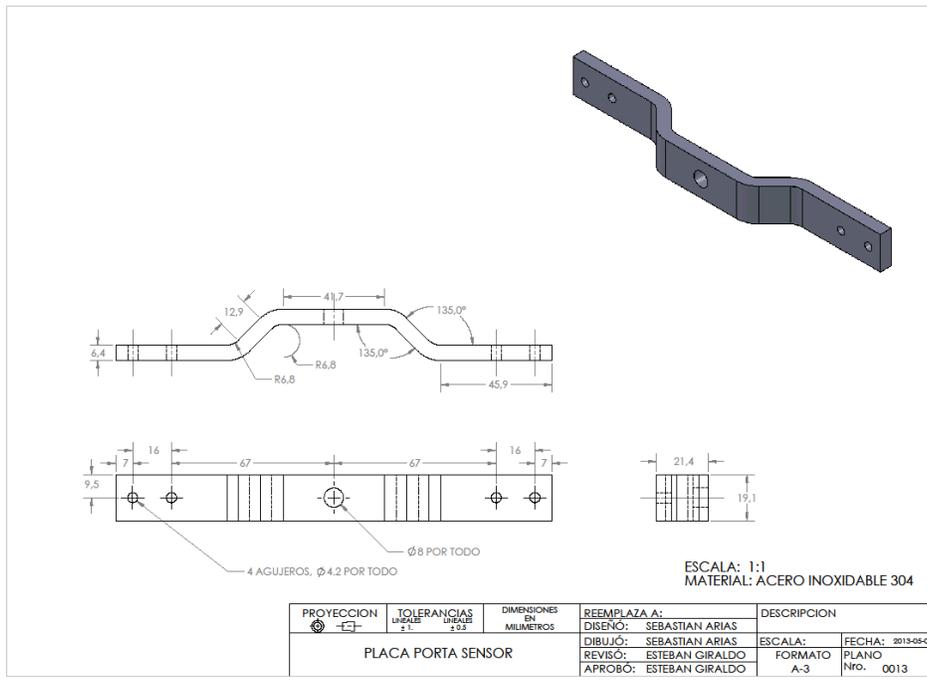
### Plano 1.11 Pin Guía



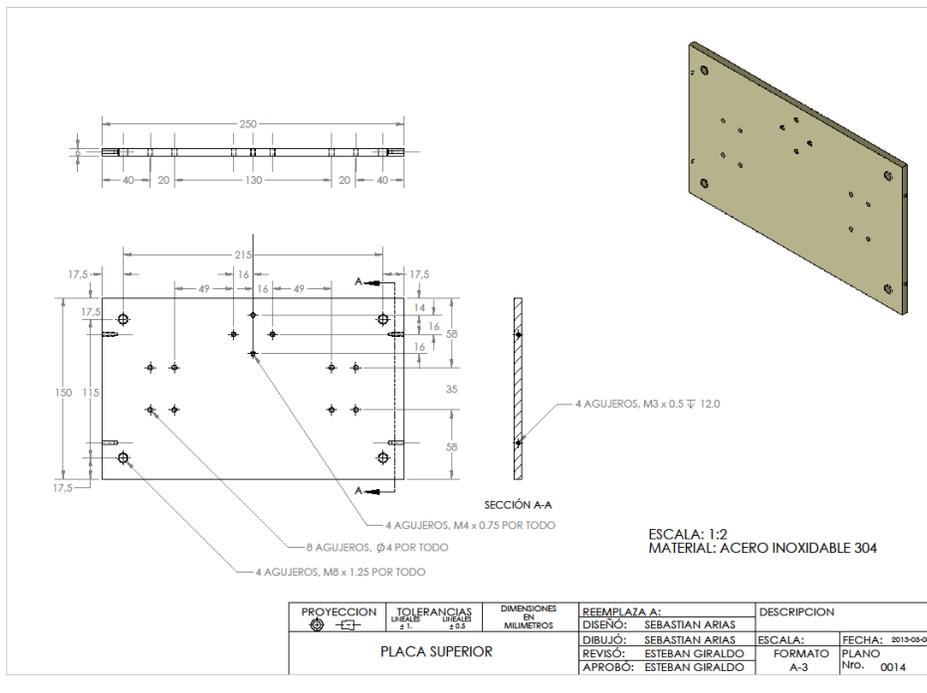
### Plano 1.12 Placa Inferior



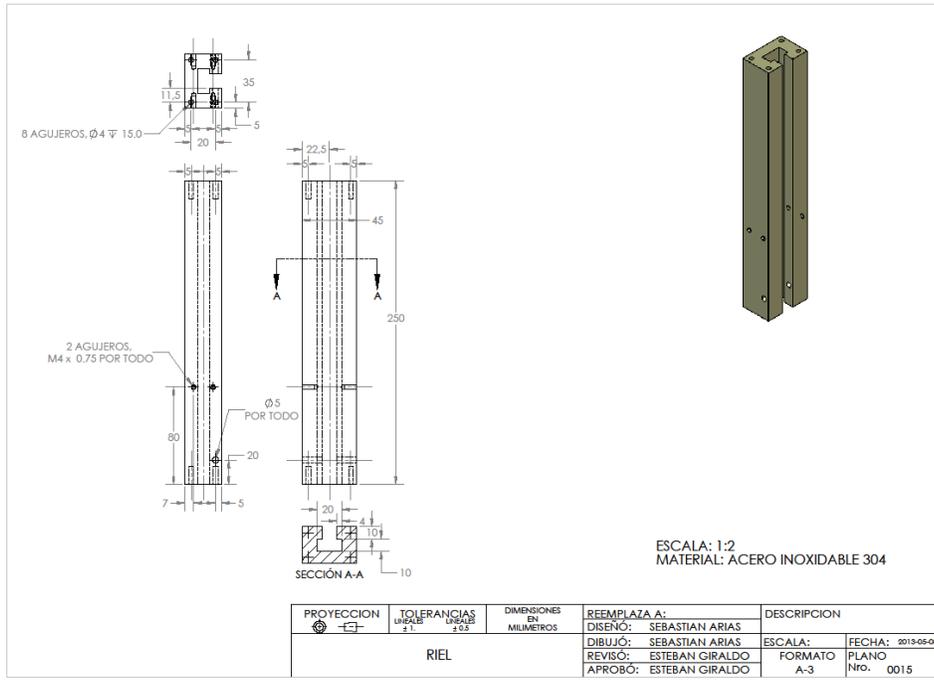
### Plano 1.13 Placa Porta Sensor



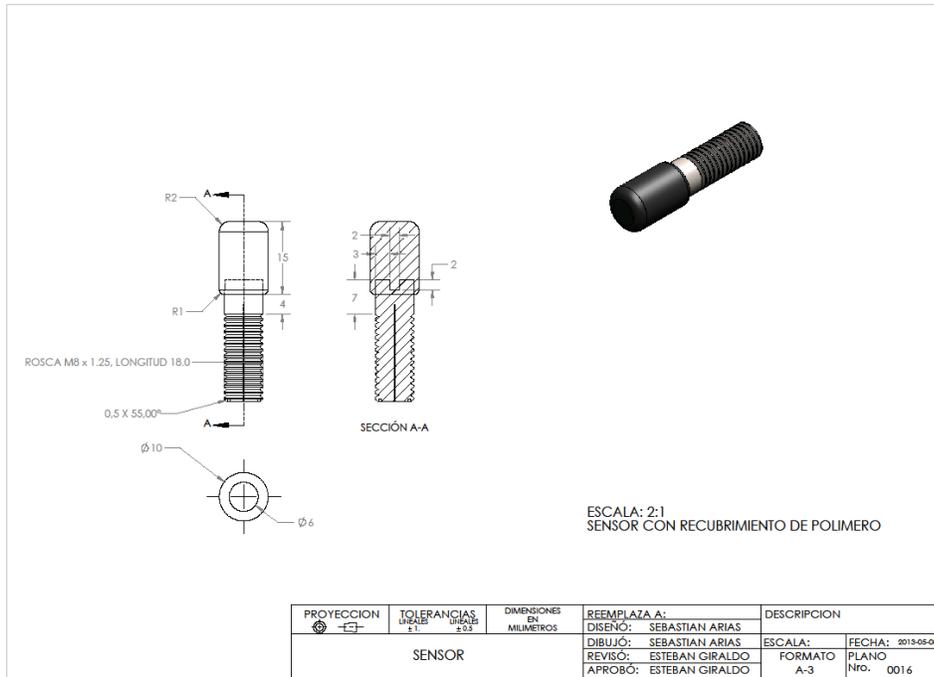
Plano 1.14 Placa Superior



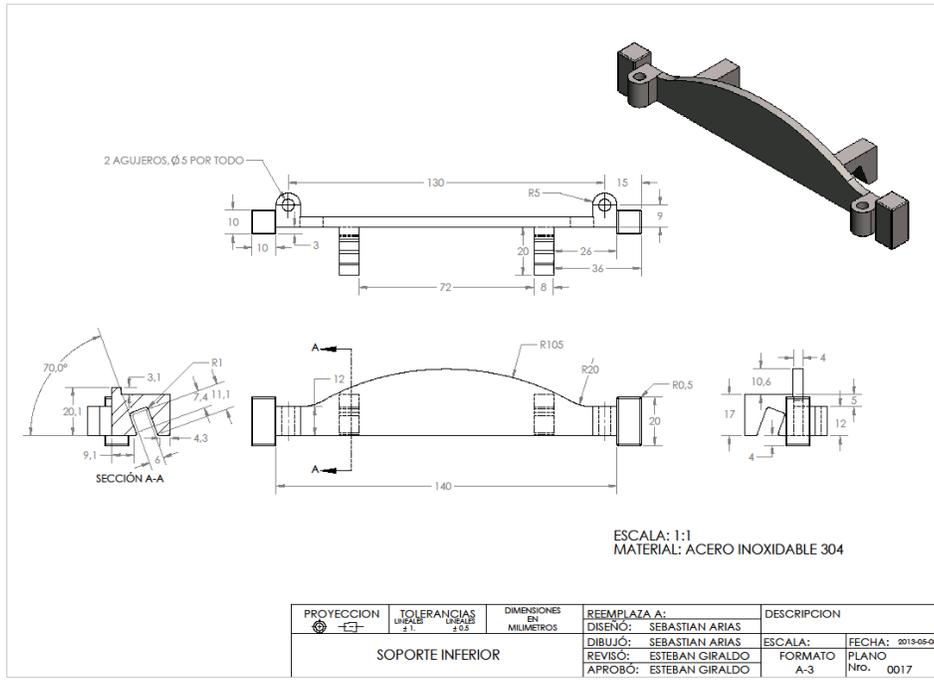
Plano 1.15 Riel



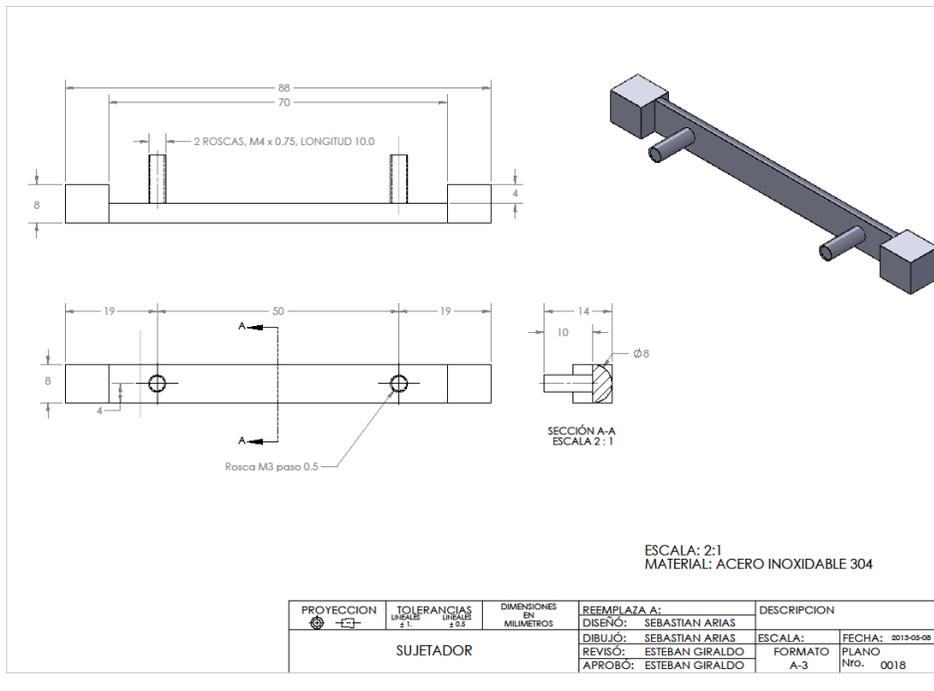
### Plano 1.16 Sensor



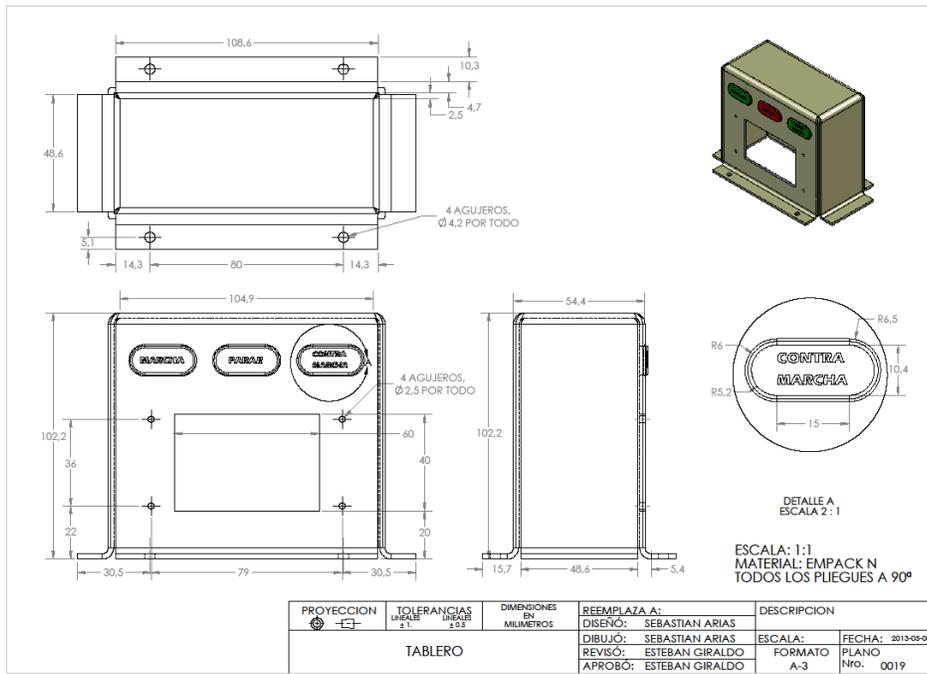
### Plano 1.17 Soporte Inferior



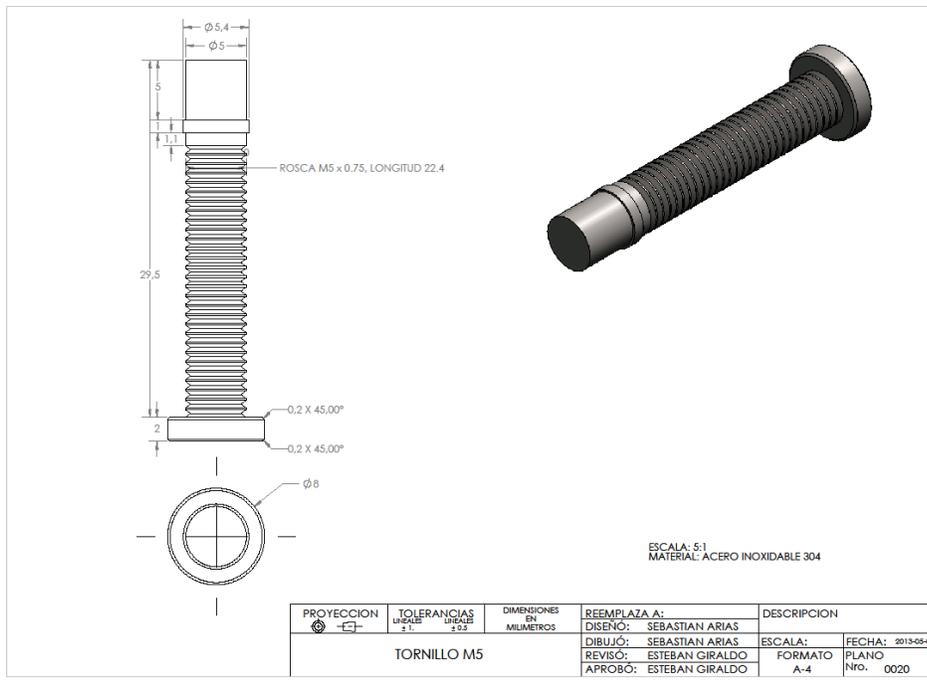
### Plano 1.18 Sujetador



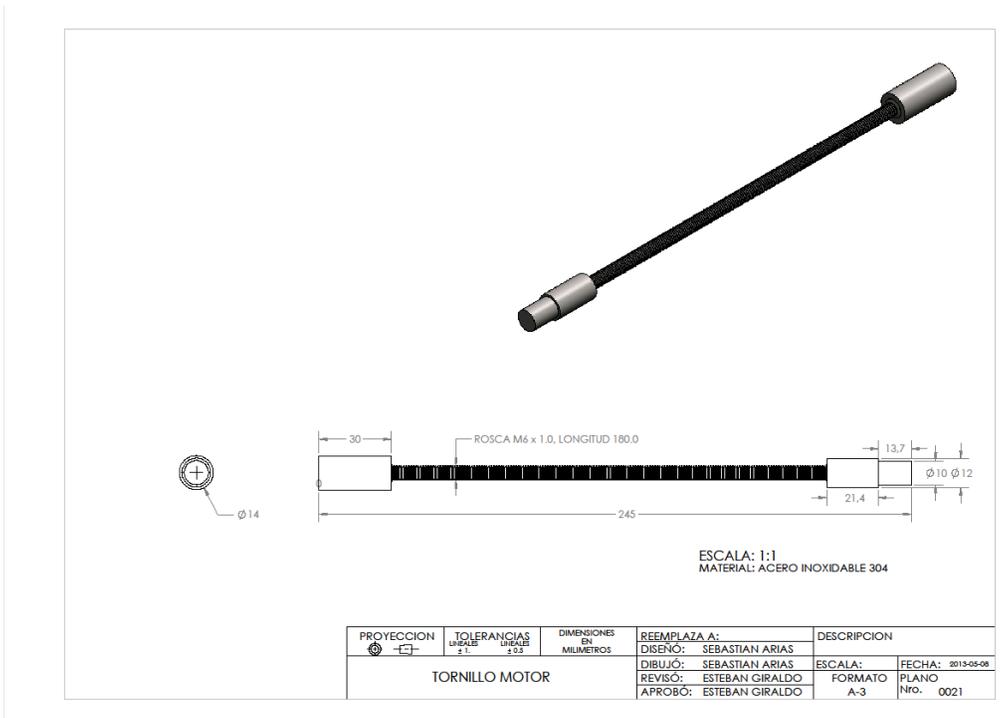
### Plano 1.19 Tablero



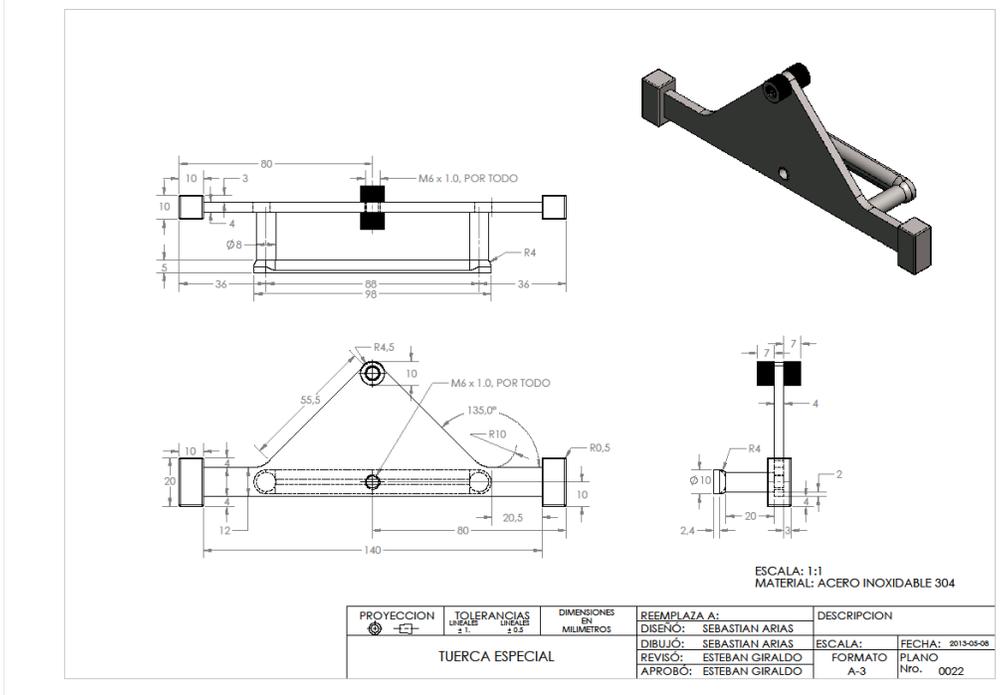
### Plano 1.20 Tornillo M5



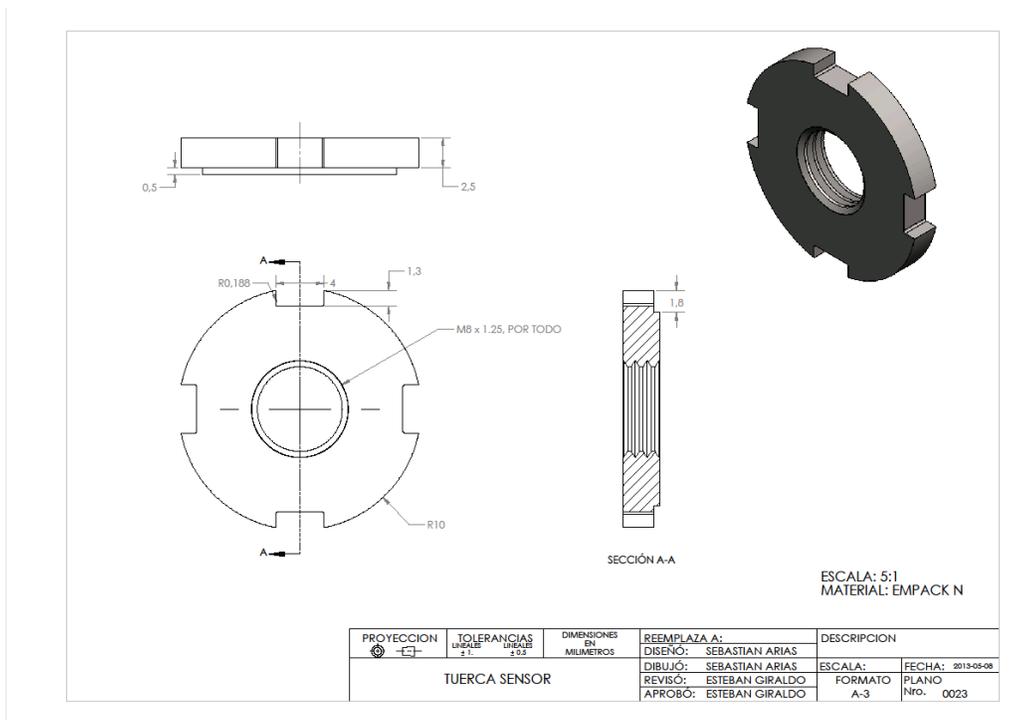
### Plano 1.21 Tornillo Motor



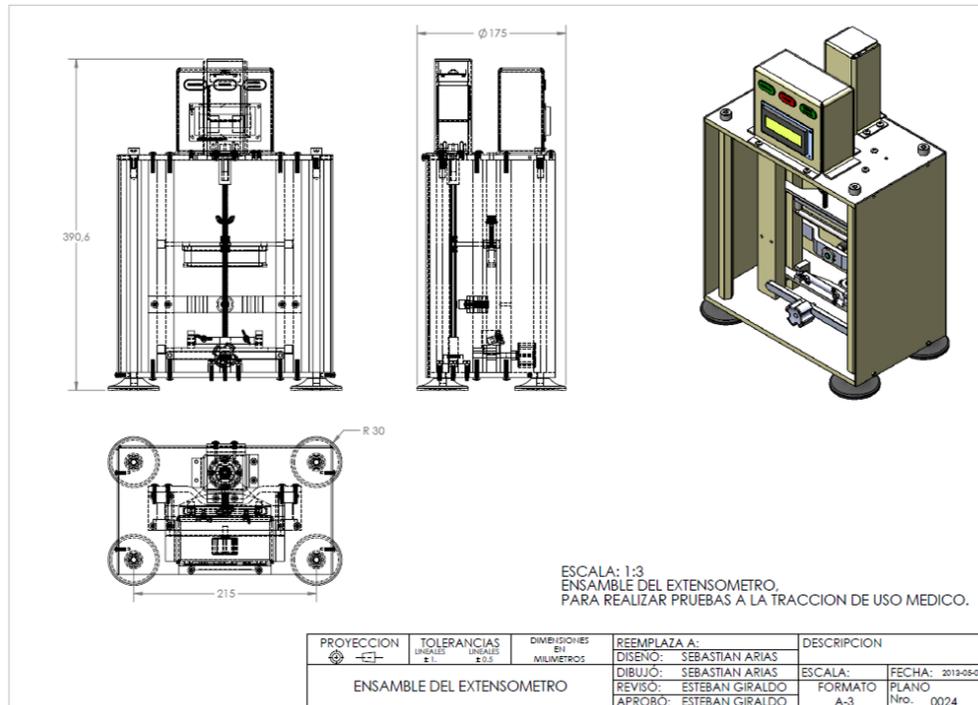
### Plano 1.22 Tuerca Especial



### Plano 1.23 Tuerca Sensor



Plano 1.24 Ensamble del Extensometro



Plano 1.25 Ensamble Explosionado

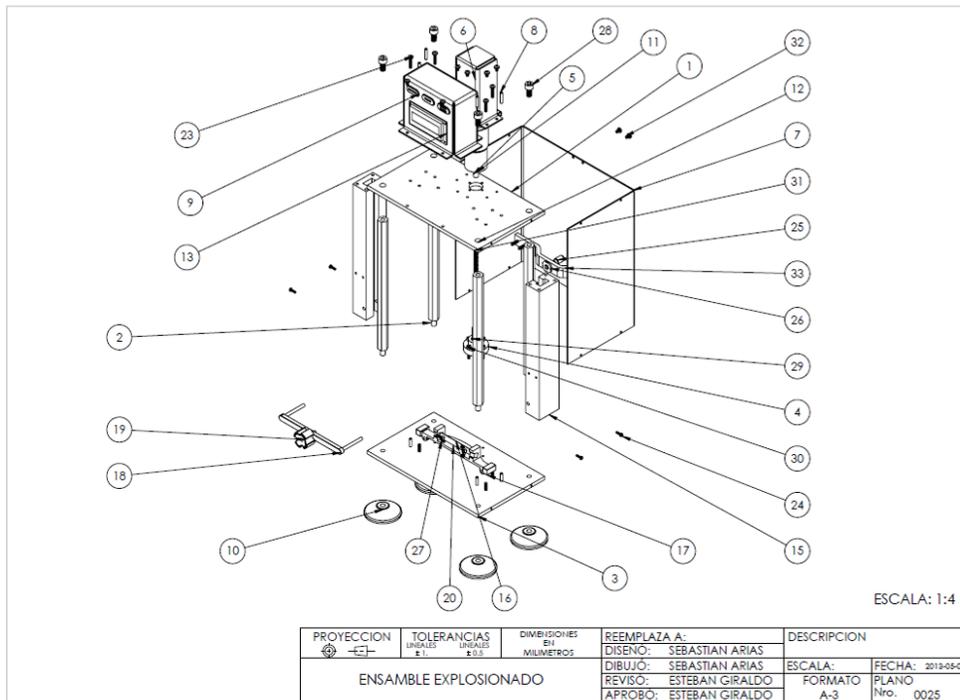


Tabla 1.26 Lista de Materiales Para el Extensometro

1	No. ELEMENTO	NOMBRE DE PIEZA	MATERIAL	CANTIDAD
2	1	PLACA SUPERIOR	ACERO INOXIDABLE	1
3	2	COLUMNAS	ACERO INOXIDABLE	4
4	3	PLACA INFERIOR	ACERO INOXIDABLE	1
5	4	BUJE PLACA INFERIOR	ACERO INOXIDABLE	1
6	5	EJE CENTRAL MOTOR	ACERO INOXIDABLE	1
7	6	CUBIERTA MOTOR	EMPACK N	1
8	7	CUBIERTA CUERPO	EMPACK N	1
9	8	PIN GUIAS	ACERO INOXIDABLE	8
10	9	TABLERO	EMPACK N	1
11	10	BASES	CAUCHO NEGRO	4
12	11	MOTOR	CARCASA ACERO INOXIDABLE	1
13	12	TORNILLO M6 x 18mm, ESTRIA	ACERO INOXIDABLE	4
14	13	DISPLAY	EL ASIGNADO	1
15	14	CALSO PRENSA	ACERO INOXIDABLE	1
16	15	RIEL	ACERO INOXIDABLE	2
17	16	SUJETADOR	ACERO INOXIDABLE	1
18	17	TORNILLO M6 x 18mm, ESTRIA	ACERO INOXIDABLE	4
19	18	PASADOR	ACERO INOXIDABLE	1
20	19	MANIJA PASADOR	EMPACK N	1
21	20	MORDAZA INFERIOR	ACERO INOXIDABLE	1
22	21	ENSAMBLE TUERCA SUPERIOR	ACERO INOXIDABLE	1
23	22	TORNILLO M4 x 20mm, ESTRIA	ACERO INOXIDABLE	12
24	23	TORNILLO M3 x 10mm, ESTRIA	ACERO INOXIDABLE	4
25	24	TORNILLO M8 x 20mm, ESTRIA	ACERO INOXIDABLE	8
26	25	SENSOR, CON ROSCA M8	EMPACK N	1
27	26	TUERCA SENSOR M8	EMPACK N	2
28	27	TORNILLO BRISTOL M8 x 16mm	ACERO INOXIDABLE	4
29	28	TORNILLO BRISTOL M8 x 16mm	ACERO INOXIDABLE	1
30	29	TORNILLO M4 x 20mm, ESTRIA	ACERO INOXIDABLE	4
31	30	TORNILLO MOTOR M6 x 120mm	ACERO INOXIDABLE	1
32	31	TORNILLO M4 x 6mm, ESTRIA	ACERO INOXIDABLE	8
33	32	PLACA PORTA SENSOR	ACERO INOXIDABLE	1

Estos son los materiales utilizados en el diseño de un extensómetro, para la medición del esfuerzo en las nanofibras de polímeros para uso biológico.

### **EMPACK N**

Se define como una súper poliamida, con excelentes propiedades mecánicas, eléctricas y químicas, que garantizan su resistencia a la abrasión, al impacto, la fricción y a algunos agentes químicos.

Es altamente deslizante, incluso en seco, por lo que tiene un envejecimiento mínimo si es usado como almohadilla.

El Empack N es dieléctrico, y ofrece un amplio margen de temperaturas de utilización.

Se utiliza en el sector industrial, químico, nuclear, eléctrico, electrónico, aeronáutico, en el sector de la construcción y en mecánica en general.

Puede ser Nylon 100% o con refuerzos de molibdeno o grafito.

### **Aplicaciones:**

Es sustituto del cobre, bronce y acero para elaborar:

- Piñones, bujes, guías.
- Piezas de maquinaria.
- Partes mecánicas.
- Ruedas industriales, engranajes.
- Cremalleras, perfiles, excéntricos.
- Casquillos, guías de válvula.
- Asientos de fricción.
- Tubos hidráulicos.
- Tubos de neumática.

### **CAUCHO NEGRO.**

Gracias a las propiedades físico –químicas y a la resistencia mecánica que presta el caucho negro, derivados de los polímeros, cumplen una función muy importante y desempeñan una excelente función en los soportes de las maquinas, para este caso el del extensómetro, ya que su coeficiente de fricción entre el caucho y el hormigón es de 1.0, siendo este el  $\mu$  más alto, es decir, el  $\mu$  estático.

Además cumple las especificaciones de asepsia ya que el equipo va a ser de uso medico

### **ACERO INOXIDABLE 304**

El acero inoxidable es un acero de elevada resistencia a la corrosión, dado que el cromo, u otros metales aleantes que contiene, poseen gran afinidad por el oxígeno y reacciona con él formando una capa pasivadora, evitando así la corrosión del hierro (los metales puramente inoxidables, que no reaccionan con oxígeno son oro y platino, y de menor pureza se llaman resistentes a la corrosión, como los que contienen fósforo). Sin embargo, esta capa puede ser afectada por algunos ácidos, dando lugar a que el hierro

sea atacado y oxidado por mecanismos intergranulares o picaduras generalizadas. Algunos tipos de acero inoxidable contienen además otros elementos aleantes; los principales son el níquel y el molibdeno.

Los aceros inoxidables se utilizan principalmente en cuatro tipos de mercados:

- Electrodomésticos: grandes electrodomésticos y pequeños aparatos para el hogar.
- Automoción: especialmente tubos de escape.
- Construcción: edificios y mobiliario urbano (fachadas y material).
- Industria: alimentación, productos químicos y petróleo.

Su resistencia a la corrosión, sus propiedades higiénicas y sus propiedades estéticas hacen del acero inoxidable un material muy atractivo para satisfacer diversos tipos de demandas, como lo es la industria médica.

## ANEXO 2. PROGRAMA EN EL MICROCONTROLADOR

```

;*****
;Programa extensómetro
;*****
list      p=16f877A
include   "p16f877A.inc"

;*****
;Variables Internas del programa (Registros)
numtec    equ      20h
retardo0  equ      21h
bandera   equ      22h ; bit0= se observa que solo marque un dato en el teclado

retardo2  equ      23h
retardo3  equ      24h
tabla     equ      25h
num1      equ      26h
num2      equ      27h
num3      equ      28h
num4      equ      29h
cuatro    equ      2Ah
puntos    equ      2Bh
temporal  equ      2Ch
dato_1    equ      2Dh ;en estos registros llamados dato_1 dato_2 y dato_3
dato_2    equ      2Eh ;se guarda el dato que se envía de medición
dato_3    equ      2Fh ;que debe ser un OK y un enter (13)
banderint equ      30h
AT        equ      31h
retardoM  equ      32h
retardoS  equ      33h
tiempo    equ      34h
segundos  equ      35h

;Nombre de los bits
rs        equ      00h
e         equ      01h

;*****
org 00h           ;Vector de inicio
goto inicio

org 04h           ;DIRECCIÓN INTERRUPTON
;*****
;TRATAMIENTO DE INTERUCCUION
;*****
INTER
movwf temporal
BTFSS PIR1,RCIF ;INTERRUPCION POR RECEPCION
goto salgadeaqui ;NO FALSA INTERRUPTON
BCF PIR1,RCIF ;REPONE FLANCO CERO
MOVF RCREG,W ;LECTURA DEL DATO RECIBIDO

btfss banderint,0 ;pregunta para guardar en dato1
goto guardedato1
btfss banderint,1 ;pregunta para guardar en dato2
goto guardedato2
btfss banderint,2 ;pregunta para guardar en dato3
goto guardedato3

```

```

        clrf    banderint
        goto   salgadeaqui

guardedato1
        movwf  dato_1
        bsf    banderint,0
        goto   salgadeaqui

guardedato2
        movwf  dato_2
        bsf    banderint,1
        goto   salgadeaqui

guardedato3
        movwf  dato_3
        clrf  banderint
        bsf    bandera,4
salgadeaqui
        movf  temporal,W
        RETFIE

```

```

inicio
;//////////////////////////////////////////////////////////////////PARTE DONDE SE CONFIGURAN LOS PINES DEL MICRO//////////////////////////////////////////////////////////////////
config_proyecto
        ERRORLEVEL -302; eliminar mensajes acerca del uso adecuado del banco
        BANKSEL    TRISA                ;se para en el banco de TRISA
        movlw  00h                ;pone el puerto como salidas
        movwf  TRISA
        BANKSEL    TRISB
        movlw  0F0h                ;mueve el literal 0F0 al TRISB para que la parte alta
quede como entrada
        movwf  TRISB                ;
        BANKSEL    TRISC                ;se para en el banco de TRISC
        movlw  80h                ;pone el puerto como salidas y el ultimo bit
como entrada rx
        movwf  TRISC                ;mueve de W a F(TRISC)
        BANKSEL  TRISD
        movlw  00h                ;pone el puerto como salidas
        movwf  TRISD
        BANKSEL  TRISE
        movlw  00h                ;pone el puerto como salidas
        movwf  TRISE
        BANKSEL  ADCON1
        movlw  06h                ;muevo del dato cero seis para que queden
como digitales
        movwf  ADCON1
;parte configuracion del USART
        MOVLW  B'00100100'        ;Se elige el modo asincrono (SYNC=0. dato de 8 bits
        MOVWF  TXSTA                ;y alta velocidad (BRGH=1)
        MOVLW  .25                ;
        MOVWF  SPBRG                ;trabajar a 9600 baudios
        BSF    PIE1,RCIE            ;Habilita interrupcion en recepcion
        BANKSEL RCSTA                ;
        MOVLW  B'10010000'        ;Configuracion del USART
        MOVWF  RCSTA                ;para recepcion continua
        bsf    RCSTA,SPEN            ;se activa la USART
        MOVLW  B'11000000'        ;SE HABILITA LA INTERRUPCIÓN GLOBAL
        MOVWF  INTCON                ;
        BANKSEL  PORTA                ;se para en el banco de PORTA
        clrf  PORTA                ;borra todo el registro para garantizar que el led
empieze apagado
        clrf  PORTB                ;se para en el banco de PORTC
        clrf  PORTC                ;
        clrf  PORTD
        clrf  PORTE

```

```

clrf    bandera
clrf    tabla
clrf    num1
clrf    num2
clrf    num3
clrf    num4
clrf    cuatro
clrf    puntos
clrf    AT
BANKSEL STATUS

```

```

;se crean los caracteres que se van a utilizar
call    retardo4

```

```

caracter_chulo
movlw   40h
call    control
movlw   b'00001'
call    dato1
movlw   41h
call    control
movlw   b'00001'
call    dato1
movlw   42h
call    control
movlw   b'00010'
call    dato1
movlw   43h
call    control
movlw   b'00010'
call    dato1
movlw   44h
call    control
movlw   b'10110'
call    dato1
movlw   45h
call    control
movlw   b'01110'
call    dato1
movlw   46h
call    control
movlw   b'00100'
call    dato1
movlw   47h
call    control
movlw   b'00000'
call    dato1

```

```

bateria_full_llena
movlw   48h
call    control
movlw   b'01110'
call    dato1
movlw   49h
call    control
movlw   b'11111'
call    dato1
movlw   4Ah
call    control
movlw   b'11111'
call    dato1
movlw   4Bh
call    control
movlw   b'11111'
call    dato1
movlw   4Ch
call    control

```

```
movlw b'11111'  
call dato1  
movlw 4Dh  
call control  
movlw b'11111'  
call dato1  
movlw 4Eh  
call control  
movlw b'11111'  
call dato1  
movlw 4Fh  
call control  
movlw b'11111'  
call dato1
```

#### bateria\_media\_med

```
movlw 50h  
call control  
movlw b'01110'  
call dato1  
movlw 51h  
call control  
movlw b'11011'  
call dato1  
movlw 52h  
call control  
movlw b'10001'  
call dato1  
movlw 53h  
call control  
movlw b'10001'  
call dato1  
movlw 54h  
call control  
movlw b'11111'  
call dato1  
movlw 55h  
call control  
movlw b'11111'  
call dato1  
movlw 56h  
call control  
movlw b'11111'  
call dato1  
movlw 57h  
call control  
movlw b'11111'  
call dato1
```

#### bateria\_cri\_critica

```
movlw 58h  
call control  
movlw b'01110'  
call dato1  
movlw 59h  
call control  
movlw b'11011'  
call dato1  
movlw 5Ah  
call control  
movlw b'10001'  
call dato1  
movlw 5Bh  
call control  
movlw b'10001'  
call dato1
```

```

movlw 5Ch
call control
movlw b'10001'
call dato1
movlw 5Dh
call control
movlw b'10001'
call dato1
movlw 5Eh
call control
movlw b'10001'
call dato1
movlw 5Fh
call control
movlw b'11111'
call dato1

```

;ESTA ES LA PARTE QUE SE LE ENVIA AL LCD PARA QUE SEPA COMO DEBE FUNCIONAR -----

inic\_modulcd

```

movlw 38h ;inicia display a 8 bits y 2 linea
call control
movlw 06h ;selecciona el modo de desplazamiento
call control
movlw 0Ch ;activa display
call control

```

-----

;;

espera\_ONOFF

```

movlw 0FFh ;mueve 0FFh para los retardos 0 y 2
movwf retardo2
movwf retardo0

```

```

movlw 05h

```

```

;luego mueve 05h a retardo 3 para que

```

255\*255\*5=325125 y como cada ciclo dura 1 us entonces son aproximadamente 3.25segundos

```

movwf retardo3

```

```

movlw 0Eh

```

```

;mueve el bit para que se ubique en la linea

```

donde esta E

```

movwf PORTB
bcf PORTA,2

```

```

btfsc PORTB,4

```

```

;pregunta si el bit cuatro se puso en cero indicando

```

que se presiono ON/OFF

```

goto espera_ONOFF

```

```

;sino sigue esperando

```

tiempo\_pres

```

btfsc PORTB,4

```

```

;si lo presiono entonces hace una espera de 3

```

segundos

```

goto espera_ONOFF

```

```

;si se suelta vuelve a esperar el ON/OFF

```

```

decfsz retardo0,F

```

```

;decrementa ratardo0 y apenas valga 0 salta

```

```

goto tiempo_pres

```

```

;como todavia no vale cero sigue decrementando

```

```

movlw 0FFh

```

```

;mueve 255 a retardo0

```

```

movwf retardo0

```

```

decfsz retardo2,F

```

```

;y decrementa retardo 2 para que asi se haga la

```

multiplicacion de 255 \* 255

```

goto tiempo_pres

```

```

;

```

```

movlw 0FFh

```

```

;luego vuelve a mover 255 a retardo0

```

```

movwf retardo0

```

```

decfsz retardo3,F

```

```

;y decrementa retardo3 y hace esto cinco veces

```

255\*255\*5

```

goto tiempo_pres

```

```

;y si dura ese tiempo presionado salta

```

```

bsf PORTA,2

```

```

call tabla1

```

```

;inmediatamente

```

```

btfss PORTB,4

```

```

;pregunta si lo solto

```

```

goto solto_ONOFF

```

```

;sino se queda esperando a que lo suelte

```

```

call pren_o_apag

```

espere\_enter

```

A      movlw  07h                                ;mueve 07h para ubicar el cero en la linea donde esta
      movwf  PORTB                               ;lo mueve al puerto
      call  retardo1
      btfsc PORTB,4                             ;pregunta si fue presionado
      goto  estadoluz                           ;pregunta por on off tambien
      call  tabla2                               ;muestra la tabla2
      goto  solto_enter                          ;y va a pregunta si solto enter

```

```

estadoluz
      call  pantalla_pre
      goto  esp_ONOFF

```

```

solto_enter
      btfss PORTB,4                             ;si lo presiono pregunta si ya lo solto
      goto  solto_enter                          ;sino lo solto se queda esperando

```

```

;*****RECONOCE QUE TECLA SE ESTA PRESIONANDO Y LA GUARDA
;*****!

```

```

q_tecla_es                                     ;|

```

```

      ;|
      include "reconocetecla.inc"
      movfw  cuatro
      movwf  PORTC

      btfss  bandera,6
      goto  line2
      goto  opci_val_bat

```

```

line2
      btfss  bandera,3                         ;pregunta si está en la parte que debe mostrar conectando
      goto  line1                             ;si está en cero salte
      goto  conectando

```

```

line1
      btfss  bandera,1                         ;pregunta si la bandera,1 está en uno para mirar que hace el bit uno arriba
en registro dice
      goto  line0                             ;si está en cero salte
      goto  rote_01

```

```

line0
      btfsc  bandera,2
      goto  guard_digit

      btfss  bandera,0                         ;pregunta si la bandera cero está en cero esta solo se pone en uno cuando se a
activado el teclado
      goto  q_tecla_es
;si bandera 0 vale uno entonces viene y compara que dato presiono
;por si necesita hacer una funcion especifica

```

```

;*****están son las tablas donde dice si es tales entonces haga esto*****

```

```

tecla_1
      movlw  01h
      subwf  numtec,W
      btfss STATUS,Z
      goto  tecla_2
      movlw  ""
      call  dato1
      bcf   bandera,0
      bsf   bandera,2
      goto  q_tecla_es

```

```

tecla_2
    movlw    02h
    subwf   numtec,W
    btfss   STATUS,Z
    goto    tecla_3
    movlw   ""
    call    dato1
    bcf     bandera,0
    bsf     bandera,2
    goto    q_tecla_es

tecla_3
    movlw    03h
    subwf   numtec,W
    btfss   STATUS,Z
    goto    tecla_4
    movlw   ""
    call    dato1
    bcf     bandera,0
    bsf     bandera,2
    goto    q_tecla_es

tecla_4
    movlw    04h
    subwf   numtec,W
    btfss   STATUS,Z
    goto    tecla_5
    movlw   ""
    call    dato1
    bcf     bandera,0
    bsf     bandera,2
    goto    q_tecla_es

tecla_5
    movlw    05h
    subwf   numtec,W
    btfss   STATUS,Z
    goto    tecla_6
    movlw   ""
    call    dato1
    bcf     bandera,0
    bsf     bandera,2
    goto    q_tecla_es

tecla_6
    movlw    06h
    subwf   numtec,W
    btfss   STATUS,Z
    goto    tecla_7
    movlw   ""
    call    dato1
    bcf     bandera,0
    bsf     bandera,2
    goto    q_tecla_es

tecla_7
    movlw    07h
    subwf   numtec,W
    btfss   STATUS,Z
    goto    tecla_8
    movlw   ""
    call    dato1
    bcf     bandera,0
    bsf     bandera,2
    goto    q_tecla_es

tecla_8

```

```

        movlw 08h
        subwf numtec,W
        btfss STATUS,Z
        goto tecla_9
        movlw ""
        call dato1
        bcf bandera,0
        bsf bandera,2
        goto q_tecla_es

tecla_9
        movlw 09h
        subwf numtec,W
        btfss STATUS,Z
        goto tecla_0
        movlw ""
        call dato1
        bcf bandera,0
        bsf bandera,2
        goto q_tecla_es

tecla_0
        movlw 00h
        subwf numtec,W
        btfss STATUS,Z
        goto tecla_A
        movlw ""
        call dato1
        bcf bandera,0
        bsf bandera,2
        goto q_tecla_es

tecla_A ;o Enter
        movlw 0Ah
        subwf numtec,W
        btfss STATUS,Z
        goto tecla_B
;
        call tabla2
        bcf bandera,0
        bcf bandera,2

        movlw 04h
        subwf cuatro,W ;pregunta si están los cuatro dígitos
        btfss STATUS,Z
        goto q_tecla_es
        movlw 02h ;hace la pregunta sobre tabla
        subwf tabla,W
        btfss STATUS,Z
        goto q_tecla_es
        bsf bandera,3 ;prende este bit para indicar que mande conectando
        movlw 00h
        call TXDATO
        movlw "+"
        call TXDATO
        call retardo1

```



```

        bcf          PORTA,rs      ;esta cuando apaga ese bit lo que hace es indicar que lo que va a enviar
es una instruccion de control
        goto        dato2         ;entrega el dato correspondiente al modulo
dato1
        bsf          PORTA,rs      ;esta cuando prende ese bit lo que hace indicar es que va a enviar un
mensaje
dato2
        bsf          PORTA,e       ;esta cuando se prende es indicando que se ha habilitado la opcion para
mirar que hay en el puerto
        movwf       PORTD         ;aqui mueve el caracter que fue guardado en W al puerto D para que el lcd lo lea
        call        retardo1      ;realiza un retardo de 255
        bcf          PORTA,e       ;apaga e para indicar que esta deshabilitado el puerto D
        call        retardo1      ;realiza otro retardo de 255
        return       ;y se retorna

```

\*\*\*\*\*En esta rutina lo que hace es que cuando entra a la opción de apagar pregunta si va a presionar 0 o 1

```

rote_01
        bcf          bandera,1
        movlw       07h
        movwf       PORTB
        call        retardo1
        btfsc       PORTB,7
        goto        rote_00
        movlw       01h          ;borra display
        call        control
        movlw       0Ch          ;activa display
        call        control
        goto        inicio

```

```

rote_00
        call        pantalla_pre
        movlw       0Eh
        movwf       PORTB
        call        retardo1
        btfsc       PORTB,6
        goto        rote_01
        clrf        cuatro
        clrf        num1
        clrf        num2
        clrf        num3
        clrf        num4

```

```

rote_00solto
        btfss       PORTB,6
        goto        rote_00solto
        goto        tabla_1

```

\*\*\*\*\*  
;en esta rutina lo que hace es que como está activado el bit 3 entonces va a empezar a mostrar conectando y los puntos deben mostrarse  
;como cargando y solo debe estar la opción de apagar activa no mas conectando

```

        movlw       0Eh
        movwf       PORTB
        clrf        retardo2

        call        tabla4

cargue_punt
        call        pantalla_pre
        movlw       0FFh
        movwf       puntos
        movlw       0FFh
        movwf       retardo3

```



```

call    TXDATO
movlw  "A"
call    TXDATO
bcf     bandera,4
call    tabla5
bcf     bandera,3
bsf     bandera,6
call    retardo4
call    retardo4
call    retardo4
call    retardo4
call    retardo4
call    retardo4
call    tabla6
goto   q_tecla_es

```

mire\_OK

;aquí va la parte donde se confirma que si este llegando el OK para saber que si hay comunicación

```

movlw  0FFh                ;mueve 0FFh para los retardos 0 y 2
movwf  retardo2
movwf  retardo0
movlw  05h                ;luego mueve 05h a retardo 3 para que
255*255*5=325125 y como cada ciclo dura 1 us entonces son aproximadamente 3.25segundos
movwf  retardo3

```

tiempo\_pres1

```

bsf     PORTA,3
decfsz retardo0,F        ;decrementa ratardo0 y apenas valga 0 salta
goto    tiempo_pres1    ; todavía no vale cero sigue decrementando
movlw  0FFh              ;mueve 255 a retardo0
movwf  retardo0
decfsz retardo2,F        ;y decrementa retardo 2 para que así se
goto    tiempo_pres1    ; haga la multiplicación de 255 * 255
movlw  0FFh              ;luego vuelve a mover 255 a retardo0
movwf  retardo0
decfsz retardo3,F        ;y decrementa retardo3 y hace esto cinco veces
255*255*5
goto    tiempo_pres1    ; y si dura ese tiempo presionado salta
bcf     PORTA,3

```

```

movlw  00h
subwf  AT,W
btfsc STATUS,Z
goto   ATDLXXXX

```

```

movlw  01h
subwf  AT,W
btfsc STATUS,Z
goto   ATCNenter

```

```

movlw  02h
subwf  AT,W
btfsc STATUS,Z
goto   mande_A

```

```

clrf  AT
goto  dec_punt

```

mande\_A

```

movlw  00h
call  TXDATO
movlw  00h
call  TXDATO
movlw  00h

```

```

call    TXDATO
movlw  00h
call    TXDATO
movlw  "A"
call    TXDATO
bcf    bandera,4
incf   AT,F
goto   dec_punt

```

#### ATCNenter

```

movlw  00h
call    TXDATO
movlw  00h
call    TXDATO
movlw  00h
call    TXDATO
movlw  00h
call    TXDATO
movlw  "A"
call    TXDATO
movlw  "T"
call    TXDATO
movlw  "C"
call    TXDATO
movlw  "N"
call    TXDATO
movlw  0Dh
call    TXDATO
bcf    bandera,4
incf   AT,F
goto   dec_punt

```

#### ATDLXXXX

```

movlw  "A"
call    TXDATO
movlw  "T"
call    TXDATO
movlw  "D"
call    TXDATO
movlw  "L"
call    TXDATO
movfw  num1;dato_1;
call    TXDATO
movfw  num2;dato_2;
call    TXDATO
movfw  num3;dato_3;
call    TXDATO
movfw  num4
call    TXDATO
movlw  0Dh
call    TXDATO
bcf    bandera,4
incf   AT,F

```

#### dec\_punt

```

BSF    PIR1,RCIF    ;
movlw  05h

```

```

subwf   retardo2,W
btfsc  STATUS,Z
goto   conectando

decfsz  puntos,F
goto   conectando1

movlw   0FFh
movwf   puntos

decfsz  retardo3,F
goto   conectando1

movlw   "."
call    dato1
incf    retardo2,F
bcf     bandera,5
goto   cargue_punt

```

;en esta rutina lo que hace es que guarda 4 dígitos y no más si se presiona un quito digito vuelve a empezar el conteo

```

guard_digit
bcf     bandera,2
movlw   00h
subwf   cuatro,W
btfss  STATUS,Z
goto   guard_2
incf    cuatro,F
movfw   numtec
movwf   num1
goto   q_tecla_es

guard_2
movlw   01h
subwf   cuatro,W
btfss  STATUS,Z
goto   guard_3
incf    cuatro,F
movfw   numtec
movwf   num2
goto   q_tecla_es

guard_3
movlw   02h
subwf   cuatro,W
btfss  STATUS,Z
goto   guard_4
incf    cuatro,F
movfw   numtec
movwf   num3
goto   q_tecla_es

guard_4
movlw   03h
subwf   cuatro,W
btfss  STATUS,Z
goto   guard_5
incf    cuatro,F
movfw   numtec
movwf   num4
goto   q_tecla_es

guard_5
clrf    cuatro
clrf    num1
clrf    num2
clrf    num3

```

```

    clrf    num4
    incf   cuatro,F
    movfw  numtec
    movwf  num1
    call   retardo1
    movlw  0C0h
    call   control
    movlw  " "
    call   dato1
    movlw  0C0h
    call   control
    movlw  ""
    call   dato1
    goto   q_tecla_es

```

;------En esta rutina lo que hace es mirar cual fue la última tabla que se envió para volverla a enviar cuando salga de la rutina preguntar para apagar-----  
;------Aqui se encuentran el número de tablas que se han utilizado al igual que en la parte donde están las tablas con los parámetros del polímero-----

```

tabla_1
    movlw  01h
    subwf  tabla,W
    btfss  STATUS,Z
    goto   tabla_2
    call   tabla1
    goto   line0

```

```

tabla_2
    movlw  02h
    subwf  tabla,W
    btfss  STATUS,Z
    goto   tabla_3
    call   tabla2
    goto   line0

```

```

tabla_3
    movlw  03h
    subwf  tabla,W
    btfss  STATUS,Z
    goto   tabla_4
    call   tabla3
    goto   line0

```

```

tabla_4
    movlw  04h
    subwf  tabla,W
    btfss  STATUS,Z
    goto   tabla_5
    call   tabla4
    goto   line0

```

```

tabla_5
    movlw  05h
    subwf  tabla,W
    btfss  STATUS,Z
    goto   tabla_6
    call   tabla5
    goto   line0

```

tabla_6	movlw	06h
	subwf	tabla,W
	btfss	STATUS,Z
	goto	tabla_7
	call	tabla6
	goto	line0
tabla_7	movlw	07h
	subwf	tabla,W
	btfss	STATUS,Z
	goto	tabla_8
	call	tabla70
	goto	line0
tabla_8	movlw	08h
	subwf	tabla,W
	btfss	STATUS,Z
	goto	tabla_9
	call	tabla8
	goto	line0
tabla_9	movlw	09h
	subwf	tabla,W
	btfss	STATUS,Z
	goto	tabla_10
	call	tabla9
	goto	line0
tabla_10	movlw	0Ah
	subwf	tabla,W
	btfss	STATUS,Z
	goto	tabla_11
	call	tabla10
	goto	line0
tabla_11	movlw	0Bh
	subwf	tabla,W
	btfss	STATUS,Z
	goto	tabla_12
	call	tabla11
	goto	line0
tabla_12	movlw	0Ch
	subwf	tabla,W
	btfss	STATUS,Z
	goto	tabla_13
	call	tabla12
	goto	line0
tabla_13	movlw	0Dh
	subwf	tabla,W
	btfss	STATUS,Z
	goto	tabla_14
	call	tabla13
	goto	line0
tabla_14	movlw	0Eh

```

subwf  tabla,W
btfss  STATUS,Z
goto   line0;aqui se ponen si se necesitan más tablas
call   tabla14
goto   line0

tabla_15
movlw  0Fh
subwf  tabla,W
btfss  STATUS,Z
goto   tabla_16
call   tabla15
goto   line0

tabla_16
movlw  10h
subwf  tabla,W
btfss  STATUS,Z
goto   tabla_17
call   tabla16
goto   line0

tabla_17
movlw  11h
subwf  tabla,W
btfss  STATUS,Z
goto   line0;aqui se ponen si se necesitan más tablas
call   tabla17
goto   line0

```

```

;-----
;*****Como se ve lógicamente están son las tablas que se utilizan para el
LCD*****

```

```

tabla1  ;PRUEBA PILOTO CAM-LA
movlw  01h
movwf  tabla
movlw  01h          ;borra display
call   control
movlw  0Ch          ;activa display
call   control
movlw  " "
call   dato1
movlw  " "
call   dato1
movlw  "P"
call   dato1
movlw  "R"
call   dato1
movlw  "U"
call   dato1
movlw  "E"
call   dato1
movlw  "B"
call   dato1
movlw  "A"
call   dato1
movlw  " "
call   dato1
movlw  "P"
call   dato1
movlw  "I"
call   dato1
movlw  "L"
call   dato1
movlw  "O"
call   dato1
movlw  "T"

```

```

call    dato1
movlw  "O"
call    dato1
movlw  0C0h
call    control
movlw  " "
call    dato1
movlw  "E"
call    dato1
movlw  "X"
call    dato1
movlw  "T"
call    dato1
movlw  "E"
call    dato1
movlw  "N"
call    dato1
movlw  "S"
call    dato1
return

tabla2 ;Ingrese código usuario
movlw  02h
movwf  tabla
movlw  01h ;borra display
call   control
movlw  0Ch ;activa display
call   control
movlw  "C"
call   dato1
movlw  "o"
call   dato1
movlw  "d"
call   dato1
movlw  "i"
call   dato1
movlw  "g"
call   dato1
movlw  "o"
call   dato1
movlw  " "
call   dato1
movlw  "u"
call   dato1
movlw  "s"
call   dato1
movlw  "u"
call   dato1
movlw  "a"
call   dato1
movlw  "r"
call   dato1
movlw  "i"
call   dato1
movlw  "o"
call   dato1
movlw  "."
call   dato1
movlw  0C0h ;se para en el segundo renglón

```

```

        call    control
        return

tabla3
;
;
movlw  03h
movwf  tabla
movlw  01h          ;borra display
call   control
movlw  0Ch          ;activa display
call   control
movlw  "A"
call   dato1
movlw  "P"
call   dato1
movlw  "A"
call   dato1
movlw  "G"
call   dato1
movlw  "A"
call   dato1
movlw  "R"
call   dato1
movlw  "."
call   dato1
movlw  0C0h        ;se para en el segundo renglón
call   control
movlw  " "
call   dato1
movlw  " "
call   dato1
movlw  "S"
call   dato1
movlw  "I"
call   dato1
movlw  "("
call   dato1
movlw  "1"
call   dato1
movlw  ")"
call   dato1
movlw  " "
call   dato1
movlw  " "
call   dato1
movlw  "N"
call   dato1
movlw  "O"
call   dato1
movlw  "("
call   dato1
movlw  "O"
call   dato1
movlw  ")"
call   dato1
return

tabla4 ;conectando
movlw  04h
movwf  tabla
movlw  01h          ;borra display
call   control
movlw  0Ch          ;activa display
call   control
movlw  "C"
call   dato1
movlw  "o"
call   dato1

```

```

movlw "n"
call dato1
movlw "e"
call dato1
movlw "c"
call dato1
movlw "t"
call dato1
movlw "a"
call dato1
movlw "n"
call dato1
movlw "d"
call dato1
movlw "o"
call dato1
bcf bandera,3
return

tabla5 ;Listo
movlw 05h
movwf tabla
movlw 01h ;borra display
call control
movlw 0Ch ;activa display
call control
movlw "L"
call dato1
movlw "i"
call dato1
movlw "s"
call dato1
movlw "t"
call dato1
movlw "o"
call dato1
movlw " "
call dato1
movlw 086h ;ponga el puntero en linea 1
call control
movlw 00h ;envié caracter chulo
call dato1
return

tabla6 ;Estado sensor
;Carga Bateria
movlw 06h
movwf tabla
movlw 01h ;borra display
call control
movlw 0Ch ;activa display
call control

movlw "V"
call dato1
movlw "a"
call dato1
movlw "l"
call dato1
movlw "v"
call dato1
movlw "u"
call dato1
movlw "l"
call dato1
movlw "a"

```

```

call    dato1
movlw  " "
call    dato1
movlw  " "
call    dato1
movlw  " "
call    dato1
movlw  "("
call    dato1
movlw  "1"
call    dato1
movlw  ")"
call    dato1

movlw  0C0h
call    control

movlw  "B"
call    dato1
movlw  "a"
call    dato1
movlw  "t"
call    dato1
movlw  "e"
call    dato1
movlw  "r"
call    dato1
movlw  "i"
call    dato1
movlw  "a"
call    dato1
movlw  " "
call    dato1
movlw  " "
call    dato1
movlw  " "
call    dato1
movlw  "("
call    dato1
movlw  "2"
call    dato1
movlw  ")"
call    dato1
return

```

```

tabla70 ;Estado sensor
movlw  07h
movwf  tabla
movlw  01h           ;borra display
call   control
movlw  0Ch           ;activa display
call   control

movlw  "E"
call   dato1
movlw  "s"
call   dato1
movlw  "t"
call   dato1
movlw  "a"
call   dato1
movlw  "d"
call   dato1
movlw  "o"
call   dato1
movlw  " "

```

```

call    dato1
movlw  "V"
call    dato1
movlw  "a"
call    dato1
movlw  "I"
call    dato1
movlw  "v"
call    dato1
movlw  "u"
call    dato1
movlw  "I"
call    dato1
movlw  "a"
call    dato1
return

```

tabla8

```

movlw  08h
movwf  tabla
movlw  0Ch          ;activa display
call   control
movlw  0C0h
call   control
movlw  " "
call   dato1
movlw  "O"
call   dato1
movlw  "N"
call   dato1
return

```

tabla9

```

movlw  09h
movwf  tabla
movlw  0Ch          ;activa display
call   control
movlw  0C0h
call   control
movlw  " "
call   dato1
movlw  "O"
call   dato1
movlw  "F"
call   dato1
movlw  "F"

```

```

        call    dato1
        return

tabla10
        movlw  0Ah
        movwf  tabla
        movlw  01h          ;borra display
        call   control
        movlw  0Ch          ;activa display
        call   control
        movlw  "M"
        call   dato1
        movlw  "o"
        call   dato1
        movlw  "d"
        call   dato1
        movlw  ";"
        call   dato1
        movlw  "f"
        call   dato1
        movlw  ";"
        call   dato1
        movlw  "c"
        call   dato1
        movlw  "a"
        call   dato1
        movlw  " "
        call   dato1
        movlw  "V"
        call   dato1
        movlw  "a"
        call   dato1
        movlw  "l"
        call   dato1
        movlw  "v"
        call   dato1
        movlw  "u"
        call   dato1
        movlw  "l"
        call   dato1
        movlw  "a"
        call   dato1
        movlw  0C0h
        call   control
        movlw  " "
        call   dato1
        movlw  "S"
        call   dato1
        movlw  ";"
        call   dato1
        movlw  "("
        call   dato1
        movlw  "1"
        call   dato1
        movlw  ")"
        call   dato1
        movlw  " "
        call   dato1
        movlw  " "
        call   dato1
        movlw  "N"
        call   dato1
        movlw  "o"
        call   dato1
        movlw  "("
        call   dato1
        movlw  "2"

```

```

        call    dato1
        movlw  ")"
        call    dato1
        return

tabla11
        movlw  0Bh
        movwf  tabla
        movlw  01h           ;borra display
        call   control
        movlw  0Ch           ;activa display
        call   control
        movlw  "V"
        call   dato1
        movlw  "a"
        call   dato1
        movlw  "I"
        call   dato1
        movlw  "v"
        call   dato1
        movlw  "u"
        call   dato1
        movlw  "I"
        call   dato1
        movlw  "a"
        call   dato1
        movlw  " "
        call   dato1
        movlw  "O"
        call   dato1
        movlw  "N"
        call   dato1
        movlw  " "
        call   dato1
        movlw  " "
        call   dato1
        movlw  "("
        call   dato1
        movlw  "1"
        call   dato1
        movlw  ")"
        call   dato1

        movlw  0C0h
        call   control
        movlw  "V"
        call   dato1
        movlw  "a"
        call   dato1
        movlw  "I"
        call   dato1
        movlw  "v"
        call   dato1
        movlw  "u"
        call   dato1
        movlw  "I"
        call   dato1
        movlw  "a"
        call   dato1
        movlw  " "
        call   dato1
        movlw  "O"
        call   dato1
        movlw  "F"
        call   dato1
        movlw  "F"
        call   dato1

```

```

movlw  " "
call   dato1
movlw  "("
call   dato1
movlw  "2"
call   dato1
movlw  ")"
call   dato1
return

```

tabla12

```

movlw  0Ch
movwf  tabla
movlw  01h           ;borra display
call   control
movlw  0Ch           ;activa display
call   control
movlw  "V"
call   dato1
movlw  "a"
call   dato1
movlw  "l"
call   dato1
movlw  "v"
call   dato1
movlw  "u"
call   dato1
movlw  "j"
call   dato1
movlw  "a"
call   dato1
movlw  " "
call   dato1
movlw  0C0h
call   control
movlw  "D"
call   dato1
movlw  "e"
call   dato1
movlw  "s"
call   dato1
movlw  "a"
call   dato1
movlw  "c"
call   dato1
movlw  "t"
call   dato1
movlw  ";"
call   dato1
movlw  "v"
call   dato1
movlw  "a"
call   dato1
movlw  "d"
call   dato1
movlw  "a"
call   dato1
return

```

tabla13

```

movlw  0Dh
movwf  tabla
movlw  01h           ;borra display
call   control
movlw  0Ch           ;activa display
call   control
movlw  "V"

```

```

call    dato1
movlw  "a"
call    dato1
movlw  "j"
call    dato1
movlw  "v"
call    dato1
movlw  "u"
call    dato1
movlw  "j"
call    dato1
movlw  "a"
call    dato1
movlw  " "
call    dato1
movlw  0C0h
call    control
movlw  "A"
call    dato1
movlw  "c"
call    dato1
movlw  "t"
call    dato1
movlw  "i"
call    dato1
movlw  "v"
call    dato1
movlw  "a"
call    dato1
movlw  "d"
call    dato1
movlw  "a"
call    dato1
return

```

tabla14

```

movlw  0Eh
movwf  tabla
movlw  01h          ;borra display
call   control
movlw  0Ch          ;activa display
call   control

movlw  "E"
call   dato1
movlw  "s"
call   dato1
movlw  "t"
call   dato1
movlw  "a"
call   dato1
movlw  "d"
call   dato1
movlw  "o"
call   dato1
movlw  " "
call   dato1
movlw  "B"
call   dato1
movlw  "a"
call   dato1
movlw  "t"
call   dato1
movlw  "e"
call   dato1
movlw  "r"
call   dato1

```

```
movlw    ";"
call     dato1
movlw    "a"
call     dato1
return
```

tabla15

```
movlw    0Fh
movwf    tabla
movlw    0Ch          ;activa display
call     control
movlw    0C0h
call     control
movlw    " "
call     dato1
movlw    "L"
call     dato1
movlw    "I"
call     dato1
movlw    "e"
call     dato1
movlw    "n"
call     dato1
movlw    "a"
call     dato1
movlw    0CFh
call     control
movlw    01h
call     dato1
return
```

tabla16

```
movlw    10h
movwf    tabla
movlw    0Ch          ;activa display
call     control
movlw    0C0h
call     control
movlw    " "
call     dato1
movlw    "M"
call     dato1
movlw    "e"
call     dato1
movlw    "d"
call     dato1
movlw    ";"
call     dato1
movlw    "a"
call     dato1
movlw    0CFh
call     control
movlw    02h
call     dato1
return
```



```

pren_luzz
    bsf          PORTA,5

solto_aste
    call        retardo4
    btfss      PORTB,7
    goto       solto_aste

salga_pre_pan
    return

; **Esta parte es donde hace retardo****;|
retardo
    movlw      0Ah
    movwf      retardo0
retar
    decfsz    retardo0,F
    goto      retar
    return
;|

; **Este es un retardo un poco mas extendido****;|
retardo1
    movlw      0FFh;0Ah;
    movwf      retardo0
retar1
    decfsz    retardo0,F
    goto      retar1
    return
;|

;*****;|
retardo4
    movlw      0FFh
    movwf      retardoM
    movwf      retardoS

retar4
    decfsz    retardoM,F
    goto      retar4
    movlw      0FFh
    movwf      retardoM
    decfsz    retardoS,F
    goto      retar4
    return

opci_mot_bat
    call        pantalla_pre
    call        pren_o_apag
    movlw      07h
    movwf      PORTB
; mueve este valor al puerto para mirar las teclas 1 y 2

motor_
    btfsc     PORTB,7
    goto      bateria_
; si elige ver el estado de la motor debe mandar una letra y esperar que llega de las dos on o off
; y luego mandar una de las opcines para apagar o activar el motor

solto_valvula
    btfss     PORTB,7
    goto      solto_motor

    movlw     00h
    call      TXDATO
    movlw     00h
    call      TXDATO
    movlw     00h

```

```

call    TXDATO
movlw  00h
call    TXDATO
movlw  "E"                ;mire en que estado está motor
call    TXDATO
call    tabla70

```

#### Esperando\_estado

```

call    pantalla_pre
call    pren_o_apag
btfss  bandera,4
goto   Esperando_estado

movlw  "1"                ;mueve la V para mirar que llego por RX
subwf  dato_2,W ;lo compara con el dato 2
btfss  STATUS,Z
goto   mire_OFF_mot
call   tabla8
goto   modificar_mot

```

#### mire\_OFF\_mot

```

movlw  "2"                ;mueve la V para mirar que llego por RX
subwf  dato_2,W ;lo compara con el dato 2
btfss  STATUS,Z
goto   opci_mot_bat      ;sino no esta ni en uno o dos entonces debe mostrar un error mientras tanto se
devuelve a opci_val_bat
call   tabla9

```

#### modificar\_mot

```

bcf    bandera,4
movlw  00h
movwf  dato_2
call   retardo4
call   tabla10 ;despues de que envia tabla 10 mire si la va a modificar o no

```

#### Espere\_Modificar

```

call    pantalla_pre
call    pren_o_apag
movlw  07h                ;mueve este valor al puerto para mirar las teclas 1 y 2
movwf  PORTB

```

#### no\_modif

```

btfsc  PORTB,6
goto   si_modif

```

#### no\_modif\_sol

```

btfss  PORTB,6
goto   no_modif_sol

```

```

        call    tabla6
        goto    opci_val_bat

si_modif
        btfsc   PORTB,7
        goto    Espere_Modificar

si_modif_sol
        btfss   PORTB,7
        goto    si_modif_sol

        call    tabla11           ;para mostrar las opciones apagar o activar

Apagar_prender
        call    pantalla_pre
        call    pren_o_apag
        movlw   07h
        movwf   PORTB

ON_o_OFF
        btfsc   PORTB,6
        goto    ON_motor

OFF_valv_sol
        btfss   PORTB,6
        goto    OFF_mot_sol

envie_U_des
        movlw   00h
        call    TXDATO
        movlw   "U"           ;Desactive motor
        call    TXDATO
;
        call    tabla12
        goto    ret_est_val

ON_motor
        btfsc   PORTB,7
        goto    Apagar_prender

ON_mot_SOL
        btfss   PORTB,7
        goto    ON_VAL_SOL

envie_U_ac
        movlw   00h
        call    TXDATO
        movlw   00h
        call    TXDATO
        movlw   00h
        call    TXDATO
        movlw   00h

```

```

        call    TXDATO
        movlw  00h
        call    TXDATO
        movlw  00h
        call    TXDATO
        movlw  00h
        call    TXDATO
        movlw  00h
        call    TXDATO
        movlw  "I"                ;Active motor
        call    TXDATO
;
        call    tabla13

ret_est_val    ; después de que envíe el dato para prender o apagar se queda preguntando que dato va a llegar para
saber
        ;si la apago o la activó
        call    pantalla_pre
        call    pren_o_apag
        btfss  bandera,4
        goto   ret_est_val

        bcf    bandera,4
        movlw  "3"                ;mueve la V para mirar que llego por RX
        subwf  dato_2,W ;lo compara con el dato 2
        btfss  STATUS,Z
        goto   mire_OFF_V
        call   tabla13            ;motor activado
        goto   muestre_un_momne

mire_OFF_V
        movlw  "4"                ;mueve la V para mirar que llego por RX
        subwf  dato_2,W ;lo compara con el dato 2
        btfss  STATUS,Z
        goto   ret_est_val        ;sino no esta ni en uno o dos entonces debe mostrar un error mientras tanto se
queda ay pero despues debe ir a una parte que
        ; muestre error y que vuelva al estado del motor
        call   tabla12            ; motor desactivado

muestre_un_momne
        call   retardo4
        call   tabla6
        goto   opci_val_bat

bateria_
        btfsc  PORTB,6
        goto   opci_mot_bat
        ;si elige ver el estado de la batería debe mandar una letra y esperar que llega de las tres opciones alto medio y
bajo
solto_bateria
        btfss  PORTB,6
        goto   solto_bateria

bateria_estado

```

```

movlw 00h
call TXDATO
movlw "B" ;mire en que estado esta bateria
call TXDATO
call tabla14

```

Esperando\_est\_bat

```

call pantalla_pre
call pren_o_apag
btfss bandera,4
goto Esperando_est_bat

```

```

movlw "F" ;mueve la F para mirar que llego por RX
subwf dato_1,W ;lo compara con el dato 1
btfss STATUS,Z
goto mire_med_bat
call tabla15
goto retardo_estado

```

mire\_med\_bat

```

movlw "M" ;mueve la M para mirar que llego por RX
subwf dato_1,W ;lo compara con el dato 1
btfss STATUS,Z
goto mire_crit_bat ;sino no esta ni en uno o dos entonces debe mostrar un error mientras tanto se

```

devuelve a opci\_val\_bat

```

call tabla16
goto retardo_estado

```

mire\_crit\_bat

```

movlw "C" ;mueve la M para mirar que llego por RX
subwf dato_1,W ;lo compara con el dato 1
btfss STATUS,Z
goto retardo_estado ;sino no esta ni en uno o dos entonces debe mostrar un error mientras tanto se

```

devuelve a opci\_val\_bat

```

call tabla17

```

retardo\_estado

```

bcf bandera,4 ;apaga el bit de recepcion de datos
call retardo4
call tabla6
goto opci_val_bat

```

```
pren_o_apag
    movlw    0Eh
    movwf   PORTB
    call    retardo1
    btfsc   PORTB,4
    return
    call    retardo1
solo_pren_apag
    btfss   PORTB,4
    goto    solo_pren_apag
include "lib_apa_pre.inc"

borrar_num
include "borra_digi.inc"

END
```

## ANEXO 3. HOJA DE DATOS DE MOTOR GMP36-555PM

Figura 3.1 Hoja de datos de motr GMP36-555PM

### TT MOTOR (HK) INDUSTRIAL CO., LTD

## GMP36-555PM

36mm Planetary reducer plus 3530, 5 series of carbon brush motor and TEC3650 & 3640 brushless motor

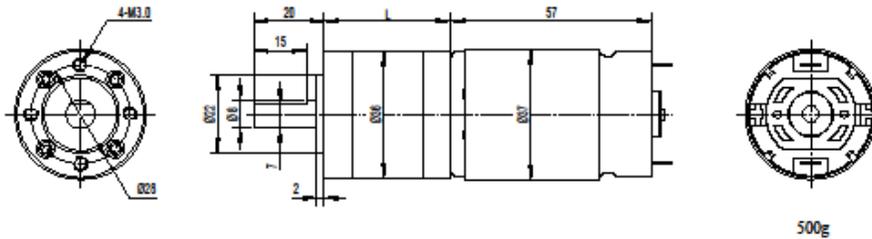
PMDC Dc Gear Motor



#### Characters:

1. Small size dc gear motor with low speed and big torque
2. 36mm gear motor provide 3.0Nm torque max and more reliable
3. Suitable to small diameter, low noise and big torque application
4. Dc Gear motors can match encoder,3-16pps
5. Reduction Ratio: 4, 14, 19, 51, 71, 100, 139, 189, 264, 369, 516, 720

#### Gear Motor Dimensions (mm)



#### Motor Technical Data

Type	Rated voltage VDC	No-load speed r/min	No-load current mA	Rated speed r/min	Rated torque g.cm	Rated current mA	Output power W	Stall torque g.cm	Stall current A
TRB-555PM-2670	24	8500	0.17	7400	285	1.26	21.5	2300	8.98
TRB-555PM-18150	24	3840	0.07	3230	210	0.44	6.97	1320	2.34
TRB-555PM-3554	12	5200	0.2	4500	210	1.25	9.7	1500	7.8

#### Gear motor Technical Data

Gearbox with motor : GMP36-555PM-2670-XXX

Reduction ratio	4	19	51	100	139	189	264	369	516	720
Length mm	31.5	38.5	48.5	48.5	48.5	55.5	55.5	55.5	55.5	55.5
No-load speed rpm	2000	430	180	83	60	45	32	23	16.5	11.8
Rated speed rpm	1850	390	145	74	53	39	29	21	15.5	11.4
Rated torque kg.cm	0.9	3.8	8.7	17	24	30	30	30	30	30
Max.momentary tolerance torque kg.cm	7.3	30	70	90	90	90	90	90	90	90

Gearbox with motor : GMP36-555PM-18150-XXX

Reduction ratio	4	19	51	100	139	189	264	369	516	720
Length mm	31.5	38.5	48.5	48.5	48.5	55.5	55.5	55.5	55.5	55.5
No-load speed rpm	890	190	72	37	27	20	14.4	10.5	7.5	5.3
Rated speed rpm	810	170	63	32	23	17	12.2	9.2	6.8	5
Rated torque kg.cm	0.67	2.8	6.4	12	17	21	30	30	30	30
Max.momentary tolerance torque kg.cm	4.2	17.5	40	79	90	90	90	90	90	90

Gearbox with motor : GMP36-555PM-3554-XXX

Reduction ratio	4	19	51	100	139	189	264	369	516	720
Length mm	31.5	38.5	48.5	48.5	48.5	55.5	55.5	55.5	55.5	55.5
No-load speed rpm	1200	260	100	50	36	26	19	13.5	10	7
Rated speed rpm	1120	235	88	45	32	24	17	12	9.3	6.7
Rated torque kg.cm	0.67	2.8	6.4	12	17	21	30	30	30	30
Max.momentary tolerance torque kg.cm	4.8	20	46	90	90	90	90	90	90	90

TT MOTOR (HK) INDUSTRIAL CO., LTD.

Tel: 0755-82501271

Fax: 0755-82501105

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

[ttmotor@ttmotor.com](mailto:ttmotor@ttmotor.com)

## ANEXO 4. HOJA DE DATOS DEL MICROCONTROLADOR PIC16F874A/877A

Figura 3.1 Distribucion De Pines Del Microcontrolador PIC16F874A/877A

### 40-Pin PDIP

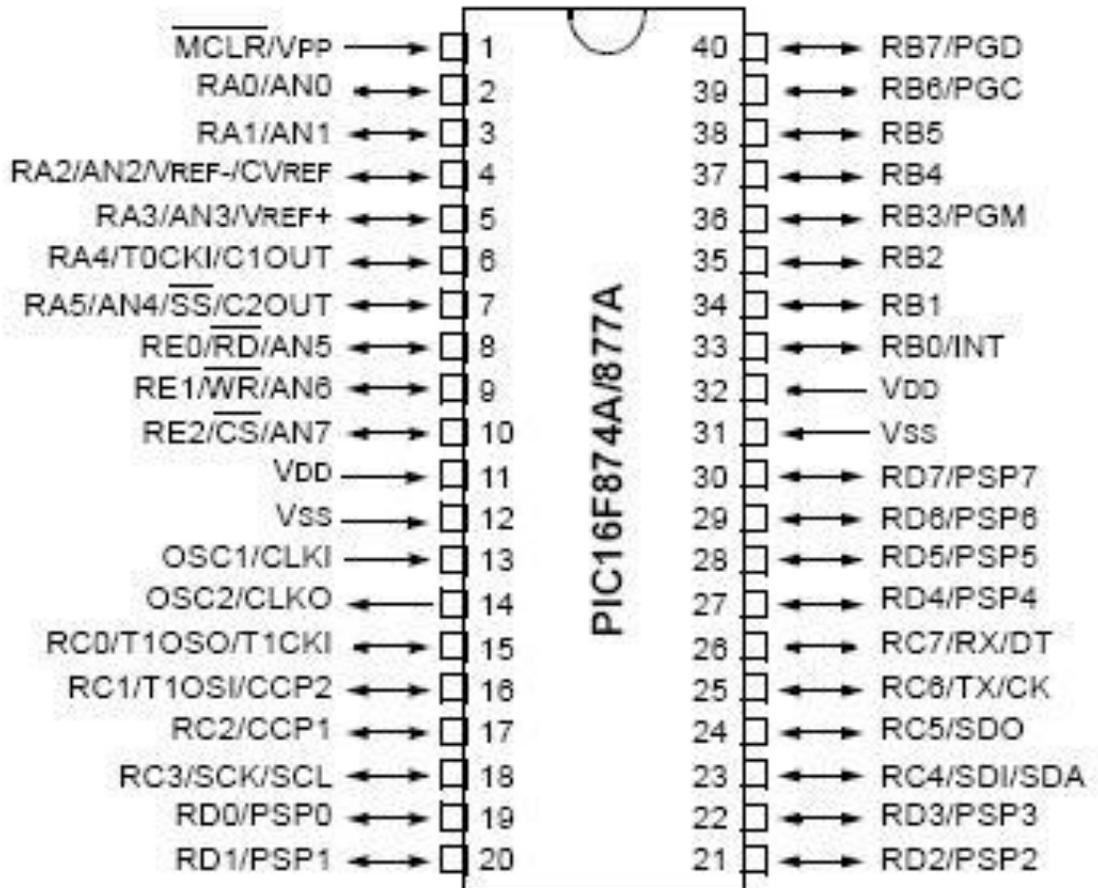




Figura 3.3 Set De Instrucciones Del PIC16F874A/877

TABLE 13-2: PIC16F87X INSTRUCTION SET

Mnemonic, Operands	Description	Cycles	14-Bit Opcode		Status Affected	Notes	
			MSb	LSb			
<b>BYTE-ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS</b>							
ADDWF	f, d	Add W and f	1	00 0111	dfff ffff	C,DC,Z	1,2
ANDWF	f, d	AND W with f	1	00 0101	dfff ffff	Z	1,2
CLRF	f	Clear f	1	00 0001	1fff ffff	Z	2
CLRW	-	Clear W	1	00 0001	0xxx xxxx	Z	
COMF	f, d	Complement f	1	00 1001	dfff ffff	Z	1,2
DECF	f, d	Decrement f	1	00 0011	dfff ffff	Z	1,2
DECFSZ	f, d	Decrement f, Skip if 0	1(2)	00 1011	dfff ffff		1,2,3
INCF	f, d	Increment f	1	00 1010	dfff ffff	Z	1,2
INCFSZ	f, d	Increment f, Skip if 0	1(2)	00 1111	dfff ffff		1,2,3
IORWF	f, d	Inclusive OR W with f	1	00 0100	dfff ffff	Z	1,2
MOVF	f, d	Move f	1	00 1000	dfff ffff	Z	1,2
MOVWF	f	Move W to f	1	00 0000	1fff ffff		
NOP	-	No Operation	1	00 0000	0xxx0 0000		
RLF	f, d	Rotate Left f through Carry	1	00 1101	dfff ffff	C	1,2
RRF	f, d	Rotate Right f through Carry	1	00 1100	dfff ffff	C	1,2
SUBWF	f, d	Subtract W from f	1	00 0010	dfff ffff	C,DC,Z	1,2
SWAPF	f, d	Swap nibbles in f	1	00 1110	dfff ffff		1,2
XORWF	f, d	Exclusive OR W with f	1	00 0110	dfff ffff	Z	1,2
<b>BIT-ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS</b>							
BCF	f, b	Bit Clear f	1	01 00bb	bfff ffff		1,2
BSF	f, b	Bit Set f	1	01 01bb	bfff ffff		1,2
BTFSC	f, b	Bit Test f, Skip if Clear	1 (2)	01 10bb	bfff ffff		3
BTFSS	f, b	Bit Test f, Skip if Set	1 (2)	01 11bb	bfff ffff		3
<b>LITERAL AND CONTROL OPERATIONS</b>							
ADDLW	k	Add literal and W	1	11 111x	kkkk kkkk	C,DC,Z	
ANDLW	k	AND literal with W	1	11 1001	kkkk kkkk	Z	
CALL	k	Call subroutine	2	10 0kkk	kkkk kkkk		
CLRWDT	-	Clear Watchdog Timer	1	00 0000	0110 0100	$\overline{TO,PD}$	
GOTO	k	Go to address	2	10 1kkk	kkkk kkkk		
IORLW	k	Inclusive OR literal with W	1	11 1000	kkkk kkkk	Z	
MOVLW	k	Move literal to W	1	11 00xx	kkkk kkkk		
RETFIE	-	Return from interrupt	2	00 0000	0000 1001		
RETLW	k	Return with literal in W	2	11 01xx	kkkk kkkk		
RETURN	-	Return from Subroutine	2	00 0000	0000 1000		
SLEEP	-	Go into standby mode	1	00 0000	0110 0011	$\overline{TO,PD}$	
SUBLW	k	Subtract W from literal	1	11 110x	kkkk kkkk	C,DC,Z	
XORLW	k	Exclusive OR literal with W	1	11 1010	kkkk kkkk	Z	