

**DISEÑO DE LA LOGÍSTICA FÍSICA Y  
DOCUMENTAL PARA LA REALIZACIÓN DE  
PRÁCTICAS DE SENSORICA EN EL MARCO DE LA  
REESTRUCTURACIÓN DEL LABORATORIO DE  
MECATRÓNICA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA  
MECÁNICA**

**SOLÓN FRANCISCO DELUQUE LAMADRID  
JUAN DAVID RESTREPO MESA**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2.005**

**DISEÑO DE LA LOGÍSTICA FÍSICA Y  
DOCUMENTAL PARA LA REALIZACIÓN DE  
PRÁCTICAS DE SENSORICA EN EL MARCO DE LA  
REESTRUCTURACIÓN DEL LABORATORIO DE  
MECATRÓNICA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA  
MECÁNICA**

**SOLÓN FRANCISCO DELUQUE LAMADRID  
JUAN DAVID RESTREPO MESA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2.005**

**DISEÑO DE LA LOGÍSTICA FÍSICA Y  
DOCUMENTAL PARA LA REALIZACIÓN DE  
PRÁCTICAS DE SENSORICA EN EL MARCO DE LA  
REESTRUCTURACIÓN DEL LABORATORIO DE  
MECATRÓNICA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA  
MECÁNICA**

**SOLÓN FRANCISCO DELUQUE LAMADRID  
JUAN DAVID RESTREPO MESA**

**Trabajo de Grado para optar al título de  
Ingeniero Mecánico**

**Director  
JORGE ENRIQUE MENESES FLORES  
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2.005**

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

**Presidente del Jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

Bucaramanga, 23 de Agosto del 2.005

## **DEDICATORIA**

A mis padres y hermana, quienes han sido un constante apoyo en toda mi vida.

**JUAN DAVID**

## **DEDICATORIA**

A Dios,

A mis padres, por su apoyo y confianza en mí.

**SOLÓN FRANCISCO**

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus agradecimientos a:

**JORGE ENRIQUE MENESES FLOREZ**, Ingeniero Mecánico, profesor de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la UIS y director de este proyecto, por su valiosa colaboración durante el desarrollo del mismo.

**EVELIO MEJÍA VALENZUELA**, Ingeniero Mecánico, por su inmenso apoyo en las primeras etapas de este proyecto.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	1
1 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO	4
1.1 OBJETIVO GENERAL	4
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
2 CONCEPTOS A FUNDAMENTAR	6
3 PRUEBAS DE LABORATORIO	8
4 LOGÍSTICA FÍSICA	12
4.1 BANCO DE PRUEBAS	12
4.1.1 Requerimientos de diseño del banco de pruebas	12
4.1.2 Especificaciones de diseño del banco de pruebas	13
4.1.3 Construcción del prototipo del banco de pruebas	16
4.2 DISPOSITIVOS ESPECIALES	20
4.2.1 Mecanismos de sujeción	21
4.2.2 Unidad de distribución	23
4.2.3 Corredera de posicionamiento	24
5 LOGÍSTICA DOCUMENTAL	26
5.1 MANUAL DE LABORATORIO	26
5.1.1 Título	26
5.1.2 Objetivos	26
5.1.3 Fundamentación previa al laboratorio	27
5.1.4 Ejemplo de aplicación	27
5.1.5 Descripción del elemento principal	28
5.1.6 Lista de componentes	28
5.1.7 Esquema de montaje	29
5.1.8 Esquema de montaje eléctrico	29

5.1.9	Procedimiento	29
5.1.10	Tablas y Gráficas	29
5.1.11	Conclusiones	29
5.1.12	Evaluación	30
5.2	MANUAL DE FUNDAMENTOS TEÓRICOS	31
5.2.1	Sensores y dispositivos de medición	31
5.2.2	Sensores de proximidad inductivos	32
5.2.3	Sensores de proximidad capacitivos	32
5.2.4	Sensores de proximidad ultrasónicos	32
5.2.5	Sensores fotoeléctricos	32
5.2.6	Codificadores ópticos	33
5.2.7	Potenciómetro lineal	33
5.2.8	Galgas extensiométricas	33
5.2.9	Celda de carga	33
5.2.10	Caudalímetros	33
6	DOCUMENTO DE REESTRUCTURACIÓN DEL LABORATORIO DE MECATRÓNICA	34
6.1	DESCRIPCIÓN DE LA NECESIDAD	37
6.2	OBJETIVOS DEL PROYECTO	37
6.3	ZONA AFECTADA Y POBLACIÓN OBJETIVO DEL PROYECTO	37
6.4	DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL	38
6.5	DESCRIPCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD	38
6.6	DESCRIPCIÓN DE LA OPCIÓN PLANTEADA	38
6.7	DESCRIPCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS PRINCIPALES BENEFICIOS	38
6.8	PRESUPUESTO DEL PROYECTO	39
6.9	CAPACIDAD DE LA INSTALACIÓN	39
6.10	EFECTO AMBIENTAL	39
6.11	MARCO INSTITUCIONAL	39
6.12	ANEXOS	39

<b>7</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>40</b>
<b>7.1</b>	<b>CONCLUSIÓN GENERAL</b>	<b>40</b>
<b>7.2</b>	<b>CONCLUSIONES ESPECIFICAS</b>	<b>40</b>
<b>8</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>42</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>44</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>46</b>

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
Figura 1. Banco de pruebas	15
Figura 2. Banco de pruebas con la mesa extendida	15
Figura 3. Banco de pruebas Con la placa de montaje en posición horizontal	16
Figura 4. Prototipo banco de pruebas	17
Figura 5. Estructura base	18
Figura 6. Panel de montaje	19
Figura 7. Soportes laterales	20
Figura 8. Montaje general	21
Figura 9. Elementos de sujeción	22
Figura 10. Unidad de distribución	23
Figura 11. Corredera de posicionamiento	24
Figura 12. Manual de laboratorio: Pág.1.	27
Figura 13. Manual de laboratorio: Pág.2.	28
Figura 14. Manual de laboratorio: Pág.3.	28
Figura 15. Manual de laboratorio: Pág.4.	29
Figura 16. Manual de laboratorio: Pág.5.	30
Figura 17. Manual de laboratorio: Pág.6.	30
Figura 18. Estado actual del Laboratorio de Mecatrónica, perspectiva 1	35
Figura 19. Laboratorio de Mecatrónica proyectado, perspectiva 1	35
Figura 20. Estado actual del Laboratorio de Mecatrónica, perspectiva 2	36
Figura 21. Laboratorio de Mecatrónica proyectado, perspectiva 2	36

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Incidencia de los conceptos en las habilidades profesionales	7
Tabla 2. Incidencia de las pruebas en las competencias académicas	11

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO A. Pruebas de Laboratorio	47
ANEXO B. Planos Banco de Pruebas	52
ANEXO C. Planos Tuerca de apriete	61
ANEXO D. Planos Unidad de Distribución	62
ANEXO E. Planos Corredera de Posicionamiento	66

## RESUMEN

### **TÍTULO:**

DISEÑO DE LA LOGÍSTICA FÍSICA Y DOCUMENTAL PARA LA REALIZACIÓN DE PRÁCTICAS DE SENSORICA EN EL MARCO DE LA REESTRUCTURACIÓN DEL LABORATORIO DE MECATRÓNICA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA<sup>1</sup>

### **AUTORES:**

Solón F. Deluque Lamadrid.  
Juan David Restrepo Mesa.<sup>2</sup>

### **PALABRAS CLAVES:**

Mecatrónica, Automatización Industrial, Sensores

### **DESCRIPCIÓN:**

El objetivo de este proyecto es dotar a la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander, de las herramientas necesarias para la enseñanza práctica de la sensorica, como complemento de las materias teóricas del área de mecatrónica. Para tal propósito se ha diseñado la logística física y documental para la realización de prácticas de sensorica, junto con el desarrollo del documento que proyecta la reestructuración del Laboratorio de Mecatrónica.

La metodología desarrollada en este proyecto, consistió, en:

Identificar las habilidades profesionales, exigidas por la industria, del Ingeniero Mecánico en el campo de la sensorica.

Determinar, a partir de estas habilidades, las competencias académicas que pudieran ser desarrolladas en el estudiante mediante la realización de pruebas de laboratorio, diseñadas para tal propósito.

---

<sup>1</sup> Proyecto de Grado.

<sup>2</sup> Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ing. Jorge E. Meneses Flores.

Diseñar el mobiliario, que satisfaga las necesidades físicas impuestas por las pruebas para su realización.

Generar la documentación necesaria, que asegure el completo aprovechamiento de los recursos físicos.

El resultado de esta metodología concluyó con la propuesta de un banco de pruebas modular, el cual contiene un panel de montaje, en el cual se pueden montar todas las pruebas diseñadas, las cuales se encuentran detalladas, en un manual de pruebas de laboratorio, junto con un manual de conceptos teóricos, utilizado como soporte por estudiantes y profesores.

Por último, el proyecto demandó la construcción de un prototipo del banco de pruebas y de algunos de los dispositivos diseñados, con el fin de poder montar algunas pruebas y de esta manera mostrar los alcances del proyecto.

## SUMMARY

### **TITLE:**

DESIGN OF THE DOCUMENTARY AND PHYSICAL LOGISTIC FOR THE ACCOMPLISHMENT OF SENSORIC PRACTICES WITHIN THE FRAMEWORK OF THE MECHATRONICS LABORATORY RECONSTRUCTION FOR THE SCHOOL OF MECHANICAL ENGINEERING <sup>1</sup>

### **AUTHORS:**

Solón F. Deluque Lamadrid.  
Juan David Restrepo Mesa.<sup>2</sup>

### **KEY WORDS:**

Mechatronics, Industrial Automatization, Sensors

### **DESCRIPTION:**

The objective of this project is to equip the University's Mechanical Engineering School with the necessary tools for the practical teaching of sensorics, as complement to the theoretical matters in the area of mechatronics. For such intention the physic and documentary logistic for the accomplishment of sensoric practices has been designed, along with the development of the document that projects the reconstruction of the Mechatronics Laboratory.

The methodology developed in this project was:

To identify the professional abilities demanded by the industry in the field of sensorics.

To determine, from these abilities, the academic competitions that could be developed in the student, by means of the accomplishment of laboratory tests designed for such intention.

---

<sup>1</sup> Degree Project.

<sup>2</sup> Faculty of Mechanical-Physical Engineerings, School of Mechanical Engineering, Ing. Jorge E. Meneses Flores

To design the furniture, that satisfies the physical necessities imposed by the tests for them to be accomplished.

To generate the necessary documentation, that assures the complete exploitation of the physical resources.

The result of this methodology concluded with the proposal of a modular, consistent assembly panel stand, in which all the tests designed can be mounted, and which are detailed in a laboratory tests manual, along with a Handbook of theoretical concepts, used like support by students and professors. The project demanded the construction of a prototype of the some and proving stand of the designed devices, being able to mount some tests and this way to show the reaches of the project.

## INTRODUCCIÓN

Con el paso de los años, alrededor del mundo, la industria en general ha alcanzado un alto grado de automatización. Este proceso ha sido impulsado por un nivel mayor de competitividad del mercado que ha obligado a las empresas a buscar modos de disminuir costos y a la vez, a aumentar la calidad y mejorar la organización global de la producción para responder a la demanda. Todas estas tendencias, que hacen parte de la realidad nacional se ven incrementadas actualmente por factores como la globalización y la firma de tratados de libre comercio, que acentúan la necesidad de hacerse competitivos en un mercado continuamente cambiante.

La automatización de un proceso industrial consiste en la incorporación al mismo, de un conjunto de elementos y dispositivos tecnológicos que aseguren su control y buen comportamiento. Dentro de estos dispositivos referidos se hallan los sensores, los cuales son uno de los elementos constituyentes del lazo de control, cuya función es realizar la medición de las variables que intervienen en el proceso.

De esta manera, las empresas deben contar, dentro del personal encargado de garantizar la continuidad productiva de las plantas, con profesionales competentes en *selección, mantenimiento e integración* de estos equipos de alta tecnología.

Lo anteriormente expuesto plantea el conocimiento de los principios fundamentales de funcionamiento de los elementos constitutivos de un Sistema de Control Automático (Entre ellos los sensores), por parte de estos

profesionales como prenda de garantía para la puesta en escena de las competencias antes mencionadas.

Para dar respuesta a esta necesidad, se ha diseñado la logística física y documental que permita complementar la enseñanza teórica de la sensorica desde un entorno práctico. Además, para dar solución completa a esta necesidad, se han desarrollado dos proyectos de grado paralelos a este, de las mismas características, pero enfocados cada uno de ellos al tema de los accionamientos eléctricos y al tema de los controladores, respectivamente. Cabe mencionar también, que ha sido trabajo de los tres proyectos generar el documento que proyecta la reestructuración del Laboratorio de Mecatrónica de la Escuela de Ingeniería Mecánica, para ser entregado al banco de proyectos de la Universidad y así conseguir los recursos económicos que permitan hacer realidad todos los diseños aquí planteados, en una segunda etapa de este proyecto.

Este documento tiene como propósito, mostrar todo el proceso realizado para llegar a la solución planteada. De una manera general, la información contenida en este documento es la siguiente:

En el capítulo 1, se muestran los objetivos, tanto el general, como los específicos, que se trazaron al principio de este proyecto.

En el capítulo 2, se identifican los conceptos que se deben fundamentar en el estudiante para desarrollar en este las habilidades profesionales que demanda la industria. También, se muestra la relación de los conceptos con las habilidades profesionales.

En el capítulo 3, se hace un recorrido por las pruebas de laboratorio diseñadas, se muestran los conceptos que fundamenta cada una de estas pruebas y se hace un estudio de los principios de los cuales se partieron para el diseño de estas.

En el capítulo 4, se examina con detalle las especificaciones y las necesidades que demandaron el diseño de cada uno de los dispositivos necesarios, para la correcta realización de las pruebas. También, se estudian los aspectos más importantes en la construcción de los prototipos.

En el capítulo 5 se analiza la estructura con la cual se diseñó el Manual de pruebas de Sensorica, y los aspectos más importantes de este documento.

En el capítulo 6, se hace un breve resumen de cada uno de los capítulos en los que está dividido el Manual de Conceptos Teóricos, de los sensores utilizados en las pruebas de laboratorio.

En el capítulo 7, se realiza una descripción general de cada uno de los ítems tratados en el documento de Reestructuración del Laboratorio de Mecatrónica y además, se muestra el estado actual del laboratorio y el estado proyectado en la reestructuración.

En los capítulos 7 y 8, se consignan las conclusiones y recomendaciones generadas en este proyecto.

# 1 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO

## 1.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar la logística física y documental para la realización de prácticas de laboratorio que desarrollen las habilidades profesionales con las que debe contar el Ingeniero Mecánico en el campo de la sensorica para contribuir en la solución de problemas de desarrollo y sostenibilidad de tecnología en la industria nacional, al alcance de la pertinencia social del programa de la Escuela de Ingeniería Mecánica y al logro de los objetivos institucionales de la Universidad Industrial de Santander.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1.2.1 **Definir los conceptos** que se deben fundamentar en el estudiante, que lleven al desarrollo de habilidades en seleccionar, mantener e integrar sensores a un lazo cerrado de control, habilidades que demanda la industria del ingeniero mecánico, en el área de la sensorica.

1.2.2 **Elaborar y seleccionar las pruebas de laboratorio** que lleven a fundamentar los conceptos identificados, tales como: Estructura y principios de funcionamiento, señales de salida y cableado, características dinámicas y estáticas y tipo de la variable a detectar.

1.2.3 **Diseñar la infraestructura física** necesaria para implementar las prácticas de laboratorio definidas:

- ✦ Banco de pruebas conformada por panel de montaje y mesa de trabajo.
- ✦ Dispositivos Adicionales compuestos por módulos de distribución de energía, corredera de posicionamiento y elementos de sujeción.

1.2.4 **Construir un prototipo** de la logística física diseñada el cual incluye, una mesa de trabajo, un par de soportes laterales y un panel de montaje.

1.2.5 **Elaborar la documentación** que permita la funcionalidad de la logística diseñada, la cual consiste en:

- ✦ Elaborar un manual de prácticas que contenga las experiencias definitivas que sirva de guía al estudiante en el procedimiento a seguir antes, durante y después del laboratorio.
- ✦ Desarrollar un manual de fundamentos teóricos que contenga la teoría necesaria para el correcto aprovechamiento de las pruebas, que sirva de soporte para el docente y de material de consulta para los estudiantes.

1.2.6 **Generar el documento que proyecta la reestructuración del Laboratorio** de Mecatrónica, necesario para presentar en el banco de proyectos de la división de Planeación de la Universidad Industrial de Santander.

## 2 CONCEPTOS A FUNDAMENTAR

A partir del estudio de las habilidades profesionales que demanda la industria del ingeniero mecánico, las cuales son seleccionar, mantener e integrar<sup>1</sup>, los diferentes elementos que hacen parte de un sistema automático, entre ellos los sensores, se identificaron los conceptos que se deben reforzar en el estudiante desde un entorno académico, estos conceptos le darán al estudiante las herramientas necesarias para su buen desempeño en el campo laboral, aunque estos conceptos tienen relación con todas las habilidades profesionales, existen algunas en las cuales tienen mayor incidencia, los conceptos identificados son los siguientes:

**Estructuras y principios de funcionamiento:** el primer paso para poder realizar una selección exitosa consiste en conocer, como funciona el dispositivo sobre el cual se está decidiendo.

**Señales de salida y cableado:** el tipo de salida de un sensor es crucial en el momento de su integración con otros dispositivos del lazo de control, por ejemplo, la señal de salida de un sensor que se envía a un controlador.

**Naturaleza de las variables o parámetros a detectar:** es importante identificar que variable quiero detectar para realizar una selección adecuada del sensor.

**Características dinámicas y estáticas:** el conocimiento de estas características

---

<sup>1</sup> Las habilidades profesionales del Ingeniero Mecánico en el campo de la sensorica se definieron a partir de:

- Campos de Desempeño, Información Académica, Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad Industrial de Santander.
- Programas de especialización en Mecatrónica de diversas universidades: <http://www.unal.edu.co/ingenieria/programas/Magister/PLEGABLE%20AUTO.pdf>  
<http://electronica.uniandes.edu.co/%7Edepelectrica/manager.php?id=104>
- Experiencia recogida por los profesores de la escuela que trabajan en el área de mecatrónica.

y la capacidad para medirlas sirve de herramienta para determinar el estado de un sensor y así decidir con criterio sobre su mantenimiento.

A continuación se muestra una tabla en la cual se relacionan los diferentes conceptos y su incidencia en las habilidades profesionales.

**Tabla 1. Incidencia de los conceptos en las habilidades profesionales.**

CONCEPTOS A FUNDAMENTAR	HABILIDADES PROFESIONALES		
	SELECCIÓN	MANTENIMIENTO	INTEGRACIÓN
ESTRUCTURA Y PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO	X		
SEÑALES DE SALIDA Y CABLEADOS			X
NATURALEZA DE LAS VARIABLES A DETECTAR	X		
CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS Y DINÁMICAS		X	

### 3 PRUEBAS DE LABORATORIO

Una vez identificados los conceptos a fundamentar, el paso siguiente consistió en diseñar las pruebas a realizar en el laboratorio, estas pruebas están encaminadas a complementar la enseñanza teórica de la sensorica y a fortalecer en el estudiante los conceptos identificados.

Las pruebas están enfocadas principalmente a sensores de proximidad, dado que este grupo de sensores representan casi el 80% de la cantidad total de sensores utilizados en la industria<sup>1</sup>, sin dejar de lado, que la mayoría de sensores, con los que se contaba al principio del proyecto, son de este tipo, además, muchos de los tipos de sensores restantes, son tratados en diferentes laboratorios de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander, como por ejemplo, sensores de caudal y nivel, en el Laboratorio de Mecánica de Fluidos, sensores de temperatura y presión, en el Laboratorio de Transferencia de Calor Aplicada, por mencionar algunos. Sin embargo se plantean algunas pruebas con sensores representativos de tipo fuerza y de tipo posición.

La primera prueba que se plantea, denominada “**Tipos de señales manejadas por los sensores**”, muestra la importancia de este aspecto y en esta prueba, se hace un recorrido didáctico por las diferentes alternativas existentes.

Las pruebas siguientes, de la 2 a la 16, están enfocadas a sensores de proximidad. De la prueba 2 a la 11, se tratan los conceptos básicos de estos sensores, y de la 12 a la 16, se plantean pruebas en las cuales se muestran algunas aplicaciones comunes para este tipo de sensores.

Las pruebas restantes plantean la utilización de sensores tipo fuerza, como lo es la celda de carga, y tipo posición, como lo son, el potenciómetro lineal y los encoders.

Las pruebas diseñadas son las siguientes:<sup>2</sup>

- 1) Tipos de señales manejadas por los sensores.
- 2) Distancia de conmutación de un sensor de proximidad inductivo.
- 3) Detección de diferentes metales con un sensor de proximidad inductivo.
- 4) Influencia del tamaño del material en la distancia de conmutación en un sensor de proximidad inductivo.
- 5) Distancia de conmutación de un sensor de proximidad capacitivo.
- 6) Influencia del espesor del material en un sensor capacitivo.
- 7) Características de respuesta de un sensor óptico de barrera.
- 8) Características de respuesta de un sensor óptico retrorreflexivo.
- 9) Características de respuesta de un sensor óptico difuso.
- 10) Características de respuesta de los sensores ópticos con el uso de fibra óptica.
- 11) Forma de la onda de sonido y características de reflexión de un sensor ultrasónico.
- 12) Medición de velocidad lineal por medio de sensores ópticos.
- 13) Determinando velocidades rotacionales con un sensor inductivo y con un sensor óptico.
- 14) Medición de nivel de líquidos.

---

<sup>1</sup> Información extractada de la revista "Detectores hoy en día" de Allen Bradley, Volumen 3, Número 1, del artículo Fuerza y números, pág. 22.

<sup>2</sup> Para mayor información de las pruebas, consultar el Anexo A ó el *Manual de Pruebas de Sensorica*, del cual se encuentran copias en la Escuela de Ingeniería Mecánica y en el Laboratorio de Mecatrónica.

- 15) Chequeo de rosca con un sensor óptico difuso.
- 16) Combinaciones lógicas de señales de sensores de proximidad.
- 17) Funcionamiento de una celda de carga.
- 18) Características de respuesta de un potenciómetro lineal.
- 19) Características de respuesta de los Encoders.

A continuación se muestra una tabla que hace referencia a la relación de las pruebas diseñadas con los conceptos identificados.

Tabla 2. Incidencia de las pruebas en las competencias académicas.

No.	PRUEBAS DE LABORATORIO	CONCEPTOS A FUNDAMENTAR				
		SEÑALES DE SALIDA Y CABLEADO	NATURALEZA DE LAS VARIABLES A DETECTAR	CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS Y DINÁMICAS	ESTRUCTURA Y PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO	
1	TIPOS DE SEÑALES MANEJADAS POR LOS SENSORES	X				
2	DISTANCIA DE CONMUTACIÓN DE UN SENSOR DE PROXIMIDAD INDUCTIVO	X	X	X	X	
3	DETECCIÓN DE DIFERENTES METALES CON UN SENSOR INDUCTIVO		X	X		
4	INFLUENCIA DEL TAMAÑO DEL MATERIAL EN LA DISTANCIA DE CONMUTACIÓN		X	X		
5	DISTANCIA DE CONMUTACIÓN DE UN SENSOR CAPACITIVO	X	X	X	X	
6	INFLUENCIA DEL ESPESOR DEL MATERIAL EN UN SENSOR CAPACITIVO		X	X		
7	CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA DE UN SENSOR ÓPTICO DE BARRERA	X	X	X	X	
8	CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA DE UN SENSOR ÓPTICO RETORREFLECTIVO	X	X	X	X	
9	CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA DE UN SENSOR ÓPTICO DIFUSO	X	X	X	X	
10	CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA DE LA FIBRA ÓPTICA			X	X	
11	FORMA DE LA ONDA DE SONIDO Y REFLEXIÓN DE UN SENSOR ULTRASONÍCO	X	X	X	X	
12	MEDICIÓN DE VELOCIDAD LINEAL	X	X			
13	DETERMINANDO VELOCIDADES ROTACIONALES	X	X			
14	MEDICIÓN DE NIVEL DE LÍQUIDOS	X	X			
15	CHEQUEO DE ROSCAS CON UN SENSOR ÓPTICO DIFUSO	X	X			
16	COMBINACIONES LÓGICAS DE SEÑALES DE SENSORES DE PROXIMIDAD	X				
17	FUNCIONAMIENTO DE UNA CELDA DE CARGA	X	X	X	X	
18	CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA DE UN POTENCIÓMETRO LINEAL	X	X	X	X	
19	CARACTERÍSTICAS DE RESPUESTA DE LOS ENCODERS	X	X	X	X	

## 4 LOGÍSTICA FÍSICA

Para que las pruebas diseñadas puedan ser realizadas era necesario el diseño de una logística física que lo permitiera, de esta logística hacen parte la estructura física o banco de pruebas y los dispositivos tecnológicos. La función del banco de pruebas es dar soporte a todos los elementos que hacen parte de la prueba a diferencia de los dispositivos tecnológicos, cuya función es participar directamente en la realización de las pruebas. A continuación se muestran los factores más importantes en el diseño de estos elementos.

### 4.1 BANCO DE PRUEBAS

#### 4.1.1 Requerimientos de diseño del banco de pruebas

El primer paso para el diseño del banco de pruebas, consistió en la determinación de los requerimientos o necesidades funcionales:

- El banco de pruebas debía brindar la suficiente comodidad en el desarrollo de las pruebas para un número de dos estudiantes.
- El volumen total del banco debía estar en concordancia con el espacio disponible para este en el laboratorio de mecatrónica.
- El banco debía ser modular, tanto a nivel de pruebas, permitiendo el montaje de las diferentes experiencias en el tema de sensores,

accionamientos eléctricos y controladores<sup>1</sup>, como en el aspecto físico, el cual facilite su transporte y fácil instalación.

- El banco de pruebas debía contar con el espacio suficiente para el montaje de los elementos que aseguren el correcto desarrollo de todas y cada una de las pruebas diseñadas.
- El banco de pruebas debía ser diseñado con criterios de estética para dar una impresión agradable a la vista.

#### 4.1.2 Especificaciones de diseño del banco de pruebas

A partir del análisis de estos requerimientos se planteó el diseño de una estructura física con las siguientes dimensiones:

- Alto: 1.55 - 1.70 m.
- Largo: 1.10 - 1.30 m.
- Ancho: 0.70 - 0.90 m.

Estas dimensiones aseguran la comodidad de los dos estudiantes para trabajar a lo largo del banco, los estudiante trabajaran de pie para asegurar el alcance y visualización de todos los elementos, teniendo en cuenta para esta característica la estatura promedio nacional la cual es de 1.68 m.<sup>2</sup>

Además, considerando la gran cantidad de espacio y de recursos que demandaría el tener montadas las pruebas permanentemente, se propuso una

---

<sup>1</sup> Alrededor de la reestructuración del laboratorio de mecatrónica, trabajaron tres proyectos de grado, relacionados con el diseño de la logística física para la realización de pruebas de laboratorio en las áreas de *Controladores, Accionamientos Eléctricos y Sensores*.

<sup>2</sup> Información extractada del artículo ¿Cuánto crecieron los colombianos en el siglo XX?, artículo que se puede encontrar en la página : <http://www.banrep.gov.co/docum/pdf/58.pdf>

estructura que permita el montaje y desmontaje de todos los elementos de una manera rápida y sencilla para cualquier prueba. Pensando en la modularidad, esta estructura servirá para montar las pruebas propuestas de accionamientos eléctricos y controladores, además de las pruebas de sensores que se plantean en este proyecto.

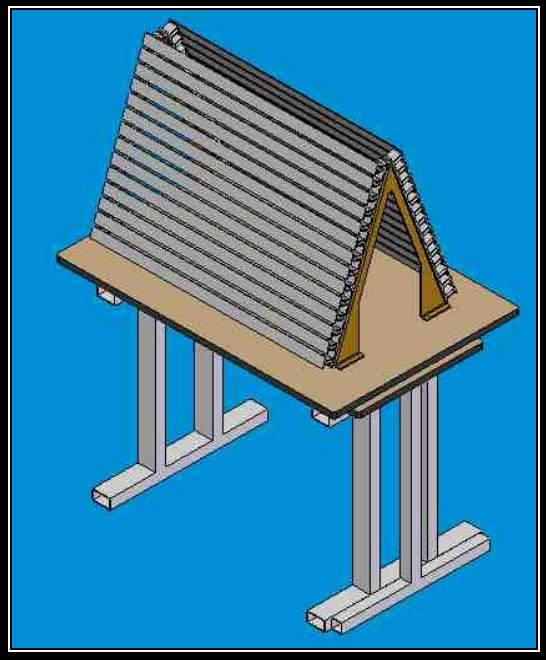
Por otro lado analizando el número de estudiantes que se manejan en un curso de Automatización Industrial, el cual es aproximadamente de 25, el total de bancos de prueba necesarios excederían el espacio destinado para estos, por esta razón se propuso bancos de prueba que permitan trabajar por ambos lados, ahorrando recursos tanto de espacio como económicos.

Además el banco de pruebas cuenta con dos paneles de montaje fabricados en platina de aluminio atornillada, fijados a la mesa por dos soportes laterales de acero, las dimensiones del panel de montaje son de 1X0.7 m. aproximadamente, área que permite el montaje de los elementos para cada prueba en particular. Las placas están montadas con una inclinación de 70° que permite la comodidad para el montaje de los elementos, además la inclinación permite contar con toda el área de montaje útil, sin interferir con las limitantes de altura, asegurando el alcance a todos los elementos. Asimismo el banco da la posibilidad de ensamblar las placas de montaje de manera horizontal para pruebas que así lo requieran.

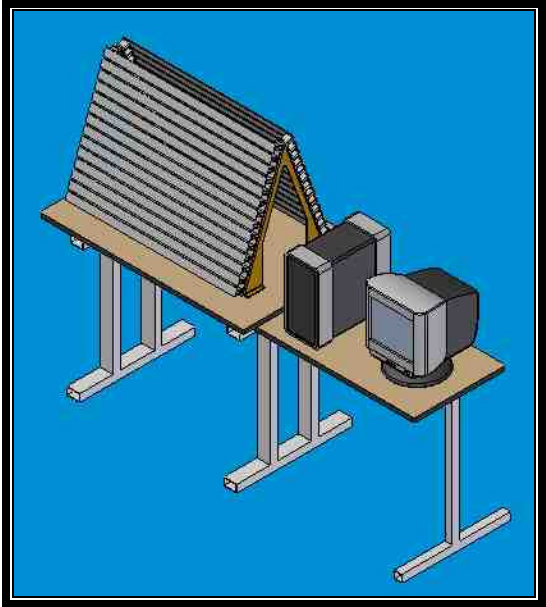
El banco cuenta también con un espacio adicional con el objetivo de colocar ahí dispositivos auxiliares para el desarrollo de las pruebas (Computador, fuente de alimentación, multímetro, osciloscopio, etc.)

A partir de estas especificaciones surgió el siguiente diseño, el cual se muestra a continuación (Ver figuras 1, 2, y 3).

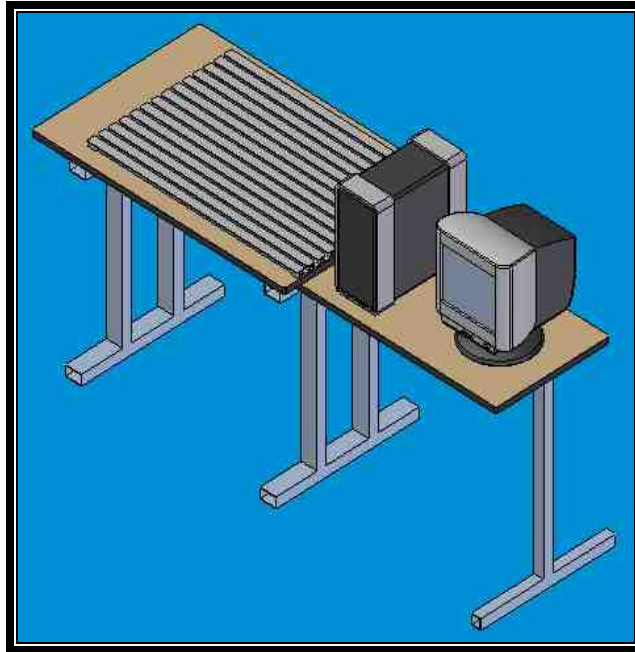
**Figura 1. Banco de pruebas**



**Figura 2. Banco de pruebas con la mesa extendida**



**Figura 3. Banco de pruebas Con la placa de montaje en posición horizontal**



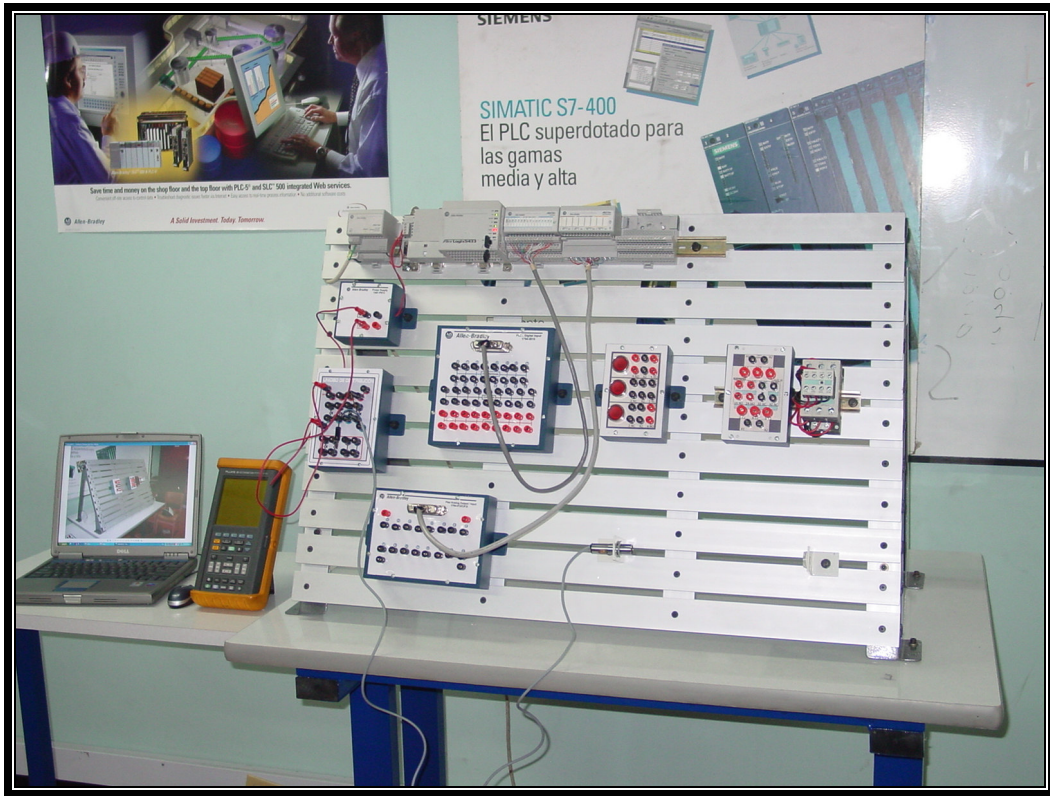
#### **4.1.3 Construcción del prototipo del banco de pruebas**

Como parte de este proyecto, también se llevó a cabo la construcción de un prototipo del banco de pruebas, que posibilita la realización de algunas de las pruebas diseñadas con el interés de mostrar los alcances del proyecto, además, para que sirva de referencia en el momento de la construcción de los bancos restantes, planteados en el proyecto general de reestructuración del laboratorio de Mecatrónica. Ver figura 4.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Para información exacta de las dimensiones, consultar los planos en el anexo B.

**Figura 4. Prototipo banco de pruebas**



El banco de pruebas consta de los siguientes elementos:

- Estructura base
- Panel de montaje
- Soportes laterales

#### **4.1.3.1 Estructura base**

La estructura base está constituida por un mesón de trabajo, construido en madera aglomerada con acabados en formica y formaborde gris, soportado por una estructura metálica, construida con tubería de acero rectangular de

7/2" X 3/2", con acabados en pintura electrostática de color azul. Ver figura 5.<sup>1</sup>

**Figura 5. Estructura base**



#### **4.1.3.2 Panel de montaje**

El panel de montaje esta construido en perfil de aluminio atornillado, los canales laterales se componen de tramos de platina de aluminio de 2" X 1/4" y de tubería de aluminio de 3/4" de lado con una longitud de 1m, las platinas poseen agujeros pasantes avellanados y el tubo agujeros pasantes, las cuatro platinas verticales también son de 2"X 1/4" y poseen un roscado que permite el

---

<sup>1</sup> Para mayor información, consultar los planos en el Anexo B1.

montaje con tornillos Allen de cabeza avellanada de 3/16" X 1". Ver figura 6.<sup>1</sup> El panel de montaje fue sometido a un proceso de anodizado, con el propósito de mejorar la dureza del panel y protegerlo de la oxidación a causa del continuo contacto de los estudiantes con este.

**Figura 6. Panel de montaje**



#### **4.1.3.3 Soportes laterales**

Los soportes laterales están contruidos en lámina de acero de 3mm de espesor, cortada y doblada, además posee agujeros que permiten su montaje en la estructura base y del panel en la misma, como se muestra en la figura 7<sup>2</sup>,

---

<sup>1</sup> Para mayor información, consultar los planos en el Anexo B2.

<sup>2</sup> Para mayor información, consultar los planos en el Anexo B 3.

los soportes laterales poseen acabados en pintura electrostática con el fin de protegerlos de la oxidación, y así asegurar su durabilidad.

**Figura 7. Soportes laterales**



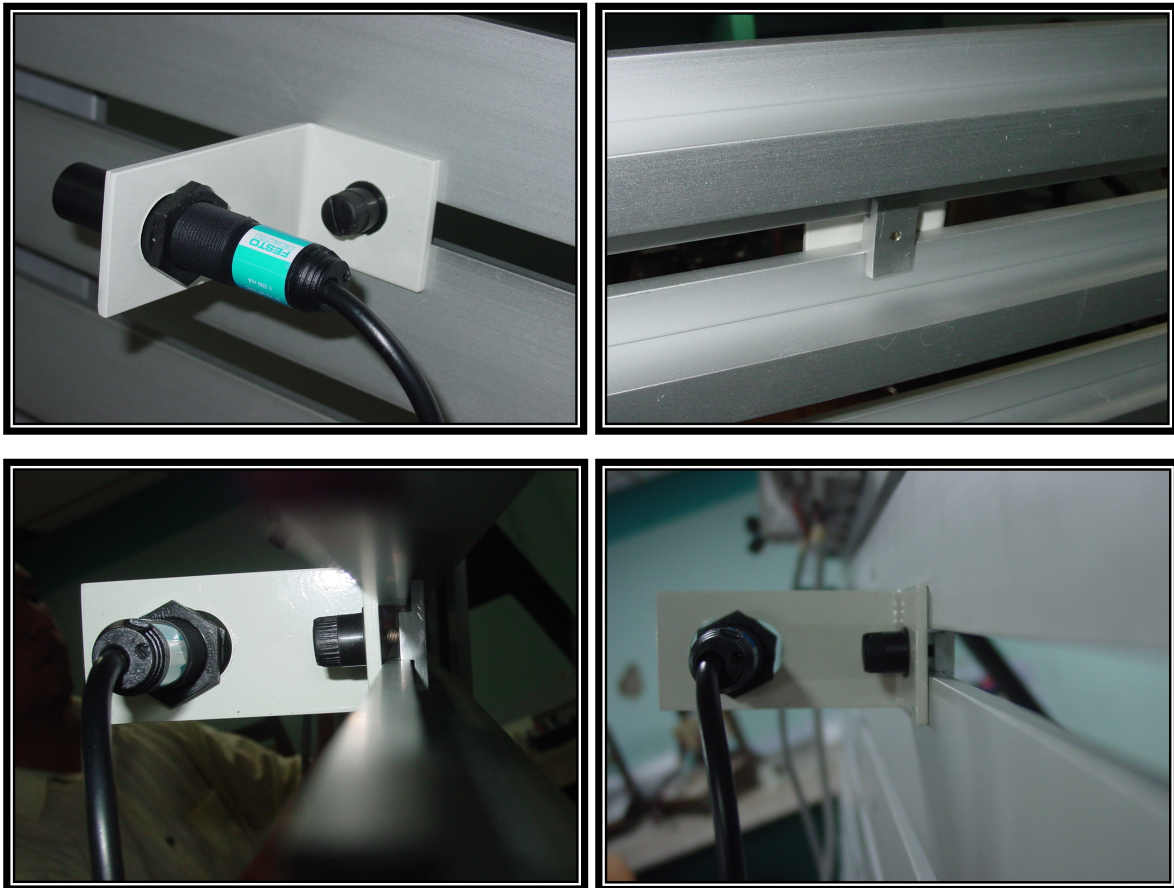
## **4.2 DISPOSITIVOS ESPECIALES**

Los dispositivos especiales son elementos que hacen parte de los dispositivos tecnológicos, los cuales son necesarios para la realización de las pruebas y que además cumplen funciones muy específicas. Dentro de estos dispositivos especiales encontramos los mecanismos de sujeción, la unidad de distribución y la corredera de posicionamiento.

#### 4.2.1 Mecanismos de sujeción

Estos elementos son utilizados para realizar el montaje de los sensores y demás dispositivos a la placa de montaje. Este sistema de montaje debe asegurar la estabilidad de los elementos mientras ofrece rapidez y comodidad en el montaje. A partir de estos requerimientos y partiendo de las dimensiones del panel de montaje, la cual fue diseñada a partir de las necesidades de las pruebas de Accionamientos Eléctricos por ser esta la que trabaja con elementos de mayor peso, se diseñaron los aditamentos de montaje que se muestran a continuación.

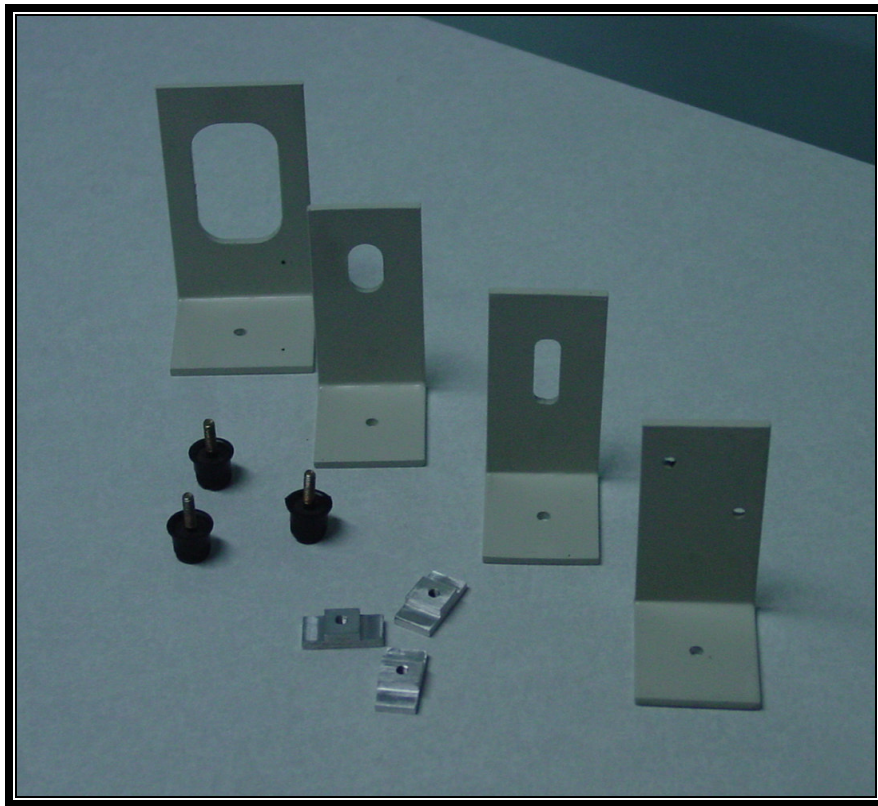
Figura 8. Montaje general



La figura 8 muestra la disposición general del sistema de montaje, el ángulo de montaje del sensor es sujetado utilizando las alas del panel de montaje por medio de una tuerca que se apoya sobre estas y una perilla-tornillo que controla el apriete.

Los ángulos de montaje fueron construidos en aluminio al igual que las tuercas de apriete, estas últimas poseen un agujero roscado de 5/32" UNF, la perilla-tornillo pertenece a repuestos de ventiladores Shimasu. Ver figura 9.<sup>1</sup>

**Figura 9. Elementos de sujeción**



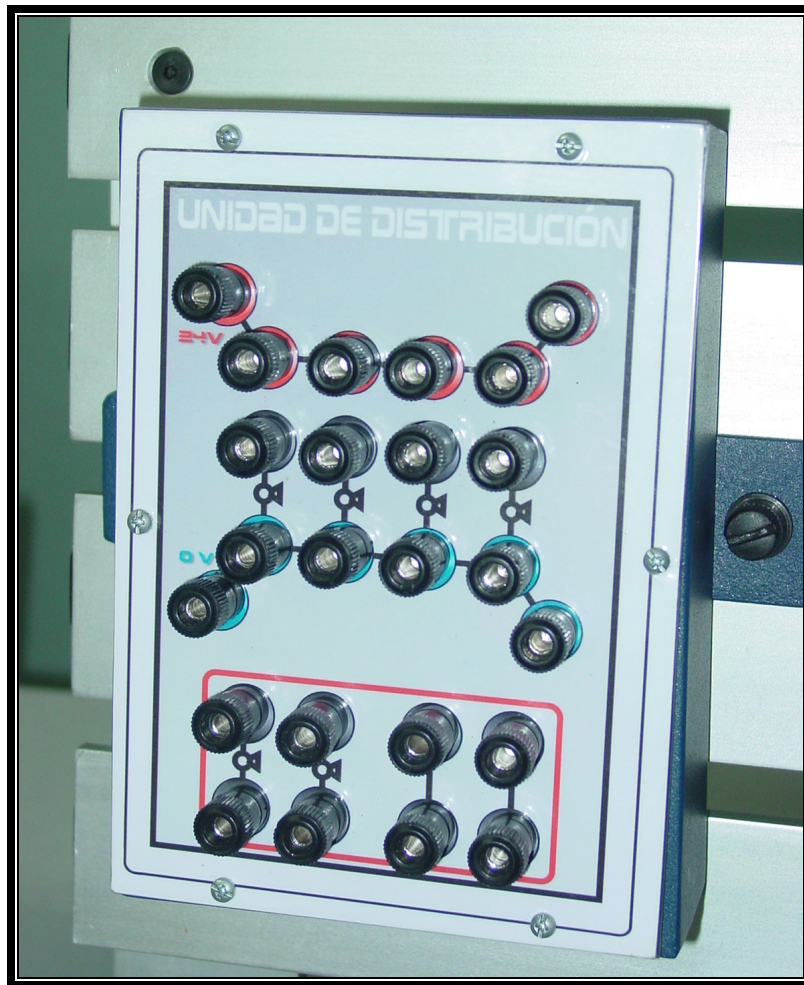
---

<sup>1</sup> Para mayor información de las tuerca de apriete, consultar los planos en el Anexo C.

#### 4.2.2 Unidad de distribución

El diseño de este elemento parte de la necesidad de realizar la distribución de la energía de la fuente de alimentación para los diferentes sensores y además, de contar con una ayuda para el estudiante en el momento de identificar el instante en el cual el sensor estuviera activado. De estas necesidades surgió el diseño que se muestra a continuación en la figura 10.<sup>1</sup>

Figura 10. Unidad de distribución



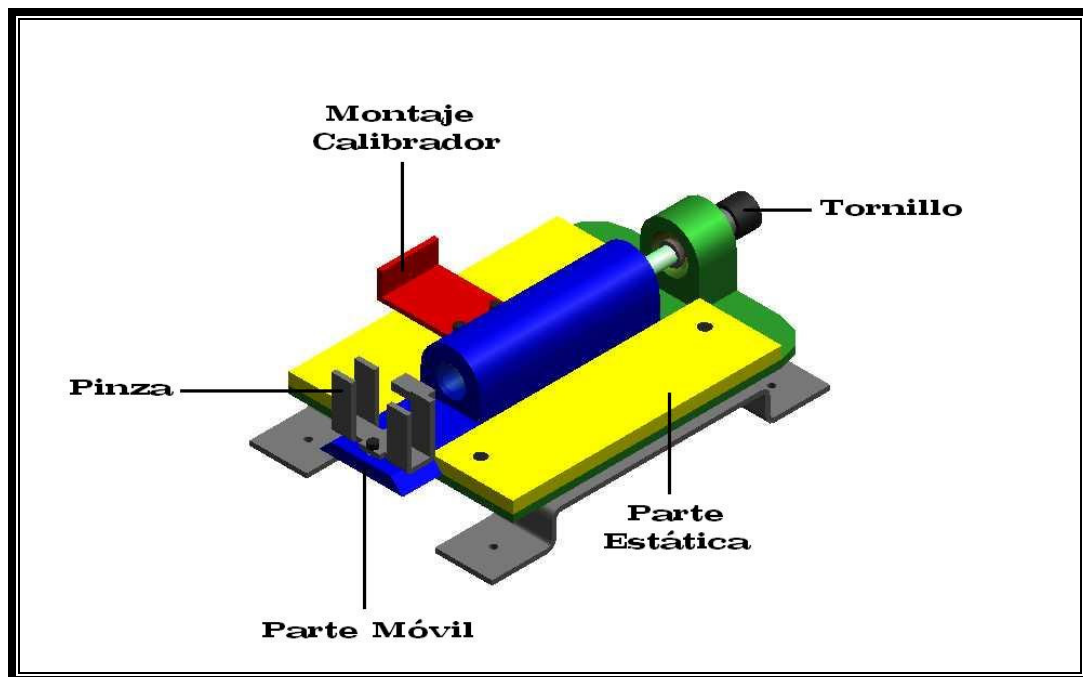
<sup>1</sup> Para mayor información, consultar los planos en el Anexo D.

La unidad de distribución cuenta con una serie de contactos para alimentar los sensores además de una alarma sonora que se activa con la señal de salida del sensor, también cuenta con contactos multipropósito y puedes ser montada en la placa de montaje por medio de los elementos de sujeción.

#### 4.2.3 Corredera de posicionamiento

Este elemento parte de la necesidad de contar con un medio para sostener los materiales de prueba y además, que permitiera realizar la medición de las distancias de detección de los diferentes sensores. A partir de estos requerimientos surgió el diseño que se muestra en la figura 11. <sup>1</sup>

Figura 11. Corredera de posicionamiento



La corredera de posicionamiento posee una parte estática y otra móvil, el control de movimiento se realiza con un tornillo el cual es manejado por el

<sup>1</sup> Para mayor información, consultar los planos en el Anexo E.

estudiante, en el extremo de la parte móvil se encuentra una pinza para el montaje de los elementos, el dispositivo permite el montaje de un calibrador digital, la medición de las distancias de detección se consigue fijando el calibrador a la parte estática y las mandíbulas de este a la parte móvil pudiendo en cualquier punto setear el calibrador a cero para realizar la medición necesaria. La corredera de posicionamiento está diseñada para ser montada en el panel de montaje de forma vertical u horizontal.

## 5 LOGÍSTICA DOCUMENTAL

La logística documental, se diseñó como una herramienta, que provea al banco de trabajo y a las prácticas proyectadas, el soporte necesario que aseguren su buen funcionamiento y completo aprovechamiento por parte de los estudiantes. Esta documentación está conformada por un manual de laboratorio y un manual de fundamentos teóricos. **Estos documentos se encuentran en la Escuela de Ingeniería Mecánica y en el Laboratorio de Mecatrónica.**

### 5.1 MANUAL DE LABORATORIO

Para la elaboración del manual de laboratorio se planteó una estructuración que lleve al estudiante al completo aprovechamiento de las pruebas y a un aprendizaje significativo en el tema de sensores, este documento contiene el procedimiento a realizar por el estudiante antes, durante y después del laboratorio. La estructura planteada fue la siguiente:

#### 5.1.1 Título

Brinda al estudiante una idea general de lo que va a hacer en el laboratorio.

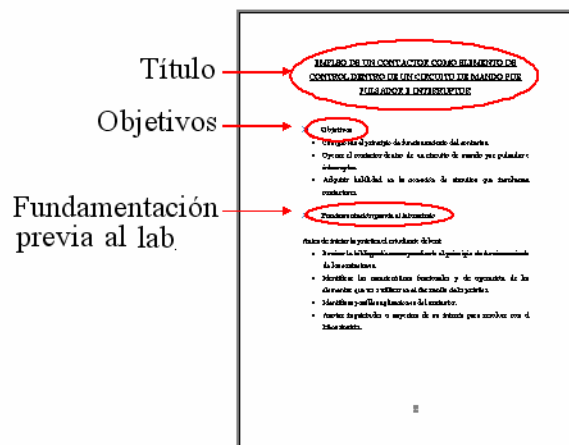
#### 5.1.2 Objetivos

Trazan el camino para realizar un fortalecimiento de los conceptos a fundamentar a través de la prueba.

### 5.1.3 Fundamentación previa al laboratorio

Establece las actividades que debe realizar el estudiante antes de la prueba fuera del laboratorio, por ejemplo, la consulta del material bibliográfico recomendado, el repaso de los conceptos más importantes relacionados con la prueba, etc. Ver figura 12.

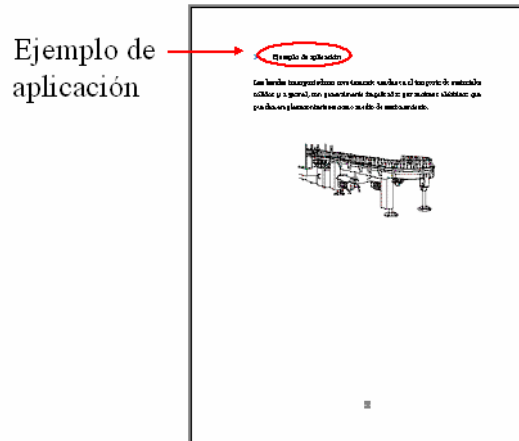
Figura 12. Manual de laboratorio: Pág.1.



### 5.1.4 Ejemplo de aplicación

Se realiza una breve descripción de una situación industrial, en la cual este siendo utilizado el dispositivo de estudio de la prueba, junto con una figura que ayude a visualizar la situación. Ver figura 13.

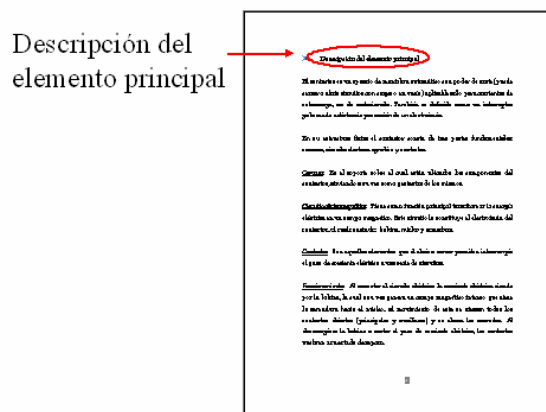
Figura 13. Manual de laboratorio: Pág.2.



### 5.1.5 Descripción del elemento principal

Se muestra en síntesis la parte teórica que se maneja alrededor del dispositivo objeto de estudio en la prueba. Ver figura 14.

Figura 14. Manual de laboratorio: Pág.3.



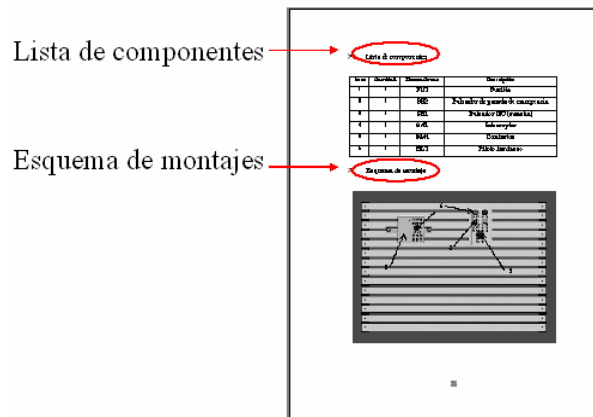
### 5.1.6 Lista de componentes

Se consignan en una tabla todos y cada uno de los elementos que van a ser utilizados en la prueba, especificando referencia y cantidad.

### 5.1.7 Esquema de montaje

Se muestra una figura que sirve de referencia al estudiante en el momento de realizar el montaje, de cómo deben quedar dispuestos los elementos en la placa de montaje. Ver figura 15.

**Figura 15. Manual de laboratorio: Pág.4.**



### 5.1.8 Esquema de montaje eléctrico

Figura de gran utilidad para el estudiante en el momento de realizar las conexiones eléctricas de los componentes pertinentes.

### 5.1.9 Procedimiento

Instrucciones a seguir por el estudiante durante el desarrollo de la prueba.

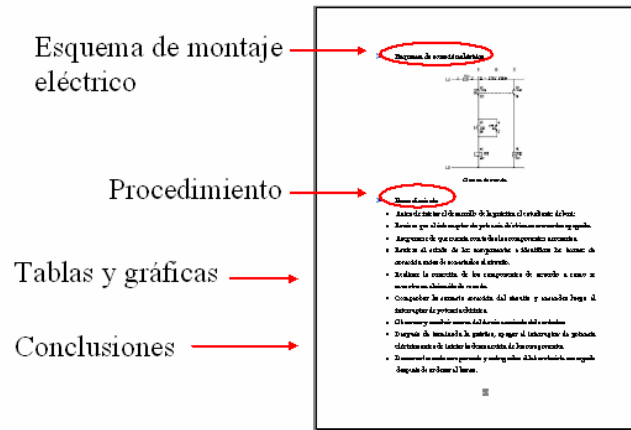
### 5.1.10 Tablas y Gráficas

Cuya presencia depende de la prueba en cuestión.

### 5.1.11 Conclusiones

Espacio reservado para el estudiante, en el cual deberá consignar las conclusiones y observaciones generadas en la prueba. Ver figura 16.

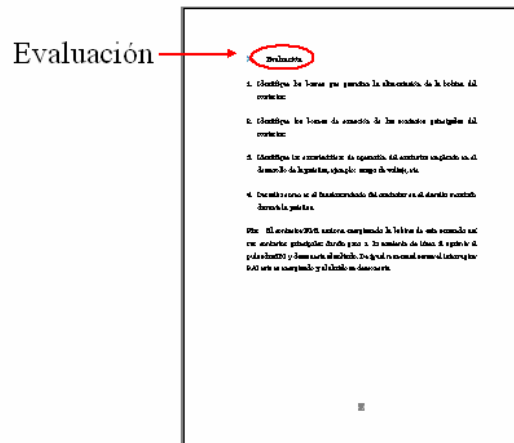
Figura 16. Manual de laboratorio: Pág.5.



### 5.1.12 Evaluación

Este proceso será particular para cada prueba, pero puede estar comprendido por una serie de preguntas, tablas para llenar, quiz oral, etc. Ver figura 17.

Figura 17. Manual de laboratorio: Pág.6.



## 5.2 MANUAL DE FUNDAMENTOS TEÓRICOS

El manual de fundamento teórico, es un documento dispuesto como material de apoyo para el docente y de consulta para el estudiante, en cuyo contenido se desarrolla la teoría necesaria para tener un aprovechamiento óptimo de las pruebas.

Los temas que se encuentran en el manual están organizados de acuerdo con el orden en el que se van tratando en el manual de laboratorio:

- Sensores y dispositivos de medición.
- Sensores de proximidad inductivos.
- Sensores de proximidad capacitivos.
- Sensores de proximidad ultrasónicos.
- Sensores fotoeléctricos.
- Codificadores ópticos.
- Potenciómetro lineal.
- Galgas extensiométricas.
- Celda de carga.
- Caudalímetros.

### 5.2.1 Sensores y dispositivos de medición

En el capítulo 1 del libro se realiza una descripción de lo que es un sensor, se consignan algunas generalidades, se aborda su estructura y principio de funcionamiento al igual que los diferentes tipos existentes y los criterios de clasificación más comunes, también se toca el tema de las características estáticas y dinámicas de los sensores.

### **5.2.2 Sensores de proximidad inductivos**

En el capítulo 2 se describe de forma detallada el principio de funcionamiento de un sensor inductivo, las partes que lo componen, los diferentes diseños existentes, blindados y no blindados, se examinan consideraciones relativas al objeto, además de mostrar las ventajas y desventajas de estos dispositivos.

### **5.2.3 Sensores de proximidad capacitivos**

En el capítulo 3 se presenta de forma detallada el principio de funcionamiento de un sensor capacitivo, las partes que lo componen, los diferentes diseños existentes, blindados y no blindados, se examinan consideraciones relativas al objeto, y también consideraciones ambientales, por último se consignan las ventajas y desventajas de estos dispositivos.

### **5.2.4 Sensores de proximidad ultrasónicos**

En el capítulo 4 se muestra de forma detallada el principio de funcionamiento de un sensor ultrasónico, las partes que lo componen, el margen de detección y su haz efectivo, se examinan también consideraciones relativas al objeto, además de algunas consideraciones ambientales, por último se consignan las ventajas y desventajas de estos dispositivos.

### **5.2.5 Sensores fotoeléctricos**

En el capítulo 5 se presenta de forma detallada el principio de funcionamiento de un sensor fotoeléctrico, las partes que lo componen, el margen de detección, se examinan también los diferentes modos de detección, por haz transmitido, por retroreflección, etc. En cada modo de detección se examinan entre otros, el procedimiento correcto para la alineación de los sensores y las ventajas y desventajas de cada modo en particular.

### **5.2.6 Codificadores ópticos**

En el capítulo 6 se muestra de forma detallada el principio de funcionamiento de los codificadores ópticos, las partes que lo componen, Se examina el diseño de los codificadores ópticos incrementales y de los codificadores ópticos absolutos, por último se tratan las ventajas de uno frente al otro.

### **5.2.7 Potenciómetro lineal**

En este capítulo se hace una descripción de los potenciómetros en general, se explica su principio de funcionamiento y se examinan algunas ventajas y desventajas.

### **5.2.8 Galgas extensiométricas**

En el capítulo 8 se consigna de forma detallada el principio de funcionamiento de las galgas extensiométricas, las características técnicas, como la resistencia de la galga, la referencia de temperatura y el factor de carga.

### **5.2.9 Celda de carga**

En el capítulo 9 se muestra de forma detallada el principio de funcionamiento de una celda de carga, las características técnicas, y los diferentes modos en los que son basadas las celdas de carga.

### **5.2.10 Caudalímetros**

En el capítulo 10 se examina de forma detallada el principio de funcionamiento de los caudalímetros, las características técnicas, y los diferentes principios de funcionamiento en los que son basados, como por ejemplo, caudalímetros de presión diferencial, caudalímetros de desplazamiento positivo, rotámetros, caudalímetros de turbina, etc.

## 6 DOCUMENTO DE REESTRUCTURACIÓN DEL LABORATORIO DE MECATRÓNICA

Este documento fue generado, luego de analizar la situación actual del laboratorio (ver figuras 18, 19, 20 y 21), y evidenciar la necesidad de contar con un espacio adecuado para la enseñanza práctica de la mecatrónica, con el propósito de mostrar todos los aspectos relacionados con el diseño de la reestructuración.

Además, este documento cuenta con los requisitos exigidos por el Banco de Proyectos de Inversión de la Universidad Industrial de Santander, para ser presentado ante este. *Este documento se encuentra en la Escuela de Ingeniería Mecánica y en el Laboratorio de Mecatrónica.*

Los ítems tratados en este documento son los siguientes:

- Descripción de la necesidad.
- Objetivos del proyecto.
- Zona afectada y población objetivo del proyecto.
- Descripción de la situación actual.
- Descripción y cuantificación de la necesidad.
- Descripción de la solución planteada.
- Descripción y cuantificación de los principales beneficios.
- Presupuesto del proyecto.
- Capacidad de la instalación.

**Figura 18. Estado actual del Laboratorio de Mecatrónica, perspectiva 1**



**Figura 19. Laboratorio de Mecatrónica proyectado, perspectiva 1**



**Figura 20. Estado actual del Laboratorio de Mecatrónica, perspectiva 2**



**Figura 21. Laboratorio de Mecatrónica proyectado, perspectiva 2**



- Efecto ambiental.
- Marco institucional.
- Anexos

## **6.1 DESCRIPCIÓN DE LA NECESIDAD**

En este capítulo, se hace una disertación sobre la situación actual de la Mecatrónica y su relación con la industria moderna, enfatizando el hecho, de la necesidad de contar con profesionales capacitados en el área. Se describe también, el interés por la Escuela de Ingeniería Mecánica de suplir esta necesidad, pero evidenciando también, el hecho de que se debe contar con un espacio agradable, el cual cuente con la infraestructura física necesaria para complementar con un aprendizaje práctico, la enseñanza teórica recibida en el área de la Mecatrónica.

## **6.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

Aquí, se consigna el objetivo general del proyecto, el cual en forma resumida, plantea la planificación, la reestructuración, el diseño del mobiliario, la distribución de planta y el equipamiento del laboratorio, para superar las falencias actuales. Además se divide este objetivo en objetivos específicos, dentro de los cuales se encuentra, entre otros, la adecuación del espacio físico y la adquisición, montaje y puesta en marcha de los equipos.

## **6.3 ZONA AFECTADA Y POBLACIÓN OBJETIVO DEL PROYECTO**

En este ítem se examina, la cantidad de estudiantes que harán uso de este laboratorio, las materias que lo utilizarán de apoyo, con el fin de ayudar a justificar la inversión solicitada.

#### **6.4 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

En este capítulo se estudia la situación actual del laboratorio, la manera como se ha venido resolviendo el problema de manera parcial, con equipos donados, obtenidos por compras aisladas y por medio de trabajos de grado, y aunque se cuenta con el espacio físico, no se cuenta con una logística física ni documental estructurado que permita la realización de pruebas las cuales proporcionen un aprendizaje eficaz.

#### **6.5 DESCRIPCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD**

En este ítem se describen las actividades principales que demandara la reestructuración del laboratorio, la redistribución de las conexiones eléctricas, la adecuación del espacio físico, la instalación del aire acondicionado, la adquisición de equipos y la construcción y montaje de la logística física conformada por los bancos de pruebas y los accesorios necesarios.

#### **6.6 DESCRIPCIÓN DE LA OPCIÓN PLANTEADA**

Aquí, se plantean los salones en los que se realizara la obra, la realización del proyecto en una sola etapa, dada la necesidad de contar con este laboratorio lo más pronto posible.

#### **6.7 DESCRIPCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS PRINCIPALES BENEFICIOS**

En este capítulo se estudian los principales beneficios que se obtendrían, de realizarse el proyecto, como por ejemplo, la realización de pruebas con nueva tecnología, las cuales permitirían, un mejor análisis e interpretación de los resultados obtenidos en las prácticas y de esta manera, una mejor confrontación de la teoría con el modelo establecido.

## **6.8 PRESUPUESTO DEL PROYECTO**

En este capítulo se muestra una tabla, en la cual están consignados de manera general, los costos del proyecto, los presupuestos detallados se encuentran en los anexos.

## **6.9 CAPACIDAD DE LA INSTALACIÓN**

En este ítem, se examina la disponibilidad del laboratorio, una vez el proyecto se haya finalizado, en resumen, el laboratorio estará disponible 36 horas a la semana, para desarrollar pruebas con intensidad de dos horas para un total de 24 estudiantes en el área de trabajo.

## **6.10 EFECTO AMBIENTAL**

En este capítulo, se plantea el hecho de que los dispositivos utilizados en el laboratorio son de tipo mecánico, eléctrico y electrónico, y sus niveles de emisión electromagnética, no significan riesgo alguno para la salud y además, no tienen ningún tipo de restricción ambiental.

## **6.11 MARCO INSTITUCIONAL**

En este capítulo se muestra que el proyecto propuesto, obedece a la calidad de la inversión, acorde con las normas y políticas institucionales, además de los criterios de elegibilidad consignados en una serie de documentos los cuales son estudiados.

## **6.12 ANEXOS**

En los anexos están consignados, la lista de los dispositivos necesarios, el presupuesto detallado del proyecto, los planos eléctricos, los planos de adecuación y los planos de distribución del aire acondicionado.

## 7 CONCLUSIONES

### 7.1 CONCLUSIÓN GENERAL

Se ha cumplido satisfactoriamente con los objetivos propuestos en el plan de proyecto de grado. Se diseñó la logística física y documental para la realización de prácticas de sensórica, se elaboró tanto el manual de laboratorio, como el manual de fundamentos teóricos. También se construyó el prototipo de la mesa de trabajo con las características especificadas en el plan de proyecto.

### 7.2 CONCLUSIONES ESPECIFICAS

- La metodología desarrollada en este proyecto, la cual parte de la identificación de las habilidades profesionales necesarias, se convierte en una referencia importante para la realización de proyectos del mismo tipo.
- Se evidenció, que bajo el modelo del proyecto de grado, utilizando el talento de los estudiantes, se pueden obtener soluciones de un alto valor pedagógico y a un costo significativamente menor, en comparación con las opciones comerciales existentes.

- Los conceptos a fundamentar en el estudiante, surgen de las habilidades que demanda el entorno laboral del Ingeniero Mecánico en el campo de la sensórica, y están orientados a la selección, mantenimiento e integración de estos dispositivos.
  
- La estructuración de las prácticas planteadas, llevan al estudiante a fortalecer los conceptos y a adquirir destrezas de manera progresiva, partiendo de los conceptos básicos, hasta llegar a aplicaciones reales que le permitan utilizar los conceptos aprendidos.
  
- La construcción del prototipo de la logística física permite mostrar los alcances que se obtendrán al terminar el proceso de reestructuración del laboratorio en su totalidad.
  
- La documentación consistente en el Manual de Pruebas y el Manual de Conceptos teóricos, que soporta las prácticas diseñadas, facilita la visualización de aplicaciones reales que ayudan a cumplir los objetivos planteados en cada práctica.

## 8 RECOMENDACIONES

- El documento que proyecta la reestructuración del Laboratorio de Mecatrónica, el cual ya ha sido ingresado en el banco de proyectos de inversión de la Universidad, inicia el proceso para la consecución de los recursos necesarios. Este proceso debe ser seguido con detalle para garantizar la realización del proyecto en el menor tiempo posible.
- Se debe construir una estructura jerárquica, para el manejo del laboratorio, en cabeza de un profesor de planta de la escuela y un jefe de laboratorio, el cual permanezca permanentemente en este, para asegurar la disponibilidad del laboratorio. También se recomienda la asignación de dos auxiliares por semestre.
- El proceso de reestructuración no acaba con la reforma del laboratorio, se debe mantener una constante revisión tecnológica que permita mantener el laboratorio actualizado.
- El prototipo construido de la mesa de trabajo, de los soportes laterales y del panel de montaje, debe ser tomado como referencia para la construcción del mobiliario restante, en el momento en el que la reestructuración del Laboratorio de Mecatrónica se lleve a cabo.
- El prototipo construido y el manual de laboratorio, junto con algunos sensores con los cuales ya se contaban, posibilitan el desarrollo de

algunas pruebas, este hecho puede ser aprovechado por los profesores del área mientras el proceso de reestructuración es llevado a cabo.

- El perfil de aluminio de 2" X ¼", utilizado en la construcción del panel de montaje no se encuentra en el comercio de la ciudad de Bucaramanga, lo mismo sucede con los tornillos Allen de cabeza avellanada de 3/16" X 1", utilizados para ensamblar el panel de montaje, estos materiales en nuestro caso fueron comprados en la ciudad de Bogotá.
  
- Existe la necesidad de prestar gran atención a la realización de los agujeros roscados de las platinas verticales del panel de montaje, porque estos determinan el grado de alineación con el que queda el panel de montaje.
  
- El Manual de laboratorio y el Manual de conceptos teóricos se dejan en un formato electrónico editable de tal forma que permitan realizar ciertas modificaciones o cambios que eventualmente sirvan para el mejoramiento de los mismos.

## BIBLIOGRAFÍA

- **BALCELLS**, Joseph y **ROMERAL** José Luís. Autómatas programables. España: Marcombo ediciones. 1997
- **CREUS**, Antonio. Instrumentación Industrial. España: Marcombo ediciones. 1997
- **PALLÁS**, Ramón. Sensores y acondicionadores de señal.
- **RAMOS**, Guillermo, **HERNÁNDEZ** Jorge Eduardo y **CASTAÑO** Juan Andrés. Curso práctico de Electrónica Industrial y Automatización. Colombia: CEKIT S.A. 2000
  
- **FESTO Textbook Proximity Sensors.**  
[HTTP://WWW.FESTO.COM/DIDACTIC/SESSION/CAE7CCC89B7B0E87B3FB90189476F883.00923903001075223424.PDF](http://www.festo.com/didactic/session/cae7ccc89b7b0e87b3fb90189476f883.00923903001075223424.pdf)
  
- **FESTO Workbook Proximity Sensors.**  
[HTTP://WWW.FESTO.COM/DIDACTIC/SESSION/CAE7CCC89B7B0E87B3FB90189476F883.00923903001075223528.PDF](http://www.festo.com/didactic/session/cae7ccc89b7b0e87b3fb90189476f883.00923903001075223528.pdf)
  
- **Ficha Técnica Encoder Absoluto KUEBLER**  
[HTTP://WWW.KUEBLER.COM/PDF/LEAFLET/DREH/GB/5850\\_GB.PDF](http://www.kuebler.com/pdf/leaflet/dreh/gb/5850_gb.pdf)
  
- **Ficha Técnica Sensor Capacitivo BALLUFF**  
[HTTP://WWW.BALLUFF.COM/SHORTFORM/CAPACITIVES.PDF](http://www.balluff.com/shortform/capacitives.pdf)

■ Ficha Técnica Encoder Incremental AUTONICS

[HTTP://WWW.AUTONICS.COM/SERVICE\\_PAGE/MANUAL\\_PDF/ENCODER/ENA,B,C.PDF](http://www.autonics.com/service_page/manual_pdf/encoder/ena,b,c.pdf)

■ Ficha Técnica Sensor Óptico IFM ELECTRONIC

[HTTP://WWW.IFM-ELECTRONIC.COM/IFMES/WEB/DSFS!OG5029.HTML](http://www.ifm-electronic.com/ifmes/web/dsfs!og5029.html)

■ Ficha Técnica Sensores Ópticos FESTO

[HTTP://CATALOG.FESTO.COM/DATA/CAT\\_PDF/034/SOEX\\_0310\\_ES.PDF](http://catalog.festo.com/data/cat_pdf/034/soex_0310_es.pdf)

■ Ficha Técnica Sensores Inductivos FESTO

[HTTP://CATALOG.FESTO.COM/DATA/CAT\\_PDF/001/SIEX\\_0310\\_EN.PDF](http://catalog.festo.com/data/cat_pdf/001/siex_0310_en.pdf)

■ Ficha Técnica Celda de Carga SENSORTRONICS

[HTTP://WWW.SENSORTRONICS.COM/PDF/SPANISH/60001SP.PDF](http://www.sensortronics.com/pdf/spanish/60001sp.pdf)

■ Ficha Técnica Sensor Ultrasónico SIEMENS

[HTTP://WWW4.AD.SIEMENS.DE/DNL/JI5ODQZAAAA\\_6008121\\_HB/8391461B.PDF](http://www4.ad.siemens.de/dnl/ji5odqzaaaa_6008121_hb/8391461b.pdf)

■ Ficha Técnica Sensor de Nivel SIEMENS

[HTTP://WWW4.AD.SIEMENS.DE/DNL/DM3OTU5AAAA\\_18973264\\_HB/927011310.PDF](http://www4.ad.siemens.de/dnl/dm3otu5aaaa_18973264_hb/927011310.pdf)

■ Ficha Técnica Display MICRA C

[HTTP://WWW.DITEL.ES/PUB/DOWNLOADS/INFOTECUSA/MICRAC.PDF](http://www.ditel.es/pub/downloads/infotecusa/micrac.pdf)

## ANEXOS

## ANEXO A. PRUEBAS DE LABORATORIO

### ■ **Distancia de conmutación de un sensor de proximidad inductivo.**

En esta prueba el estudiante montara sensores inductivos M18 y M30, fijara en la corredera de posicionamiento un acero dulce y con la ayuda del calibrador digital determinara la distancia de detección de ambos sensores, además calculara la histéresis de los mismos.

### ■ **Detección de diferentes metales con un sensor de proximidad inductivo.**

En esta prueba el estudiante utilizara un solo sensor inductivo, y lo que hará es variar los metales que se montan en la corredera de posicionamiento para determinar la distancia de conmutación del sensores con cada uno de estos metales, consignara los datos en una tabla y determinara el factor de reducción para cada metal.

### ■ **Influencia del tamaño del material en la distancia de conmutación en un sensor de proximidad inductivo.**

En esta prueba el estudiante, al igual que en la anterior utilizara un solo sensor inductivo y un solo tipo de material, acero dulce y lo que hará es cambiar el tamaño del material de prueba y determinara la distancia de conmutación para cada tamaño de material.

### ■ **Distancia de conmutación de un sensor de proximidad capacitivo.**

En esta prueba el estudiante montara un sensor capacitivo, fijara en la corredera de posicionamiento un acero dulce y con la ayuda del calibrador digital ajustara el potenciómetro del sensor para que detecte el

material a una distancia aproximada de 8 cm., a partir de aquí determinara la distancia de conmutación para cada uno de los materiales presentes en el set de objetos y calculara los factores de reducción para cada material.

■ **Influencia del espesor del material en un sensor capacitivo.**

En el desarrollo de esta prueba el estudiante utilizara un sensor de proximidad capacitivo y determinara la distancia de detección de platinas de plástico de diferente tamaño, datos con la que construirá un gráfica con el objeto de generar sus propias conclusiones.

■ **Características de respuesta de un sensor óptico de barrera.**

■ **Características de respuesta de un sensor óptico retroreflectivo.**

■ **Características de respuesta de un sensor óptico difuso.**

En estas tres pruebas el estudiante monta sensores fotoeléctricos en sus diferentes modos de detección, prueba con una gran cantidad de materiales, lo que le permitirá definir sus ventajas y desventajas para cada caso en particular, variara los potenciómetros de cada sensor, además determinara distancias máximas de sensado.

■ **Características de respuesta de los sensores ópticos con el uso de fibra óptica.**

Para esta prueba el estudiante integrara la tecnología de fibra óptica a los diferentes modos de detección de los sensores fotoeléctricos y examinara la respuesta de los diferentes sensores cuando trabajan en unión con esta tecnología, determinara distancias máximas de detección y evaluara las ventajas del uso de la fibra óptica.

■ **Forma de la onda de sonido y características de reflexión de un sensor ultrasónico.**

En esta prueba se utilizara un sensor de proximidad ultrasónico, la idea principal es generar la forma de la onda de sonido del sensor acercándole el material lateralmente y consignando los datos en papel milimetrado que se encuentre debajo del sensor además el estudiante estudiara el comportamiento del sensor cuando se varia el ángulo del material a detectar.

■ **Medición de velocidad lineal por medio de sensores ópticos.**

Esta prueba se realiza con la ayuda de un controlador el cual recoge las señales de salida de dos sensores fotoeléctricos cuyos ejes ópticos están dispuestos paralelamente, de forma manual se hace pasar un objeto en frente de estos sensores para determinar su velocidad, la distancia de separación de los sensores es conocida y el tiempo se obtiene del controlador, de esta manera se puede determinar la velocidad.

■ **Determinando velocidades rotacionales con un sensor inductivo y con un sensor óptico.**

Para la realización de esta prueba se recurre de nuevo a la unidad rotatoria, a la cual en este caso se le adiciona un disco metálico el cual posee orificios distribuidos uniformemente en su perímetro, la idea de estos orificios es que cuando estén enfrente del sensor, este cambia su señal de estado activo a inactivo, el controlador calcula la frecuencia de estos pulsos y conociendo el número de orificios se puede determinar la velocidad rotacional del disco. Esta velocidad rotacional se variara desde el computador hasta el punto en el cual el sensor sea incapaz de realizar la medición y el estudiante genere sus propias conclusiones.

■ **Detectando el correcto ensamble de las piezas de trabajo con la utilización de sensores inductivos y capacitivos.**

Aprovechando las distancias de conmutación de los sensores inductivos y las diferentes características reflectivas de los materiales, los cuales vienen ensamblados, se puede determinar si el ensamblaje ha sido realizado o no, este es el objeto de esta prueba, mostrarle al estudiante la aplicación de sensores en control de calidad.

■ **Chequeo de rosca con un sensor óptico difuso.**

En esta prueba se utilizarán sensores fotoeléctricos difusos, los cuales aprovechan las características reflectivas del material a detectar, de esta forma colocando el sensor en un ángulo específico puedo determinar si el tornillo está roscado o no, reflejando el rayo en la hélices de dicho tornillo.

■ **Detectando la orientación de componentes por medio de diferentes sensores de proximidad.**

En esta prueba lo que se busca es mostrar cómo se pueden aprovechar las singularidades en piezas que son transportadas por una banda para determinar si vienen con la orientación que demanda la línea de producción.

■ **Funcionamiento de una celda de carga.**

La idea de esta prueba es simular las condiciones de trabajo de una celda de carga en una aplicación industrial, esto lo obtenemos con un sistema bomba-cilindros con el cual obtenemos una carga que nos permite explorar el comportamiento de la celda de carga, el análisis de los resultados se obtiene a través de la visualización de un display que recoge las señales de salida del sensor.

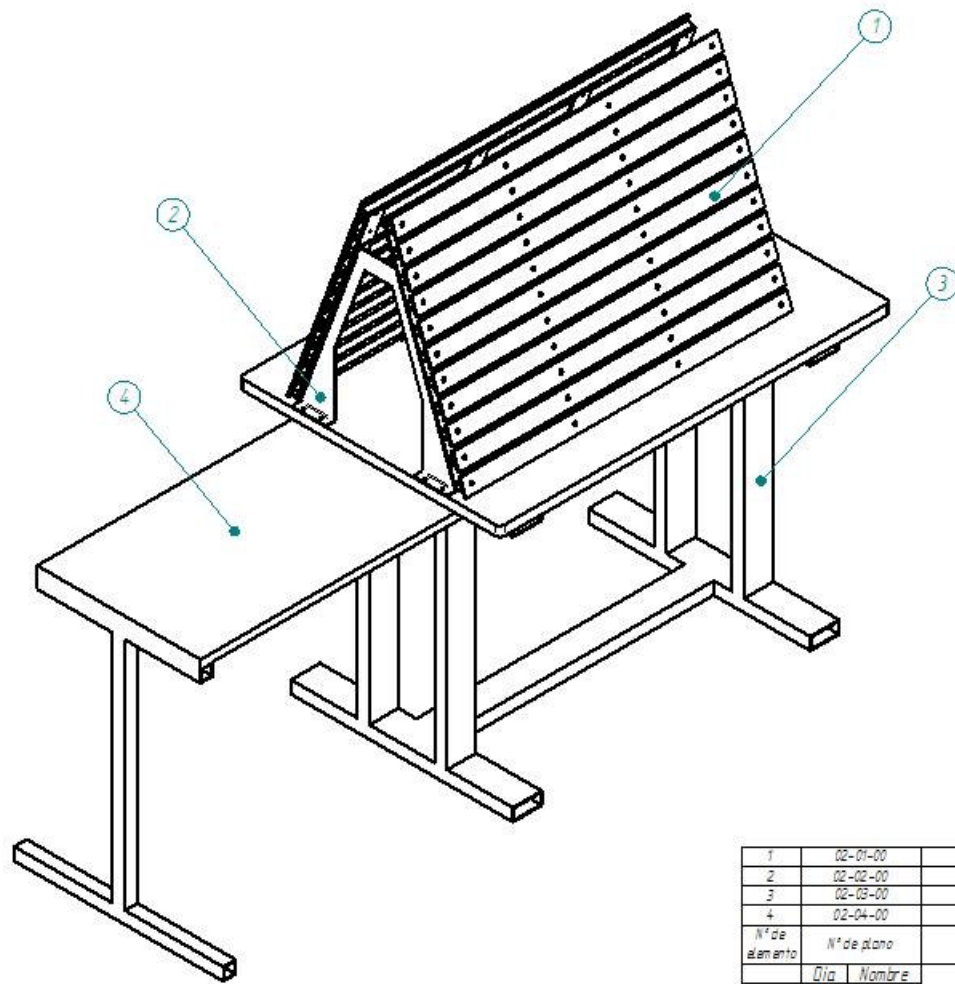
■ **Características de respuesta de un potenciómetro lineal.**

En el desarrollo de esta prueba el estudiante vinculara el potenciómetro lineal a la corredera de posicionamiento, el estudiante podrá determinar el desplazamiento real del pistón del sensor con ayuda del calibrador digital y evaluara la señal de salida del sensor con un multímetro, con el objeto de determinar la linealidad del sensor.

■ **Características de respuesta de los Encoders.**

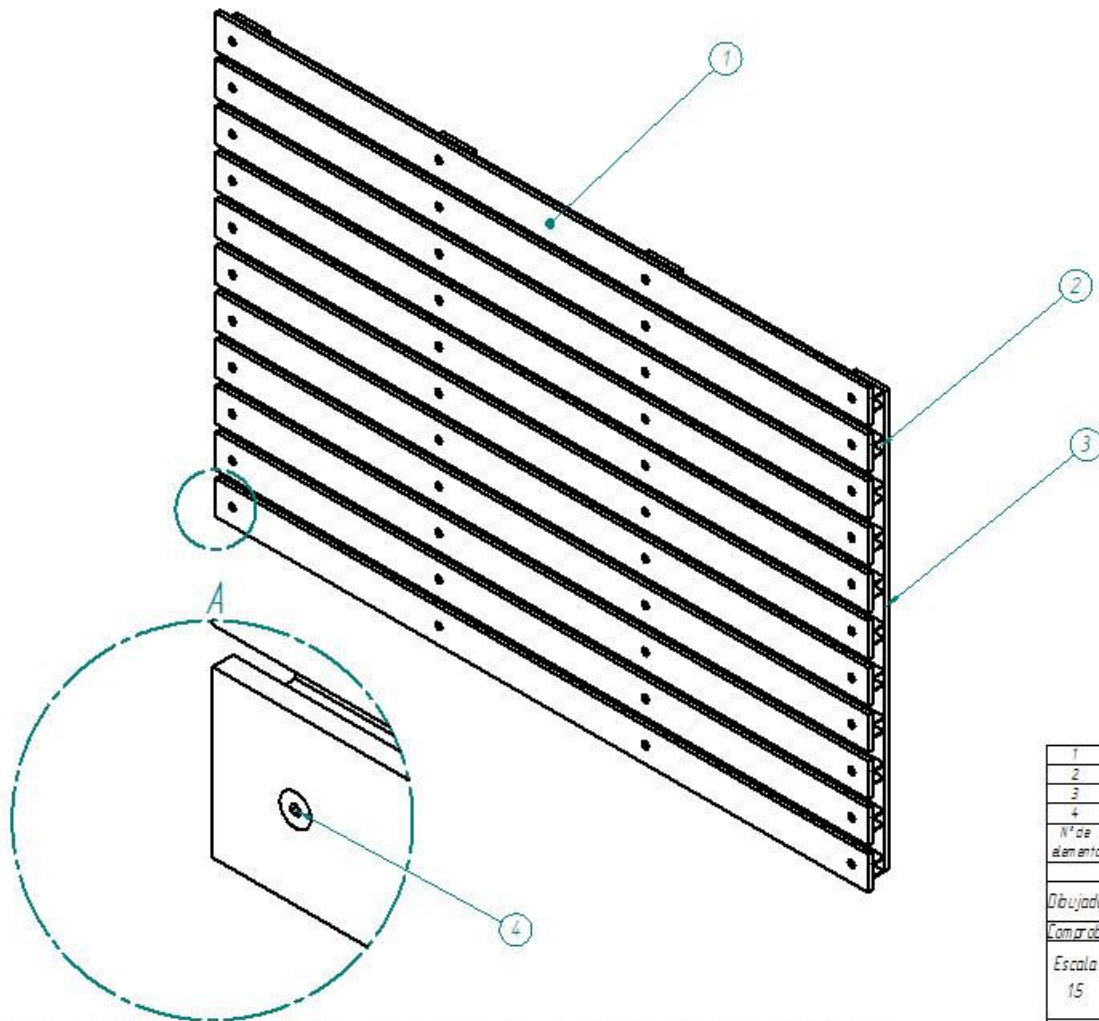
En esta prueba el estudiante vinculara a la unidad rotativa (Que no es más que un motor paso a paso controlado por computadora) los encoders, la señal de estos es recogida por un display en el cual los estudiantes podrán observar las diferentes características se salida que tienen estos sensores, el estudiante apoyara su análisis en un osciloscopio en el cual observara el comportamiento de la onda se salida de los sensores.

## ANEXOS B, C, D ,E. PLANOS



1	02-01-00	Panel de montaje	Aluminio	2
2	02-02-00	Soporte lateral	Acero	2
3	02-03-00	Mesa Principal	-	1
4	02-04-00	Mesa Auxiliar	-	1
Nº de elemento	Nº de plano	Referencia	Material	Cantidad
Dibujado	2016/05	Salón Delgado Juan Ramirez	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN MECATRÓNICA	
Comprobó	2016/05	Jorge Martínez		
Escala	1:10	<b>MESA DE TRABAJO</b>		Plano de Referencia
Medida ± sin indicación de tolerancia = 0.05				Nº de plano 01-00-00

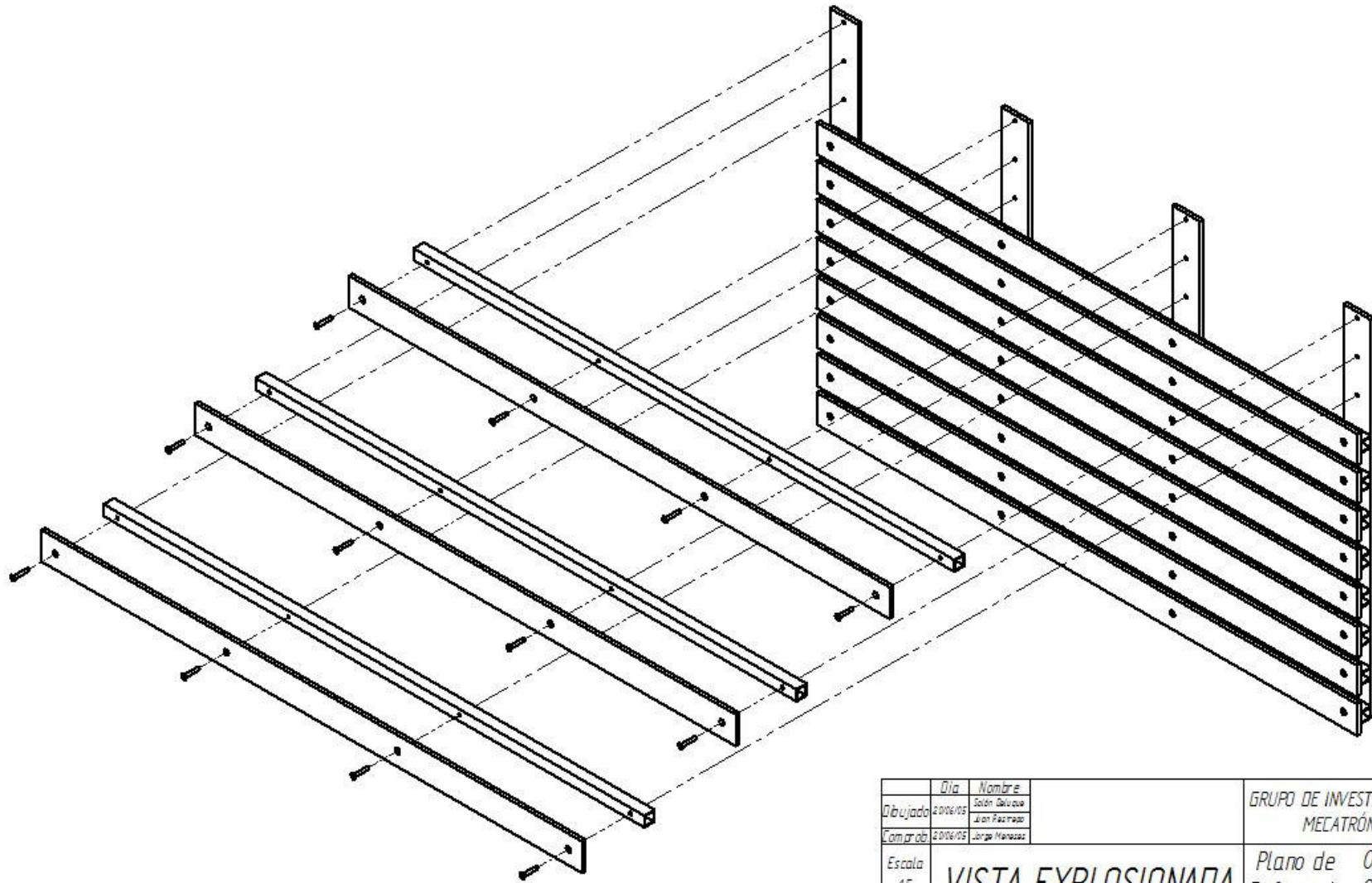
SOLID EDGE ACADEMIC COPY



SOLIDEDGE ACADEMIC COPY

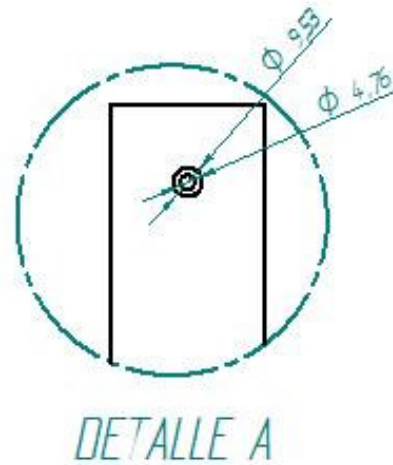
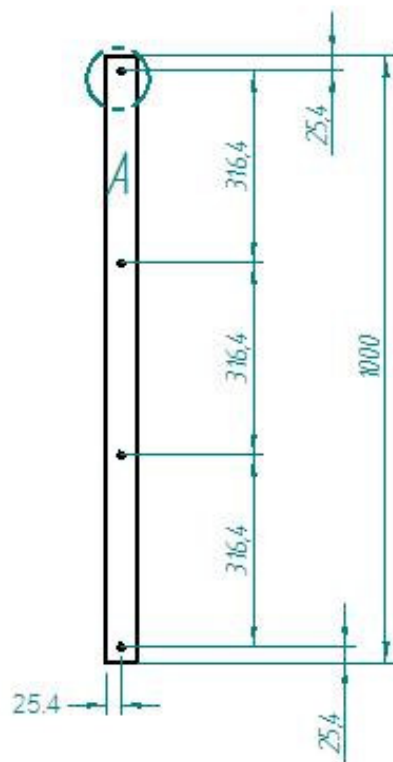
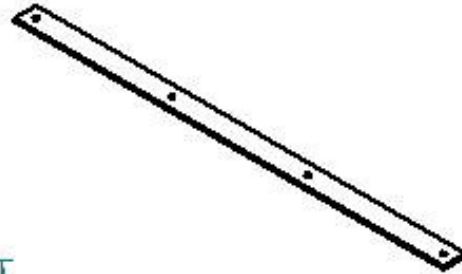
DETALLE A

1	01-01-01	Platina horizontal	Aluminio	11
2	01-01-02	Tubo horizontal	Aluminio	11
3	01-01-03	Platina vertical	Aluminio	4
4	-	Tornillo Allen 3/16" X 1" Cabeza Avellanada		44
N° de elemento	N° de plano	Referencia	Materia	Cantidad
	Día	Nombre	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN MECATRÓNICA	
Dibujado	2006/05	Salón Delgado		
Comprob	2006/05	Juan Ramirez		
Comprob	2006/05	Jorge Vazquez		
Escala	15	<b>PANEL DE MONTAJE</b>		Plano de 01-00-00
Medida e in tolerancia de = 0.05				Referencia
			N° de plano	01-01-00



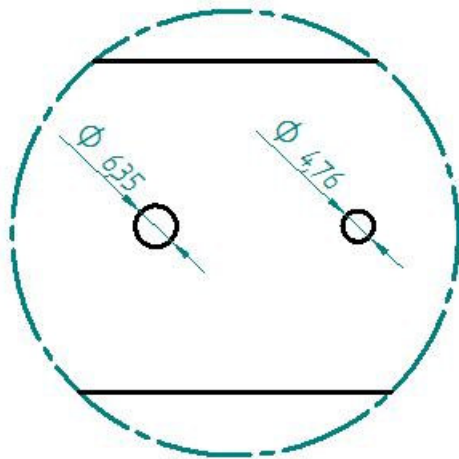
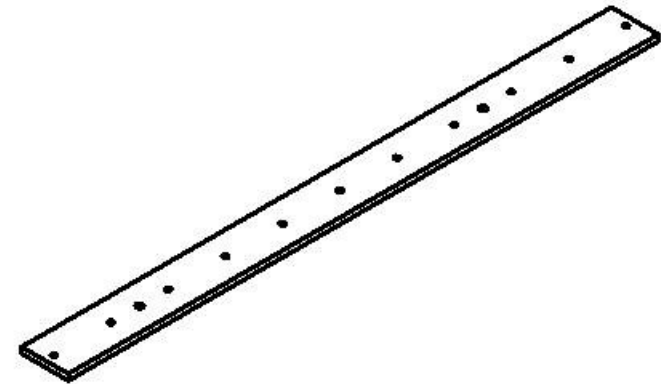
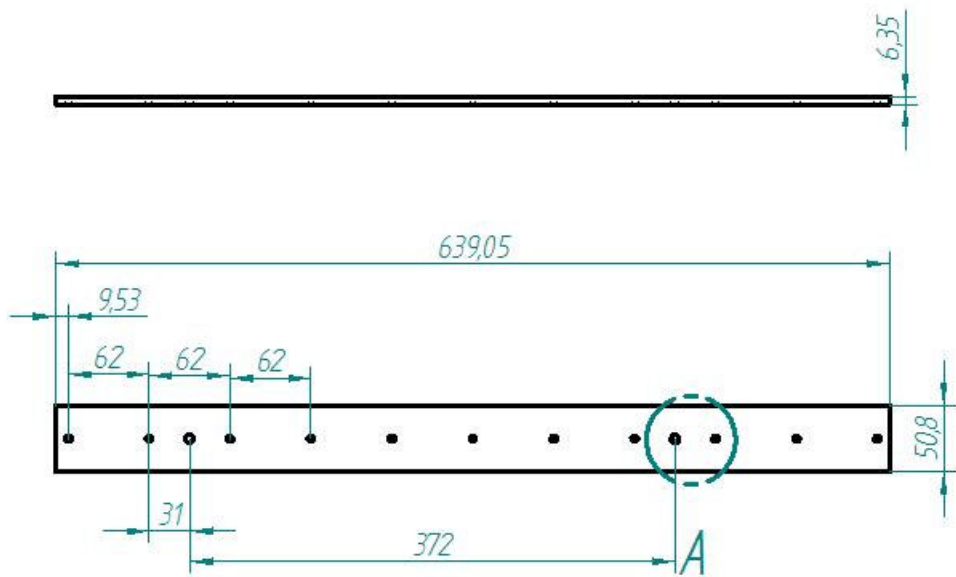
SOLID EDGE ACADEMIC COPY

	<i>Día</i>	<i>Nombre</i>	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN MECATRÓNICA
<i>Dibujado</i>	20/06/05	Salón Salazar Juan Pacheco	
<i>Comprobó</i>	20/06/05	Jorge Navarro	
<i>Escala</i>	15	<b>VISTA EXPLOSIONADA</b>	<i>Plano de</i> 01-01-00
<i>Medida a la indicación de tolerancia</i>	= 0,05	<b>PANEL DE MONTAJE</b>	<i>Referencia</i> 01-00-00
			<i>Nº de plano</i> 01-01E-00



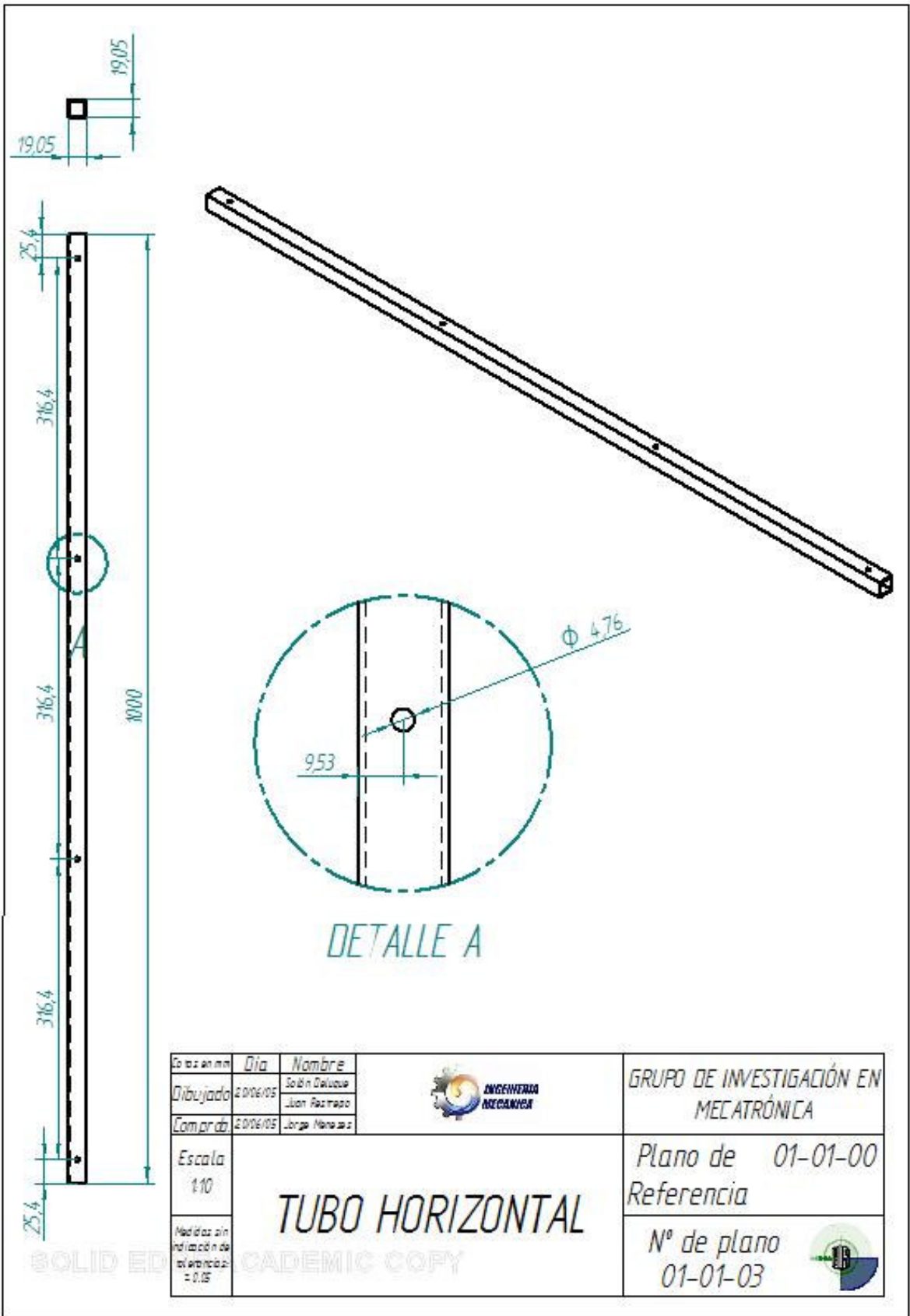
Escala	1:10	<p><b>PLATINA HORIZONTAL</b></p>	<p>GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN MECATRÓNICA</p>
Medidas sin indicación de tolerancia ±	0.05		
<p>Elaborado</p> <p>Dibujado</p> <p>Comprobado</p>	<p>20/06/05</p> <p>20/06/05</p> <p>20/06/05</p>	<p>José Delgado</p> <p>Juan Ramirez</p> <p>Jorge Meneses</p>	

SOLID ED CADEMIC COPY



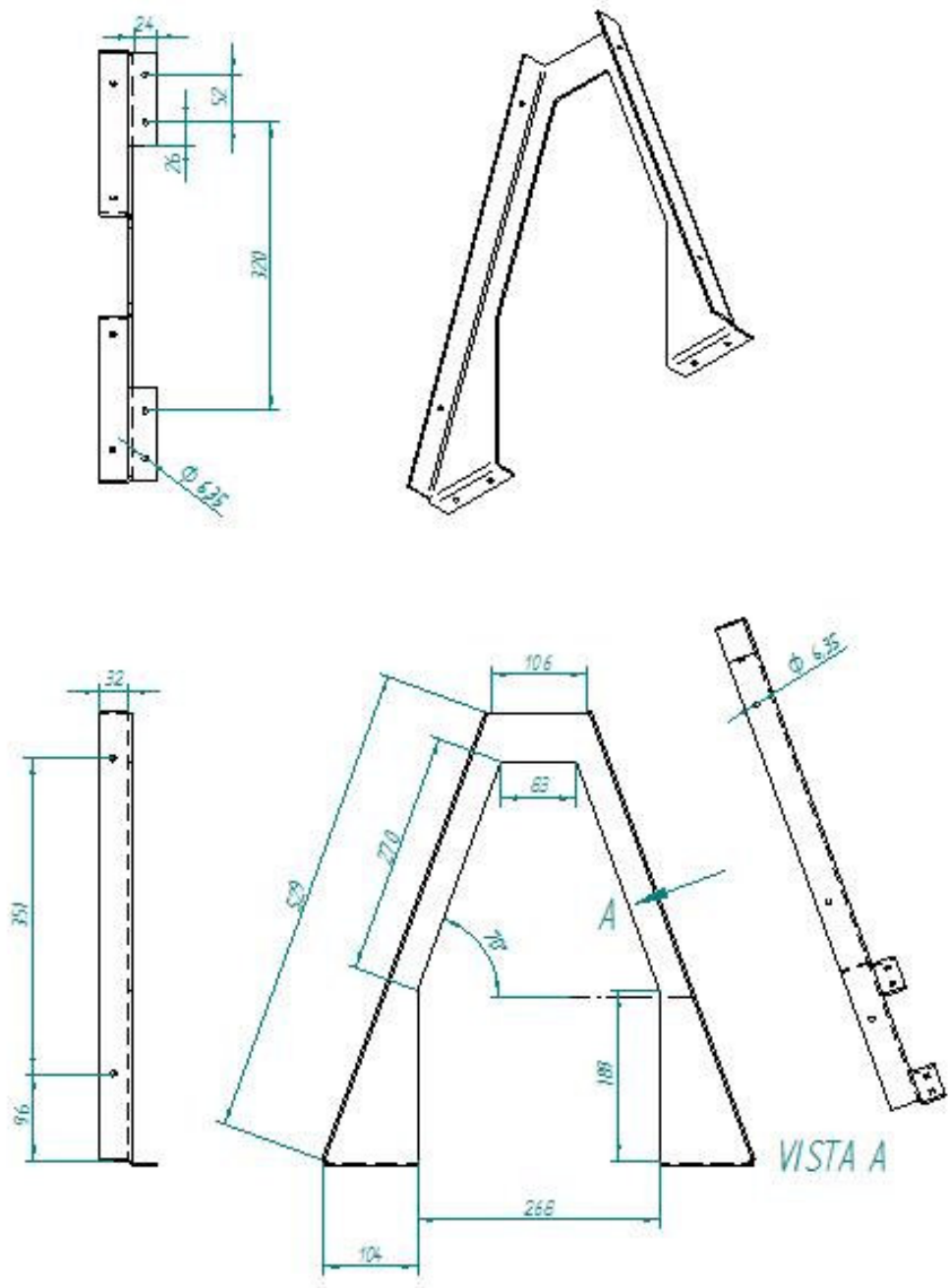
DETALLE A

Cotas en mm	Día	Nombre		GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN MECATRÓNICA
Dibujado	20/06/05	Solón Deluque Juan Restrepo		
Comprob.	20/06/05	Jorge Meneses		
Escala	<h1>PLATINA LATERAL</h1>			Plano de 01-01-00
Medidas sin indicación de tolerancias: ± 0,05				Referencia
				Nº de plano 01-01-02



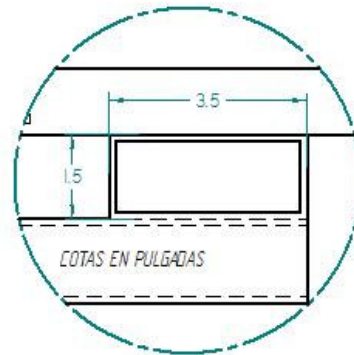
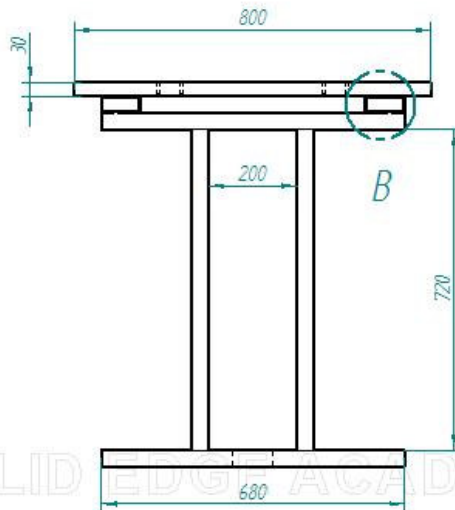
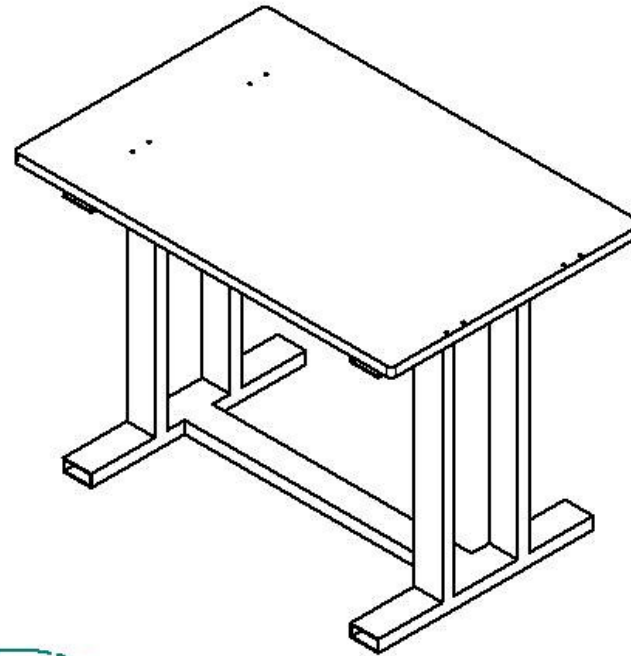
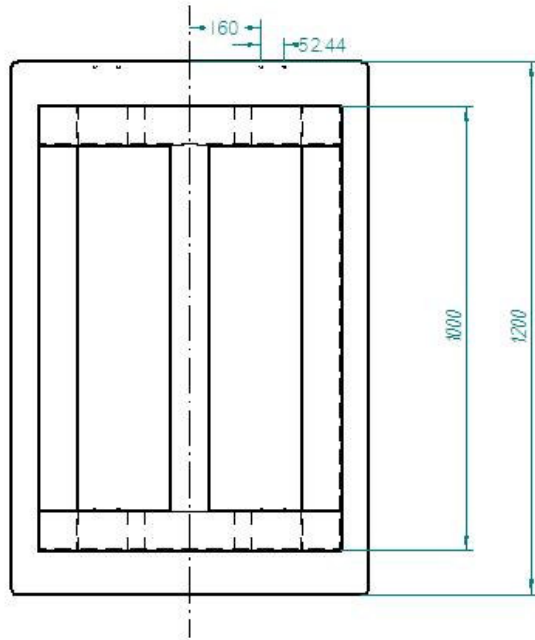
Escala en mm	<i>Día</i>	<i>Nombre</i>		<b>GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN MECATRÓNICA</b>
Dibujado	2006/05	Solín Delgado		
Comprab	2006/05	Jorge Henao		
Escala 1:10  Medidas sin indicación de tolerancias = 0.05	<h1>TUBO HORIZONTAL</h1>			Plano de 01-01-00 Referencia
				N° de plano 01-01-03

SOLID ED CADEMIC COPY



Diseño en mm	DTG	NOMBRE	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN MECATRÓNICA
DTG	DTG	Colón Quiroz	
DTG	DTG	Juan Pacheco	
DTG	DTG	Jorge Hernández	
Escala	1:5	<b>SOPORTE LATERAL</b>	Plano de 01-00-00
Referencia			Nº de plano 01-02-00

SOLID EDGE ACADEMIC

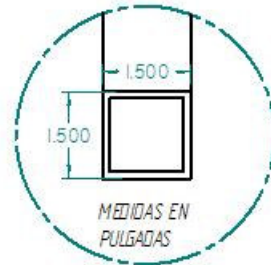
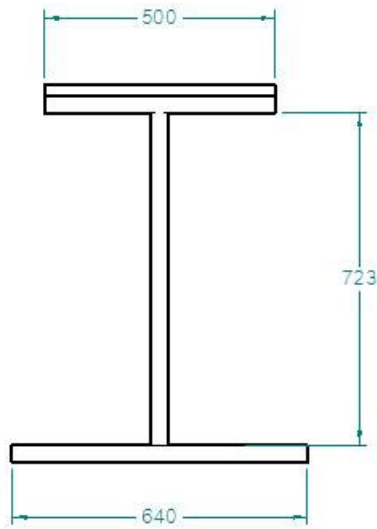
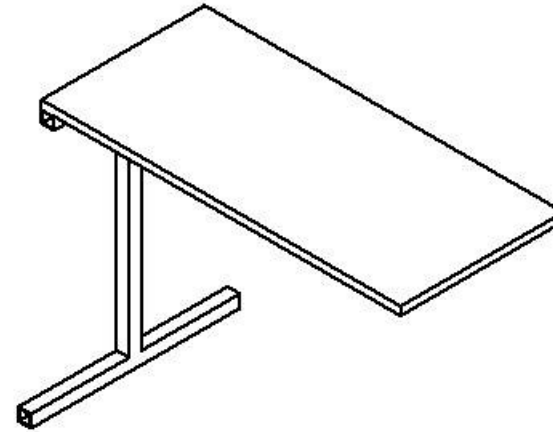
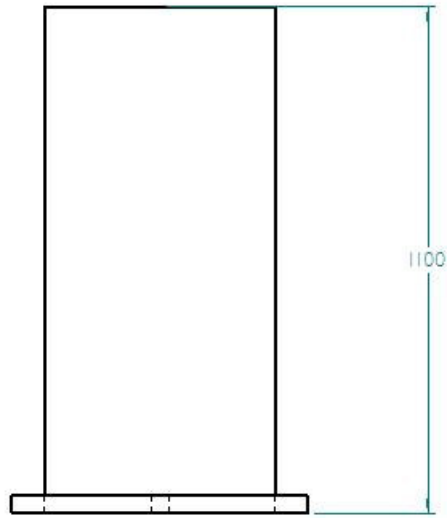


DETALLE B

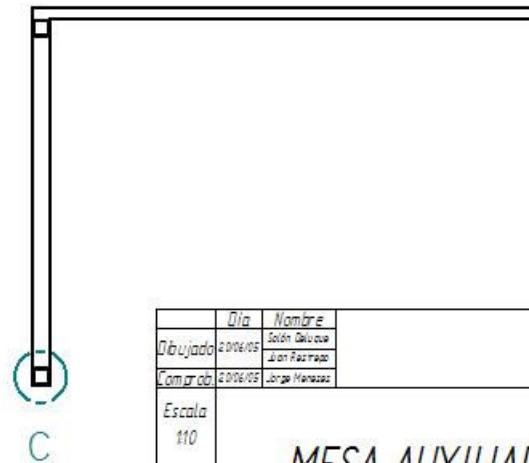
	Día	Nombre	
Dibujado	2006/05	Josón Salvoa	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN MECATRÓNICA
Comprob	2006/05	Juan Pazos	
Escala	1:10		Plano de Referencia 01-00-00
Medida sin tolerancia = 0.05			Nº de plano 01-03-00

MESA PRINCIPAL

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



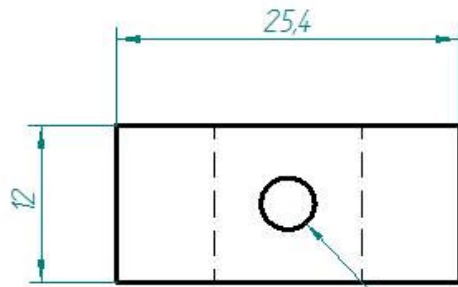
DETALLE C



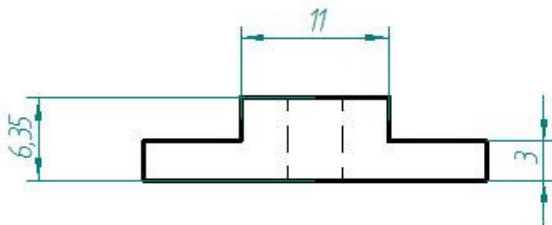
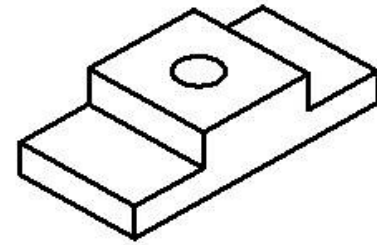
	Día	Nombre	
Dibujado	2006/05	Solón Salazar Juan Ramírez	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN MECATRÓNICA
Comprob	2006/05	Jorge Henao	
Escala	1:10		Plano de 01-00-00
Medida: en indicación de tolerancias = 0.05			Referencia
			Nº de plano 01-04-00

MESA AUXILIAR

SOLID EDGE ACADEMIC COPY

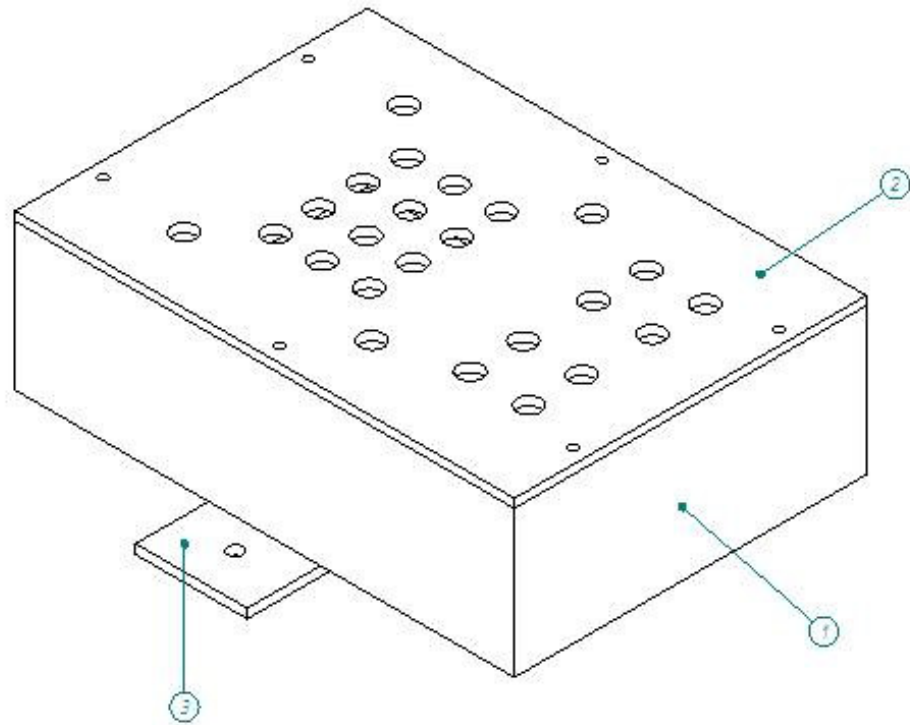


ROSCA  $\varnothing$  .15625 UNF  
Medida en Pulgadas



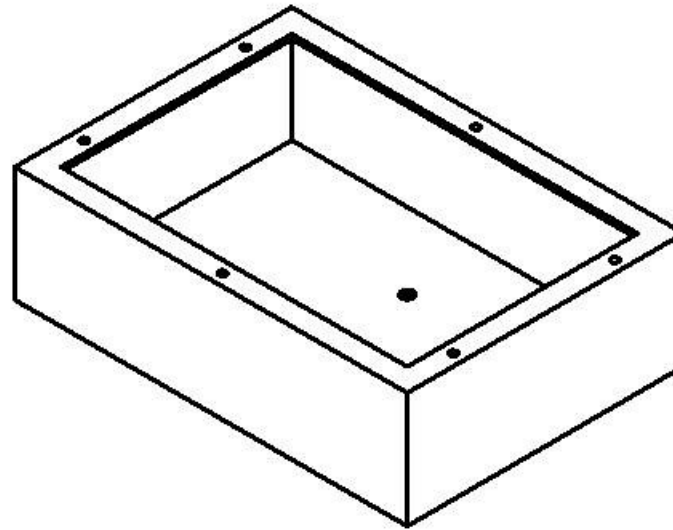
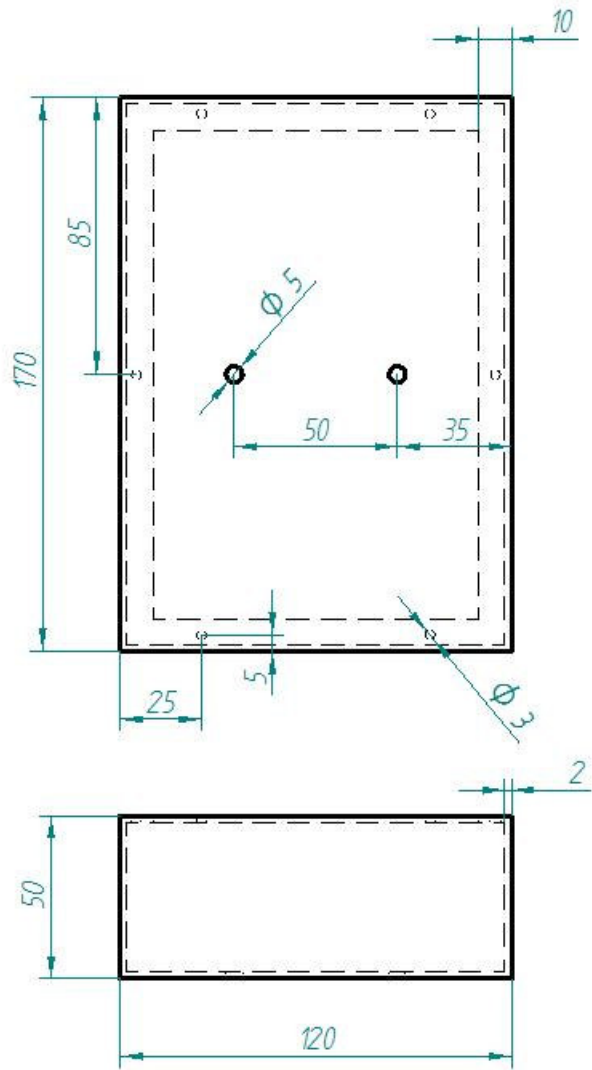
Cotas en mm	Día	Nombre		GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN MECATRÓNICA	
Dibujado	20/06/05	Solán Delgado Juan Restrepo		<p style="text-align: center; font-size: 2em; font-weight: bold;">TUERCA DE APRIETE</p>	Plano de Referencia
Comprob.	20/06/05	Jorge Meneses			Nº de plano 02-00-00
Escala: 2:1					
Medidas sin indicación de tolerancias: ± 0,05					

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



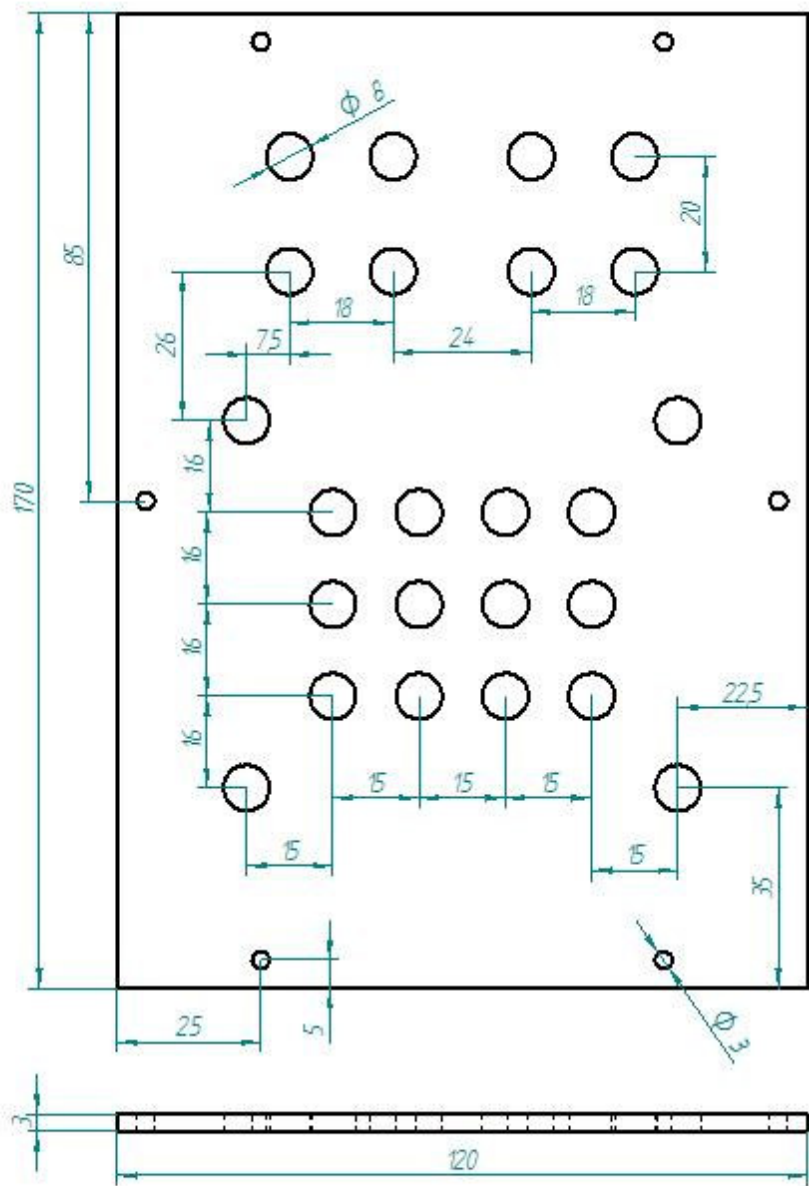
1	03-00-00	CUB	Alum.	1
2	03-00-00	TAPA	Alum.	1
3	03-00-00	SOPORTE	Alum.	1
Nº de elemento	Nº de plano	Referencia	Material	Cantidad
Elaborado en	PLA	INGENIERIA	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN MECATRÓNICA	
Dibujado por	JOSE LUIS	JOSE LUIS		
Comprobado por	JUAN CARLOS	JUAN CARLOS		
Escala	1:2	UNIDAD DE DISTRIBUCIÓN		Plano de Referencia
Modificado en	10/03/2008			Nº de plano 03-00-00

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



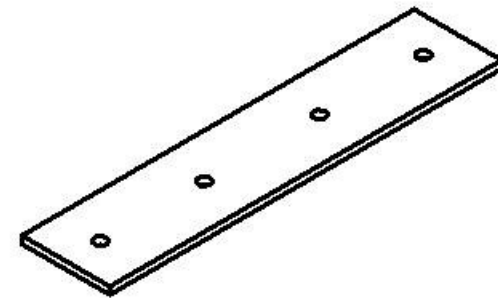
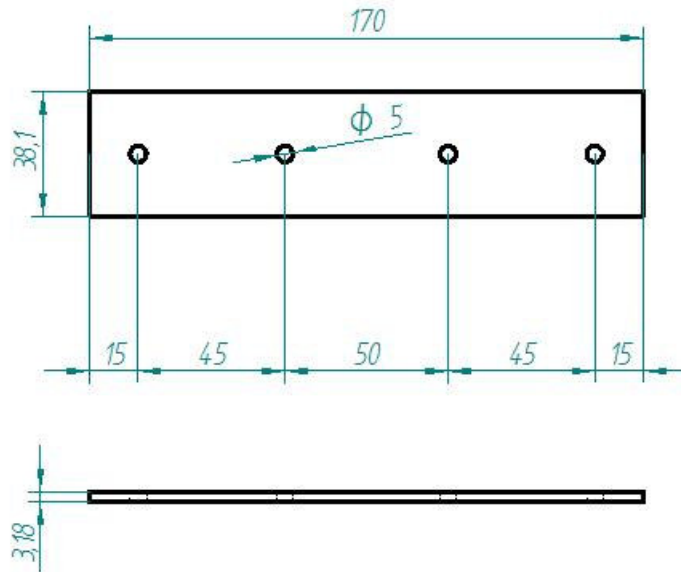
Cotas en mm	Día	Nombre	 <b>INGENIERIA MECANICA</b>	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN MECATRÓNICA	
Dibujado	20/06/05	Solón Delgado Juan Restrepo		<h1>CAJA</h1>	Plano de Referencia 03-00-00
Comprob.	20/06/05	Jorge Meneses			Nº de plano 03-01-00
Escala 12					
Medidas sin indicación de tolerancias: ± 0.05					

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



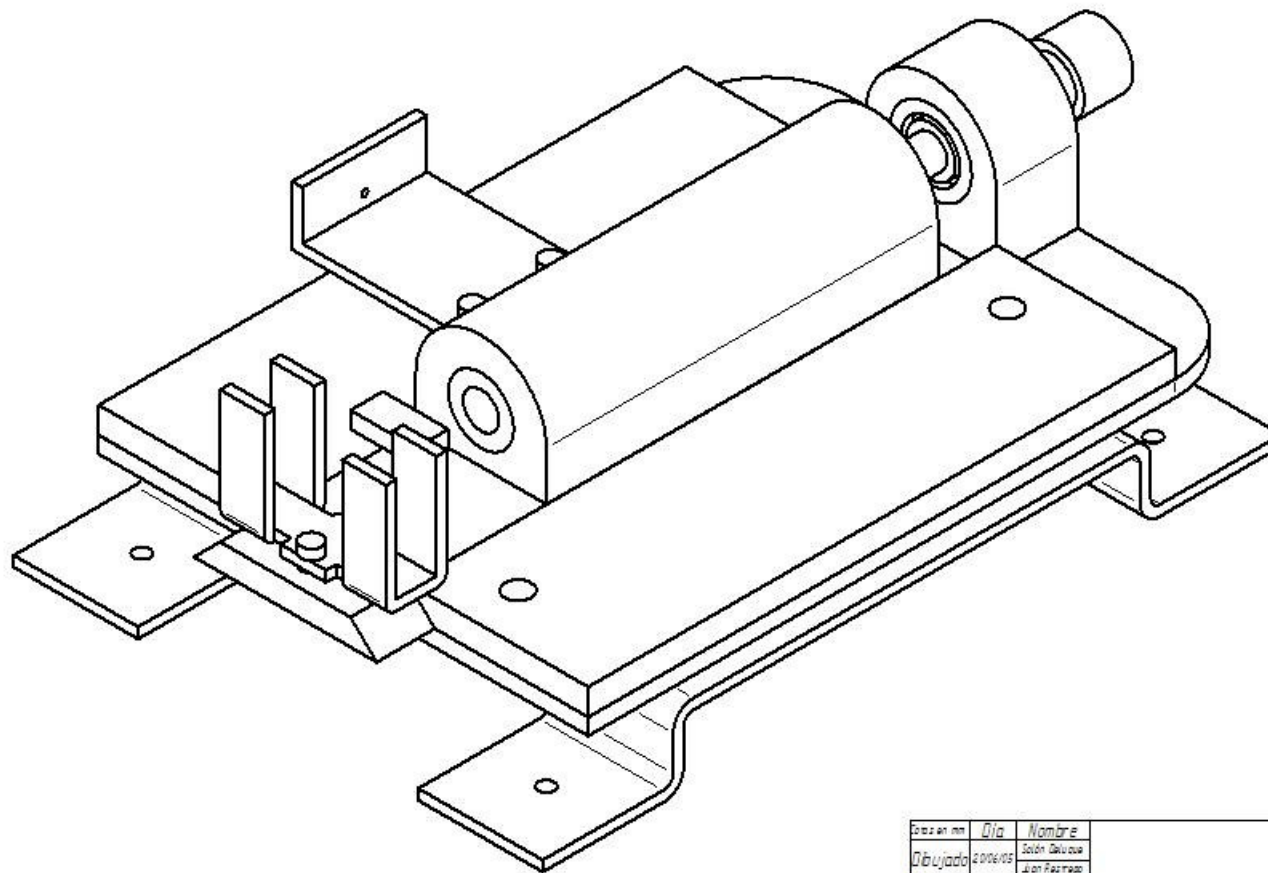
Escala en mm	Día	Nombre		GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN MECATRÓNICA
Dibujado	2006/05	Sobin Delgado		
Comprab	2006/05	Juan Ramirez		Jorge Hernandez
Escola	<h1>TAPA</h1>			Plano de Referencia 03-00-00
Medidas sin indicación de tolerancia = 0,15				N° de plano 03-02-00 

SOLID ED CADEMIC COPY



Cotas en mm		Día	Nombre		GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN MECATRÓNICA	
Dibujado	20/06/05	Solán Deluque	Juan Restrepo		<h1 style="text-align: center;">SOPORTE</h1>	Plano de Referencia 03-00-00
Comprob.	20/06/05	Jorge Meneses				Nº de plano 03-03-00
Escala	2:1					
Medidas sin indicación de tolerancias:	± 0.05					

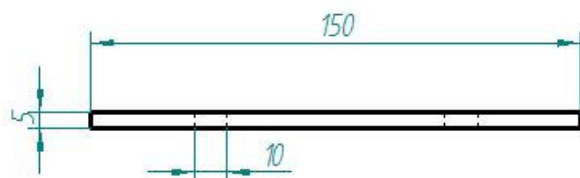
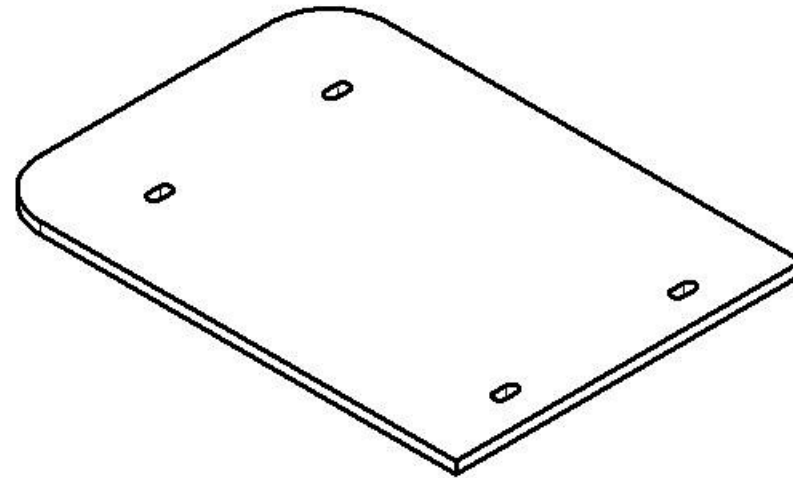
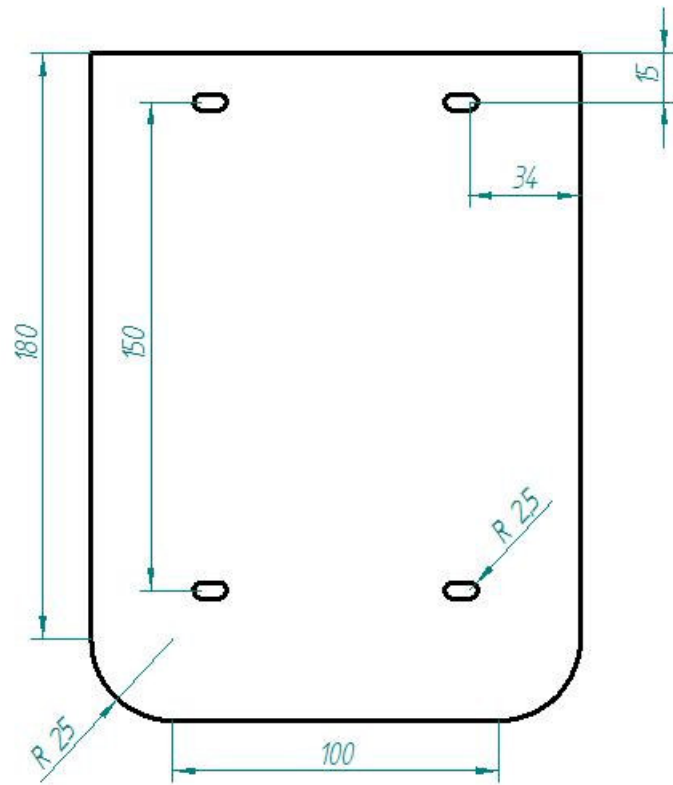
SOLID EDGE ACADEMIC COPY



SOLID EDGE ACADEMIC COPY

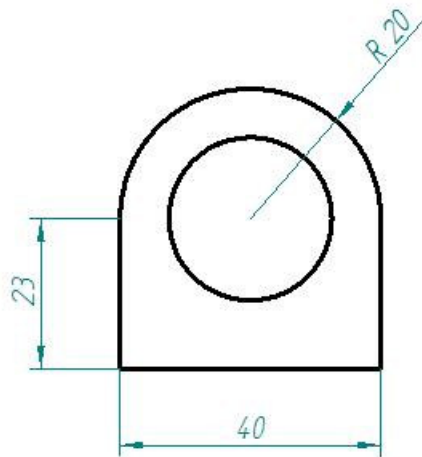
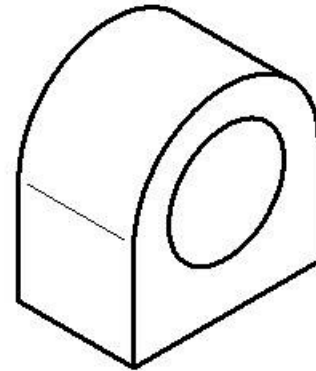
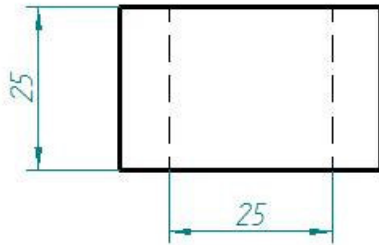
Escala en mm	<i>Día</i>	<i>Nombre</i>	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN MECATRÓNICA
Dibujado	2006/05	Salón Galucio Juan Pascual	
Comprob	2006/05	Jorge Martínez	
Escala	1:1	<b>CORREDERA DE POSICIONAMIENTO</b>	Plano de Referencia
Módulo y año de realización de tolerancias = 2006			Nº de plano 04-00-00





Cotas en mm	Día	Nombre		GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN MECATRÓNICA
Dibujado	20/06/05	Solán Deluque Juan Restrepo		
Comprob	20/06/05	Jorge Maneses		
Escala 1:2			<h1>BASE</h1>	Plano de 04E-00-00
Medidas sin indicación de tolerancias: ±0.05				Referencia 04-00-00
				Nº de plano 04-01-00

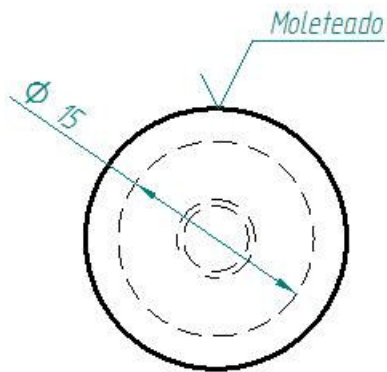
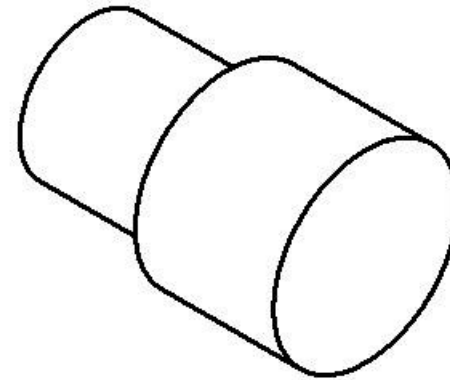
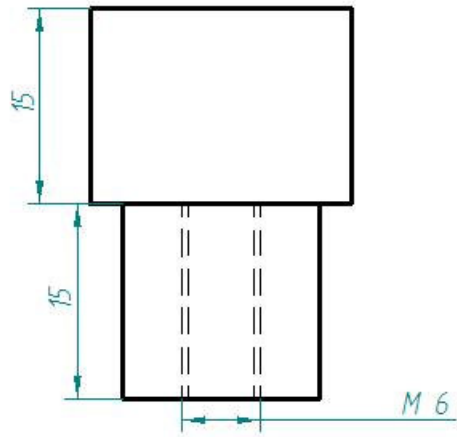
SOLID EDGE ACADEMIC COPY



Cotas en mm		Día	Nombre		GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN MECATRÓNICA
Dibujado	20/06/05	Soldán Delgado	Juan Restrepo		
Comprob.	20/06/05	Jorge Meneses			
Escala	1:1	<h2>CHUMACERA BASE</h2>			Plano de 04E-00-00
Medidas sin indicación de tolerancias: ±0.05					Referencia 04-00-00
					Nº de plano 04-02-00

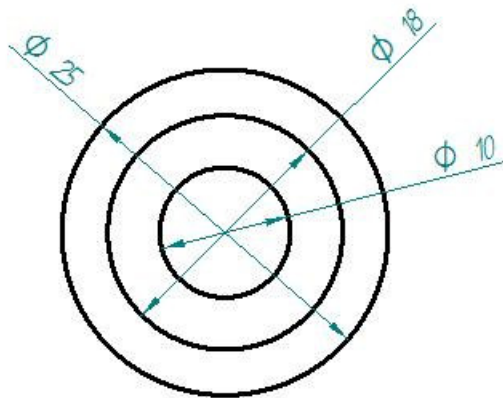
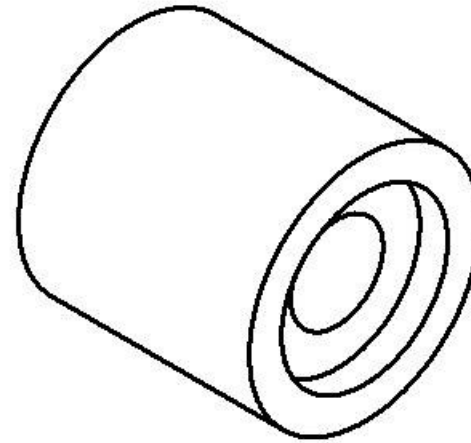
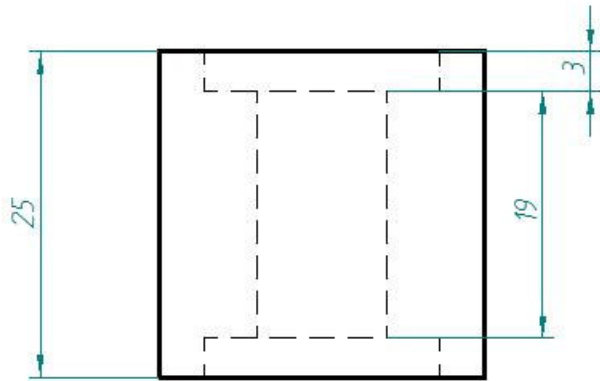
SOLID EDGE ACADEMIC COPY





Cotas en mm	Día	Nombre		GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN MECATRÓNICA
Dibujado	20/06/05	Solón Deluque Juan Restrepo		
Comprob.	20/06/05	Jorge Manríquez		
Escala 2:1	<h1>PERILLA</h1>		Plano de 04E-00-00	
Medidas sin indicación de tolerancias: ±0.05			Referencia 04-00-00	
			Nº de plano 04-03-00	

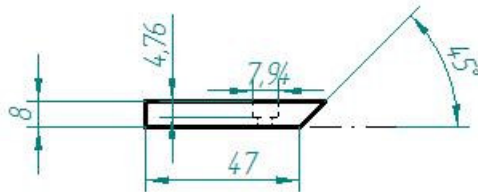
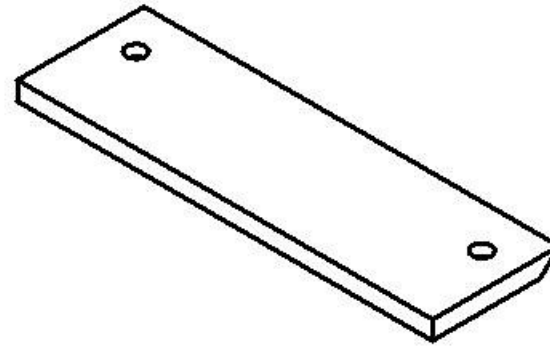
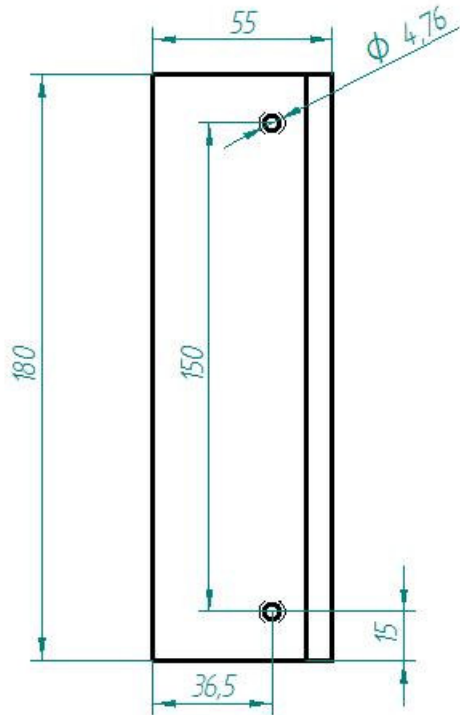
SOLID EDGE ACADEMIC COPY



Cotas en mm	Día	Nombre		GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN MECATRÓNICA	
Dibujado	20/06/05	Soldán Delgado Juan Restrepo		<p style="text-align: center; font-size: 2em; font-weight: bold;">BUJE</p>	Plano de 04E-00-00 Referencia 04-00-00
Comprob.	20/06/05	Jorge Meneses			Nº de plano 04-04-00
Escala 2:1					
Medidas sin indicación de tolerancias: ± 0,05					

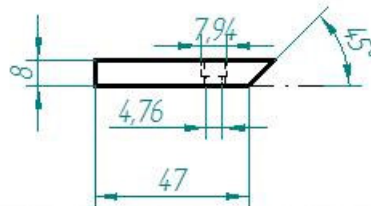
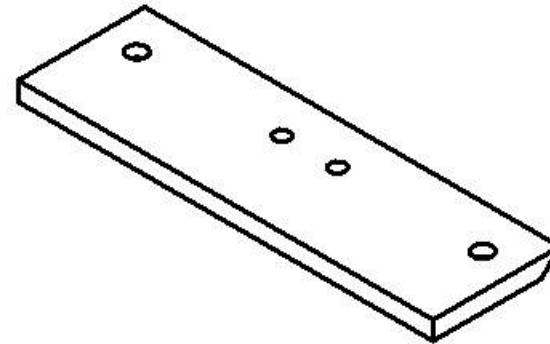
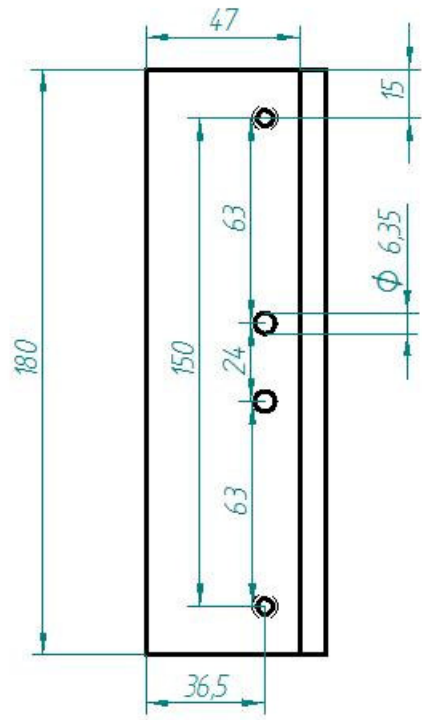
SOLID EDGE ACADEMIC COPY





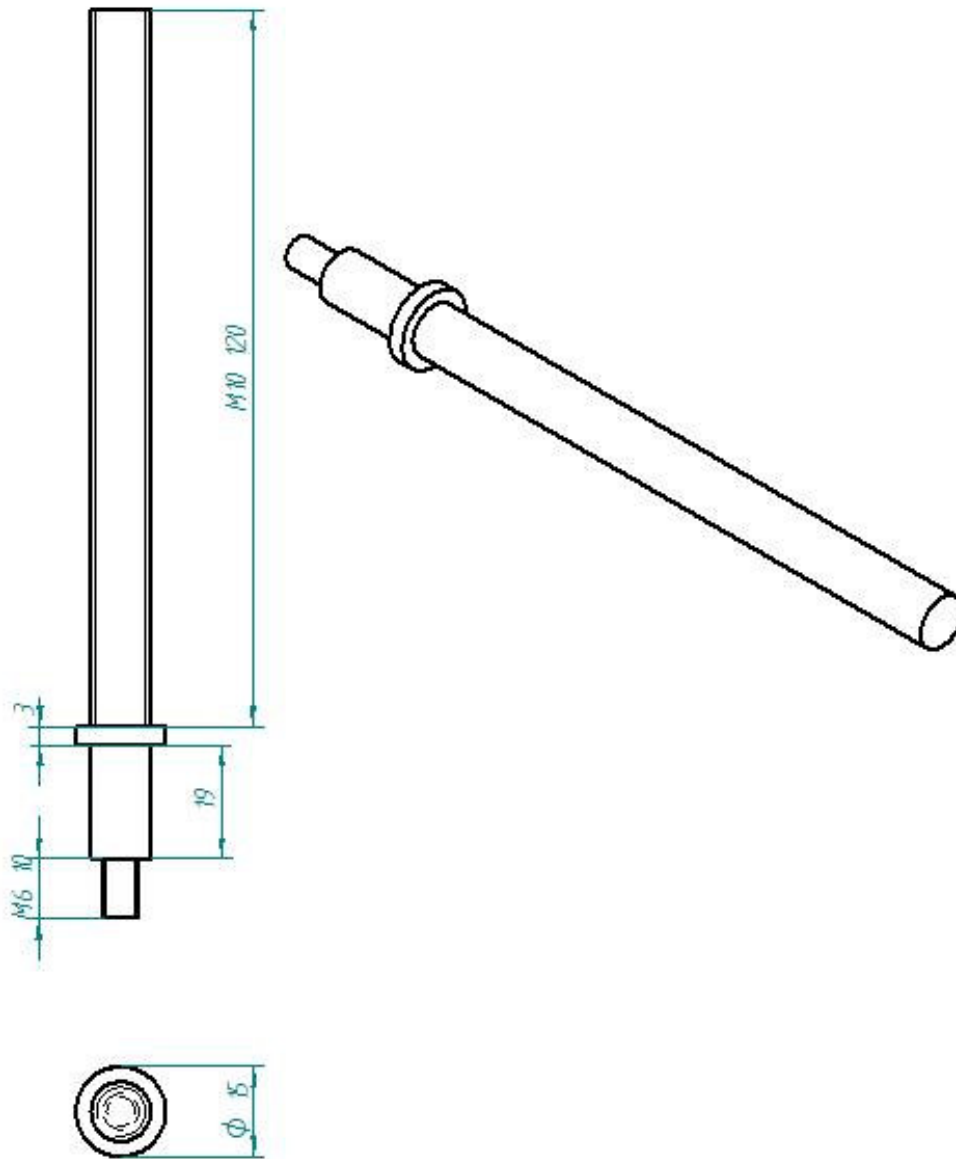
Cotas en mm	Día	Nombre		GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN MECATRÓNICA	
Dibujado	20/06/05	Solón Delgado Juan Restrepo		<p style="text-align: center; font-size: 2em; font-weight: bold;">CUÑA DERECHA</p>	Plano de 04E-00-00
Comprob.	20/06/05	Jorge Meneses			Referencia 04-00-00
Escala	12			Nº de plano 04-05-00	
Medidas sin indicación de tolerancias: ±0,05					

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



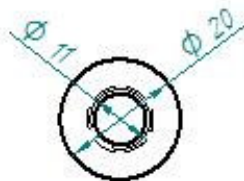
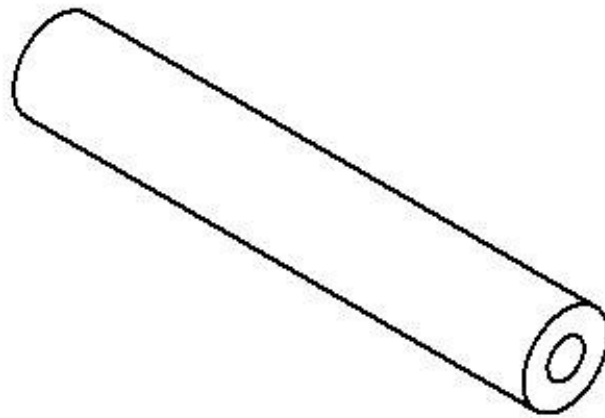
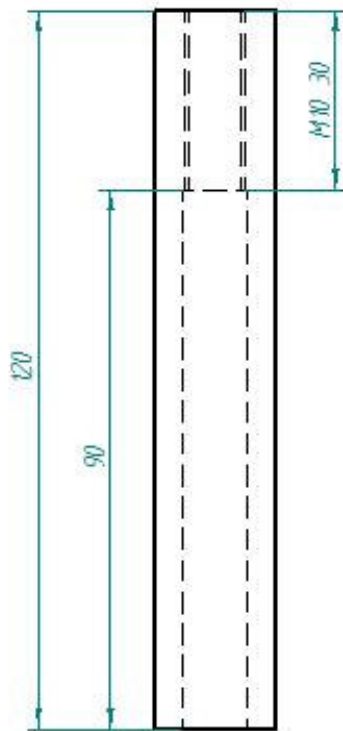
Cotas en mm	Día	Nombre		GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN MECATRÓNICA
Dibujado	20/06/05	Sotón Delgado Juan Restrepo		
Comprob.	20/06/05	Jorge Meneses		
Escala 12	<h1>CUÑA IZQUIERDA</h1>			Plano de 04E-00-00
Medidas sin indicación de tolerancias: ±0.05				Referencia 04-00-00
				Nº de plano 04-06-00

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



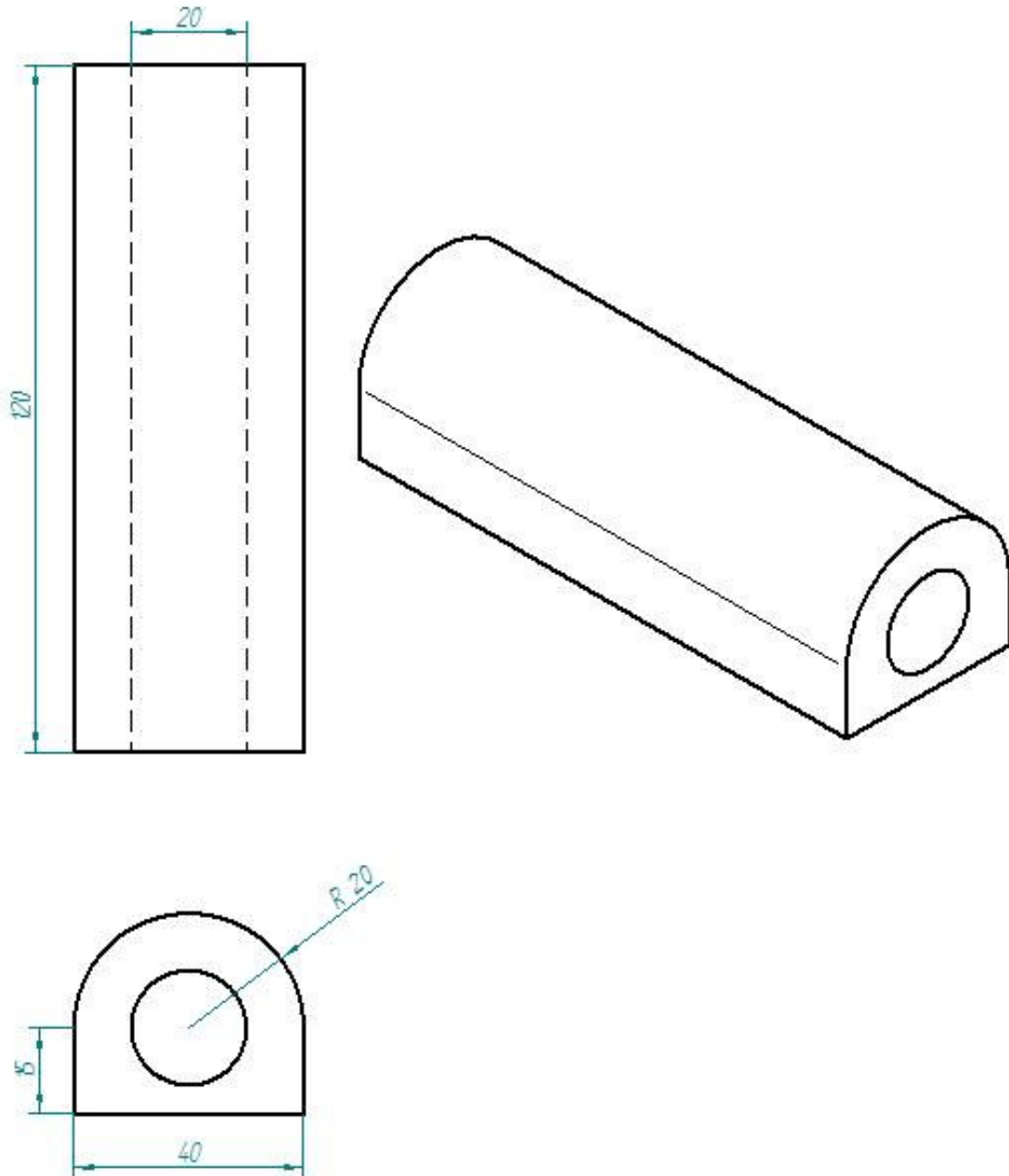
Elaborado	Día	Nombre		<b>GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN MECATRÓNICA</b>
Dibujado	2006/05	Solín Calvo Juan Paredo		
Comprobado	2006/05	Jorge Hernandez		
Escala	<h1>TORNILLO</h1>			Plano de 04E-00-00
Medidas sin indicación de tolerancia: ± 0.05				Referencia 04-00-00
				Nº de plano 04-07-00 


SOLID EDGE ACADEMIC COPY



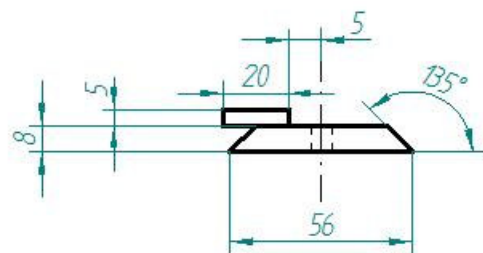
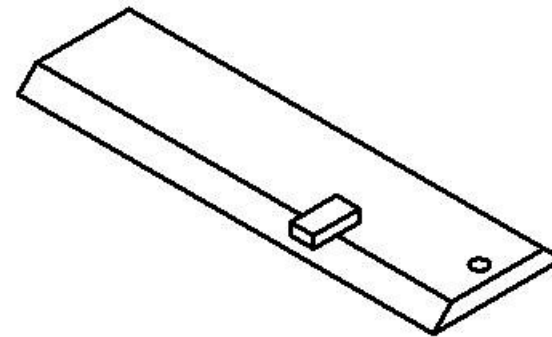
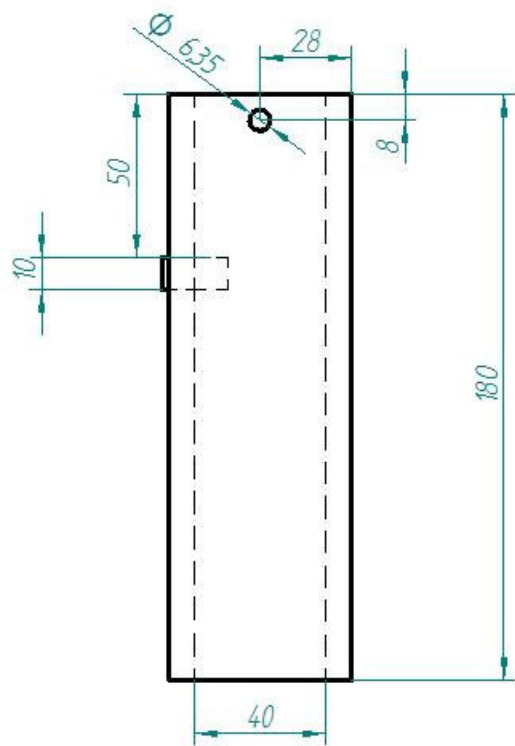
Fecha en mm	Día	Nombre		GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN MECATRÓNICA		
Dibujado	2006/05	Solín Delgado				
Comprobado	2006/05	Juan Ramírez				
Comprobado	2006/05	Jorge Morales				
Escala	<b>BUJE ROSCADO CORREDERA</b>			Plano de 04E-00-00		
Medidas sin tolerancia de referencia: = 0.05				Referencia 04-00-00		
				Nº de plano 04-08-00 		

SOLID EDGE CADEMO 2007



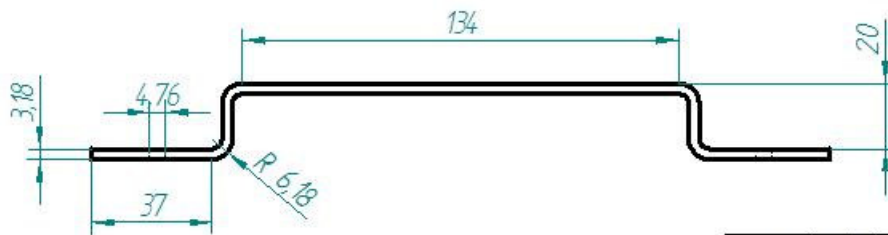
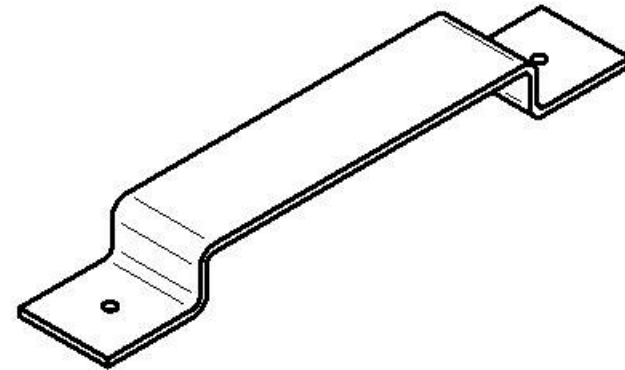
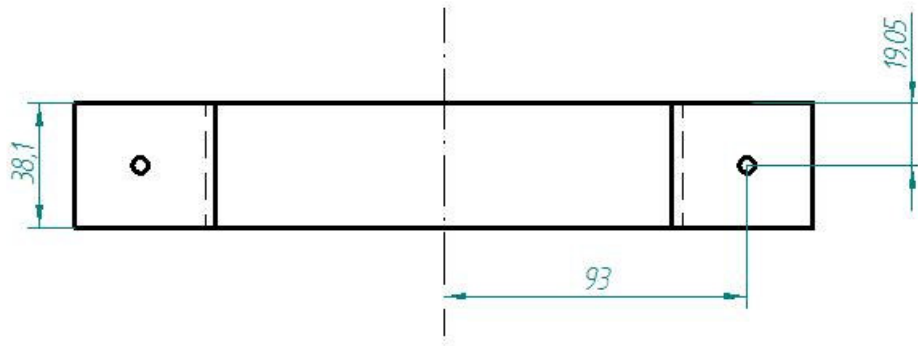
Escala en mm	<i>Día</i>	<i>Nombre</i>		GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN MECATRÓNICA
<i>Dibujado</i>	2006/05	Solín Delgado		
<i>Comprado</i>	2006/05	Juan Paz mado		
<i>Comprado</i>	2006/05	Jorge Menéndez		
<i>Escala</i> 1:1	<h1>CHUMACERA CORREDERA</h1>			Plano de 04E-00-00 Referencia 04-00-00
Medidas sin indicación de tolerancias: = 0,05				N° de plano 04-09-00 

SOLID EDGE CADEM



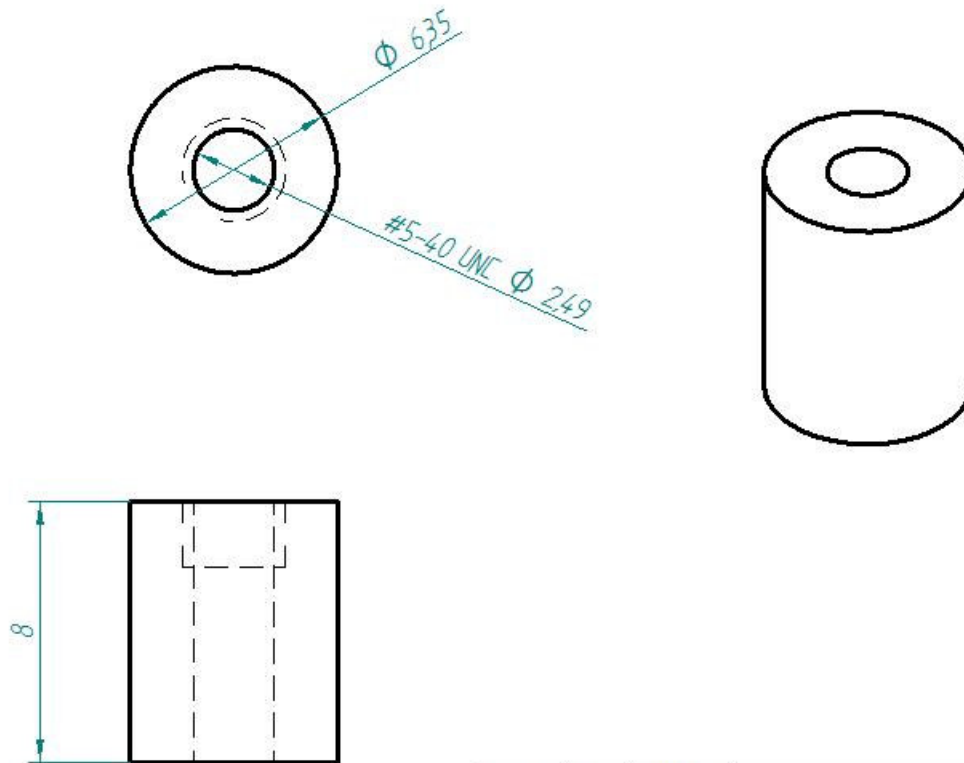
Cotas en mm	Día	Nombre		GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN MECATRÓNICA	
Dibujado	20/06/05	Sotón Delgado Juan Restrepo		<h1 style="text-align: center;">CORREDERA</h1>	Plano de 04E-00-00
Comprob.	20/06/05	Jorge Meneses			Referencia 04-00-00
Escala 1:2				Nº de plano 04-10-00	
Medidas sin indicación de tolerancias: ±0.05					

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



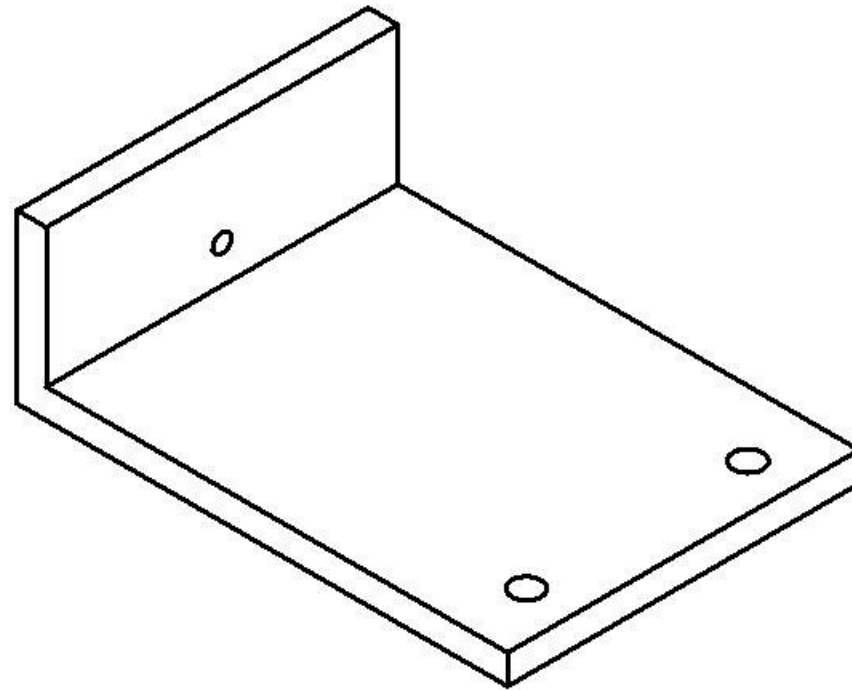
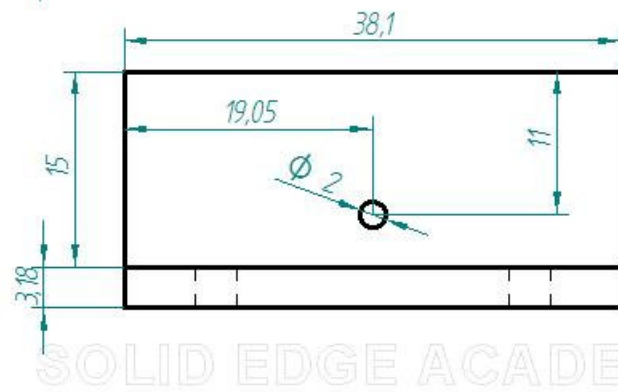
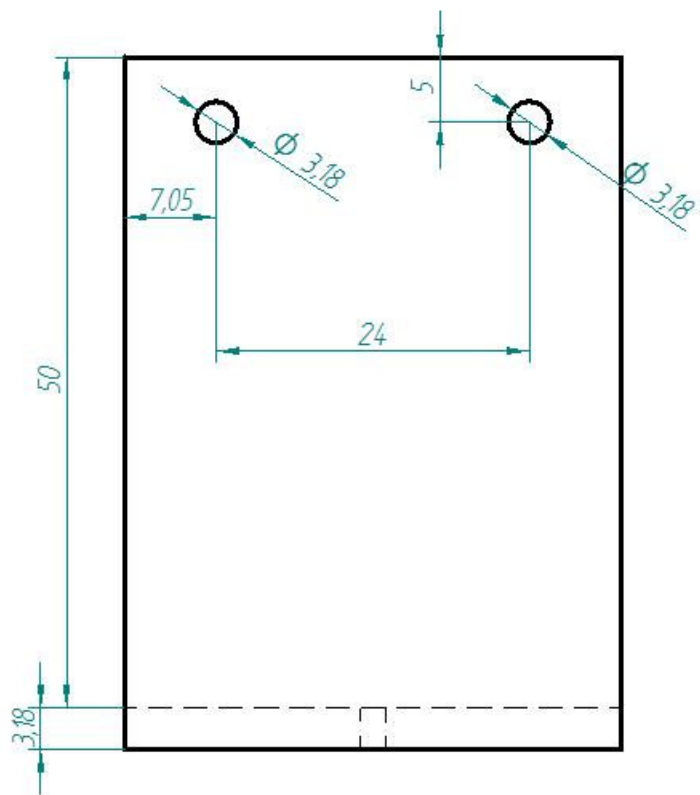
Cotas en mm	Día	Nombre		GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN MECATRÓNICA	
Dibujado	20/06/05	Sotón Deluque Juan Restrepo		<h1 style="text-align: center;">SOPORTE</h1>	Plano de 04E-00-00 Referencia 04-00-00
Comprob.	20/06/05	Jorge Meneses			Nº de plano 04-11-00
Escala 12  Medidas sin indicación de tolerancias: ±0.05					

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



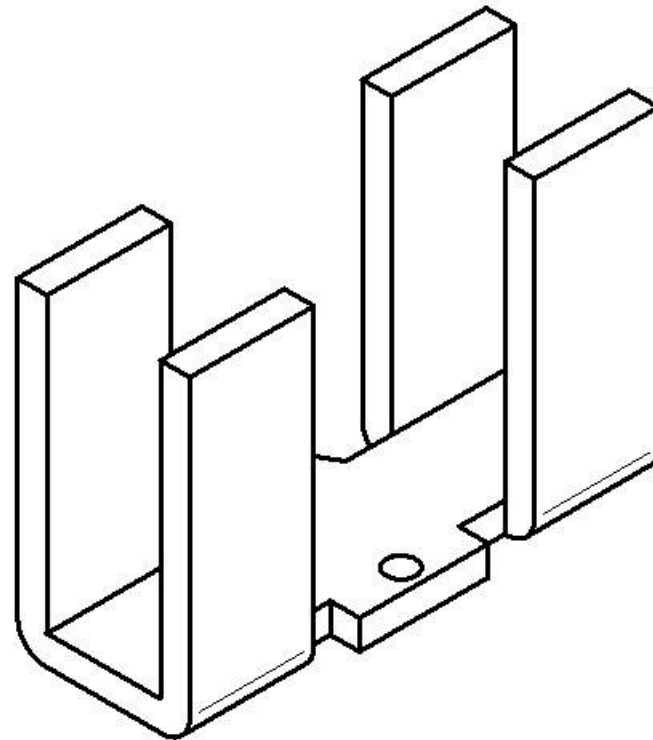
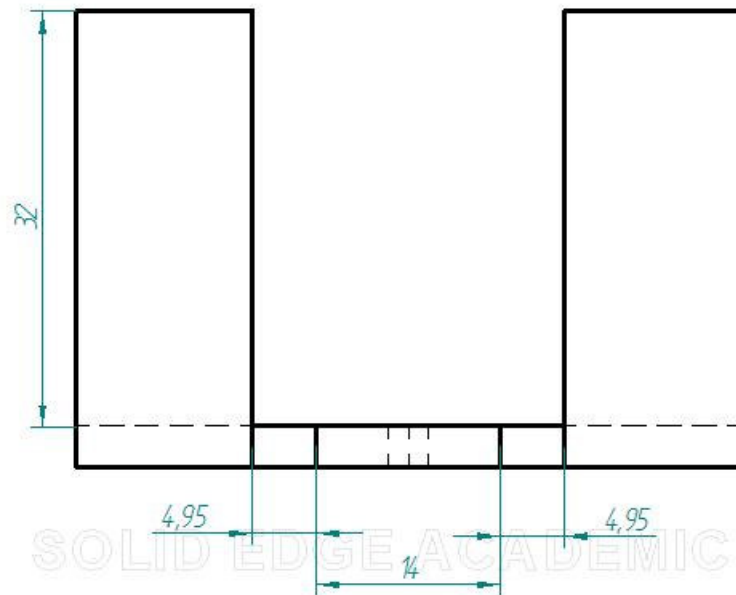
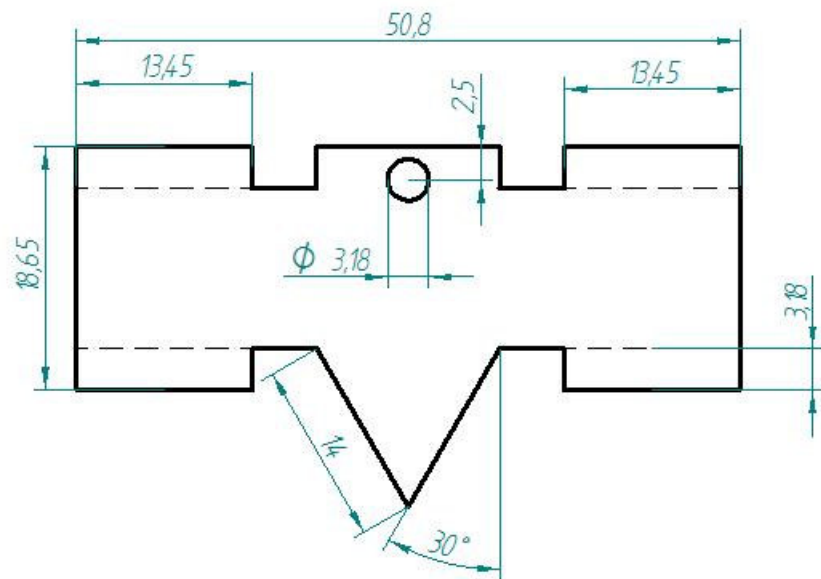
Cotas en mm	Día	Nombre		GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN MECATRÓNICA	
Dibujado	20/06/05	Solón Delgado Juan Restrepo		<p style="font-size: 2em; font-weight: bold; text-align: center;">BUJE ROSCADO 1/8"</p>	Plano de 04E-00-00 Referencia 04-00-00
Comprob.	20/06/05	Jorge Meneses			Nº de plano 04-12-00
Escala 2:1  Medidas sin indicación de tolerancias: ±0.05					

SOLID EDGE ACADEMIC COPY

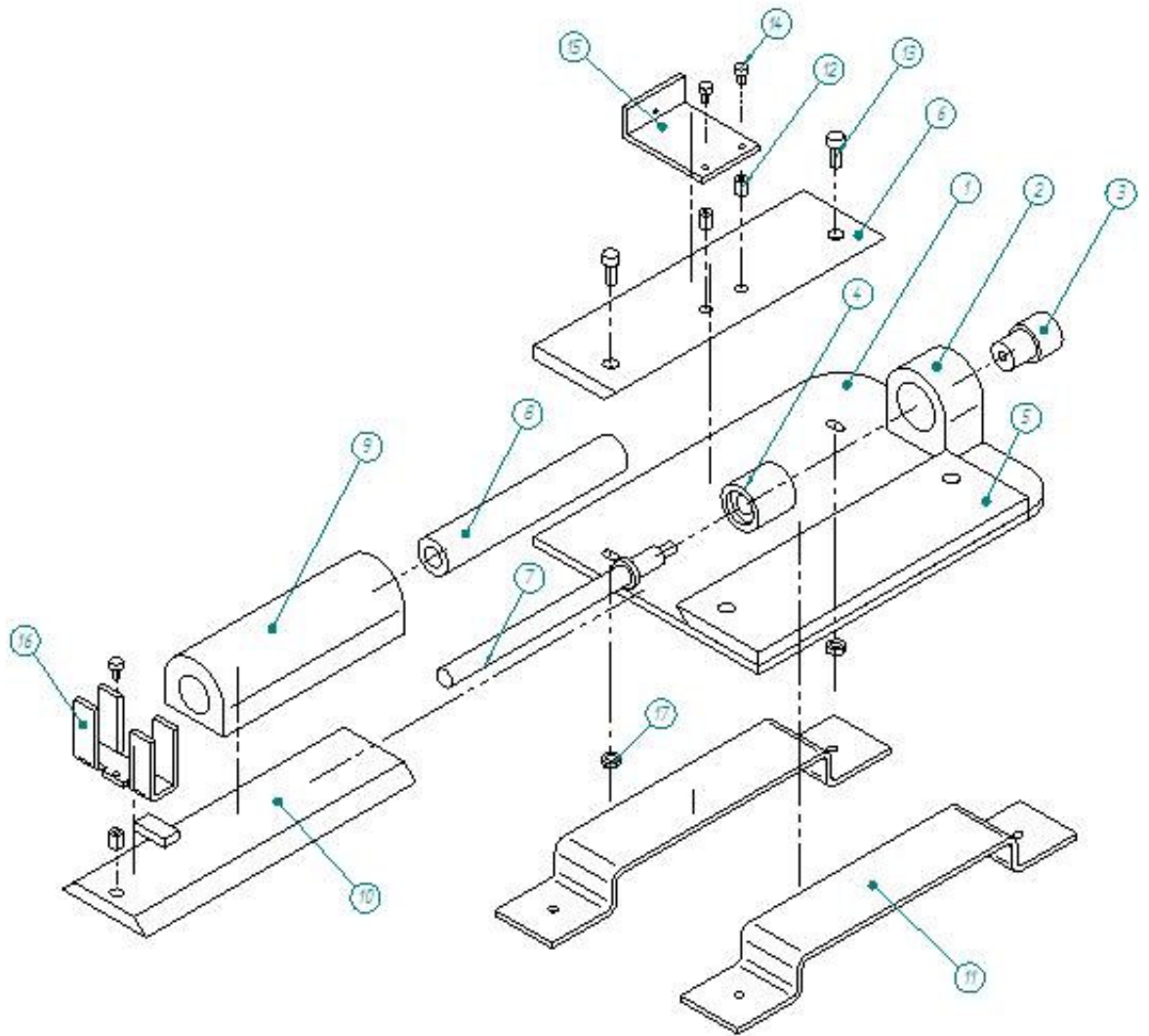


Cotas en mm	Día	Nombre		GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN MECATRÓNICA
Dibujado	20/06/05	Solán Delgado Juan Restrepo		
Comprob.	20/06/05	Jorge Manríquez		
Escala 2:1	<h1>ADAPTADOR CALIBRADOR</h1>		Plano de 04E-00-00 Referencia 04-00-00	
Medidas sin indicación de tolerancias: ±0.05			Nº de plano 04-15-00	

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



Cotas en mm	Día	Nombre		GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN MECATRÓNICA
Dibujado	20/06/05	Solán Delgado Juan Restrepo		
Comprob.	20/06/05	Jorge Manríquez		Referencia 04-00-00
Escala	<h1>PINZA</h1>			Nº de plano
Medidas sin indicación de tolerancias: ±0,05				04-16-00



1	04-04-00	Basa	Aluminio	1
2	04-02-00	Chumacera base	Aluminio	1
3	04-02-00	Rolillo	Acero	1
4	Brazo	Bronce	1	
5	04-02-00	Cilindro director	Aluminio	1
6	04-04-00	Cilindro auxiliar	Aluminio	1
7	04-07-00	Tornillo	Acero	1
8	04-08-00	Bujá roscado conector	Acero	1
9	04-08-00	Bujá roscado conector	Aluminio	1
10	04-08-00	Conector	Aluminio	1
11	04-19-00	Soporte	Aluminio	2
12	04-12-00	Bujá roscado 1/8"	Acero	3
13	-	Tornillo Allen 3/16" x 1/2"	-	4
14	-	Tornillo Allen 1/8" x 1/4"	-	3
15	04-04-00	Adaptador conector	Aluminio	1
16	04-04-00	Pinza	Aluminio	1
17	-	Soporte 1/8"	-	4

Nº de elemento	Nº de plano	Referencia	Materia	Cantidad
Grupo de Investigación: Juan Torres Jorge Velasco	<b>GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN MECATRÓNICA</b>			
Escuela: 12	<b>CORREDERA DE POSICIONAMIENTO</b>		Plano de 04-00-00	
			Referencia	
			Nº de plano 04E-00-00	

SOLID EDGE ACADEMIC