

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

ESCUELA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

**CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE
INYECTORES DEL AVION K-FIR**

POR

QUINTANA MAZZINI JONATHAN GEOVANNY

Tesis presentada como requisito parcial para la obtención del Título de:

TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA

2003

CERTIFICACION

Certifico que el presente trabajo fue realizado por el señor QUINTANA MAZZINI JONATHAN GEOVANNY como requerimiento parcial a la obtención del título de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA.

Ing. Guillermo Trujillo J.

DIRECTOR DEL PROYECTO

20 de enero del 2003

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a todas las personas, que directamente o indirectamente, me han apoyado desinteresadamente en todo aspecto. Para así poder alcanzar un alto nivel académico.

Logrando así brindar mayores logros al Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, a la Fuerza Aérea Ecuatoriana y a mi país.

QUINTANA MAZZINI JONATHAN GEOVANNY

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi agradecimiento ante todo a Dios por darme fuerzas en el estudio de esta carrera.

A mis familiares especialmente a mis padres y a mi hermana que me brindaron apoyo y confianza para así poder culminar con éxito mis estudios.

A mis compañeros de aula con los cuales compartí gratos momentos.

Y finalmente a mis instructores especialmente al Ing. Trujillo por su apoyo incondicional y desinteresado en la guía y realización de este proyecto.

QUINTANA MAZZINI JONATHAN GEOVANNY

INDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
RESUMEN.....	01
INTRODUCCIÓN.....	02
Definición del Problema.....	02
Justificación.....	02
Objetivos.....	02
Alcance.....	03
CAPITULO I MARCO TEÓRICO	
1.1.- Banco de Pruebas de Inyectores.....	04
1.1.1.- Definición.....	04
1.1.2.- Inyector.....	04
1.1.2.1.- Función del Inyector.....	04
1.1.2.2.- Características del Inyector que posee el avión K-FIR.....	05
1.1.2.3.- Partes del Inyector.....	05
1.1.2.4.- Tipos de Inyectores.....	06
1.1.2.5.- Inspección de los Inyectores.....	06
1.1.2.5.1.- Carbón.....	07
1.1.2.5.2.- Rajaduras.....	07
1.1.2.5.3.- Picaduras.....	07
1.1.2.5.4.- Erosión	07
1.1.2.5.5.- Fallas en el as de flujo de combustible.....	08
1.2.- Principio de Funcionamiento del Banco de Pruebas de Inyectores.....	09
1.2.1.- Ley de Pascal.....	09

1.2.2.- Transmisión de Presión Neumática.....	09
1.3.- Tipos de Bancos de Pruebas.....	10
1.3.1.- Banco de Pruebas de Inyectores con Bomba Manual.....	10
1.3.2.- Banco de Pruebas de Inyectores a Presión Neumática.....	11
1.3.3.- Banco de Pruebas de Inyectores Impulsado por una Bomba.....	11

CAPITULO II ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

2.1.- Identificación de Alternativas.....	12
2.1.1.- Primera Alternativa.....	12
2.1.2.- Segunda Alternativa	13
2.2.- Estudio de Factibilidad.....	13
2.2.1.- Primera Alternativa.	14
2.2.2.- Segunda Alternativa.....	14
2.3.- Parámetros de Evaluación	15
2.3.1.- Factor Mecánico.....	15
2.3.2.- Factor Financiero.....	16
2.3.3.- Factor Complementario.....	16
2.4.- Selección de la mejor alternativa.....	18
2.5.- Requerimientos Técnicos.....	19

CAPITULO III CONSTRUCCIÓN

3.1.- Base.....	22
3.2.-Tanque.....	23
3.3.- Sistema Neumático.....	25
3.4.- Sistema Hidráulico.....	27
3.5.- Diagramas de Procesos.....	29

3.5.1.- Diagrama de Procesos de Fabricación de la base según plano de construcción.....	29
3.5.2.- Diagrama de Procesos de Fabricación del tanque según plano de construcción.....	30
3.6.- Diagrama de Montaje.....	31
CAPITULO IV PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	
4.1.- Pruebas de Funcionamiento.....	34
CAPITULO V ELABORACIÓN DE MANUALES	
5.1.- Descripción General.....	35
5.2.- Manual de Operación.....	36
5.3.- Manual de Calibración.....	38
5.4.- Manual de Mantenimiento.....	39
5.5.- Manual de Verificación	41
5.6.- Hojas de Registros.....	42
CAPITULO VI ESTUDIO ECONOMICO- FINANCIERO	
6.1.- Presupuesto.....	44
6.2.- Análisis Económico-Financiero.....	44
6.3.- Comparación entre el mecanismo construido y un mecanismo comprado en el mercado.....	48
CAPITULO VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
7.1.- Conclusiones.....	49
7.2.- Recomendaciones.....	50

BIBLIOGRAFÍA.

ANEXOS.

PLANOS:

PLANO GENERAL

PLANO DE CONSTRUCCION

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1. Inyector del Avión K-FIR.

FIGURA 1.2. Partes internas y externas del inyector G-E 3031M36P01.

FIGURA 1.3. Inspección de rajaduras.

FIGURA 1.4. As de flujo de combustible aceptable.

FIGURA 1.5. As de flujo de combustible no aceptable.

FIGURA 1.6. Banco de Pruebas de Inyectores con Bomba Manual.

FIGURA 1.7. Banco de Pruebas de Inyectores a presión neumática.

FIGURA 2.1. Primera Alternativa.

FIGURA 2.2. Segunda Alternativa.

FIGURA 3.1. Base del banco de pruebas de inyectores.

FIGURA 3.2. Estado de esfuerzos en el tanque.

FIGURA 3.3. Sistema Neumático instalado en el tanque.

FIGURA 3.4. Diagrama del Sistema Neumático.

FIGURA 3.5. Sistema Hidráulico instalado en el tanque.

FIGURA 3.6. Diagrama del Sistema Hidráulico.

FIGURA 4.1. Banco de pruebas de inyectores construido.

LISTA DE TABLAS

TABLA 2.1. Matriz de Evaluación.

TABLA 2.2. Matriz de Decisión.

TABLA 3.1. Datos técnicos de las máquinas herramientas utilizadas en el proyecto.

TABLA 3.2. Tiempo de operación en los diferentes sistemas.

TABLA 5.1. Codificación de los procedimientos de ensayo del banco.

TABLA 6.1. Listado de costos de materiales del banco de pruebas de inyectores.

TABLA 6.2. Costo de utilización de las máquinas herramientas.

TABLA 6.3. Costos de fabricación de la base y tanque del banco de pruebas de inyectores.

TABLA 6.4. Costos de mano de obra.

TABLA 6.5: Costos de otros gastos.

TABLA 6.6. Costo total del banco de pruebas de inyectores.

TABLA 6.7. Costo de un banco de pruebas similar.

RESUMEN

El presente proyecto de grado surge de la necesidad de realizar practicas en inyectores por parte de los alumnos en el Laboratorio de Motores Jet.

En la primera parte de este trabajo, se expone el objetivo que es la construcción de un Banco de Pruebas de Inyectores. Se empezó la selección de alternativas en el aspecto de construcción.

Una vez hecha una evaluación precisa de las alternativas, se escogió la más idónea.

Se procedió a la construcción y ensamblaje en el Taller de Soldadura y Reparaciones Estructurales Navales de la Empresa INEPACA.

Concluida la construcción, se realizó pruebas de funcionamiento para así observar el desempeño del banco, el cual arrojó óptimos resultados lo que implica la justificación de este proyecto.

EL GRADUANDO

INTRODUCCIÓN

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

Debido a la necesidad de realizar prácticas en el Laboratorio de Motores Jet, es evidente la falta de bancos de pruebas para el buen desenvolvimiento del futuro tecnólogo en mecánica aeronáutica. Por lo que se ha visto la necesidad de implementar a este con un banco de pruebas de inyectores para así facilitar el aprendizaje de todos los futuros tecnólogos.

JUSTIFICACIÓN

Por la falta de un mecanismo que nos permita comprobar el funcionamiento de un inyector se ha visto la necesidad de construir un banco de pruebas para inyectores del avión K-FIR C2 con la finalidad de proveer al Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, específicamente al Laboratorio de Motores de Aviación, de un medio didáctico para el estudio del funcionamiento, inspección y reparación de los diferentes inyectores de los aviones escuela.

OBJETIVOS:

OBJETIVO GENERAL:

Construir un Banco de Pruebas para Inyectores del avión K-FIR C2.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- ◆ Obtener información referente al banco.
- ◆ Determinar requerimientos técnicos del banco.
- ◆ Plantear alternativas de construcción.
- ◆ Seleccionar la alternativa adecuada.

- ◆ Construir cada uno de los sistemas del banco.
- ◆ Realizar pruebas de funcionamiento y rendimiento.
- ◆ Elaborar manuales de construcción, mantenimiento, calibración, y funcionamiento.
- ◆ Determinar conclusiones y recomendaciones.

ALCANCE:

Brindar un mejor contingente pedagógico para la enseñanza y aprendizaje de los alumnos en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, principalmente en la Escuela de Mecánica Aeronáutica del I.T.S.A. dentro del área de Mantenimiento Motores.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1.- BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES.

1.1.1.- DEFINICIÓN.

Un banco de pruebas es un dispositivo neumático-hidráulico que se utiliza en la verificación visual del funcionamiento del inyector de combustible del avión.

Este suministra combustible a presión para así poder apreciar el as de flujo de combustible que suministra el inyector al la cámara de combustión del motor.

1.1.2.- INYECTOR.

Un inyector es un dispositivo estático que sirve para introducir o suministrar combustible a presión en la cámara de combustión del avión.



Figura 1.1. Inyector del avión K-FIR.

1.1.2.1.- FUNCION DEL INYECTOR.

La función del inyector es la de realizar la pulverización en una pequeña cantidad de combustible y de dirigir el chorro de tal modo que el combustible sea esparcido homogéneamente por toda la cámara de combustión.

1.1.2.2.- CARACTERÍSTICAS DEL INYECTOR QUE POSEE EL AVION K-FIR.

El tipo de inyector utilizado en el avión K-FIR C2 esta fabricado de acero. Tiene el número de parte G-E 3031M36P01. Utiliza combustible JP1 que se toma del sistema de combustible.

1.1.2.3.- PARTES DEL INYECTOR.

El inyector externamente esta dividido en:

- Fuel Inlet (Admisión de Combustible)
- Body (Cuerpo)
- Nozzle cap (Gorro del inyector)
- Ring Base Support (Argolla de soporte)
- Mounting Flange (Pestaña de montaje)
- Nozzle (Inyector)
- Primary Spray Orifice (Orificio Pulverizador Primario)
- Secondary Spray Fuel (Orificio Pulverizador Secundario)

Internamente el inyector tiene:

- Filter Cap (Filtro del Gorro)
- Flow Divider Valve (Válvula Divisora de Flujo)
- Primary Flow Tube (Tubo de Flujo Primario)
- Secondary Flow Tube (Tubo de Flujo Secundario)
- Primary Spin Chamber (Cámara de Caída Primaria)
- Second Spin Chamber (Cámara de Caída Secundaria)
- Secondary Fuel Flow (Flujo secundario de Combustible)
- Air flow (Flujo de Aire)

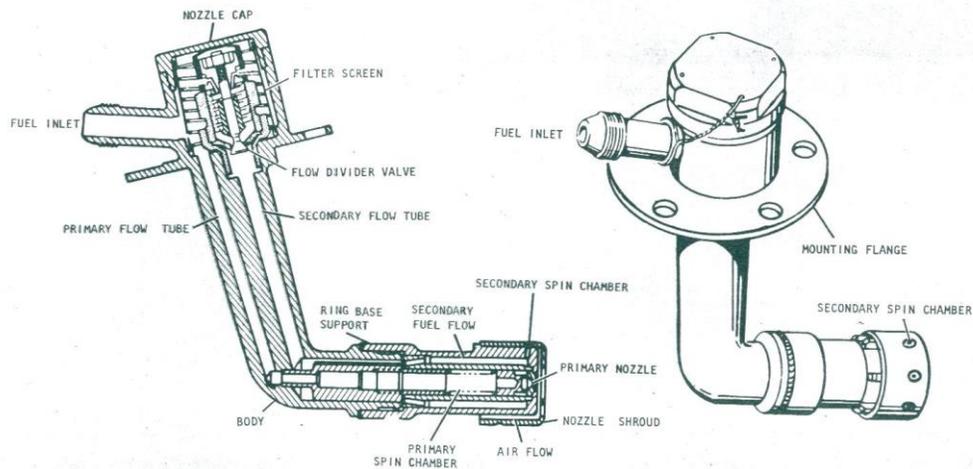


Figura 1.2. Partes internas y externas del Inyector G-E 3031M36P01.

1.1.2.4.- TIPOS DE INYECTORES.

Existe gran variedad de inyectores, dependiendo estos del sistema de inyección y del tipo de cámara de combustión que utilice cada motor, aunque todos tienen similar misión en el motor.

1.1.2.5.- INSPECCIÓN DE LOS INYECTORES.

A estos inyectores se los inspecciona cada 400 horas de vuelo de acuerdo con la orden técnica OT- GEK 28456 del avión K-FIR C2.

A los inyectores se les realiza una inspección visual para detectar:

- Carbón
- Rajaduras
- Picaduras
- Erosión
- Fallas en el as de flujo de combustible

1.1.2.5.1.- CARBON.

Se limpia los inyectores de combustibles de acuerdo con la respectiva orden técnica.

1.1.2.5.2.- RAJADURAS.

Rajaduras no son aceptables en el Cuerpo, en el Gorro o en el Accesorio de Admisión. Se permite un máximo de 6 rajaduras radiales desde el Orificio Central del Conducto de aire. Rajaduras más largas que 1/8 de pulgada debe tener por lo menos 60 grados de separación entre ellas.

Rajaduras radiales pueden tener una dirección circunferencial de 1/16 de pulgada como máximo.

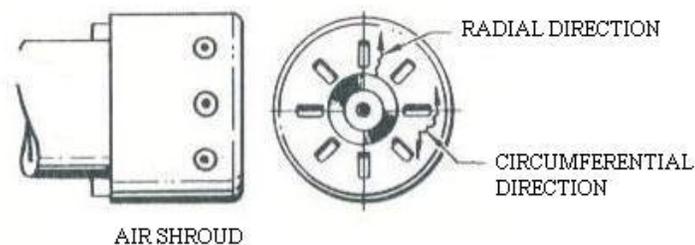


Figura 1.3. Inspección de rajaduras.

1.1.2.5.3.- PICADURAS.

Picaduras visibles al ojo humano no son aceptables en el Orificio Pulverizador Primario.

1.1.2.5.4.- EROSIÓN.

Alguna cantidad de erosión u oxidación esta limitada con tal que el hueco no sea a través de la cubierta.

1.12.5.5.- FALLAS EN EL AS DE FLUJO DE COMBUSTIBLE.

Este tipo de inspección se la realiza con un banco de pruebas de inyectores. En donde se observa el as de flujo del combustible que expulsa el inyector.

Este as no tiene que tener goteos como se observa en la Figura 1.4.

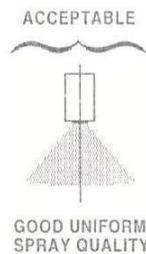


Figura 1.4. As de flujo de combustible aceptable.

Si llegara a presentar un as de combustible como se ilustra en la Figura 1.5, dicho inyector se los limpia nuevamente, y se lo vuelve a someter a una nueva inspección.

Si dicho inyector llegara a reincidir en enviar un as de flujo de combustible no aceptable, este se lo da de baja.

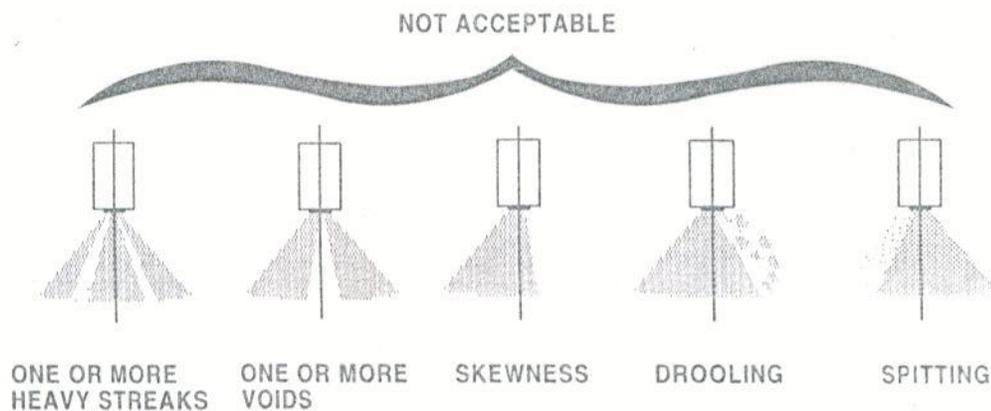


Figura 1.5. As de flujo de combustible no aceptable.

1.2.- PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES.

1.2.1.- LEY DE PASCAL.

La Ley de Pascal, dice: la presión aplicada a un fluido confinado se transmite íntegramente en todas las direcciones y ejerce fuerzas iguales sobre áreas iguales, actuando estas fuerzas normalmente en las paredes del recipiente, esto explica por que una botella llena de agua se rompe si introducimos un tapón en la cámara ya completamente llena el liquido es prácticamente incompresible y transmite la fuerza aplicada al tapón y a todo el recipiente.

Es resultado es una fuerza considerablemente mayor sobre una área superior a la del tapón. Así, es posible romper el fondo de la botella empujando el tapón con una fuerza moderada.

1.2.2.- TRANSMISIÓN DE PRESIÓN NEUMÁTICA.

La neumática constituye uno de los métodos de transmitir potencia de un lugar a otro, mediante el empleo de un gas como agente o medio operacional.

La transmisión de potencia de un lugar a otro se efectúa mediante tuberías y elementos de control del flujo del gas.

La cuestión que se debe plantear en este momento inicial es básica: ¿Cómo se transmite la presión neumática?

Las leyes de la física nos enseñan que la presión que se aplica al gas, en un recipiente cerrado, se transmite por igual en todas las direcciones. La presión actúa en ángulo recto a las paredes del depósito, y la misma presión se ejerce sobre cada unidad de área o de superficie del recipiente que contiene el gas.

1.3.- TIPOS DE BANCOS DE PRUEBAS.

En el mercado existen varios tipos de bancos de pruebas de inyectores. Ya que esto depende de acuerdo a las especificaciones del motor y del fabricante.

Algunos tipos de banco de pruebas de inyectores encontrados en una investigación realizada en varios talleres de mantenimiento de aviones, son:

- Bancos de Pruebas de Inyectores con bomba manual.
- Banco de Pruebas de Inyectores a presión neumática.
- Banco de Pruebas de Inyectores impulsado por una bomba.

1.3.1.- BANCOS DE PRUEBAS DE INYECTORES CON BOMBA MANUAL.

Este banco consta principalmente de una bomba manual. Todos sus componentes conforman una sola unidad.

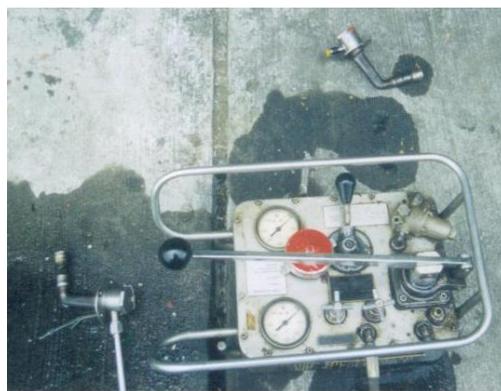


Figura 1.6. Banco de Pruebas de Inyectores con bomba manual.

1.3.2.- BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES A PRESIÓN NEUMÁTICA.

El banco a presión neumática posee un acumulador de combustible que al suministrarle presión hace que el combustible salga con presión a través del inyector.



Figura 1.7. Banco de Pruebas de Inyectores a presión neumática.

1.3.3.- BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES IMPULSADO POR UNA BOMBA.

Este banco posee un gran reservorio de combustible. La bomba absorbe de este el combustible y lo envía a presión hacia el inyector.

CAPITULO II

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

2.1.- IDENTIFICACION DE LAS ALTERNATIVAS.

Dentro de las alternativas existentes en el mercado se ha escogido las siguientes tomando en cuenta el diseño, aplicación, tamaño y costo, los cuales son:

- Banco de Pruebas de Inyectores con Bomba Manual.
- Banco de Pruebas de Inyectores con Acumulador.

2.1.1.- PRIMERA ALTERNATIVA.

La primera alternativa habla sobre el Banco de Pruebas de Inyectores con Bomba Manual.

Este tipo de banco posee las siguientes partes:

- Tanque.
- Bomba Manual.
- Filtro.
- Indicador de Presión.
- Perilla de selección.



Figura 2.1. Primera Alternativa.

2.1.2.- SEGUNDA ALTERNATIVA.

La segunda alternativa se refiere al Banco de Pruebas de Inyectores con Acumulador.

Este Banco de Pruebas tiene las siguientes partes:

- Acumulador.
- Regulador de Presión.
- Llaves de Paso.
- Filtro.
- Manómetro de presión de entrada.
- Manómetro de presión de salida.
- Válvula de alivio.
- Cañerías hidráulicas.



Figura 2.2. Segunda Alternativa.

2.2.- ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.

Teniendo en cuenta las ventajas y desventajas de cada una de las alternativas para establecer la mejor y analizar los diferentes requerimientos técnicos de la misma, con el fin de construir el tipo de banco de pruebas escogido.

2.2.1.- PRIMERA ALTERNATIVA.

MAQUINA: Banco de Pruebas de Inyectores con Bomba Manual.

Ventajas:

- El montaje y desmontaje de sus partes es de mucha facilidad.
- El mantenimiento se lo puede realizar sin mayor percance.

Desventajas:

- La manipulación inadecuada puede causar accidentes.
- La construcción de su estructura es muy compleja.
- Su costo es elevado.
- Todas sus partes están unidas permanentemente formando una unidad.

2.2.2.- SEGUNDA ALTERNATIVA.

MAQUINA: Banco de Pruebas de Inyectores con Acumulador.

Ventajas:

- Utiliza la fuerza de un compresor.
- La operación es rápida.
- Fácil fabricación.
- Su costo no es elevado.

Desventajas:

- Solo sirve para un determinado tipo de inyector.

2.3.- PARÁMETROS DE EVALUACIÓN.

Para evaluar cada una de las alternativas se tomará en cuenta las ventajas y desventajas que presentan y la opción que obtenga la mayor calificación será el seleccionado para ser construido. Las opciones de construcción tendrán un valor de 0 a 1, propuesta en este proyecto.

Los parámetros de evaluación seleccionados son los siguientes, divididos en tres factores (mecánico, financiero, variable).

1. Factor Mecánico.

- Material.
- Construcción.
- Operación.
- Mantenimiento.

2. Factor Financiero.

- Costo de fabricación.

3. Factor Complementario.

- Tamaño.
- Forma.

A continuación se defina cada uno de los factores:

2.3.1.- Factor Mecánico.

- **Material:** Se refiere al material recomendable y su fácil adquisición para lograr que la construcción sea óptima. Su valor de ponderación es 0,8.

- **Construcción:** Las alternativas necesitan piezas, elementos con tolerancia de construcción con buenas características obteniendo buenos resultados de construcción y de funcionamiento. Su valor de ponderación es 0,6.
- **Operación:** Se refiere al funcionamiento del banco de pruebas con la mayor facilidad y sencillez de operación. Su valor de ponderación es 0,8.
- **Mantenimiento:** Es importante para que el banco de pruebas tenga un óptimo funcionamiento y dependiendo de los componentes, hallar las soluciones respectivas para realizar las correcciones de mantenimiento. Su valor de ponderación es 0,8.

2.3.2.- Factor Financiero.

- **Costo de fabricación:** Es de gran importancia para la decisión adecuada en la selección del banco de pruebas de inyectores y buscar la alternativa más económica. Su valor de ponderación es 0,6.

2.3.3.- Factor Complementario.

- **Tamaño:** Se trata del espacio que ocupan los bancos de pruebas tomando en cuenta el área disponible. Su valor de ponderación es 0,5.
- **Forma:** Se refiere a la estética de los componentes de la prensa. Su valor de ponderación es 0,6.

Tabla 2.1. Matriz de Evaluación.

PARAMETROS DE EVALUACIÓN	F. Pond. X	ALTERNATIVAS	
		1	2
1. Factor Mecánico			
- Materiales	0,8	0,7	0,9
- Construcción	0,6	0,7	0,5
- Operación	0,8	0,6	0,8
- Mantenimiento	0,8	0,6	0,7
2. Factor Financiero			
- Costo de Fabricación	0,6	0,8	0,6
3. Factor Complementario			
- Tamaño	0,5	0,5	0,5
- Forma	0,6	0,4	0,6

Tabla 2.2. Matriz de Decisión.

PARAMETROS DE EVALUACIÓN	F. Pond. X	ALTERNATIVAS	
		1 x Xi	2 x Xi
1. Factor Mecánico			
- Materiales	0,8	0,56	0,72
- Construcción	0,6	0,42	0,3
- Operación	0,8	0,48	0,56
- Mantenimiento	0,8	0,48	0,56
2. Factor Financiero			
- Costo de Fabricación	0,6	0,49	0,42
3. Factor Complementario			
- Tamaño	0,5	0,25	0,25
- Forma	0,6	0,24	0,36
TOTAL		2,92	3,17

2.4.- SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA.

Concluido el estudio técnico, el análisis de cada alternativa y la evaluación de parámetros, se determina que la segunda alternativa presenta mejores condiciones de diseño, operación y costo.

2.5.- DETERMINACIÓN DE REQUERIMIENTOS TÉCNICOS.

- El sistema del banco debe soportar una presión máxima de 100 PSI tomando en cuenta los factores de seguridad correspondientes.
- Se utiliza combustible de aviación JP1.
- Este sistema es de accionamiento manual por su bajo costo de construcción.
- Va conectado a un compresor de aire.

CAPITULO III

CONSTRUCCIÓN

El objetivo principal de este capítulo es resumir las principales consideraciones de los procesos de manufactura y ensamble para realizar la construcción de los diferentes sistemas y partes del banco de pruebas de inyectores.

La construcción del banco de pruebas de inyectores fue realizada por partes para optimizar los recursos y el tiempo de una mejor manera, lo cual se detalla a continuación:

Orden de Construcción.

- Base.
- Tanque.
- Sistema Neumático
- Sistema Hidráulico.
- Pintado y acabado.

Para obtener algunos elementos de este banco de pruebas de inyectores se utilizaron varias máquinas herramientas existentes en el Taller de Soldadura y Reparaciones Estructurales Navales de la Empresa INEPACA.

Tabla 3.1. Datos técnicos de las máquinas herramientas utilizadas en el proyecto.

MAQUINA HERRAMIENTA	CARACTERÍSTICAS
Roladora Manual	3 rodillos, Marca COMAC
Estampadora	Hidráulica, Presión máxima 2 ½ toneladas, marca KNOGERTH
Taladro de Banco Delta	115 W, 1725 rpm
Esmeril	1/2 H.P., 1700 rpm
Suelda Autógena	Miller DIALARC 25 AC/DC de 250 amperios Soldadura varilla LINCOM 70/18 de 1/8 de espesor
Cizalla	Múltiple Manual, Marca DIAMANTES

La fabricación de los diferentes sistemas ha consumido el siguiente número de horas de máquinas herramientas que se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 3.2. Tiempo de operación en los diferentes sistemas.

ELEMENTO	OPERACIÓN (h)												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	Total
Base	1	1			1		0.5	1.5				1	6
Tanque	1	1	2	1	2		0.5	1.5	0.5			1	10.5
Sistema Neumático						0.5		1.5		0.5		1	3.5
Sistema Hidráulico						0.5		1.5			0.5	1	3.5
Total por operación	2	2	1	1	3	1	1	6	0.5	0.5	0.5	4	23.5

Simbología:

- A. Trazado.
- B. Corte.
- C. Rolado.
- D. Estampado.
- E. Soldado.
- F. Ensamblado.
- G. Esmerilado.
- H. Pintado.
- I. Instalación del Tanque.
- J. Instalación del Sistema Neumático.
- K. Instalación del Sistema Hidráulico.
- L. Comprobación del banco.

Existen algunas operaciones realizadas, donde no se pueden determinar un número de horas de operación tales como montaje de las partes del banco, puntos de soldadura, etc.

3.1.- BASE.

La base del banco de pruebas se la fabricó con un material de las siguientes características:

Material: Lámina de aluminio corrugado.

Espesor: 5 mm

Largo: 400 mm

Alto: 100 mm

Profundidad: 400 mm

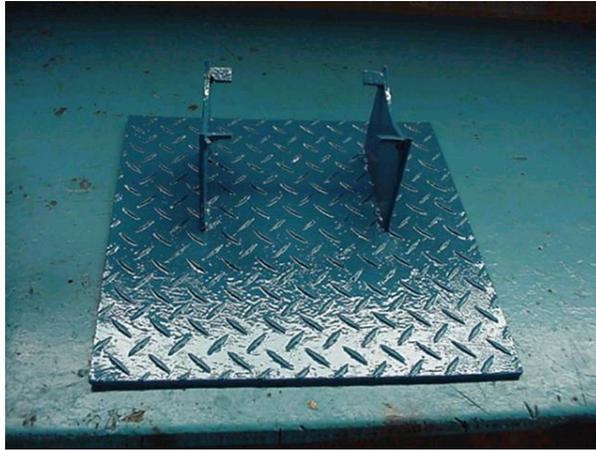


Figura 3.1. Base del banco de pruebas de inyectores.

3.2.- TANQUE.

El tanque tiene forma cilíndrica y esta construido con material de las siguientes especificaciones:

Material: Acero Inoxidable AISI 304

Espesor: 1/8 de pulgada (3.175 mm)

Capacidad: 3.75 galones

Radio: 120 mm

El estado de esfuerzos que soporta este elemento es el siguiente, teniendo en cuenta que va a soportar una presión máxima de 80 PSI:

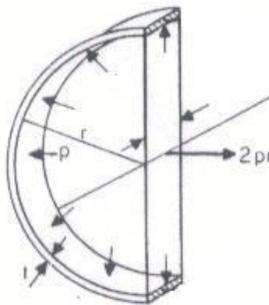


Figura 3.2. Estado de esfuerzos en el tanque.

Para saber el esfuerzo circunferencial y el esfuerzo longitudinal en el tanque utilizaremos las siguientes ecuaciones de equilibrio:

$$S_c = pr / t \quad (3.1)$$

$$S_l = pr / 2t \quad (3.2)$$

Donde:

S_c : Esfuerzo Circunferencial

S_l : Esfuerzo Longitudinal

p : presión Interna

r : Radio

t : Espesor del material

Reemplazando valores se tiene:

$$S_c = \frac{80 \text{ PSI} * 120 \text{ mm}}{3.175 \text{ mm}}$$

$$S_l = \frac{80 \text{ PSI} * 120 \text{ mm}}{3.175 \text{ mm}}$$

$$S_c = 3023.62 \text{ PSI}$$

$$S_l = 1511.81 \text{ PSI}$$

El material con el que esta construido el tanque tiene las siguientes características técnicas:

$$S_{yt} = \text{Esfuerzo de fluencia del material} = 20 \text{ kg/ mm}^2 = 28451.55 \text{ PSI}$$

$$S_{ut} = \text{Esfuerzo Máximo del material} = 50 \text{ kg/ mm}^2 = 71128.89 \text{ PSI}$$

Aplicando la teoría del esfuerzo circunferencial y longitudinal se tiene:

$$Sc_{max} = S_{yt} * r / t \quad (3.3)$$

$$Sl_{max} = S_{ut} * r / 2t \quad (3.4)$$

Donde:

Sc_{max} : Esfuerzo Circunferencial Máximo

Sl_{max} : Esfuerzo Longitudinal Máximo

S_{yt} : Esfuerzo de fluencia del material

S_u : Esfuerzo Máximo del material

r : Radio

t : Espesor del material

Reemplazando valores se tiene:

$$Sc_{max} = \frac{28451.55 \text{ PSI} * 120 \text{ mm}}{3.175 \text{ mm}}$$

$$Sl_{max} = \frac{71128.89 \text{ PSI} * 120 \text{ mm}}{2(3.175 \text{ mm})}$$

$$Sc_{max} = 1075334.173 \text{ PSI}$$

$$Sl_{max} = 1344168 \text{ PSI}$$

Como $Sc < Sc_{max}$ y $Sl < Sl_{max}$, cumple las condiciones para un diseño correcto considerando que el tanque va a soportar la presión establecida anteriormente.

3.3.- SISTEMA NEUMÁTICO.

El banco de pruebas de inyectores necesita ayuda de un compresor para que suministre presión al combustible con el cual se va a realizar la inspección.

Para esto se necesita de un sistema neumático, este consta de los siguientes componentes:

1. Conexión rápida macho.
2. Regulador de presión.
3. Manómetro.
4. Llave de paso.
5. Válvula de alivio.
6. Niplos.
7. Codos.

El principio de funcionamiento es neumático- manual y actúa al estar conectado el banco al compresor. La presión de entrada es regulada por un regulador de presión manual, de ahí la presión pasa a través de un manómetro el cual indica la presión que va a ser suministrada al tanque. Esta presión ya medida es enviada al tanque a través de la llave de paso.



Figura 3.3. Sistema Neumático instalado en el tanque.

Este sistema neumático consta de una válvula de alivio que se acciona cuando la presión exceda los 80 PSI.

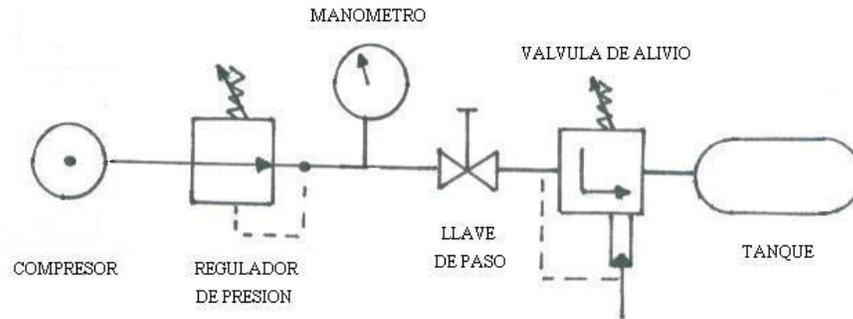


Figura 3.4. Diagrama del Sistema Neumático.

3.4.- SISTEMA HIDRÁULICO.

El banco de pruebas de inyectores posee un sistema hidráulico.

Este consta de:

1. Filtro.
2. Manómetro.
3. Llave de paso.
4. Manguera hidráulica.
5. Neplos.

El principio de funcionamiento es hidráulico- manual, el combustible a presión pasa a través de un filtro, para que este llegue libre de impurezas al inyector. De aquí pasa a un manómetro, para saber la presión con la cual el combustible pasa al inyector. De ahí una llave de paso permite que el combustible pase a través de una manguera hidráulica al inyector.



Figura 3.5. Sistema Hidráulico instalado en el tanque.

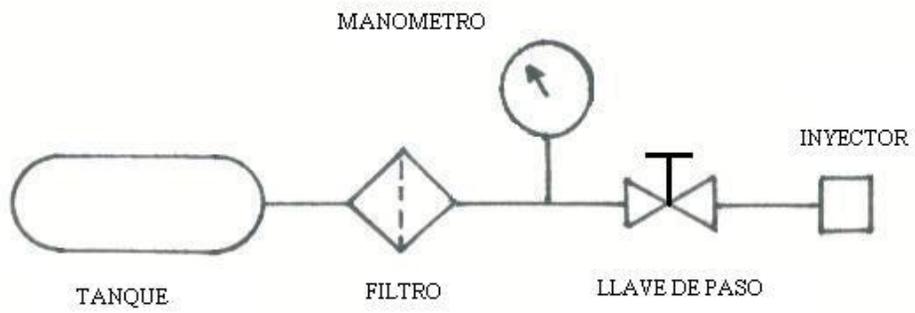


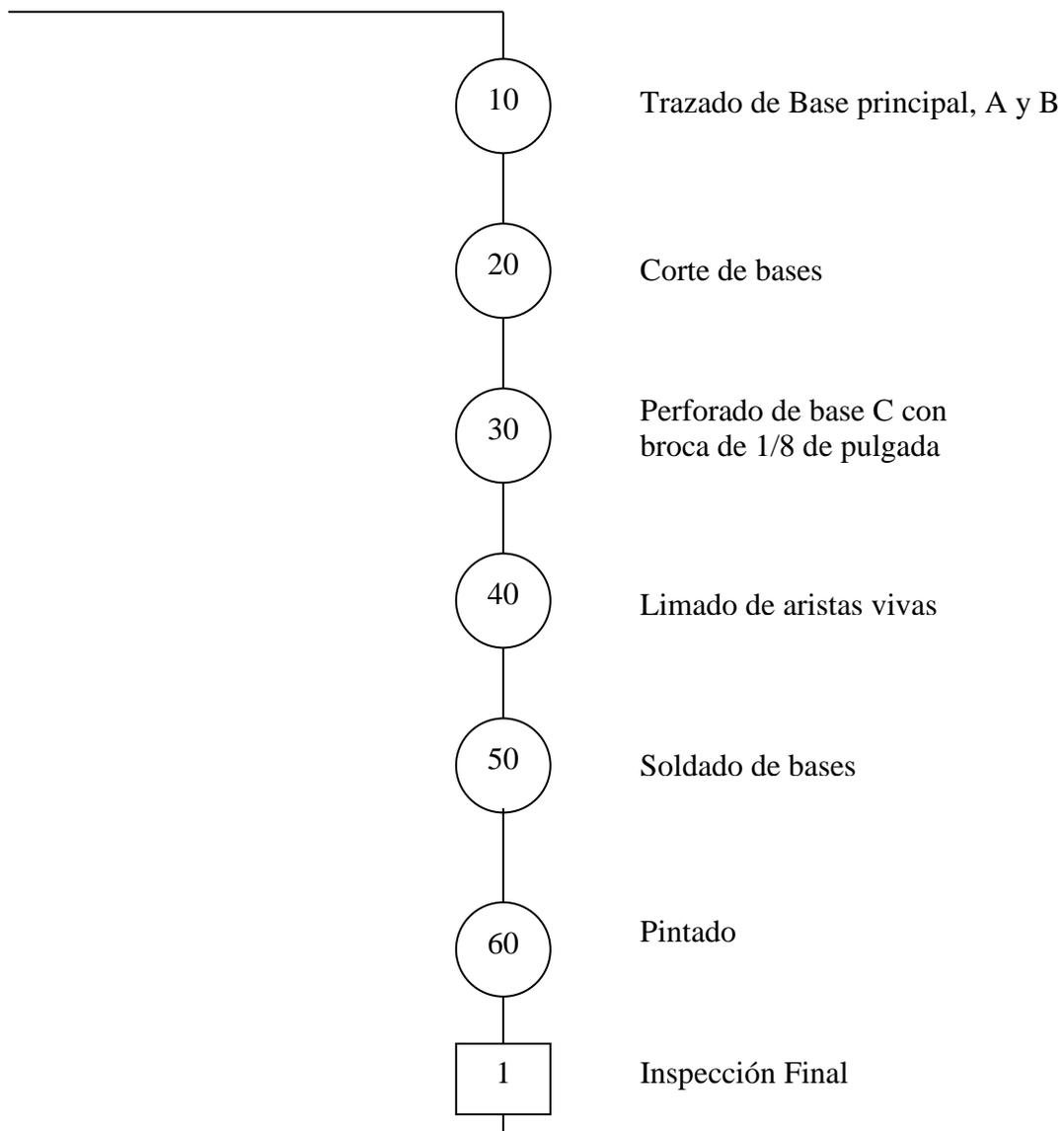
Figura 3.6. Diagrama del Sistema Hidráulico.

3.5.- DIAGRAMAS DE PROCESOS.

A continuación se presenta los diagramas de procesos de la construcción de la base y tanque.

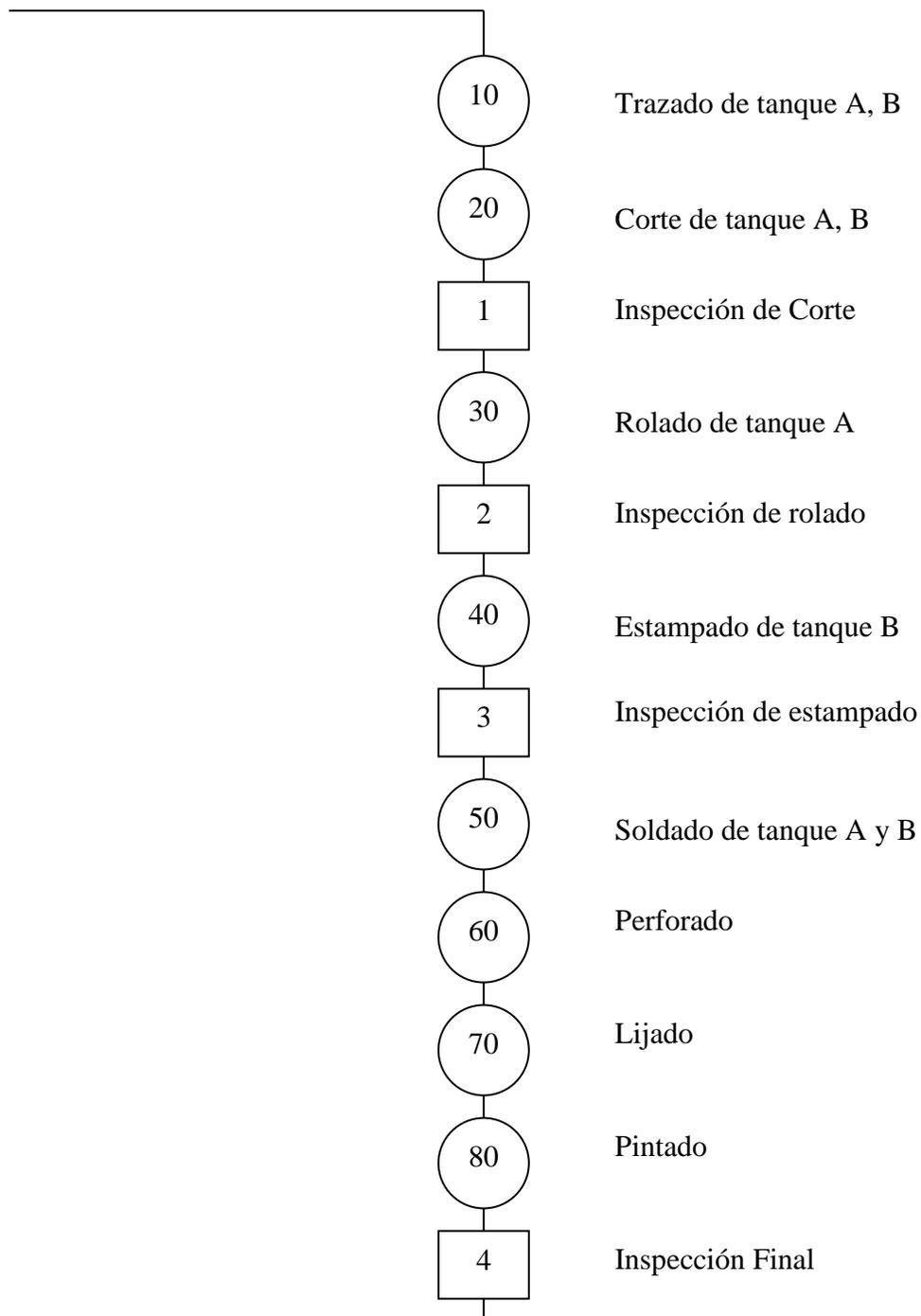
3.5.1.- DIAGRAMA DE PROCESO DE FABRICACIÓN DE LA BASE SEGÚN PLANOS DE CONSTRUCCION.

MATERIAL: Plancha de Aluminio Corrugado 5 mm

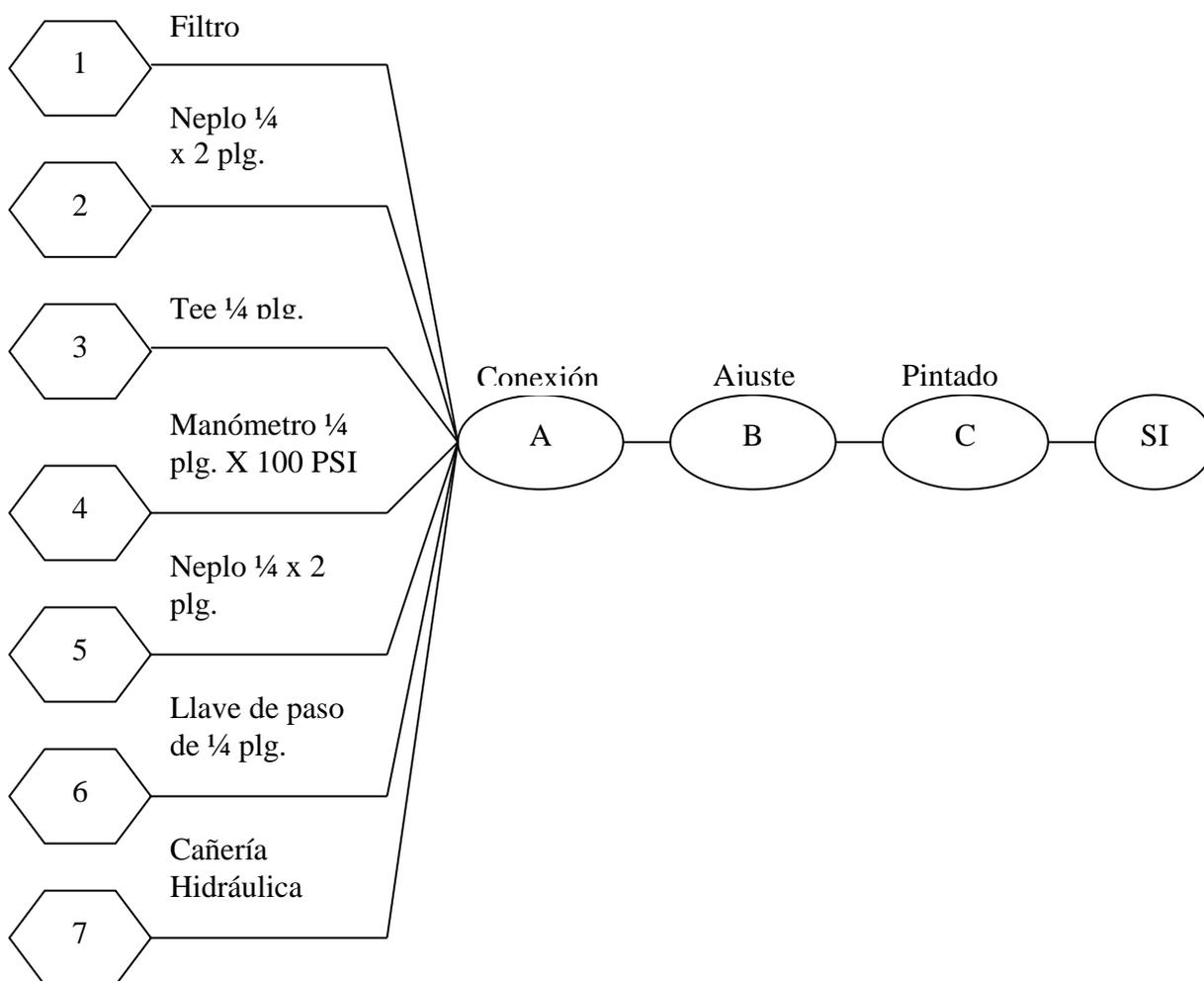
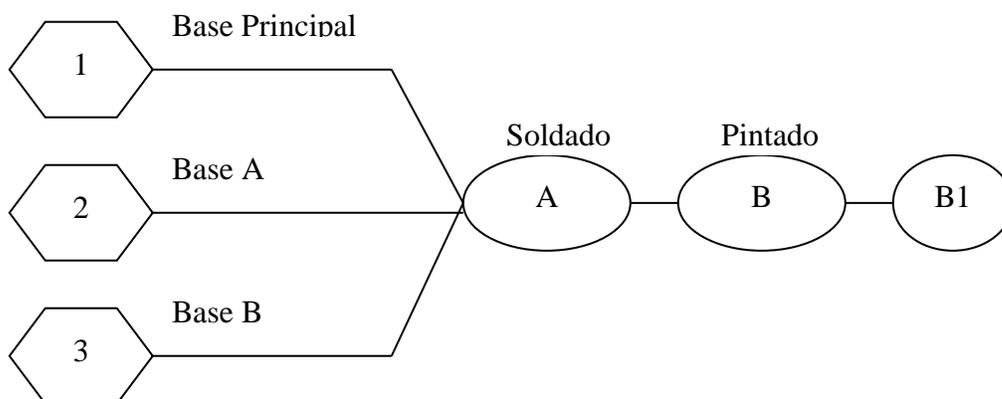


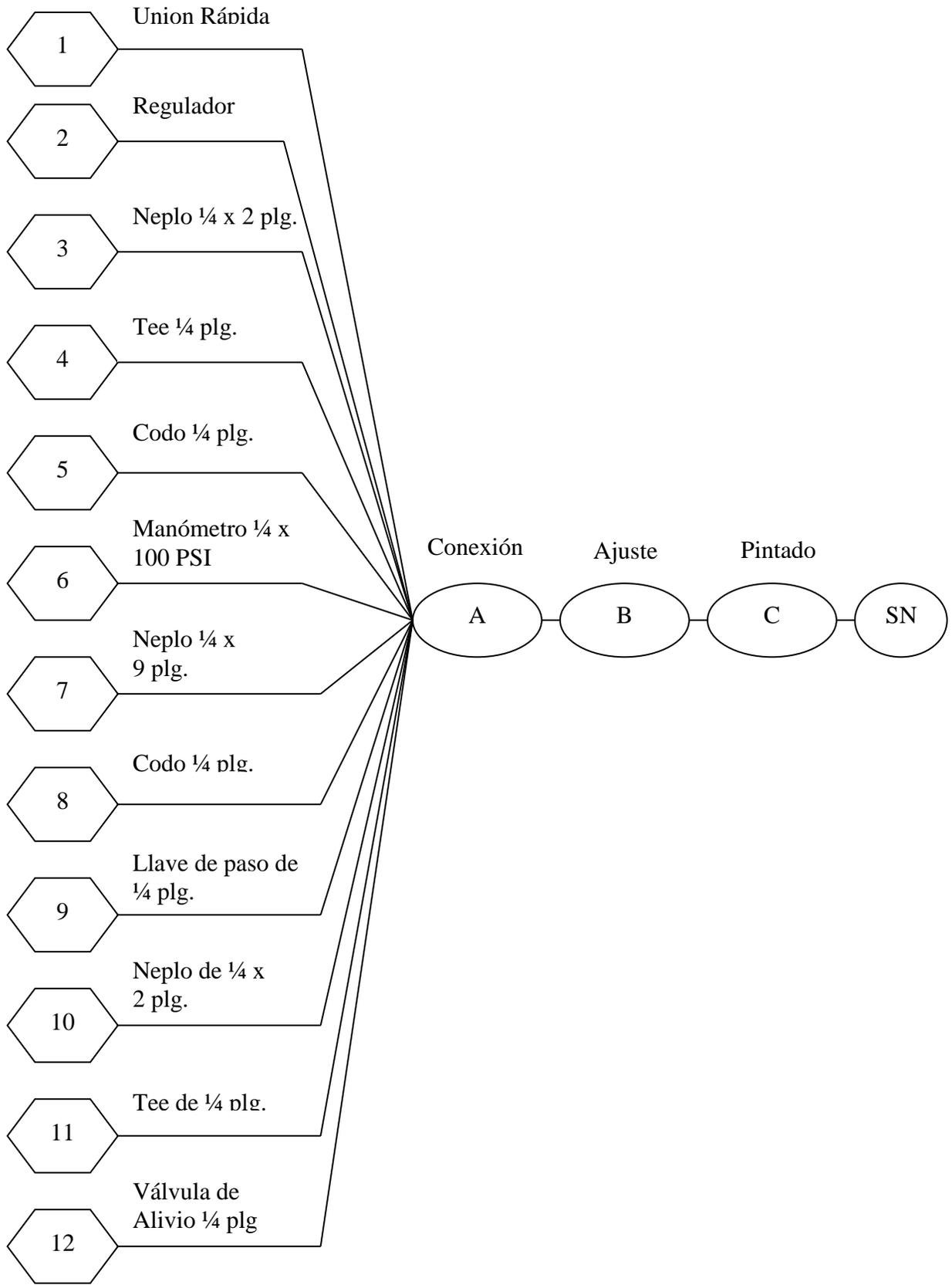
3.5.2.- DIAGRAMA DE PROCESO DE FABRICACIÓN DEL TANQUE SEGÚN PLANOS DE CONSTRUCCION.

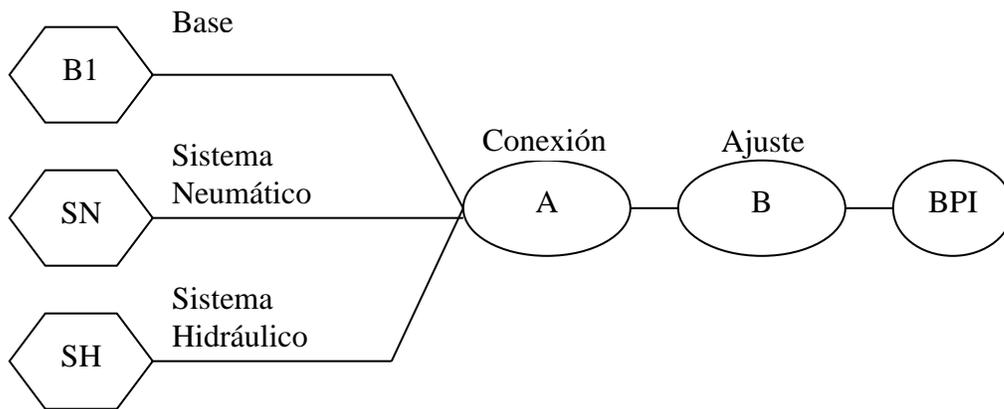
MATERIAL: Acero Inoxidable AISI 304 de 1/8 de pulgada de espesor.



3.6.- DIAGRAMAS DE MONTAJE SEGÚN PLANO GENERAL.







CAPITULO IV

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

4.1.- PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.

Una vez realizada la construcción del tanque, base y el acoplamiento de los sistemas neumático e hidráulico, se procede a verificar las características del mismo.

Tabla 4.1. Verificación de funcionamiento de los sistemas del banco de pruebas de inyectores.

Sistema	Cumple Tolerancias	Ensamble Optimo
Base	✓	✓
Tanque	✓	✓
Sistema Neumatico	✓	✓
Sistema Hidraulico	✓	✓

Con respecto al funcionamiento global de los diferentes sistemas del banco de pruebas de inyectores se dice que el banco se encuentra en perfectas condiciones y funciona óptimamente.

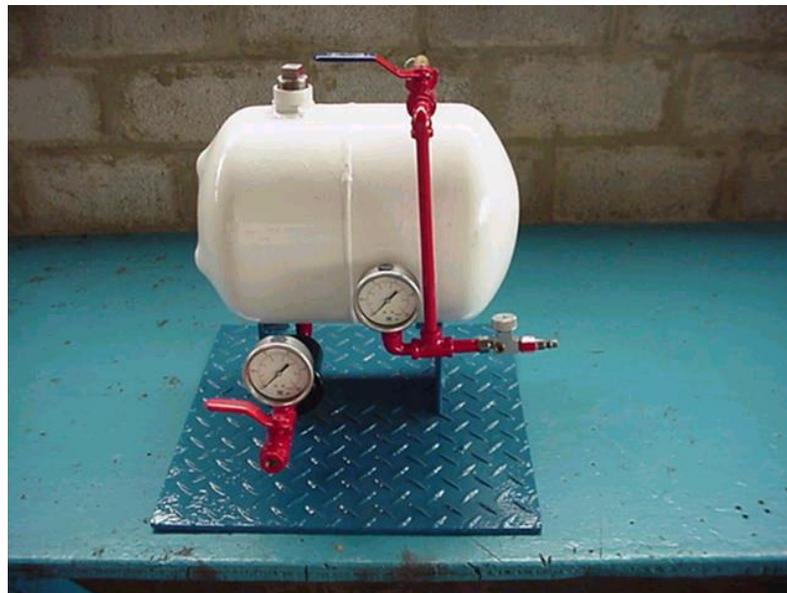


Figura 4.1. Banco de pruebas de inyectores construido.

CAPITULO V

ELABORACIÓN DE MANUALES

5.1.- DESCRIPCIÓN GENERAL

En este capítulo, se establece los distintos procedimientos de operación, mantenimiento y calibración, hojas de registros con su respectiva implementación del banco de pruebas de inyectores.

La codificación de la máquina y los procedimientos de ensayo, según el Manual de Calidad de los Laboratorios ITSA se indica en la siguiente tabla:

Tabla 5.1. Codificación de los procedimientos de ensayo del banco.

Procedimiento	Código
Operación del banco de pruebas.	MJ-SN-P
Calibración del banco de pruebas.	MJ-SN-P
Mantenimiento del banco de pruebas.	MJ-SN-P
Verificación del banco.	MJ-SN-P
Hoja de registros del banco de pruebas.	MJ-SN-R

5.2.- MANUAL DE OPERACIÓN.

ITSA 	MANUAL DE OPERACIÓN		Pág. : 1 de 2
	OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES		Código : MJ-SN-P
EMAI	Elaborado por: Jonathan Quintana		Revisión No. : 1
	Aprobado por: Ing. Trujillo	Fecha : 2002/12/04	Fecha : 2002/12/04

1.0 OBJETIVO

Documentar el procedimiento para operación del banco de pruebas de inyectores.

2.0 ALCANCE

Contempla el banco destinado a ser aplicado a los inyectores del avión K-FIR.

3.0 PROCEDIMIENTOS

1. Realizar un cálculo del combustible a utilizar según la cantidad de inyectores que se va a inspeccionar, teniendo en cuenta que por cada 14 pruebas se utiliza un galón de combustible.
2. Vertir el combustible en el tanque.
3. Verificar que la tapa del tanque este bien ajustada.
4. Verificar que las llaves de paso y el regulador estén cerradas.
5. Conectar la toma de salida del compresor a la toma de entrada del banco.
6. Conectar el inyector a inspeccionar en la toma de salida del banco
7. Conectar el cable del banco a tierra.
8. Encender el compresor.
9. Abrir lentamente el regulador de presión hasta que el manómetro de entrada indique la presión necesaria para la inspección.

ITSA 	MANUAL DE OPERACIÓN		Pág. : 2 de 2
	OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES		Código : MJ-SN-P
	Elaborado por: Jonathan Quintana		Revisión No. : 1
EMAI	Aprobado por: Ing. Trujillo	Fecha : 2002/12/04	Fecha : 2002/12/04

10. Abrir la llave de paso E.
11. Verificar que los dos manómetros tengan igual presión.
12. Abrir la llave de paso S.
13. Realizar la inspección visual del inyector y llenar la hoja de registro.
14. Cerrar la llave de paso S.
15. Cerrar la llave de paso E y el regulador.
16. Desconectar el compresor banco.
17. Desconectar el inyector del banco.
18. Abrir la llave de paso S para vaciar el tanque.
19. Limpiar el banco suministrando aire a presión.

4.0. FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____

5.3.- MANUAL DE CALIBRACIÓN.

	MANUAL DE CALIBRACIÓN		Pág. : 1 de 1
	CALIBRACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES		Código : MJ-SN-P
	Elaborado por: Jonathan Quintana		Revisión No. : 1
EMAI	Aprobado por: Ing. Trujillo	Fecha : 2002/12/04	Fecha : 2002/12/04

1.0 OBJETIVO

Documentar el procedimiento para calibración del banco.

2.0 ALCANCE

Contempla al banco de pruebas de inyectores destinada a ser calibrada para la operación del mismo.

3.0 PROCEDIMIENTOS

1. Verificar que los manómetros estén encerados antes de realizar una inspección.
2. Verificar que la presión sea 60 PSI
3. Verificar que la presión de Entrada sea igual a la presión de salida.

4.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____

5.4.- MANUAL DE MANTENIMIENTO.

	MANUAL DE MANTENIMIENTO		Pág. : 1 de 2
	MANTENIMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES		Código : MJ-SN-P
EMAI	Elaborado por: Jonathan Quintana		Revisión No. : 1
	Aprobado por: Ing. Trujillo	Fecha : 2002/12/04	Fecha : 2002/12/04

1.0 OBJETIVO

Documentar el procedimiento de mantenimiento del banco de pruebas de inyectores.

2.0 ALCANCE

Contempla el banco de pruebas de inyectores destinada a ser dada mantenimiento.

3.0 PROCEDIMIENTOS

1. Se deberá mantener libre de fugas para evitar acumulación de polvo en el banco de pruebas.
2. Ajuste de acoples y partes cada vez que exista fugas.
3. Cambio de acoples o partes si no se elimina las fugas con el ajuste.
4. Limpiar el banco de pruebas de inyectores con aire a presión después de cada inspección.
5. El filtro se deberá cambiar cada 250 galones de combustible filtrado o en menor tiempo en caso de averías.
6. Pintar el banco de pruebas y el interior del tanque con pintura EPOXICA cada 5 años.
7. Las cañerías deben ser revisadas para evitar taponamientos antes de ser utilizado el banco.

ITSA 	MANUAL DE MANTENIMIENTO		Pág. : 2 de 2
	MANTENIMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES		Código : MJ-SN-P
EMAI	Elaborado por: Jonathan Quintana		Revisión No. : 1
	Aprobado por: Ing. Trujillo	Fecha : 2002/12/04	Fecha : 2002/12/04

8. Los manómetros deben ser enviados a calibrar cada 2 años.
9. Durante la no operación del banco esta debe mantenerse en un lugar seco y cubierto.
10. Limpieza general cada 15 días.

4.0. FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____

5.5.- MANUAL DE VERIFICACIÓN.

	MANUAL DE VERIFICACIÓN		Pág. : 1 de 1
	VERIFICACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES		Código : MJ-SN-P
	Elaborado por: Jonathan Quintana		Revisión No. : 1
EMAI	Aprobado por: Ing. Trujillo	Fecha : 2002/12/04	Fecha : 2002/12/04

1.0 OBJETIVO

Documentar el procedimiento para verificación del banco.

2.0 ALCANCE

Contempla al banco de pruebas de inyectores destinada a ser calibrada para la operación del mismo.

3.0 PROCEDIMIENTOS

1. Verificar que los manómetros estén encerrados antes de realizar la inspección.
2. Verificar que el estado de las llaves de paso y regulador sea cerrado antes de la inspección.
3. Verificar que las cañerías no tengan obstrucciones.
4. Verificar que el tapón del tanque este cerrado.
5. Verificar fugas.

4.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____

CAPITULO VI

ESTUDIO ECONÓMICO-FINANCIERO

En este capítulo se hallará el costo de construir un banco de pruebas de inyectores con acumulador para después hacer un análisis económico comparando el costo de una máquina con características similares.

6.1.- PRESUPUESTO.

Habiendo realizado un estudio antes de concretar este proyecto, se llegó a la conclusión de que el banco de pruebas de inyectores costaba 1450 USD.

6.2.- ANÁLISIS ECONÓMICO-FINANCIERO.

Existen principalmente cuatro rubros en la construcción del banco de pruebas que son:

- Materiales.
- Máquinas - herramientas.
- Mano de obra.
- Otros.

1. Materiales.- Este rubro comprende que todos los materiales utilizados para construir las artes del banco de pruebas de inyectores.

Tabla 6.1. Lista de costos de materiales del banco de pruebas de inyectores.

MATERIALES PARA EL BANCO DE PRUEBAS

DETALLE	VALOR USD.
Llave de paso de 1/4	17,54
Filtro	7,00
Válvula de seguridad ¼	20,85
Tee galvanizada ¼	2,58
Manómetros ¼ x 100 PSI	20,27
Regulador de presión 1/4	25,00
Neplos ¼	8,10
Codos ¼ x 90.	5,95
Manguera hidráulica de presión	10,00
Unión rápida	2,00
Teflón	2,00
Otros	70,00
TOTAL DE MATERIALES	191,29

2. Máquinas-Herramientas.- Para la construcción del banco de pruebas de inyectores, se utilizaron las máquinas herramientas existentes en el Taller de Soldadura y Reparaciones Estructurales Navales de la Empresa INEPACA.

A continuación se presenta un cuadro con el costo de utilización de máquinas herramientas.

Tabla 6.2. Costo de utilización de las máquinas- herramientas.

MAQUINA -HERRAMIENTA	VALOR USD/HORA
Roladora	8,00
Estampadora	8,00
Soldadora Autógena	10,00
Pintura	30,00
Cizaña	5,00
Esmeril	3,00
Taladro	1,00

La siguiente tabla de costos estima el valor de la base, tanque, sistema neumático y sistema hidráulico del banco de pruebas de inyectores.

Tabla 6.3. Costos de fabricación de la base y tanque del banco de pruebas de inyectores.

DETALLE	VALOR USD.
Base	10,00
Tanque	60,00
TOTAL DE MÁQUINAS HERRAMIENTAS	70,00

3. Mano de obra.- Los costos de mano de obra están comprendidos principalmente por el montaje, manufactura, limpieza, pintura, etc.

Tabla 6.4. Costos de mano de obra.

DETALLE	VALOR USD.
Montaje	10,00
Pintura	15,00
TOTAL DE MANO DE OBRA	25,00

4. Otros.- Este rubro comprende los materiales utilizados para las pruebas, costos de impresión de planos, etc.

Tabla 6.5. Costos de otros gastos.

DETALLE	VALOR USD.
TOTAL DE OTROS GASTOS	40,00

Por lo tanto, el costo total de nuestro banco de pruebas de inyectores es:

Tabla 6.6. Costo total del banco de pruebas de inyectores.

DETALLE	VALOR USD.
Materiales	191,29
Máquinas herramientas	65,00
Mano de Obra	25,00
Otros	40,00
TOTAL	321,29

6.3.- COMPARACIÓN ENTRE EL MECANISMO CONSTRUIDO Y UN MECANISMO COMPRADO EN EL MERCADO.

Este banco de pruebas de inyectores no es el único en el mercado. A continuación se presenta el costo de un banco de pruebas de inyectores similar que fue adquirido recientemente por la empresa de Agricultura y Fumigación Aérea A.I.F.A.

Tabla 6.7. Costo de un banco de pruebas similar.

DETALLE	VALOR USD.
Costo Total del Banco	2500,00

El objetivo de esta comparación es concluir si es o no conveniente económicamente, el construir la máquina con nuestros medios.

Costo del banco de pruebas de inyectores construido: USD. 321,29

Costo del banco de pruebas de inyectores comprado: USD. 2500,00

Tenemos una diferencia de costos de USD. 2178,71 a favor del banco de pruebas de inyectores construido.

Expresando porcentualmente se tiene:

$$\left[\frac{2500 - 321.29}{2500} \right] (100) = 87,14\%$$

Una diferencia de 87,14% es suficiente para concluir en lo provechoso que sería construir el banco de pruebas de inyectores en nuestros talleres y no comprarla.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1.- CONCLUSIONES.

- Se construyó este banco de pruebas de inyectores para facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje dentro de la formación de Tecnólogos en Mecánica Aeronáutica Especialidad Motores.
- Para el funcionamiento del banco de pruebas de inyectores se escogió la energía de un compresor por facilidad de operación.
- El tanque esta fabricado de tal forma que soporte el doble de la presión necesaria en la inspección visual.
- El banco esta pintado con pintura epóxica, la cual es resistente a la corrosión y a cualquier tipo de combustible.
- Está equipado con partes móviles para su fácil reemplazo.
- Al implementar este nuevo banco al Taller de Motores Jet se aporta al mejor desenvolvimiento de generaciones venideras.

7.2.- RECOMENDACIONES.

- La operación del banco se realizará en un ambiente de trabajo que brinde seguridades adecuadas.
- Utilizar correctamente el banco para evitar accidentes.
- Leer los diferentes manuales antes de realizar las inspecciones.
- Manipulación del banco por personal debidamente calificado.

BIBLIOGRAFÍA

- Degems Sistem, (1981). Hidráulica Fundamentos Técnicos y Trabajos Prácticos de Laboratorio. Volumen 1.
- Alonso Acosta, (1992). Introducción a la Física. Sin Edición. Bogotá. Ediciones Cultural Colombia.
- Marcial Carboles Maeso, Félix Rodríguez García. Manual de Mecánica Industrial. Ediciones Cultural S.A.
- Alvarenga Máximo, (2000). Física General con experimentos sencillos. 4ta Edición. Madrid. Castillo Hermanos S.A.
- Marks, (1990). Manual del Ingeniero Mecánico. Octava Edición. Cali. Carvajal.
- Páginas WEB visitadas:
 - <http://www.iespana.es/mecanicavirtual/inyecci-gasoli-intro.htm>
 - <http://www.ferroclub.org.ar/mecanica/vapor/inyectores/>
 - <http://www.ore-max.com/spanish/preg.html>
 - http://inyectomotriz.com/tipo_de_inyectores.shtml
 - <http://www.geocities.com/mecanicoweb/26a.htm>
 - <http://www.grafimetal.com/tecnico/inf201.htm>