

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

Facultad de Ingeniería Automotriz

TESIS DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

Diseño, construcción e implementación de un banco de ensayos no destructivo para verificar fisuras de culatas de cuatro cilindros, mediante pruebas neumáticas y tintas penetrantes.

Manuel Eliceo Castillo Pérez

David Santiago Revelo Rosero

Director: Ing. Andrés Gavilánez.

2010

Quito, Ecuador

CERTIFICACIÓN

Nosotros, MANUEL ELICEO CASTILLO PÉREZ, y DAVID SANTIAGO REVELO ROSERO, declaramos que somos autores exclusivos de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal nuestra. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la presente investigación serán de nuestra exclusiva responsabilidad.

Firma del graduando

Manuel Castillo

CI:

Firma del graduando

Santiago Revelo

CI:

Yo, ANDRÉS GAVILÁNEZ, declaro que, en lo que yo personalmente conozco, los señores, MANUEL ELICEO CASTILLO PÉREZ, y DAVID SANTIAGO REVELO ROSERO, son autores exclusivos de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal suya.

Firma del Director Técnico de Trabajo de Grado

Ing: Andrés Gavilánez

Director

AGRADECIMIENTO

Primero y antes que nada, damos gracias a Dios, por estar con nosotros en cada paso dado, por fortalecer nuestro corazón e iluminar nuestra mente habiendo puesto en el camino a aquellas personas que han sido soporte y compañía durante todo el periodo de estudio universitario.

Al haber culminado una de nuestras etapas más importantes de nuestra vida, damos gracias a nuestros padres y hermanos que con su cariño, guía y apoyo logramos terminar nuestros estudios profesionales que constituyen el legado más grande que pudiéramos recibir y por lo cual les viviremos eternamente agradecidos.

A la Universidad Internacional del Ecuador y sus profesores, que han contribuido a la culminación de este proyecto científico, ya que todos los esfuerzos se describen en su desarrollo que han generado un buen resultado.

DEDICATORIA

Tomando en cuenta la constancia para enriquecernos de nuevos conocimientos, dedicamos esta tesis a los estudiantes de la UIDE ya que este trabajo ha sido elaborado con mucho esfuerzo por lo que esperamos coseche frutos para el desarrollo académico de los universitarios y profesores que dictan esta materia despertando en ellos interés por los avances tecnológicos.

Dedicado a nuestros padres y maestros por enseñarnos el amor al estudio, constancia, disciplina, y responsabilidad por aquellos momentos inolvidables que hemos vivido a su lado, y a todas aquellas personas que cruzaron en éste camino dándonos palabras de apoyo y aliento, los cuales están reflejados en ésta tesis.

ÍNDICE GENERAL

Tema.	Pág.
<u>CAPITULO I</u>	
<u>LA CULATA</u>	1
1.1. PARTES FUNDAMENTALES DE UNA CULATA	1
1.1.1. <u>Asientos de válvula</u>	1
1.1.2. <u>Cámara de combustión</u>	1
1.1.3. <u>Espárragos</u>	1
1.1.4. <u>Conductos de refrigeración</u>	2
1.2. PRUEBAS PRÁCTICAS	3
1.2.1. <u>Hermetización</u>	3
1.2.2. <u>Planitud</u>	4
1.3. FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR	4
1.3.1. <u>Admisión</u>	7
1.3.2. <u>Compresión</u>	7
1.3.3. <u>Expansión</u>	8
1.3.4. <u>Escape</u>	8

1.4.	MATERIALES USADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE CULATAS	8
1.4.1.	<u>Aleaciones y selección del material para culatas</u>	11
1.5.	AVERÍAS POR MONTAJE Y TRABAJO DE CULATAS	13
1.5.1.	<u>Avería por temperatura</u>	13
1.5.2.	<u>Avería por presión</u>	13
1.5.2.1.	Cálculo de la relación de compresión	14
1.5.2.2.	Relación de Compresión Efectiva	15
1.5.2.3.	Fuerza de Empuje	15
1.5.3.	<u>Avería por montaje</u>	15
1.5.3.1.	Falla de una junta de culata por mal apriete	16
1.5.3.2.	Tipos de pernos	20
1.5.3.3.	Variaciones de Torque	21
1.5.3.4.	Apriete de pernos	22
1.5.3.5.	Especificaciones de fábrica	23
1.6.	AVERÍA DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	24
1.6.1.	<u>Principales averías</u>	26
1.6.1.1.	El Radiador	26
1.6.1.2.	El Ventilador	28
1.6.1.3.	Bomba de agua	29

1.6.1.4.	Conductos	30
1.6.1.5.	Tapones de agua	30
1.6.1.6.	Manómetro indicador de temperatura	31
1.6.1.7.	Termostato	32
1.6.1.8.	Correa del ventilador	32
1.6.1.9.	Reservorio	33
1.6.1.10.	Fallas en la bomba de agua	33
1.6.1.11.	Funcionamiento y falla del termostato	34
1.6.1.12.	Fugas de líquido	35
1.6.1.13.	Contaminación dentro del circuito	36
1.6.1.14.	Deficiencias del sistema de refrigeración	36
1.6.1.15.	Deficiencias externas	36
1.6.1.16.	Deficiencias por componentes	37
1.6.1.17.	Algunas consideraciones y conclusiones sobre el sistema de refrigeración	37
1.7.	VERIFICACIONES ANTES DE RECTIFICAR UNA CULATA	39
1.7.1.	<u>Comprobación de la Planitud y Rectificado de la culata</u>	42
1.7.2.	<u>Control de fisuras</u>	43
1.7.3.	<u>Sueldas al frío</u>	44
1.8.	TINTAS PENETRANTES	46
1.8.1.	<u>Uso y aplicación</u>	46
1.9.	FUNDAMENTOS DE RESISTENCIA DE MATERIALES APLICADAS AL DISEÑO	48
1.9.1.	<u>Análisis a tracción</u>	49

1.9.1.1. Tensión	49
1.9.1.2. Alargamiento unitario	50
1.9.1.3. Ley de Hooke	50
1.9.1.4. Deformaciones	50
1.9.2. <u>Análisis a compresión</u>	51
1.9.3. <u>Análisis al corte</u>	52
1.9.3.1. Fuerza Cortante	53
1.9.4. <u>Análisis a flexión</u>	54
1.9.4.1. Método de la Doble Integración	55
1.9.5. <u>Acciones Hidrostáticas fundamentales</u>	56
1.9.5.1. Presión en el interior de un líquido	57
1.9.5.2. La presión depende de la profundidad	57
1.9.5.3. Determinación del valor de la presión hidrostática	58

CAPÍTULO II

DISEÑO DEL BANCO DE PRUEBAS 59

2.1. DISEÑO DEL SOPORTE DE LA CULATA 60

2.1.1.	<u>Calculo de la rodela del perno del soporte y espesor de la culata</u>	60
2.1.2.	<u>Calculo de pernos sujeta culata</u>	63
2.2.	DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL BANCO Y TANQUE	66
2.2.1.	<u>Calculo de la mesa soporte</u>	66
2.2.2.	<u>Calculo de la viga fija del soporte</u>	69
2.2.2.1.	Determinación del centro de gravedad	69
2.2.2.2.	Determinación de la inercia	70
2.2.2.3.	Determinación de la flecha máxima	72
2.2.2.4.	Condiciones de Borde	73
2.2.2.5.	Ecuación general de la flecha	73
2.2.2.6.	Calculo unión columna - mesa	74
2.2.2.7.	Análisis al corte	75
2.2.2.8.	Análisis a compresión	75
2.2.2.9.	Calculo rodela travesaño móvil (R)	78
2.2.2.10.	Pernos soporte móvil - platinas (P1)	80
2.2.2.11.	Análisis al corte	80
2.2.2.12.	Platinas fijas del travesaño móvil (Pt1)	81

2.2.2.13. Calculo de la cuerda (C)	83
2.2.3. <u>Calculo en el tanque</u>	87
2.2.3.1. Calculo de las fuerzas en las caras laterales	88
2.2.3.2. Calculo de la fuerza en la cara inferior	88
2.3. DISEÑO DEL CIRCUITO ELÉCTRICO	91
2.3.1. <u>Voltajes</u>	91
2.3.2. <u>Indicadores</u>	91
2.3.3. <u>Rectificación del rizado</u>	91
2.3.4. <u>Sistema de control o mando</u>	91
2.4. RECTIFICACIÓN DE LA ONDA	92
2.4.1. <u>Funcionamiento</u>	92
2.4.2. <u>Para una rectificación de onda completa</u>	93
2.4.3. <u>En la práctica</u>	93
2.4.4. <u>Simulación en el software Proteus 7.1</u>	94
2.5. SELECCIÓN DEL MOTOR ELÉCTRICO	96
2.6. ELECCIÓN DEL COMPRESOR ACORDE A LOS PLANOS	101
<u>CAPITULO III</u>	
<u>CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS</u>	103

3.1.	EL HIERRO	103
3.2.	EL ACRÍLICO	106
3.3.	CONSTRUCCIÓN DEL SOPORTE Y TAPAS DE LA CULATA	107
3.3.1.	<u>Primer paso</u>	108
3.3.2.	<u>Segundo paso</u>	108
3.3.3.	<u>Tercer paso</u>	109
3.3.4.	<u>Cuarto paso</u>	110
3.3.5.	<u>Quinto paso</u>	110
3.3.6.	<u>Sexto paso</u>	113
3.3.7.	<u>Séptimo paso</u>	114
3.4.	CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL BANCO Y TANQUE	114
3.4.1.	<u>Primer paso</u>	115
3.4.2.	<u>Segundo paso</u>	116
3.4.3.	<u>Tercer paso</u>	117
3.4.4.	<u>Cuarto paso</u>	117
3.4.5.	<u>Quinto paso</u>	118
3.4.6.	<u>Sexto paso</u>	123

3.4.7.	<u>Séptimo paso</u>	124
3.4.8.	<u>Octavo paso</u>	125
3.4.9.	<u>Noveno paso</u>	126
3.5	CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO ELÉCTRICO	129
3.5.1.	<u>Primer paso</u>	130
3.5.2.	<u>Segundo paso</u>	132
3.5.3.	<u>Tercer paso</u>	133
3.5.4.	<u>Cuarto paso</u>	133
3.5.5.	<u>Quinto paso</u>	134
3.5.6.	<u>Sexto paso</u>	135
3.5.7.	<u>Séptimo paso</u>	136
3.5.8.	<u>Octavo paso</u>	137
3.6.	PRUEBA NEUMÁTICA	139
3.7.	PRUEBA CON TINTAS PENETRANTES	140
3.7.1.	<u>Primer paso</u>	141
3.7.2.	<u>Segundo paso</u>	141
3.7.3.	<u>Tercer paso</u>	142

CAPITULO IV

<u>MANTENIMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS</u>	143
4.1. NORMAS DE SEGURIDAD	143
4.2. FUNCIÓN Y ESTRUCTURA	145
4.2.1. <u>Función</u>	145
4.2.2. <u>Estructura</u>	146
4.2.3. <u>Esquema eléctrico</u>	147
4.3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL BANCO DE PRUEBAS	148
4.4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL COMPRESOR PORTEN	149
4.5. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL MANDO MÁSTER	150
4.6. MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA	151
4.6.1. <u>Inspección visual de 12 puntos</u>	153
4.6.2. <u>Mantenimiento del Banco de Pruebas Neumático</u>	154
4.7. PREVIO A LA PRÁCTICA	156
4.8. OPERACIÓN DE LA MÁQUINA	157

CAPITULO V

<u>ANÁLISIS FINANCIERO</u>	160
5.1. INGRESOS Y EGRESOS	160
5.2. <u>CONCLUSIONES</u>	162

5.2.1 <u>Conclusión General</u>	162
5.2.2 <u>Conclusiones Específicas</u>	162
5.3 <u>RECOMENDACIONES</u>	164

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tema.	Pág.
Tabla: 1 Materiales usados dentro de una culata	12
Tabla: 1.1 Tipos de pernos	20
Tabla: 1.2 Variaciones de Torque	21
Tabla: 1.3 Apriete de pernos	22
Tabla: 2.1 Resultados al cálculo de rodela y espesor	62
Tabla: 2.2 Resultados al cálculo de pernos de culata	64
Tabla: 2.3 Resultados al cálculo de las patas de la mesa	67
Tabla: 2.4 Datos tabulados	71
Tabla: 2.5 Resultados al cálculo de la viga	74
Tabla: 2.6 Resultados al cálculo de unión columna – mesa	76
Tabla: 2.7 Resultados del cálculo a compresión	76
Tabla: 2.8 Resultados al cálculo rodela - travesaño	79
Tabla: 2.9 Resultados al cálculo perno – soporte	81
Tabla: 2.10 Resultados numéricos de cálculos a tracción a platinas fijas	82
Tabla: 2.11 Resultados numéricos de cálculos a tracción de la cuerda	84

Tabla: 2.12 Resultados numéricos de cálculos del tanque	89
Tabla: 2.13 Resultados al cálculo de fuerzas en las caras	89
Tabla: 3.1 Especificaciones técnicas del electrodo E 6011	104
Tabla: 3.2 Propiedades del acrílico	106
Diagrama: 3.1 Proceso de construcción de soporte y tapas de culata	107
Diagrama: 3.2 Proceso de construcción de la estructura y tanque	115
Diagrama 3.3 Proceso de construcción del circuito eléctrico	131
Esquema del circuito eléctrico	148
Tabla: 4.1. Características técnicas del Banco de pruebas	149
Tabla: 4.2. Características técnicas del Compresor Porten	150
Tabla: 4.3. Características técnicas del Mando Máster	151
Tabla: 4.4. Costo de materiales y herramientas a utilizarse	153
Cuadro de Inspección visual de 12 puntos	154
Cuadro de Mantenimiento del Banco de Pruebas Neumático	155
Análisis Financiero	161

AUTOR (ES): MANUEL ELICEO CASTILLO PÉREZ
DAVID SANTIAGO REVELO ROSERO

TEMA DE TESIS: Diseño y construcción de un banco de ensayos no destructivo
para verificar fisuras de culatas mediante pruebas hidrostáticas neumáticas
y tintas penetrantes

HOJA DE SEGUIMIENTO No.: 1

CUADRO DE CONTROL SECUENCIAL DEL SEGUIMIENTO DE TESIS

No	FECHA DE REVISIÓN	TEMA TRATADO	SEGUIMIENTO TÉCNICO		SEGUIMIENTO METODOLÓGICO	
			OBSERVACIONES	FIRMA	OBSERVACIONES	FIRMA
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						

SÍNTESIS

La culata es el elemento del motor que acopla al bloque de cilindros con interposición de una junta, realizando una unión hermética entre ambos, se construyen tanto de fundición como de aleación de aluminio impidiendo la fuga de los gases de la compresión o del líquido refrigerante que circula; la presión más alta del ciclo es cuando se acaba la combustión y comienza la expansión, es en este punto cuando se presenta la fuerza más alta a la que se encuentra sometido el motor y una de las posibles causas de fisuras en la culata por esfuerzo y fatiga en los materiales.

Cuando una culata se fisura, la prueba neumática nos permite visualizar de mejor forma el lugar en donde se encuentra la fisura, ya que se envía una presión de aire de 10 PSI al interior de la culata, previo a realizar esta prueba, se hermetiza la culata con fibra celulosa presionada contra la superficie de la culata por medio del acrílico, el agua es el segundo factor importante en esta prueba, llenando el tanque de agua hasta donde indica la marca señalada se sumerge totalmente a la culata, se conecta el acople rápido a la tapa de acrílico hecha a la medida de la culata, una vez montada la culata sobre el soporte se sumerge completamente en el tanque con la ayuda del mando principal, se verifican las fugas de aire en los acoples previos al manómetro, así comenzarán a salir burbujas de aire determinando el lugar de la fisura en la culata; para dar un dictamen final del lugar de la fisura, utilizamos las tintas penetrantes teniendo un resultado más exacto del lugar de fisura.

Los materiales principales de los que se encuentra construida la maquina se basa en acrílico, fibra celulosa, manila náutica, motor eléctrico, compresor de aire, pernos con un % de C < 0.5, finalmente el armazón estructural está constituido básicamente por hierro dulce, y los esfuerzos cortantes están soportados por medio de sueldas usando electrodo E 6011

La maquina tiene un comportamiento estructural estático en todo el soporte de su estructura, la parte más crítica de la maquina es la cuerda la cual tiene su sollicitación más importante antes de la introducción de la culata dentro del tanque.

Una vez que se encuentra sumergida la culata dentro del tanque, en ese momento existen fuerzas de empuje, las cuales reducen un porcentaje de las sollicitaciones, razón por la cual se utilizo un material resistente a fuerzas de tracción y al mismo tiempo flexible como lo es la manila náutica.

En general la maquina trabaja con una esbeltez mucho mayor a la mínima necesaria en función de las sollicitaciones que se generan por parte de las cargas principales que son la culata, el soporte y el mando máster.

En el cálculo de diseño no se han considerado cargas de peso propio ya que las cifras son despreciables relacionadas con las cargas de sollicitación.

SÍNTESIS

La culata es el elemento del motor que acopla al bloque de cilindros con interposición de una junta, realizando una unión hermética entre ambos, se construyen tanto de fundición como de aleación de aluminio impidiendo la fuga de los gases de la compresión o del líquido refrigerante que circula, la presión más alta del ciclo es cuando se acaba la combustión y comienza la expansión, es en este punto cuando se presenta la fuerza más alta a la que se encuentra sometido el motor y una de las posibles causas de fisuras en la culata por esfuerzo y fatiga en los materiales.

Cuando una culata se fisura, la prueba neumática nos permite visualizar de mejor forma el lugar en donde se encuentra la fisura, ya que se envía una presión de aire de 10 PSI al interior de la culata, previo a realizar esta prueba, se hermetiza la culata con fibra celulosa presionada contra la superficie de la culata por medio del acrílico, el agua es el segundo factor importante en esta prueba, llenando el tanque de agua hasta donde indica la marca señalada se sumerge totalmente a la culata, se conecta el acople rápido a la tapa de acrílico hecha a la medida de la culata, montada la culata sobre el soporte se sumerge completamente en el tanque con la ayuda del mando principal, se verifican las fugas de aire en los acoples previos al manómetro, así comenzarán a salir burbujas de aire determinando el lugar de fisura en la culata, para dar un dictamen final del lugar de la fisura, utilizamos las tintas penetrantes teniendo un resultado más exacto del lugar de fisura.

Summary

The breech is the element of the motor that couples to the block of cylinders with interposition of a pack, carrying out a hermetic union between both, they are built so much of foundry as of aluminum alloy impeding the flight of the gases of the compression or of the coolant liquid that circulates, the highest pressure in the cycle is when the combustion finishes and the expansion begins, it is in this point when the highest force is presented to the one that is subjected the motor and one of the possible causes of fissures in the breech for effort and it tires in the materials.

When a breech is fissured, the pneumatic test allows us to visualize since in a better way the place where is the fissure, a pressure of air it is sent from 10 PSI to the interior of the breech, previous to carry out this test, the breech is hermetic with cellulose fiber pressed against the surface of the breech by means of the acrylic, the water is the second important factor in this test, filling the tank of water up to where it indicates the signal mark it submerges totally to the breech, the one is connected it couples quick to the cover of acrylic made to the measure of the breech, mounted the breech on the support dives completely in the tank with the help of the main control, the flights of air are verified in you couple them previous to the manometer, they will begin this way to leave bubbles of air determining the fissure place in the breech, to give a final verdict of the place of the fissure, the penetrating inks are used having a more exact result of the fissure place.

The main materials of those that it is built machine it is based in acrylic, cellulose fiber, nautical manila, electric motor, compressor of air, pins with a% of C <0.5, finally the structural frame is constituted basically by sweet iron, and the sharp efforts are supported by means welded points using electrode E 6011.

The machine has a static structural behavior in the whole support of their structure, the most critical part of it schemes it is since at this time the rope which has their more important solicitation before the introduction of the breech inside the tank push forces they exist once it is submerged, reducing a percentage of the solicitations, reason for which are uses a resistant material to traction forces and at the same time flexible as it is the nautical rope.

In general the machine works with a much bigger slenderness to the minimum one necessary in function of the solicitations that are generated on the part of the main loads that are the breech, the support and the master control.

In the design calculation, we have not considered loads of own weight, but this loads are insignificant compared with the external solicitations loads.

Los materiales principales de los que se encuentra construida la maquina se basa en acrílico, fibra celulosa, manila náutica, motor eléctrico, compresor de aire, pernos con un % de C < 0.5, finalmente el armazón estructural está constituido básicamente por hierro dulce, y los esfuerzos cortantes están soportados por medio de sueldas usando electrodo E 6011

La maquina tiene un comportamiento estructural estático en todo el soporte de su estructura, la parte más crítica de la maquina es la cuerda la cual tiene su sollicitación más importante antes de la introducción de la culata dentro del tanque ya que en este momento existen fuerzas de empuje una vez que se encuentra sumergido, reduciendo un porcentaje de las sollicitaciones, razón por la cual se utilizo un material resistente a fuerzas de tracción y al mismo tiempo flexible como lo es la manila náutica.

En general la maquina trabaja con una esbeltez mucho mayor a la mínima necesaria en función de las sollicitaciones que se generan por parte de las cargas principales que son la culata, el soporte y el mando máster.

En el cálculo de diseño no se han considerado cargas de peso propio ya que cifras despreciables relacionadas con las cargas de sollicitación.

CAPITULO I

LA CULATA

1.1. PARTES FUNDAMENTALES DE UNA CULATA

1.1.1. Asientos de válvula

El asiento de válvula es la parte del motor en donde las válvulas reposan cuando se cierran, y estos se encuentran ubicados en las cámaras de combustión.

Estos se encuentran fabricados de un material resistente pero a su vez suave, así permite el sello perfecto contra la válvula al cerrar.

1.1.2. Cámara de combustión

Es una cámara en la cual se realiza el tiempo de la combustión del motor, además contiene los asientos, y los orificios donde se encuentran aseguradas las bujías.

1.1.3. Espárragos

Los espárragos ayudan a asegurar otras partes del motor a la culata.

1.1.4. **Conductos de refrigeración**

Como la mayoría de las culatas están construidas principalmente de hierro colado y son huecas a sus extremos con la finalidad de mantener el motor refrigerado, ya que por la combustión este se eleva a grandes temperaturas y necesita ser refrigerado caso contrario llegaría a fundirse.

Refiriéndose a la forma y características de una culata, estas han ido evolucionando acorde a la tecnología utilizada en la fabricación de los motores y, en especial, han venido condicionadas por el tipo de distribución y por la forma de la cámara de combustión.

Los orificios maquinados en la culata, constituyen las cámaras de combustión, donde se encuentran los gases encerrados al final de la compresión. Alrededor de estas cámaras se encuentran unas cavidades, las mismas que se comunican con las camisas de agua del bloque a través de orificios por los cuales circula el líquido refrigerante.

En la cámara de combustión, se dispone un orificio roscado en el que se aloja la bujía.

En los motores diesel encontramos un acoplamiento para el inyector y en algunos una pre - cámara.

1.2. PRUEBAS PRÁCTICAS

A continuación se describen algunas pruebas, las cuales servirán para determinar alguna fisura o falla en las culatas.

1.2.1. Hermetización

Una vez que se ha desmontado la culata la limpiamos y sin desarmarla la ubicamos de modo que las cámaras de combustión queden hacia arriba y se procede a llenar cada cámara de gasolina, se espera 10 minutos sin mover la culata y se observa si hay alguna a clase de fuga por cualquier parte de la misma ya sea por las válvulas o por las bujías, en caso de no presentarse ningún tipo de escape del fluido automáticamente decimos que se encuentra en perfectas condiciones.



Figura: 1.1 Prueba de Hermetización

1.2.2. **Planitud**

Para realizar esta prueba se repasa con una escuadra, un calibrador de galgas y al mismo tiempo, con la hoja de 5 milésimas por debajo de la escuadra y posteriormente con la hoja de diez milésimas, para saber si está en buen estado, en ninguna parte de la culata debe entrar la hoja de diez milésimas como máximo la hoja de cinco milésimas.



Figura: 1.2 Prueba de Planitud

1.3. **FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR**

Un motor de combustión interna constituye una máquina termodinámica formada por un conjunto de piezas o mecanismos fijos y móviles, cuya función principal es transformar la energía química que proporciona la combustión producida por una mezcla de aire y combustible en energía mecánica o movimiento.

Cuando ocurre esa transformación de energía química en mecánica se puede realizar un trabajo útil como es el mover un vehículo automotor o cualquier otro mecanismo.

En conclusión los motores térmicos de combustión interna pueden ser de dos tipos, de acuerdo con el combustible que empleen para poder funcionar y estos son:

- De gasolina
- De diesel

Si se comparan las partes o mecanismos fundamentales que conforman estructuralmente un motor de gasolina y un motor diesel, se entiende que en muchos aspectos son similares, mientras que en otros difieren por completo, aunque en ambos casos su principio de funcionamiento es el mismo.

Desde el punto de vista estructural, el cuerpo de un motor se compone de tres secciones principales:

- Culata
- Bloque
- Cárter

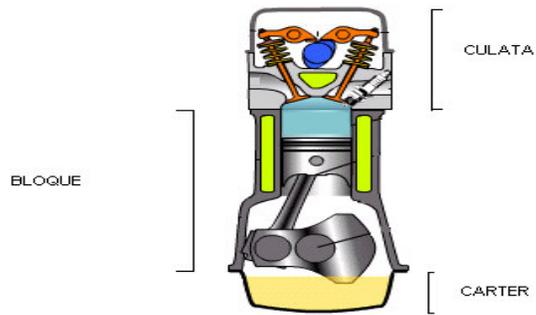


Gráfico: 1.1 Estructura de un motor

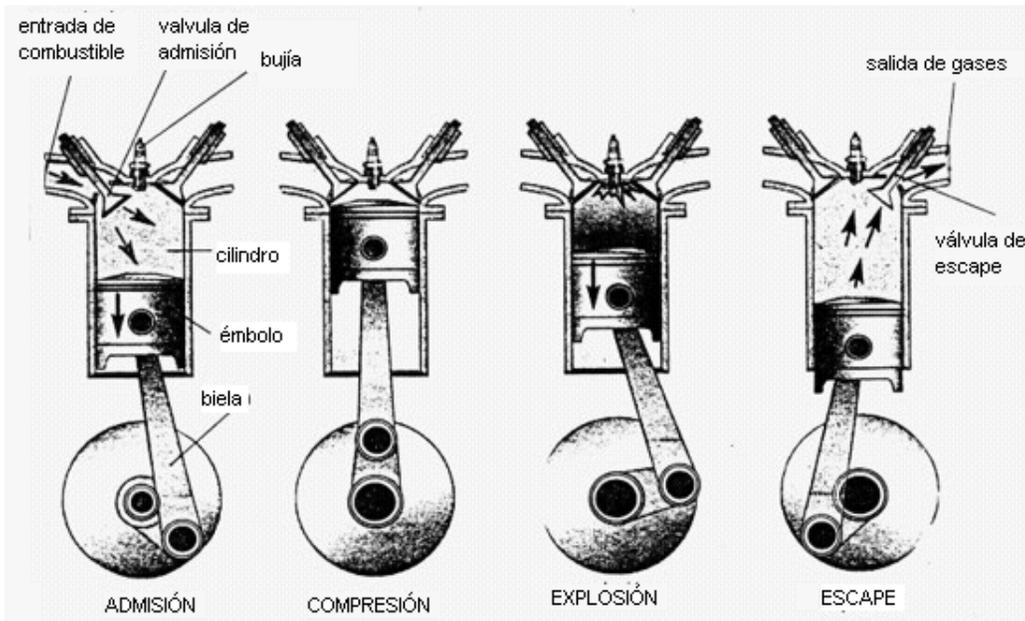


Gráfico: 1.2 Tiempos de un motor¹

¹ www.portalpanetasedna.com.ar/archivos_varios

Como el funcionamiento es igual para todos los cilindros, se toma en cuenta uno sólo, para ver qué ocurre en su interior en cada uno de los cuatro tiempos:

- Admisión
- Compresión
- Expansión
- Escape

1.3.1. Admisión

El pistón se encuentra en el PMS, al mismo tiempo la válvula de admisión se encuentra abierta y la de escape cerrada, es así que el pistón en su descenso va creando un vacío en el interior del cilindro, permitiendo así el ingreso de la mezcla aire combustible.

1.3.2. Compresión

En este tiempo el pistón se encuentra en el PMI, las dos válvulas se encuentran cerradas, el cigüeñal por efecto de la inercia producida por el volante gira empujando así a la biela y por ende al pistón comprimiendo de este modo la mezcla hasta alcanzar el PMS.

1.3.3. Expansión

Llamado también trabajo, el pistón se halla en el PMS con las válvulas de admisión y escape cerradas, después de terminada la carrera de compresión se produce un salto de chispa ocasionado por la bujía la cual ayuda a inflamar la mezcla, esto ejerce una fuerte presión sobre el pistón haciéndolo descender rápidamente al PMI y por efecto de inercia seguirá girando hasta recibir un nuevo impulso.

1.3.4. Escape

En este tiempo el pistón se encuentra en el PMI; la válvula de escape se abre, los gases quemados en el interior del cilindro escapan rápidamente al exterior por estar sometidos a mayor presión que la atmosférica, el cigüeñal sigue girando y hace subir al pistón, con lo cual se evacuan los gases, cuando el pistón llega al PMS se cierra la válvula de escape y se abre la de admisión comenzando un nuevo ciclo.

1.4. MATERIALES USADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE CULATAS

Lo que el fabricante aspira en la construcción de una culata es obtener un buen rendimiento, reducir la contaminación y un bajo costo en la construcción.

Para conseguir todas estas características se ha hecho uso de una combinación de algunos metales aleaciones y fundiciones de dichos materiales que se explicaran a continuación.

Las culatas por lo general están construidas de una fundición aleada con otros metales que dan las características especiales de resistencia, rigidez y conductividad térmica.

También se construyen con aleaciones de aluminio con la finalidad de aprovechar la ligereza de maquinado y por su alto grado de conductividad térmica.

Los soportes de la distribución se obtienen mediante fusión a presión, que permite realizar piezas con acabados óptimos y de paredes delgadas.

La parte inferior de la culata esta construida mediante colada en coquilla o, algunas veces, en arena.

Las guías de las válvulas se introducen a presión en la culata en el caso de que ésta sea de fundición. Dichas guías se construyen de fundición, cuya composición debe estudiarse de acuerdo con el material empleado para las válvulas, a fin de evitar el peligro de agarrotamiento.

Para las culatas de aleación ligera se emplean guías de bronce debido a su suavidad ya que se adaptan mejor a las dilataciones del material. También los asientos de las

válvulas se introducen a presión en la culata y, al igual que las guías, se les da su medida definitiva mediante mecanizados sucesivos una vez introducidos.

Dichos asientos se construyen de fundición o de acero, con un aporte eventual de material resistente a las temperaturas elevadas y a la corrosión (estelita) en el caso de los asientos de las válvulas de escape.

En otras ocasiones se usan aleaciones de aluminio. Este material combina la ligereza con un alto grado de conductividad térmica y nos asegura que el calor de la combustión sea evacuado al exterior, evitándose la formación de puntos calientes que pueden ocasionar la detonación.

En los motores refrigerados por aire, la culata suele formar parte del mismo cilindro y en ocasiones es desmontable.

Una de las aleaciones de aluminio de las que puede estar fabricada una culata colocada en un motor de mayores prestaciones es con una aleación A356T6 de primera calidad que es optima en cuanto al manejo del calor que genera el motor sobrealimentado (turbo).

Las tapas se fabrican con un método de fundición especial centrífuga el cual consiste en verter la aleación fundida en un molde giratorio, se puede eliminar así la porosidad las cuales son burbujas de aire, y en un futuro estas pueden ocasionar una fisura.

1.4.1. **Aleaciones y selección del material para culatas**

La Aleación es una sustancia compuesta por dos o más metales, al igual que los metales puros, poseen brillo metálico y conducen bien el calor y la electricidad, aunque por lo general no tan bien como los metales por los que están formadas.

Las sustancias que contienen un metal y ciertos no metales, pero especialmente las que contienen carbono, también se llaman aleaciones.

La más importante entre estas últimas es el acero. El acero de carbono simple contiene aproximadamente un 0,5% de manganeso, hasta un 0,8% de carbono, y el resto de hierro.

Una culata también está construida por aleaciones de aluminio con la finalidad de aprovechar la ligereza de maquinado y por su alto grado de conductividad térmica.

Las culatas están construidas de las siguientes aleaciones con sus respectivos porcentajes en su construcción:

MATERIALES DE LA CULATA
SEGÚN NORMA DIN 1691 - 1745

Hierro fundido con grafito laminar (fundición gris)

Designación	Resistencia a tracción N/mm²	Carbono %	Materiales de aleación %	Propiedades, utilización
GG-25	250	2,8.....3,2	1,2.....1,8 Si	Piezas de fundición, con altas sollicitaciones
GG-30	300	2,6.....3	1,2.....1,6 Si	Fundición de alta calidad, endurecida superficialmente, para piezas con sollicitaciones muy altas.

Aleación de Aluminio Fundida

Designación	Resistencia a tracción N/mm²	Alargamiento	Composición en %	Propiedades, utilización
G-Al Si 10 Mg	180.....240	5.....2	10 Si	Piezas de fundición resistentes a las vibraciones culata de motores, engranaje, cilindros
			0,3 Mg	
			89,70 Al	

Tabla: 1. Materiales usados dentro de una culata²

² Tablas del libro GTZ.

1.5. **AVERÍAS POR MONTAJE Y TRABAJO DE CULATAS.**

A continuación se detallan algunas averías por las cuales una culata puede llegar a fisurarse.

1.5.1. **Avería por temperatura**

Un motor no es capaz de alcanzar 100% de su **eficiencia térmica**. Impidiéndole aprovechar todo el calor generado por la combustión para transformarlo en fuerza motriz. Los motores a gasolina son derrochadores, por lo tanto su eficiencia térmica es pobre. Alrededor del 30% de la energía calórica que disponen, la transforman en movimiento y la otra parte la disipan (pérdida), hacia la atmósfera.

1.5.2. **Avería por presión**

Una culata puede presentar averías por la presión dentro del sistema debido a muchos factores que actúan conjuntamente y que producen problemas consecuentemente que llegan hasta el cabezote o culata, de los cuales dichos problemas se analizarán a continuación:

El **rendimiento volumétrico** al porcentaje de presión de llenado de un cilindro. Por ejemplo, si la presión barométrica es de 1.000 milibares, el motor tendrá un 80% de rendimiento volumétrico cuando los gases en sus cilindros alcanzan una presión de 800 milibares, antes de comenzar la carrera de compresión.

El sistema de admisión de motores para vehículos de calle, están diseñados de manera que el rendimiento volumétrico máximo se alcance a velocidades medias de alrededor de 3.000 a 4.000 RPM. Cuando el llenado de los cilindros es máximo entonces el torque es máximo.

La **relación de compresión** es el término con el cual se denomina a la fracción matemática que define la proporción entre el volumen de admisión y el volumen de compresión.

1.5.2.1. Cálculo de la relación de compresión

$$E = \frac{V_h + V_c}{V_c}$$

V_h = Cilindrada unitaria

V_c = Volumen de la cámara de combustión

1.5.2.2. **Relación de Compresión Efectiva**

Para calcular el valor real de la relación, el volumen del cilindro requiere ser medido, no con su pistón en punto muerto inferior, sino que a partir de la posición que tiene cuando termina el cierre de la válvula de admisión.

1.5.2.3. **Fuerza de Empuje**

El calor que se genera en la cámara de combustión cuando se quema la mezcla produce fuerza de expansión en los gases presentes. Esta característica expansiva de los gases es lo que ejerce la fuerza para generar el movimiento del motor.

1.5.3. **Avería por montaje**

Las sopladuras o porosidades son imperfecciones de la colada debido a una mala característica de la aleación. Durante el funcionamiento pueden producirse pasos de agua al aceite (a los conductos de lubricación) o viceversa, o bien pasos de agua a la cámara de combustión.

Todos estos defectos son raros y normalmente requieren un cambio de la culata. Otro defecto de fabricación, y también muy raro en los automóviles actuales, es el de un mecanizado defectuoso de los planos de unión entre la culata y el bloque.

También en este caso pueden existir filtraciones de agua y aceite, siendo además muy fácil pandear la junta de la culata.

Existen otros defectos que son consecuencia de un mal mantenimiento o bien de averías producidas en otras partes del motor. En general, en todos los motores, después de los primeros cinco mantenimientos es preciso verificar el llamado reajuste del motor.

Esta operación es indispensable después de toda revisión, siempre que se haya cambiado la junta de la culata.

Es decir, la nueva junta, tras cierto número de horas de funcionamiento, sufre un asentamiento, comprimiéndose por efecto del golpeteo sobre la culata, debido a la fuerza de compresión desarrollada por los gases durante el trabajo del motor.

Esta operación debe efectuarse con el motor frío, y con la ayuda de una llave dinamométrica y con una acción progresiva seguido del orden de apriete aconsejado por el manual de mantenimiento.

1.5.3.1. Falla de una junta de culata por mal apriete

Cuando se instala una junta de culata entre el bloque y la culata, los pernos de culata comprimen la junta suavemente, lo cual permite que el material tenga un suave

contacto y se acople a las pequeñas irregularidades de las superficies de la culata y la cubierta del bloque.

Esto permite que la junta “selle en frío” para que no existan fugas de refrigerante antes de que el motor se ponga en marcha.



Figura: 1.3 Junta de Culata

La habilidad de la junta de culata para lograr un sellado en frío positivo, así como para mantener un sello duradero y libre de fugas depende de dos cosas: su habilidad inherente para mantener la torsión a través del tiempo; y de la fuerza de prensado aplicada por los pernos de culata, por eso no requieren volverlos a apretar.

Pero incluso la mejor junta de culata no puede soportar y mantener un sello seguro si los pernos de culata no se han apretado adecuadamente.

La cantidad de torsión que se aplica a los pernos así como el orden en que se aprietan, determina como se distribuye la fuerza de apriete sobre la superficie de la junta.

Si un área de la junta está con alta presión y en otra área no, puede causar que la junta fugue en el punto de menor presión, es por eso que los pernos de culata deben apretarse en una secuencia específica e igualmente a un valor específico para asegurar el mejor sellado posible.

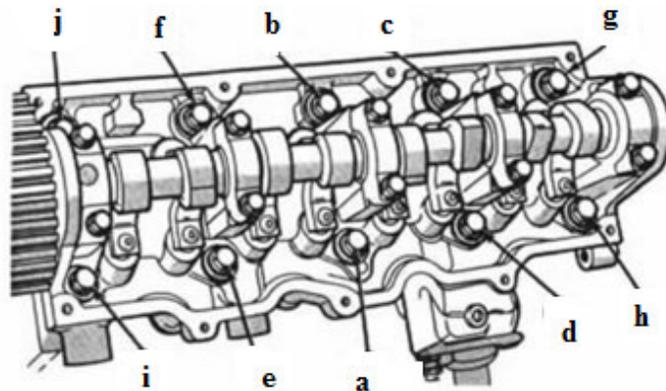


Gráfico: 1.3 Orden de apriete de pernos de culata³

Otra consecuencia al no apretar bien los pernos de la culata puede provocar la torcedura de la culata, existiendo cargas disperejas causadas por los pernos apretados irregularmente se puede torcer o provocar una fisura en la culata.

³ www.todomotores.cl/mecanina/images/culata

Cada fabricante indica en sus manuales como realizar esta operación. Sin embargo, cuando no está disponible dicha información se recurre a identificar la clase de perno y luego a dar apriete según la tabla universal de torque estándar.



Figura: 1.4 Torcometro



Figura: 1.5. Torque en pernos de culata

1.5.3.2. Tipos de pernos

MARCA	Ninguna Marca	3 líneas	5 líneas	6 líneas
GRADO DE DUREZA				
CAPACIDAD DE TENSIÓN MÍNIMA	74 lb / in	120 lb / in	133 lb / in	150 lb / in
MATERIAL	Acero al carbono	Acero al carbono	Acero al carbono templado	Acero al carbono templado

Tabla: 1.1 Tipos de Pernos⁴

⁴ Tabla 1.1.: Manual de pernos Iván Bohman CA.

1.5.3.3. Variaciones de Torque

Según tipo de perno y
Condición de lubricación

TIPO DE PERNO	VARIACIÓN DEL TORQUE
Corriente lubricado con aceite	Reducir del 15 a 25 %
Corriente con teflón o grasa	Reducir 50%
Cromado o lubricado	No hay cambio
Plateado Cadmio lubricado	Reducir el 25%
Plateado zinc lubricado	Reducir el 15%

Tabla: 1.2 Variaciones de Torque⁵

⁵ Tabla 1.2.: Manual de pernos Iván Bohman CA.

1.5.3.4. Apriete de pernos

		GRADO 2		GRADO 5		GRADO 7		GRADO 8	
DIÁMETRO (in)	HILOS POR PULGADA	SECO	CON ACEITE						
1/4 "	20	4	3	8	6	10	8	12	9
1/4 "	28	6	4	10	7	12	9	14	10
5/16 "	18	9	7	17	13	21	16	25	18
5/16 "	24	12	9	19	14	24	18	29	20
3/8 "	16	16	12	30	23	40	30	45	35
3/8 "	24	22	16	35	25	45	35	50	40
7/16 "	14	24	17	50	35	60	45	70	55
7/16 "	20	34	26	55	40	70	50	80	60
1/2 "	13	38	31	75	55	95	70	110	80
1/2 "	20	52	42	90	65	100	80	120	90
9/16 "	12	52	42	110	80	135	100	150	110
9/16 "	18	71	57	120	90	150	110	170	130
5/8 "	11	98	78	150	110	140	140	220	170
5/8 "	18	115	93	180	130	210	160	240	180
3/4 "	10	157	121	260	200	320	240	380	280
3/4 "	16	180	133	300	220	360	280	420	320
7/8 "	9	210	160	430	320	520	400	600	460
7/8 "	14	230	177	470	360	580	440	660	500
1 "	8	320	240	640	480	800	600	900	680
1 "	12	350	265	710	530	860	666	990	740

Tabla: 1.3 Apriete de Pernos⁶

⁶ Tabla: 1.3. Manual de pernos Iván Bohman CA.

Para realizar este trabajo se utilizan las llaves dinamométricas o de torque. Existen diversos tipos: mecánicas, hidráulicas y neumáticas. La tecnología de punta utiliza un sensor de ultrasonido para saber la tensión real del perno, cuando está siendo apretado.

1.5.3.5. **Especificaciones de fábrica**

Consideraciones que son comunes a todas las marcas:

- Los pernos y los hilos del bloque deben estar secos y limpios. Agregar lubricante obliga a disminuir el torque que se aplica.
- Nunca se da apriete total inmediato. Lo recomendado es aplicar el torque paulatinamente en 3 etapas. Las 2 primeras etapas se denominan precarga de pernos.
- El apriete de culata tiene una secuencia lógica que si no es especificada en el manual, consiste en iniciar la operación en los pernos centrales alejándose hacia los extremos.

En general, para los motores en línea, se comienza apretando las tuercas centrales y, sucesiva y alternativamente, las situadas a la derecha y a la izquierda de las centrales.

Para evitar falsas lecturas provocadas por el rozamiento inicial, es preciso, una vez efectuado el primer apriete, aflojar las tuercas un cuarto de vuelta y luego apretarlas nuevamente con el par indicado. Cuando se efectúa esta operación, es preciso verificar y eventualmente reponer el juego del sistema de distribución.

1.6. AVERÍA DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Para evitar fallas del sistema de refrigeración siempre se debe realizar una a una revisión del nivel del líquido refrigerante y una inspección visual de posibles fugas.

El líquido utilizado debe ser un refrigerante especialmente preparado con aditivos que eviten las incrustaciones de sedimento, el óxido, el congelamiento y que contenga algún componente lubricante.

El cambio de refrigerante y lavado del sistema se debe efectuar una vez al año, ya que los aditivos se degradan con el trabajo del motor y el paso del tiempo.

Si hacemos funcionar un motor siempre con el refrigerante adecuado, el radiador se mantiene limpio, la bomba de agua, el termostato y las mangueras duran en una relación tres a uno que cuando se usa agua simplemente de la llave.



Figura: 1.6 Refrigerante

Si el motor ha funcionado durante algún tiempo con agua de la llave, el sistema de refrigeración puede ser desincrustado, lavado y rellenado con el refrigerante adecuado.

Para efectuar el desincrustado, en el mercado venden algunos productos en polvo que al aplicarlos al agua del radiador y circular por algunas horas permiten limpiar el interior del circuito y los capilares del radiador, o sino se procede a sacar el radiador y se lo hace baquetear, el cual es un proceso mecánico de limpieza y por ende más efectivo pero un poco demorado.

1.6.1. Principales averías

Las fallas principalmente se dan debido a fugas del líquido refrigerante y por ende a un incremento desmedido de temperatura en el sistema.

Una de las más comunes fallas por temperatura es la de fisuras en la culata, la cual se necesita de una pronta revisión de todo el sistema de refrigeración.

1.6.1.1. **El Radiador**

Su función principal es la de enfriar el agua por medio de una serie de láminas y tubos metálicos por donde circula el agua, los cuales son de paredes muy finas, que unen tanto al depósito superior (que es por donde llega el agua caliente desde el motor) como al depósito inferior (que es por donde sale el agua más fría hacia el motor).

Se distinguen básicamente 3 partes:

a) Tanque o depósito Superior

-Tapa radiador

-Tubo de llenado

-Manguera de rebose

-Conducto de entrada

b) Núcleo o parte central

-Conductos de paso de agua

- Láminas disipadoras

c) Tanque o depósito inferior

-Termo Swich

-Conducto de salida

-Tapón de drenaje



Figura: 1.7 Radiador



Figura: 1.8 Termo Swich

1.6.1.2. El Ventilador

Tiene por finalidad producir una corriente de aire frío a través del núcleo o parte central del radiador. Dependiendo de su accionamiento se distinguen básicamente 3 tipos:

- a) Accionamiento mecánico
- b) Accionamiento eléctrico
- c) Accionamiento electro-mecánico



Figura: 1.9 Ventilador

a) Accionamiento Mecánico: Se refiere a que la rotación del ventilador se hace por medio de la polea del cigüeñal y la correa del ventilador o banda.

b) Accionamiento Eléctrico: Es por medio de un motor eléctrico controlado por un interruptor térmico ubicado por lo general en la parte inferior del radiador.

c) Accionamiento electro-mecánico: es accionado mecánicamente por la correa del ventilador, pero cuando es atraído electromecánicamente hacia la polea. (También en el momento de la conexión es controlado por un interruptor térmico).

1.6.1.3. Bomba de agua

Tiene por finalidad succionar el agua desde el tanque o depósito inferior del radiador e impulsarla hacia las cámaras y conductos del motor, en constante circulación, por medio de la correa del ventilador que recibe a su vez el movimiento de rotación de la polea del cigüeñal.



Figura: 1.10 Bomba de Agua

Componentes de la Bomba de Agua:

a) Conjunto eje rodamiento

- b) Cuerpo o Carcasa
- c) Sello o retén
- d) Impulsor o Turbina.

1.6.1.4. **Conductos**

Su función es la de mantener la libre circulación del líquido refrigerante.

Tipos:

- a) Rígidos (cavidades interiores del block y culata)
- b) Flexibles (manguera; radiador, calefacción, etc.)

1.6.1.5. **Tapones de agua**

Son unas tapas circulares que van a presión en ciertos lugares del motor y tienen por finalidad permitir la construcción y limpieza de las cámaras y conductos de agua.

En caso de temperaturas muy bajas permiten la libre expansión del hielo, protegiendo al motor de posibles trizaduras. Existen 2 tipos.

- a) Latón
- b) Bronce

1.6.1.6. Manómetro indicador de temperatura

Como su nombre lo indica, tiene por finalidad indicar la temperatura de funcionamiento del motor, existiendo 2 tipos de indicadores.

- a) Electrónicos (mediante una luz testigo en el tablero de instrumentos).



Figura: 1.11 Manómetro electrónico

- b) mecánicos (del tipo reloj o conectados directamente al cabezote)



Figura: 1.12 Manómetro Mecánico

1.6.1.7. Termostato

Su función principal es lograr que el motor llegue a su temperatura normal de trabajo lo más rápido posible y además regular el paso del agua hacia el radiador, según la temperatura, cuando el motor está frío el termostato está cerrado, (no deja pasar el agua al radiador) y si el motor esta caliente, el termostato se abre.



Figura: 1.13 Termostato

1.6.1.8. Correa del ventilador

Transmite y recibe el movimiento de rotación mecánico de la polea del cigüeñal, hacia la polea del alternador, polea de la bomba de agua y el ventilador.



Figura: 1.14 Correa del Ventilador

1.6.1.9. **Reservorio**

Es el encargado de recibir el excedente de agua o vapor caliente que viene desde el radiador cuando el motor está caliente y permitir su devolución cuando el motor se enfría.



Figura: 1.15 Reservorio

Tapón de drenaje o vaciado: Nos ayuda con el vaciado de todo el líquido refrigerante del motor.

1.6.1.10. **Fallas en la bomba de agua**

Esta puede presentar tres fallas, rotura de las aspas de turbina, rotura del sello, desgaste de los rodamientos. Cuando se rompe el sello, se presenta una fuga constante de líquido refrigerante en la parte inferior de la bomba; cuando existe desgaste de rodamientos, con el motor en marcha se presenta un ruido de bolas proveniente de la bomba y se verifica con el motor apagado un moviendo del eje, y la rotura de las aspas de la turbina, estas se verifican con el motor caliente si se

tiene termostato, sacando la tapa del radiador no se ve movimiento en el líquido dentro del radiador al acelerar el motor.

1.6.1.11. Funcionamiento y falla del termostato

Su función es evitar que el agua circulante vaya directamente al radiador hasta que haya alcanzado la temperatura de régimen.

Por este motivo, dicha válvula cierra el circuito de salida del agua hacia el radiador y la devuelve a la bomba hasta que haya alcanzado la temperatura deseada.

El termostato no se lo debe retirar por nada del mundo. Su eliminación inclusive en verano impide que el motor alcance una temperatura correcta de trabajo. Los descensos bruscos de temperatura que suelen producirse, por ejemplo cuando vamos en bajada, son perniciosos para el motor y se manifestarán con el tiempo en forma de averías o desgastes excesivos. La mayor parte de las veces, al averiarse el termostato, este queda abierto o remordido. Lo notaremos porque el motor tarda mucho tiempo en alcanzar la temperatura normal de trabajo.

En ocasiones la avería no es completa y el termostato funciona aunque el deterioro del sistema de apertura de la válvula impida que esta se abra completamente.

1.6.1.12. Fugas de líquido

Las fugas se pueden presentar en las mangueras superior o inferior del radiador, en la manguera de paso alternativo, en la bomba de agua y su empaquetadura, en el radiador, en la tapa del radiador, en el circuito del vaso expensor, en la tapa del termostato, en la válvula del circuito de calefacción, en los sellos de agua del bloque o en la empaquetadura de la culata.

Siempre se debe instalar las mangueras originales, o alternativas de buena calidad y que cumplan con los diámetros y curvaturas adecuados, a fin de evitar estrangulamientos por presión o posición.

Una fuga en los sellos de agua del bloque requiere de la colocación de sellos nuevos, para lo cual se deben sacar los que presenten fallas, perforándolos y metiendo un desatornillador con el que se hace palanca.

La colocación de sellos nuevos es a presión, presentando el sello nuevo en su alojamiento y golpeándolo con un martillo en el centro para que se expanda y asiente correctamente en el bloque.

Una fuga en la empaquetadura de culata es siempre importante. Si la fuga es solo hacia el exterior y no afecta al funcionamiento del motor, puede esperar para su reparación por algún tiempo, pero si se trata de una fuga hacia los cilindros producto de humos blancos en el escape o dificultades para ponerse en marcha en frío, conviene efectuar un cambio de empaquetadura y revisar las caras de la culata y bloque para descartar que exista algún tipo de deformación.

1.6.1.13. Contaminación dentro del circuito

Esta falla es muy común en la mayoría de los automóviles, producto del paso de los años y por llenar el sistema con agua de la llave.

Esta falla se verifica por el color café de óxido en el líquido refrigerante dentro del radiador y su reparación consiste en la desincrustación y lavado del circuito o baquetear el radiador, en un taller especializado y para luego solo hacer uso de un refrigerante adecuado.

1.6.1.14. Deficiencias del sistema de refrigeración

Podemos citar algunas de las principales anomalías que podrían afectar o reducir la capacidad del sistema de refrigeración. Estas se pueden dividir en deficiencias externas y deficiencias por componente.

1.6.1.15. Deficiencias externas

Se pueden incluir las fallas en la puesta a punto del motor y las propias del motor.

Cuando existe una mala inyección, ya sea por mezcla pobre o mezcla rica, el motor tiende a calentarse más de lo normal.

Sucede lo mismo cuando se lleva el encendido muy avanzado o retrasado.

Cuando existe una falla de motor, ya sea un mal calaje de la distribución, un exceso de compresión por carboncillo, autoencendido o detonación, fisura en la culata, también se ve afectado el rendimiento del sistema de refrigeración.

Por lo que siempre es bueno verificar primero la puesta a punto, la inyección y el buen estado del motor antes de efectuar alguna reparación mayor.

1.6.1.16. Deficiencias por componentes

Es común también modificaciones efectuadas al sistema, que hacen que disminuya su capacidad original de refrigeración. Entre estas podemos encontrar, colocación de aspas de ventilador de menor capacidad, colocación de polea de ventilador de mayor o menor diámetro o colocación de bombas de agua de bajo flujo.

Casi siempre se suele encontrar en el mercado aspas de ventilador plásticas, que funcionan muy bien en invierno, pero que al cabo de un tiempo, pierden su forma original, pierden alguna de sus aspas o incluso las colocan al revés, disminuyendo considerablemente la capacidad de refrigeración del radiador.

1.6.1.17. Algunas consideraciones y conclusiones sobre el sistema de refrigeración

La refrigeración es fundamental en el funcionamiento del motor. Pero si no es la adecuada pueden ocasionarse algunos problemas como los que citaremos a continuación:

- Si la refrigeración es excesiva, se pierde el poder calorífico del motor, dando como consecuencia un bajo rendimiento.

- Una refrigeración insuficiente puede presentar un problema más complicado, ocasionándose un recalentamiento en el motor que si no se detiene a tiempo, puede llegar a fundirse.
- Si nos ponemos a analizar este último caso, Esta puede ser la principal causa para que se produzca una fisura en la culata o en el bloque. Concluyendo así que cuando un metal tiene un cambio brusco de temperatura (choque térmico) o se lo somete a una elevada temperatura (límite térmico) se altera la estructura atómica del material y se fatiga en la zona más débil dando origen a una fisura.
- La temperatura del agua en el motor debe ser constante ya que esta es una de las más posibles causas de el origen de una fisura el brusco cambio de temperatura (choque térmico), también debe ser inferior a la necesaria para que esta llegue a hervir, pues si esto llegara a ocurrir, los componentes del motor sufren dilataciones excesivas que pueden impedir su movimiento.
- De esta manera, el sistema de refrigeración debe permitir un aumento acelerado de la temperatura del agua en las partidas en frío hasta llegar a la temperatura ideal o temperatura de trabajo y mantenerla constante durante su funcionamiento, ya que un motor que funciona en frío sufre tres veces más desgaste que un motor a temperatura normal.

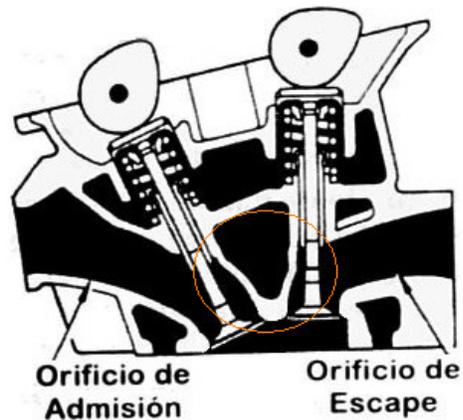


Gráfico: 1.4 Corte de una culata y su conducto de refrigeración⁷

1.7. VERIFICACIONES ANTES DE RECTIFICAR UNA CULATA

Antes de realizar las verificaciones se realiza una escrupulosa limpieza de los componentes en una fosa de lavado, donde se sumergen todas las piezas en una solución de agua y sosa cáustica, a una temperatura de 80°C aproximadamente, durante veinte minutos, seguidamente se someterán estas piezas a un fuerte chorro de agua a presión, secándolas posteriormente con aire a presión., con el fin de detectar posibles desgastes, rozamientos irregulares, roturas, entre otros asegurándose de que han sido eliminadas completamente las partículas adheridas a las superficies de uniones provistas de juntas de estanqueidad, como las zonas de acoplamiento de la culata.

⁷ www.automotriz.net/tecnica/images/conocimientos_basicos

Luego de las respectivas verificaciones, se impregnarán en aceite abundante, para evitar los eventuales peligros de agarrotamiento en el período inicial de funcionamiento.

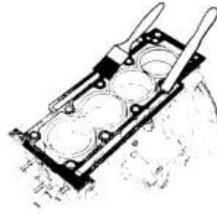


Gráfico: 1.5 Limpieza de la culata⁸

En si la carbonilla depositada en las cámaras de combustión, se rasca con una escobilla de alambre esta carbonilla es producida por el aceite que se hace llegar a la parte alta del cilindro para su engrase y se quema en la fase de combustión, quedando adherida a la superficie de la cámara, cabeza del pistón y válvulas.



Gráfico: 1.6 Limpieza con escobilla⁹

⁸ www.velocidadmaxima.com/forun/showthread

⁹ www.velocidadmaxima.com/forun

Durante la fase de limpieza de la cámara pueden producirse ralladuras en su superficie, pues los puntos salientes que se forman alcanzan temperaturas excesivas en la fase de combustión, que pueden ocasionar el autoencendido, además con el tiempo va disminuyendo el volumen de la cámara, lo que a su vez puede ocasionar el incidente de autoencendido e incluso la detonación.

Las cámaras de agua en la culata pueden ser limpiadas con un pequeño rasquete que pueda ser introducido en ellas por los orificios de comunicación con el bloque de cilindros.

Una vez limpia la culata, deberá efectuarse un perfecto lavado de la misma con petróleo y posteriormente con agua, secándola a continuación con aire a presión. A la limpieza seguirá una inspección, tratando de localizar deformaciones, grietas, o cualquier otro defecto.



Figura: 1.16 Culata lista para hacer pruebas

Las grietas de la culata también pueden ser detectadas con mayor facilidad vertiendo un poco de petróleo sobre la superficie sospechosa.

1.7.1. Comprobación de la Planitud y Rectificado de la culata

En esta fase se tendrá presente que el fabricante determina en sus manuales de reparación unas tolerancias máximas de desgaste y otras de montaje, así como instrucciones de montaje y desmontaje, hay que tomar en cuenta si existen fugas de aceite o agua por lo que la culata de un motor está sometida en su funcionamiento a grandes temperaturas y elevadas presiones, que producen dilataciones importantes, seguidas de las correspondientes con tracciones al enfriarse el motor una vez parado. Como consecuencia de todo ello, pueden producirse deformaciones permanentes e incluso grietas.



Gráfico: 1.7 Comprobación de Planitud¹⁰

¹⁰ www.velocidadmaxima.com/forun/showthread

La verificación de Planitud se realiza con la ayuda de una regla y un Juego de láminas calibradas. Posicionada la regla se comprobará con la lámina calibrada que el mayor alabeo es inferior a 0,05 mm. Si se encuentran deformaciones o alabeos, deberá procederse a la rectificación del plano, cuidando de quitar la menor cantidad posible de material, ya que con el rectificado disminuye el volumen de las cámaras de combustión y aumenta la relación de compresión.

Hay que verificar la estanqueidad de las cámaras de agua, para lo cual se cierran los orificios de comunicación con el bloque por medio de una placa metálica, provista de la correspondiente junta de estanqueidad, por el conducto se hace llegar agua a las cámaras a una temperatura aproximada de 800°C. En estas condiciones se aplica por el orificio una presión de 3 a 4 bares y se observa la lectura del manómetro, si la aguja permanece inmóvil es síntoma de buena estanqueidad, al contrario, si se observa una caída de presión al dejar de bombear aire, significa que existen fugas, que de otra parte pueden hacerse visibles por el agua que se pierde, en este caso es necesario sustituir la culata.

1.7.2. Control de fisuras

El procedimiento de chequeo de las culatas, se efectúa con una máquina que hace circular fluido caliente con colorante o tintas penetrantes a alta presión por el interior de los pasos de la culata, y si en algún lugar está rajada, el colorante aparecerá.

Con el COMPROBADOR NEUMÁTICO DE FISURAS PARA CULATAS el cual es el tema fundamental de este proyecto de grado, con este equipo podemos detectar fisuras que son de vital importancia para el diagnostico acertado en un 99% para una reparación de una culata.

1.7.3. Sueldas al frio

Las sueldas al frio son muy útiles para aplicarlas en una culata ya que es un proceso mediante el cual se produce sin la aplicación de calor externo, los metales por soldar son sometidos a una presión suficiente la cual ocasiona una deformación plástica a la temperatura ambiente.

El procedimiento de soldadura con presión aplicada en frio es óptimamente adecuado para la unión del aluminio de alta pureza y de pureza comercial, de otros metales no ferrosos, como las aleaciones de aluminio como es el caso de las culatas de los automóviles modernos, además el cadmio, el plomo, el cobre, el níquel, el zinc y la plata, o las combinaciones de los metales no ferrosos de dureza diferente.

La presión de soldadura que puede aplicarse por medios manuales o mecánicos puede ser del tipo de compresión lenta o de impacto, dentro de un margen de 20000 lb / plg², para el aluminio, de 160000 lb/plg².

Además de las soldaduras a tope con el material escuadrado, o las de costura, algunas otras soldaduras que se hacen por este proceso son:

Soldaduras de atrapamiento: Diseñadas para permitir la soldadura de insertos en metales no ferrosos, similares o diferentes, haciendo fluir metal en torno al inserto, en forma análoga o la del moldeo plástico.

Soldaduras onduladas: las que se aplican al material plano, cuando la soldadura normal en línea recta se considera indeseable por razones estructurales o estéticas.

Soldaduras escalonadas: Las que se usan para unir las láminas metálicas delgadas al material grueso en barra. Este tipo de soldadura coloca puntos o soldaduras cortas en línea a lo largo de dos o más paralelas.

Soldaduras de emparedado o sándwich: Con este método, una tercera pieza de metal, por ejemplo un trozo de alambre, se coloca a manera de emparedado entre las dos piezas en una sola operación. El inserto se aplana entre las dos láminas, produciendo una soldadura sin residuos en ninguno de los dos lados de la junta.

1.8. TINTAS PENETRANTES

1.8.1. Uso y aplicación



Figura: 1.17 Tintas penetrantes (limpiador, penetrador, revelador)

La técnica de las tintas penetrantes está basada en el fenómeno de la capilaridad y permite detectar defectos abiertos a la superficie en todo tipo de material ya sean magnéticos o no magnéticos, siempre y cuando este no sea poroso.

La inspección por líquidos penetrantes es usada para la detección de discontinuidades que aparezcan en la superficie de la culata, con la ventaja de ser un ensayo rápido, fácilmente aplicable.

Esta técnica consiste en la aplicación sobre la pieza de una tinta limpiadora que permite eliminar todo tipo de impurezas en la superficie.



Figura: 1.18 Culata con tinta penetrante de limpieza

Una vez limpia la superficie se procede a rociar la siguiente tinta que es el penetrante, este permite tener una mejor penetración en la fisura y por ende mejor visibilidad en el momento de determinar la fisura esta tinta es de baja viscosidad, e ingresa fácilmente en la capilaridad y discontinuidades existentes en la superficie.



Figura: 1.19 Culata con tinta penetrante de control de fisura

Por último se limpia nuevamente la pieza, para aplicar otro líquido llamado “revelador”. El líquido penetrante aprisionado en la discontinuidad de la pieza será absorbido por el revelador, el cual debido a su coloración o fluorescencia, mostrará las discontinuidades existentes en la pieza.



Figura: 1.20 Culata con tinta reveladora

1.9. FUNDAMENTOS DE RESISTENCIA DE MATERIALES APLICADAS AL DISEÑO.

La resistencia de materiales es una disciplina de la ingeniería mecánica que estudia los sólidos deformables, la resistencia de un elemento se define como su capacidad para resistir esfuerzos y fuerzas aplicadas sin romperse, adquirir deformaciones permanentes o deteriorarse de algún modo.

Es una relación entre las fuerzas aplicadas, también llamadas cargas o acciones, y los esfuerzos y desplazamientos inducidos.

1.9.1. Análisis a tracción

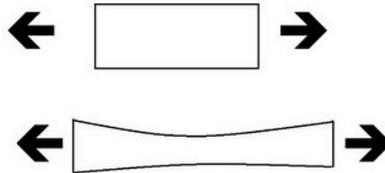


Gráfico: 1.8 Tracción¹¹

1.9.1.1. Tensión

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

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

$$\sigma = F/A$$

Siendo las unidades [Pa] (pascal = [N/m²]), [MPa] = 10⁶ [Pa] y también [kp/cm²].

¹¹ [www.ciencia.cl/ciencia al día vol1](http://www.ciencia.cl/ciencia%20al%20d%C3%ADa%20vol1)

1.9.1.2. Alargamiento unitario

Alargamiento unitario (ϵ) es la cantidad que alarga un cuerpo (δ) por unidad de longitud (L).

$$\epsilon = \delta/L \text{ (}\epsilon \text{ no tiene unidades)}$$

1.9.1.3. Ley de Hooke

Existen materiales en los que la relación entre tensión (σ) y alargamiento (ϵ) es constante. Se dice que estos materiales cumplen la ley de Hooke.

$$\sigma_1/\epsilon_1 = \sigma_2/\epsilon_2 = \sigma_3/\epsilon_3 = \sigma/\epsilon = \text{cte} = E$$

La relación entre ambas magnitudes (σ/ϵ) se llama Módulo de elasticidad (E) o Módulo de Young. $E = \sigma/\epsilon$

1.9.1.4. Deformaciones

Para los alargamientos totales debido a la deformación producida por una fuerza externa (despreciando su propio peso), la fórmula a utilizar es:

$$\delta = PL/AE$$

(siendo δ , el alargamiento total; P, la fuerza que actúa; L, la longitud; A, la sección y E, el módulo de elasticidad.

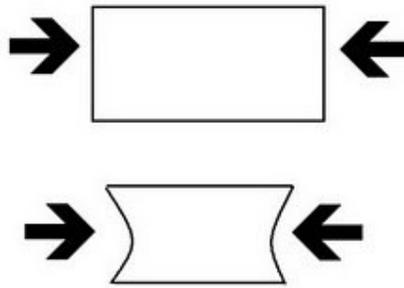


Gráfico: 1.9 Deformaciones¹²

1.9.2. Análisis a compresión

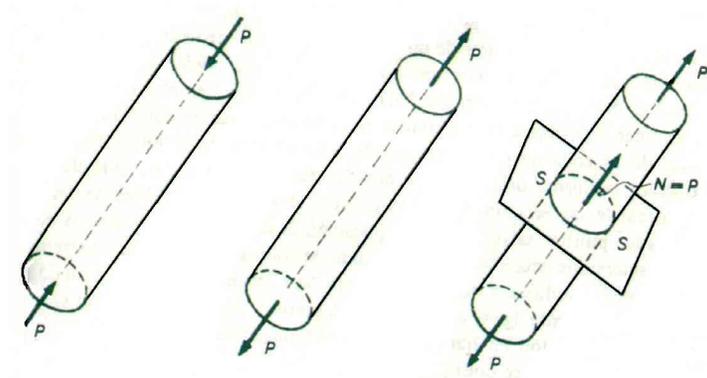
El esfuerzo de compresión es la resultante de las tensiones o presiones que existe dentro de un sólido deformable o medio continuo, caracterizada porque tiende a una reducción de volumen o un acortamiento en determinada dirección. En general, cuando se somete un material a un conjunto de fuerzas se produce tanto flexión, como cizallamiento o torsión, todos estos esfuerzos conllevan a la aparición de tensiones tanto de tracción como de compresión.

En un prisma mecánico el esfuerzo de compresión puede caracterizarse simplemente como la fuerza que actúa sobre el material de dicho prisma, a través de una sección transversal al eje baricéntrico, produciéndose así un efecto de acortamiento de la pieza en la dirección del eje baricéntrico.

La sollicitación axial corresponde al caso en que al reducir las fuerzas que actúan a un lado de una sección cualquiera de un sólido prismático, sólo queda una resultante de reducción normal al plano de aquella. Nótese que para el caso de una barra de eje rectilíneo y sección constante, sollicitada en sus extremos por

¹² www.ciencia.al.dia.cl/vol1

fuerzas opuestas de intensidad P, la resultante de las fuerzas de un lado de la sección arbitraria s-s será siempre $N = P$, conviniendo que el signo de N será positivo para la tracción y negativo para la compresión.



$$\sigma = P/A$$

Gráfico: 1.10 Análisis de compresión¹³

1.9.3. Análisis al corte

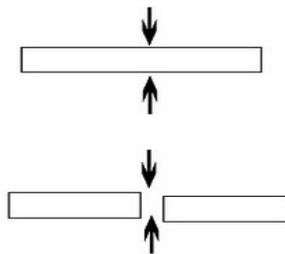


Gráfico: 1.11. Análisis al corte¹⁴

¹³ www.kalipedia.com/kalipediamedia/ingeniería

¹⁴ www.webdelprofesor.ula.ve/arquitectura

1.9.3.1. Fuerza Cortante

Es la suma algebraica de todas las fuerzas externas perpendiculares al eje de la viga (o elemento estructural) que actúan a un lado de la sección considerada.

La fuerza cortante es positiva cuando la parte situada a la izquierda de la sección tiende a subir con respecto a la parte derecha.

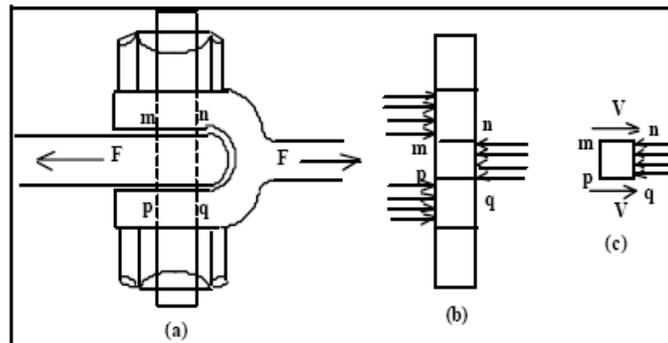


Gráfico: 1.12 Fuerza cortante¹⁵

El esfuerzo cortante a diferencia del axial es producido por fuerzas que actúan paralelamente al plano que las resiste mientras que los de tracción o de compresión lo son por fuerzas normales al plano sobre el que actúan.

Por esta razón los esfuerzos de compresión y de tracción se llaman también esfuerzos normales mientras que los esfuerzos de corte pueden llamarse esfuerzos tangenciales.

Aparecen esfuerzos cortantes siempre que las fuerzas aplicadas obliguen a que una sección del sólido tienda a deslizarse sobre la sección adyacente

El esfuerzo de corte esta dado por:

¹⁵ www.helid.desastres.net

$$\tau = \frac{V}{A}$$

1.9.4. Análisis a flexión

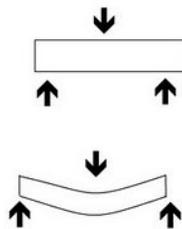


Gráfico: 1.13 Análisis a flexión¹⁶

Sea la viga de la figura, los diagramas de solicitaciones son los que se muestran a continuación:

Un trozo de viga se dice que trabaja a **flexión pura** cuando en cualquier sección de ese trozo solo existe momento flector.

Un trozo de viga se dice que trabaja a **flexión simple** cuando en cualquier sección de ese trozo existe momento flector y esfuerzo cortante.

Un trozo de viga se dice que trabaja a **flexión compuesta** cuando en cualquier sección de ese trozo existe momento flector, esfuerzo cortante y esfuerzo torsor.

¹⁶ www.ytodolodemas.com

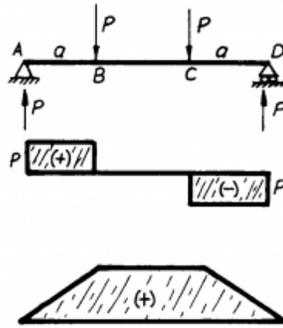


Gráfico: 1.14. Determinación de la flecha¹⁷

1.9.4.1. Método de la Doble Integración

Es un Método que permite encontrar las ecuaciones matemáticas, nos da resultado una función matemática de la ordenada y otra para el giro de la elástica.

$$Y=f(x)$$

$$q=G(x)$$

Para una sección cualquiera que la magnitud del momento flector incide directamente en la magnitud de grado de curvatura de dicho punto.

El grado de curvamiento en las vigas es tan imperceptible que los arcos de la elástica tienen prácticamente su proyección horizontal.

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{M}{EI}$$

(Ecuación Diferencial de la Elástica)

¹⁷ www.cnrt.gov.ar

Primera integración

$$\int \left(\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \right) dx = \int \frac{M}{EI} dx$$

$$EI \left(\frac{\partial y}{\partial x} \right) = \int M dx + c$$

$$EI \theta = \int M dx + c$$

(Ec. Giro de la Elástica)

Segunda integración

$$\int EI \left(\frac{\partial y}{\partial x} \right) dx = \iint (M dx + c) dx$$

$$EI y = \iint M dx dx + C_1 x + C_2$$

(Ec. de la Ordenada de la Elástica)

EI : Constante a lo largo de la Viga

C_1 y C_2 son constantes de integración de cuyos valores estan en función de los apoyos de la viga.

1.9.5. Acciones Hidrostáticas fundamentales de Presión

Mide el efecto producido por una fuerza sobre una determinada superficie, la presión depende de dos factores: la fuerza y la superficie.

A mayor fuerza mayor presión

A mayor superficie menor presión

$$p = \frac{\text{fuerza}}{\text{superficie}}$$

Si la fuerza se mide en kg y la superficie en m², la unidad de presión es

kg/ m²; si la fuerza se mide en g y la superficie en cm², la unidad es: g/cm².

$$p = \frac{F}{S} = \frac{\text{Newton}}{m^2} = Pa$$

El Pascal representa la presión que ejerce la fuerza newton perpendicular a la superficie plana de un metro cuadrado.

Presión es la fuerza que actúa perpendicularmente sobre cada unidad de superficie.

1.9.5.1. **Presión en el interior de un líquido**

En un punto ubicado en el interior de una masa líquida se ejercen presiones en todas direcciones y sentidos de igual intensidad.

1.9.5.2. **La presión depende de la profundidad**

Todas las partículas pertenecientes a una misma superficie horizontal están sometidas a la misma presión y recíprocamente, partículas sometidas a igual presión en una masa líquida, pertenecen a la misma superficie horizontal.

Todas las partículas de la superficie libre de un recipiente abierto soportan la misma presión atmosférica.

1.9.5.3. Determinación del valor de la presión hidrostática

Si se tiene un recipiente lleno hasta el borde de un líquido en reposo. Se considera una superficie horizontal S a una distancia h desde el nivel. Todas las partículas líquidas ubicadas en la superficie S soportan la misma presión cuyo valor debe ser determinado.

Como esa presión es originada por el peso P de la columna líquida que tiene por base la superficie S.

$$P = \frac{\text{Peso}}{\text{Superficie}}$$

El peso P se obtiene multiplicando el volumen (V) por el peso específico (pe) del líquido.

$$P = pe * V$$

Reemplazando

$$P = \frac{pe * V}{S}$$

Como el volumen de la columna líquida es: $V = S * h$

Reemplazando

$$P = \frac{pe * S * h}{S} \Rightarrow P = pe * h$$

CAPÍTULO II

DISEÑO DEL BANCO DE PRUEBAS

En este capítulo se describe un banco de pruebas neumáticas para la detección de fisuras en las culatas, presentando los elementos de diseño. El banco será construido para el Laboratorio de Mecánica de la Universidad Internacional del Ecuador.

Para diseñar el banco de pruebas se utiliza un programa llamado Autodesk Inventor el cual nos permite realizar diseños mecánicos en 3D y simulación, además mecanizado y comunicación de diseños.

Este programa nos ayuda a rentabilizar un flujo de trabajo de diseño de prototipos digitales para diseñar y fabricar mejores productos en menos tiempo, permitiendo integrar con seguridad los datos de Auto CAD.

Como el modelo de Inventor es un prototipo digital 3D exacto, puede optimizar y validar los diseños digitalmente antes de fabricar un prototipo físico programa apto para realizar nuestro diseño.

2.1. DISEÑO DEL SOPORTE DE LA CULATA

Este soporte es el encargado de sujetar a la culata y poder llevar a cabo la prueba, el acrílico sellará todos los conductos de agua para hermetizar el sistema, este será presionado por dos apoyos transversales y dos apoyos longitudinales.

Para dar las medidas del soporte, apoyos y tapas de la culata tomamos en cuenta las medidas de la culata, las cuales se detallan a continuación:

- Ancho 16.5 cm
- Altura 14 cm
- Longitud 32 cm.

2.1.1. Calculo de la rodela del perno del soporte y espesor de la culata

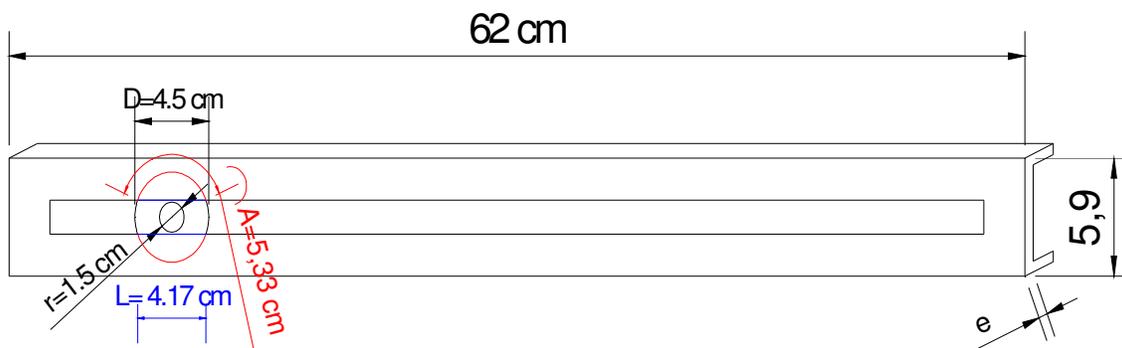


Gráfico: 2.1 Análisis de espesor del soporte

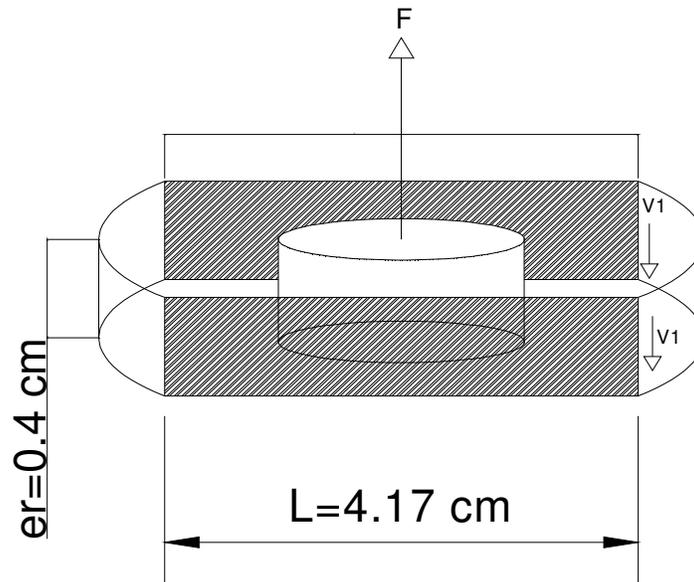


Gráfico: 2.2 Análisis del área de contacto de la rodela sobre el soporte

RODELA

$$\begin{aligned}
 A_1 &= L e_r \\
 A &= 2 A_1 = 2 L e_r \\
 \tau &= \frac{V}{A} = \frac{F}{2 L e_r} \\
 e_r \text{ min} &= \frac{F}{2 L \tau}
 \end{aligned}$$

SOPORTE

$$\begin{aligned}
 A_1 &= A e_s \\
 A &= 2 A_1 = 2 A e_s \\
 \tau &= \frac{V}{A} = \frac{F}{2 A e_s} \\
 e_s \text{ min} &= \frac{F}{2 A \tau}
 \end{aligned}$$

RODELA PERNO SUJETADOR DE LA CULATA							
ANÁLISIS AL CORTE							
DATOS:							
MATERIAL: acero							
F=	44,48	N					
ζ =	94,14	Mpa					
pi=	3,1416	rad					
F N	ζ Pa	L m	e min mm	e usado mm	ζ actuante MPa		
44,48	9,41E+07	0,0417	0,006	4,0	0,13		
<table border="1"> <tr> <td>FS %</td> </tr> <tr> <td>99,85837</td> </tr> </table>						FS %	99,85837
FS %							
99,85837							

ESPESOR DEL SOPORTE DE LA CULATA							
ANÁLISIS AL CORTE							
DATOS:							
MATERIAL: acero							
F=	44,48	N					
ζ =	94,14	Mpa					
pi=	3,1416	rad					
F N	ζ Pa	L m	es min mm	e usado mm	ζ actuante MPa		
44,48	9,41E+07	0,0533	0,004	4,0	0,10		
<table border="1"> <tr> <td>FS %</td> </tr> <tr> <td>99,88919</td> </tr> </table>						FS %	99,88919
FS %							
99,88919							

Tabla: 2.1 Resultados al cálculo de rodela y espesor

2.1.2. Cálculo de pernos sujeta culata

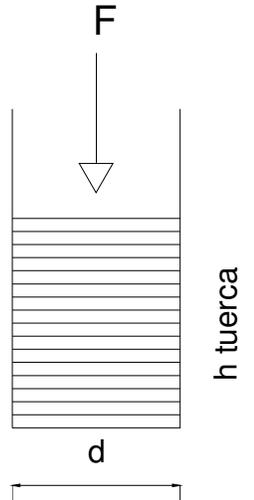


Gráfico: 2.3 Cálculo del perno

$$A = 2 \pi R h_{\text{tuerca}}$$

$$\tau = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{F}{\tau}$$

$$2 \pi R h_{\text{tuerca}} = \frac{F}{\tau}$$

$$2 R = \frac{F}{\tau \pi h_{\text{tuerca}}}$$

$$\phi_{\text{min}} = \frac{F}{\tau \pi h_{\text{tuerca}}}$$

PERNOS CULATA

ANÁLISIS AL CORTE

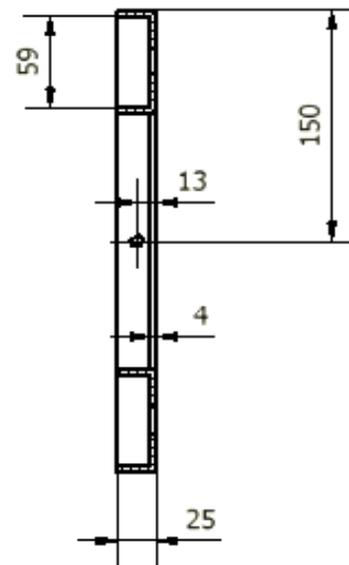
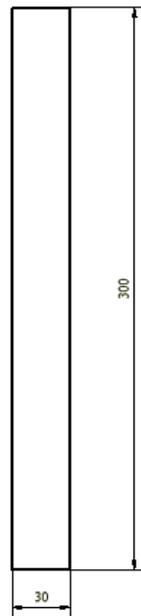
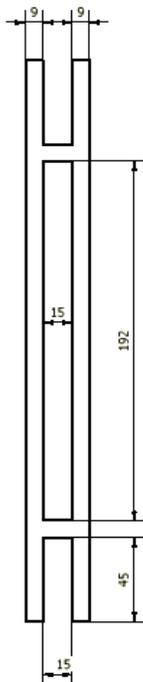
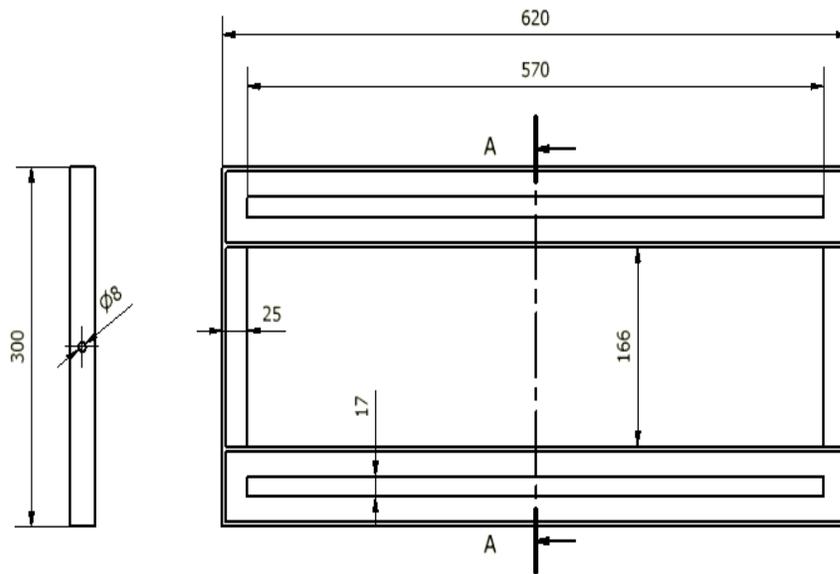
DATOS:

MATERIAL: acero
F= 44,48 N
 Φ int= 147,15 N
 ζ = 94,14 Mpa
 ρ i= 3,1416 rad
h tuerca= 14 mm

F N	ζ MPa	Φ mín. mm	Φ usado mm ²	ζ actuante MPa
44,48	94,14	0,01	147,2	0,007

FS %
99,99270

Tabla: 2.2 Resultados al cálculo de los pernos de la culata



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL: A 36	CANT:
Aprobado	30/11/2009	ING. A GAVILANEZ		T. T. :	DUREZA :
Revisado	30/11/2009	ING. A GAVILANEZ		CONTIENE:	
Dibujado	30/11/2009	REVELO-CASTILLO		Soporte de Culata	
Proyectad	30/11/2009	ING. A GAVILANEZ		ESC:	
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR INGENIERIA AUTOMOTRIZ				CODIGO: Gráfico: 2.4. .	1:5
				SUSTITUYE A:	Hoja /

2.2. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL BANCO Y TANQUE

La estructura del banco de pruebas será la encargada de soportar al tanque, el circuito eléctrico, y la culata.

2.2.1. Calculo de la mesa soporte

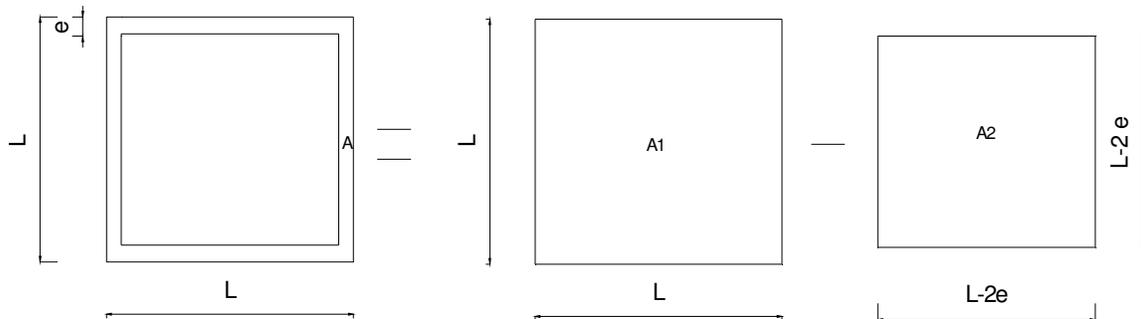


Gráfico: 2.6. Cálculo de la mesa soporte

$$\begin{aligned}A_1 &= L^2 \\A_2 &= (L - 2e)^2 \\A &= A_1 - A_2 \\A_{\min} &= \frac{F}{\sigma_{\text{comp}}} \\A_{\min} &= \frac{w_1 + w_2 + w_w}{\sigma_{\text{comp}}} \\ \sigma_{\text{actuante}} &= \frac{w_1 + w_2 + w_w}{4 A_{\text{usada}}}\end{aligned}$$

PATAS MESA

ANÁLISIS A COMPRESIÓN

DATOS:

MATERIAL: hierro dulce
W1= 245,25 N
W2= 147,15 N
Ww= 1139 N
 σ comp min= 88,26 Mpa
pi= 3,1416 rad

W1 N	W2 N	Ww N	σ MPa	A mín. mm ²	A usada mm ²	σ actuante MPa
245,25	147,15	1139	8,83E+01	4,337	603,2	2,54

FS

%

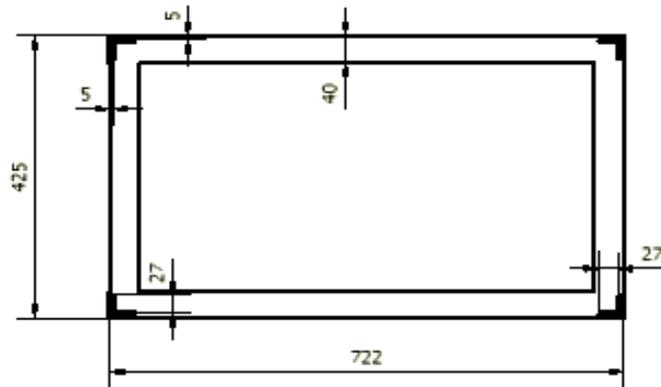
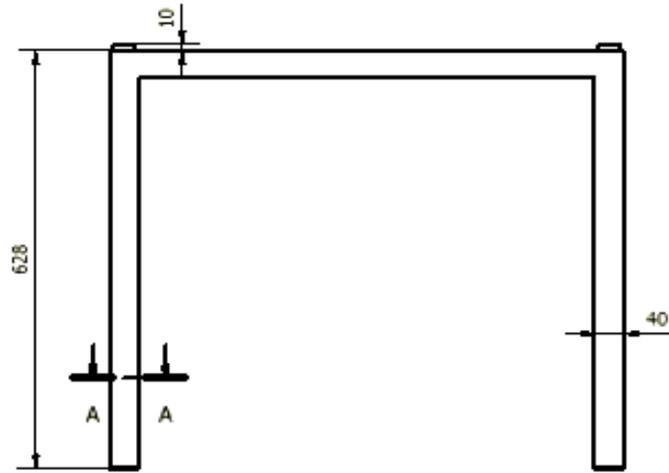
97,12396

Tabla: 2.3 Resultados al cálculo de las patas de la mesa

CORTE A-A (1:8)



Espesor del perfil



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL: A 36		CANT:
Aprobado	30/11/2009	ING. A GAVILANEZ		T. T. :	DUREZA :	1
Revisado	30/11/2009	ING. A GAVILANEZ		CONTIENE:		ESC:
Dibujado	30/11/2009	REVELO-CASTILLO		Mesa Soporte		1:8
Proyectad	30/11/2009	ING. A GAVILANEZ		CODIGO:		
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR INGENIERIA AUTOMOTRIZ				Gráfico: 2.7.		
				SUSTITUYE A:		

2.2.2. Calculo de la viga fija del soporte

2.2.2.1. Determinación del centro de gravedad

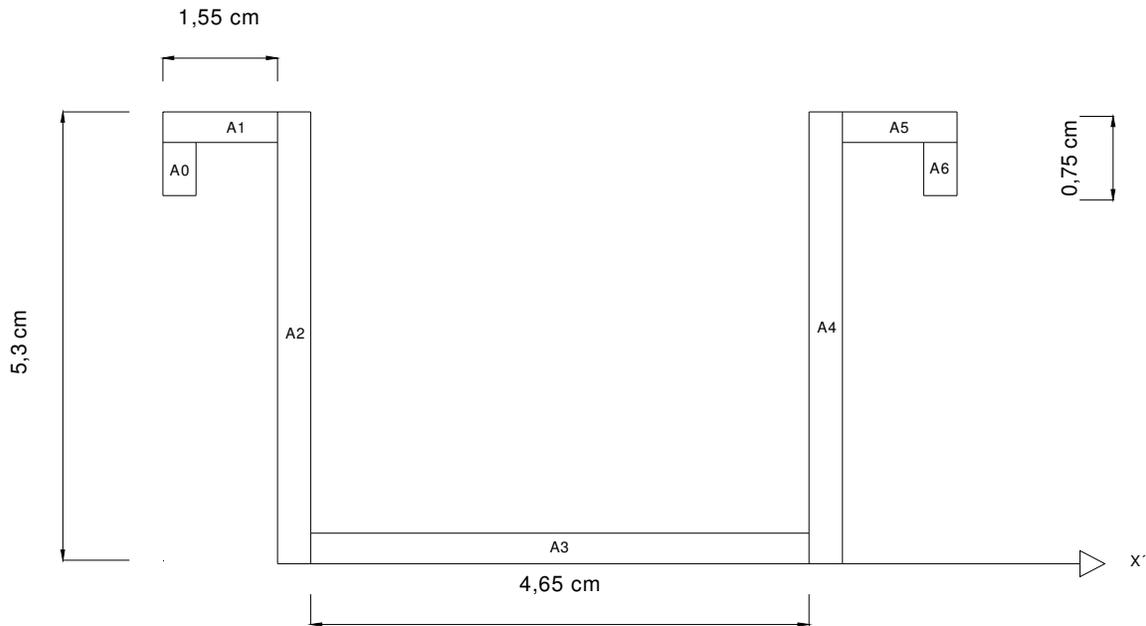


Gráfico: 2.7 Análisis del centro de gravedad

$$\Sigma S_x = 0$$

$$A_0 y_0 + A_1 y_1 + A_2 y_2 + A_3 y_3 + A_4 y_4 + A_5 y_5 + A_6 y_6 = A_T y$$

$$A_1 = A_5 \quad y_1 = y_5$$

$$A_0 = A_6 \quad y_0 = y_6$$

$$A_2 = A_4 \quad y_2 = y_4$$

$$A_0 y_0 + A_1 y_1 + A_2 y_2 + A_3 y_3 + A_2 y_2 + A_1 y_1 + A_0 y_0 = A_T y$$

$$2 A_0 y_0 + 2 A_1 y_1 + 2 A_2 y_2 + A_3 y_3 = A_T y$$

$$2 (A_0 y_0 + A_1 y_1 + A_2 y_2) + A_3 y_3 = A_T y$$

$$A_0 = (0,75 - 0,15) * 0,15 = 0,09 \text{ cm}^2 \quad A_3 = 4,65 * 0,15 = 0,70 \text{ cm}^2$$

$$A_1 = 1,55 * 0,15 = 0,233 \text{ cm}^2 \quad A_T = (0,09 + 0,233 + 0,79) * 2 + 0,70$$

$$A_2 = 5,3 * 0,15 = 0,79 \text{ cm}^2 \quad A_T = 2,926 \text{ cm}^2$$

$$y_0 = 5,3 - \left[\frac{0,75 - 0,15}{2} + 0,15 \right] = 4,85 \text{ cm}$$

$$y_1 = 5,3 - \frac{0,15}{2} = 5,225 \text{ cm}$$

$$y_2 = \frac{5,3}{2} = 2,65 \text{ cm}$$

$$y_3 = \frac{0,15}{2} = 0,075 \text{ cm}$$

$$2 (A_0 y_0 + A_1 y_1 + A_2 y_2) + A_3 y_3 = A_T y$$

$$2(0,09*4,85+0,233*5,225+0,79*2,65)+0,70*0,075=2,926y$$

$$7,49+0,0525=2,926y$$

$$Y=2,58 \text{ cm}$$

2.2.2.2. Determinación de la inercia

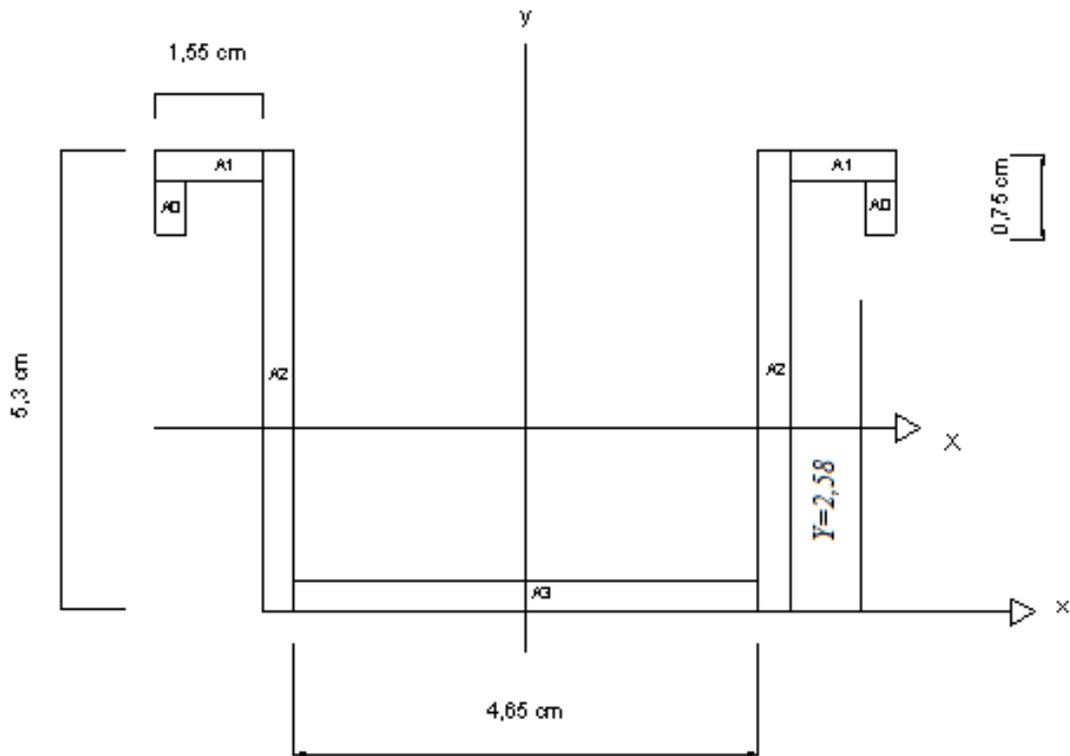


Gráfico: 2.8 Análisis de la inercia

$$I_0 = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{0,15 \times 0,6^3}{12} = 0,00270 \text{ cm}^4$$

$$I_1 = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{1,55 \times 0,15^3}{12} = 0,00044 \text{ cm}^4$$

$$I_2 = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{0,15 \times 5,3^3}{12} = 1,86000 \text{ cm}^4$$

$$I_3 = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{4,66 \times 0,15^3}{12} = 0,00130 \text{ cm}^4$$

$$a_0 = 2,72 - 0,15 - \left(\frac{0,75 - 0,15}{2}\right) = 2,27 \text{ cm}$$

$$a_1 = 2,72 - \frac{0,15}{2} = 2,65 \text{ cm}$$

$$a_2 = 2,58 - \frac{5,3}{2} = 0,07 \text{ cm}$$

$$a_3 = 2,58 - \frac{0,15}{2} = 2,51$$

FIGURA	I _x Cm ⁴	I _{xci}	Ai	ai	ai ²	Ai*ai ²
0	-	0,00270	0,0900	2,2700	5,15	0,46
1	-	0,00044	0,2330	2,6500	7,02	1,64
2	-	1,86000	0,7900	0,0700	0,00409	0,00323
3	-	0,00130	0,7000	2,5100	6,3	4,41

Tabla: 2.4 Datos tabulados

$$I_{XF} = I_{xi} + \Sigma I_{xci} + \Sigma Ai ai^2$$

$$I_{xi} = 0$$

$$I_{XF} = \Sigma I_{xci} + \Sigma Ai ai^2$$

$$I_{XF} = (0,0027 + 0,00044 + 1,86) * 2 + 0,0013 + 2 * (0,46 + 1,62 + 0,00323) + 4,41$$

$$I_{XF} = 3,73 + 8,58$$

$$I_{XF} = 12,30 \text{ cm}^4$$

2.2.2.3. Determinación de la flecha máxima

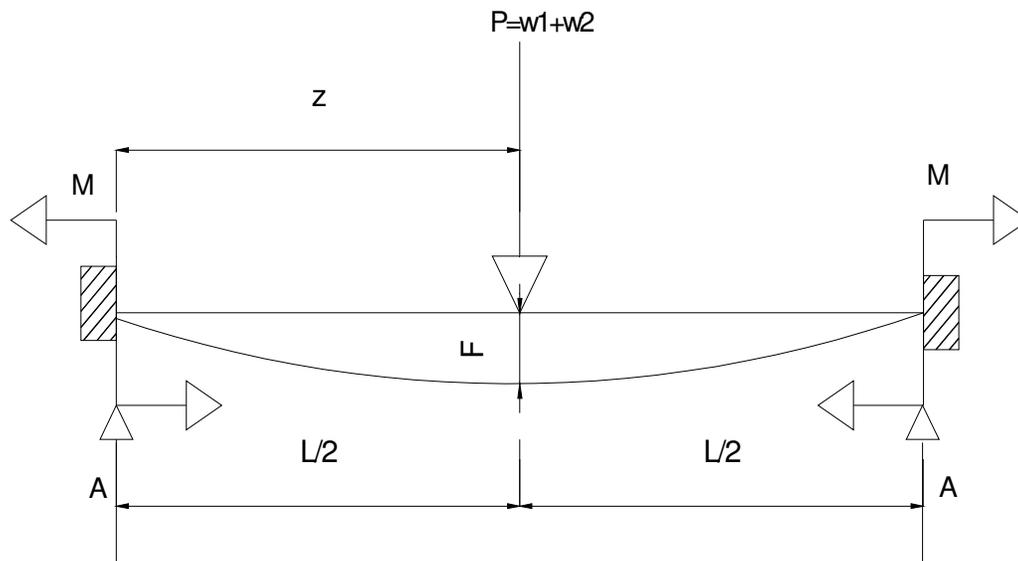


Gráfico: 2.9
Análisis de la
flecha máxima

$$\begin{aligned}\Sigma F_y &= 0 \\ -P + 2A &= 0 \\ A &= \frac{P}{2}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma M_{L/2} &= 0 \\ -M + \frac{PL}{2} &= 0 \\ M &= \frac{PL}{4}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 EIy'' &= \Sigma M \\
 EIy'' &= AZ - MZ^0 \\
 EIy' &= \frac{AZ^2}{2} - MZ + D \\
 EIy' &= \frac{PZ^2}{4} - \frac{PLZ}{4} + D \\
 EIy &= \frac{AZ^3}{6} - \frac{MZ^2}{2} + DZ + B \\
 EIy &= \frac{PZ^3}{12} - \frac{PLZ^2}{8} + DZ + B
 \end{aligned}$$

2.2.2.4. Condiciones de Borde

$$\begin{aligned}
 \text{Si } Z = \frac{L}{2} \rightarrow y' = 0 \quad \wedge \quad y = 0 \\
 0 &= \frac{P(L/2)^2}{4} - \frac{PL(L/2)}{4} + D \\
 D &= -\frac{PL^2}{16} + \frac{PL^2}{8} \\
 D &= \frac{PL^2}{16} \\
 0 &= \frac{PZ^3}{12} - \frac{PLZ^2}{8} + DZ + B \\
 0 &= \frac{P(L/2)^3}{12} - \frac{PL(L/2)^2}{8} + \frac{PL^2}{16}(L/2) + B \\
 0 &= \frac{PL^3}{96} - \frac{PL^3}{32} + \frac{PL^3}{32} + B \\
 B &= -\frac{PL^3}{96}
 \end{aligned}$$

2.2.2.5. Ecuación general de la flecha

$$\begin{aligned}
 EIy &= \frac{PZ^3}{12} - \frac{PLZ^2}{8} + \frac{PL^2Z}{16} - \frac{PL^3}{96} \\
 \text{Si } Z=0 \rightarrow y &= F \text{ máx.} \\
 F_{\text{máx.}} &= -\frac{PL^3}{96 EI} = -\frac{PL^3}{96 EI_{\text{XF}}}
 \end{aligned}$$

VIGA TRAVESAÑO FIJO						
ANÁLISIS A FLEXIÓN						
DATOS:						
MATERIAL: hierro dulce						
W1=	245,25	N				
W2=	147,15	N				
Ix=	1,955E-07	m ⁴				
E=	172	Gpa				
W1	W2	P	Ix	L	E	f máx.
N	N	N	m ⁴	m	Pa	mm
245,25	147,15	392,4	1,23E-07	0,715	1,72E+11	-0,07

Tabla: 2.5. Resultados al cálculo de la viga

2.2.2.6. Calculo unión columna - mesa

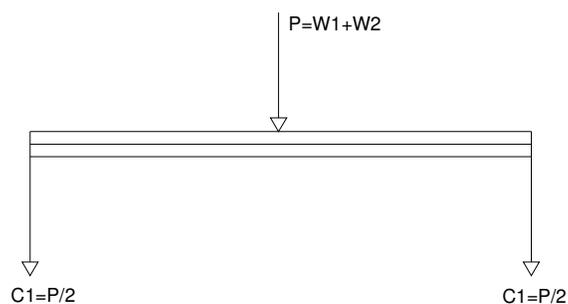
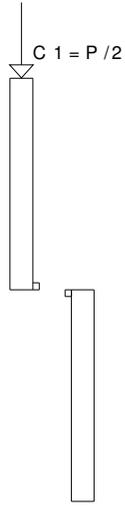


Gráfico: 2.10 Cálculo de la unión columna – mesa

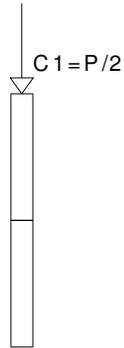
$$\begin{aligned} \Sigma F_y &= 0 \\ -P - 2C1 &= 0 \\ C1 &= \frac{P}{2} \end{aligned}$$

2.2.2.7. Análisis al corte



$$\tau = \frac{C1}{A}$$
$$\tau = \frac{P}{2A}$$
$$A = 2 A_{min}$$
$$A_{min} = \frac{P}{4\tau}$$

2.2.2.8. Análisis a compresión



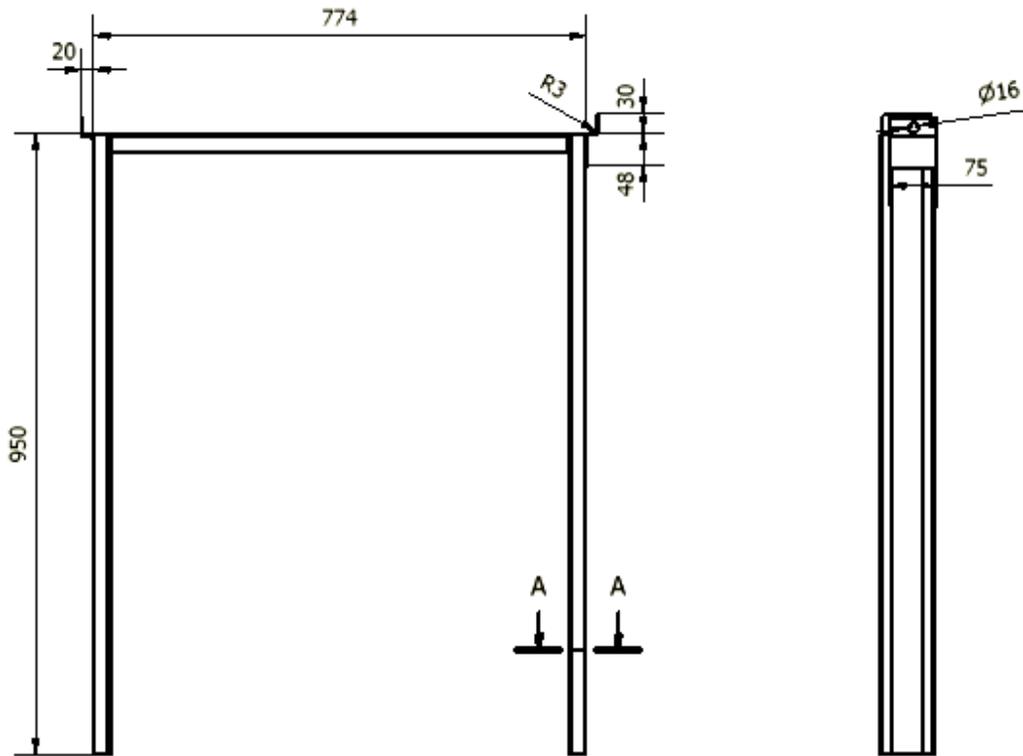
$$\sigma_{comp} = \frac{C1}{A}$$
$$\sigma_{comp} = \frac{P}{2 A_{min}}$$
$$A_{min} = \frac{P}{2 \sigma_{comp}}$$

UNIÓN COLUMNA – MESA				
ANÁLISIS AL CORTE				
DATOS:				
MATERIAL:	acero			
W1=	245,25	N		
W2=	147,15	N		
ζ=	94,14	Mpa		
pi=	3,1416	rad		
W1	W2	P	ζ	A mínimas pasador o suelda
N	N	N	Pa	mm ²
245,25	147,15	392,4	9,41E+07	1,042

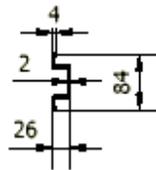
Tabla: 2.6 Resultados al cálculo unión columna - mesa

ANÁLISIS A COMPRESIÓN									
DATOS:									
MATERIAL:	hierro dulce								
W1=	206,01	N							
W2=	147,15	N							
σ comp min=	88,26	MPa							
pi=	3,1416	rad							
W1	W2	P	σ	A mín	A usada	σ actuante			
N	N	N	Pa	cm ²	cm ²	MPa			
206,01	147,15	353,16	8,8E+07	0,0200	1,818	0,97			
			<table border="1"> <tr> <td>FS</td> </tr> <tr> <td>%</td> </tr> <tr> <td>98,89952</td> </tr> </table>				FS	%	98,89952
FS									
%									
98,89952									

Tabla: 2.7 Resultados del cálculo a compresión



CORTE A-A (1 : 10)



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL: A 36	CANT:
Aprobado	30/11/2009	ING. A GAVILANEZ		T. T. :	1
Revisado	30/11/2009	ING. A GAVILANEZ		DUREZA :	
Dibujado	30/11/2009	REVELO-CASTILLO		CONTIENE:	ESC:
Proyectad	30/11/2009	ING. A GAVILANEZ		Columnas	1:8
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR INGENIERIA AUTOMOTRIZ				CODIGO: Gráfico: 2.11.	
				SUSTITUYE A:	Hoja /

2.2.2.9. Cálculo rodela travesaño móvil (R)

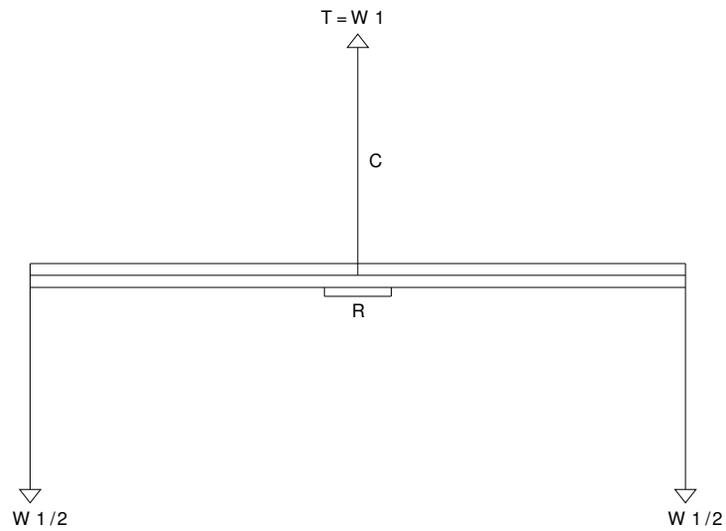


Gráfico: 2.12 Cálculos en el travesaño móvil

$$\begin{aligned}\Sigma F_y &= 0 \\ T - \frac{W_1}{2} - \frac{W_1}{2} &= 0 \\ T - W_1 &= 0 \\ T &= W_1\end{aligned}$$

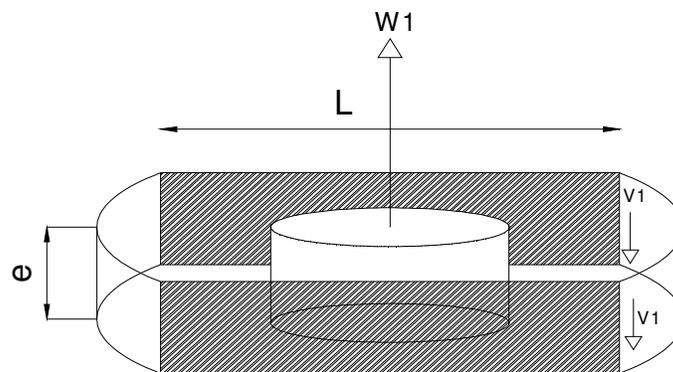


Gráfico: 2.13 Secciones de corte de la rodela

$$A_1 = L e$$

$$A = 2 A_1 = 2 L e$$

$$\tau = \frac{V}{A} = \frac{W_1}{2 L e}$$

$$e_{\min} = \frac{W_1}{2 L \tau}$$

RODELA -TRAVESAÑO MÓVIL							
ANÁLISIS AL CORTE							
DATOS:							
MATERIAL:	acero						
w1=	245,25	N					
ζ =	94,14	Mpa					
pi=	3,1416	rad					
W1 N	ζ Pa	L m	e min mm	e usado mm	ζ actuante MPa		
245,25	9,41E+07	0,0217	0,06	2,5	2,26		
<table border="1"> <tr> <td>FS %</td> </tr> <tr> <td>97,59893</td> </tr> </table>						FS %	97,59893
FS %							
97,59893							

Tabla: 2.8. Resultados al cálculo rodela travesaño

2.2.2.10. Pernos soporte móvil - platinas (P1)

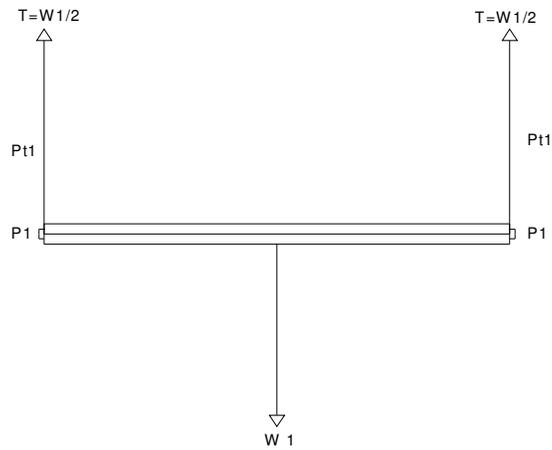


Gráfico: 2.14 Tensiones en la viga

$$\Sigma F_y = 0$$

$$-W_1 + 2T = 0$$

$$T = \frac{W_1}{2}$$

2.2.2.11. Análisis al corte

$$\tau = \frac{W_1}{4A_1}$$

$$\tau = \frac{W_1}{4 \left(\frac{\pi}{4} \times \varnothing^2 \right)} = \frac{W_1}{(\pi \times \varnothing^2)}$$

$$\varnothing_{\min} = \sqrt{\frac{W_1}{\pi \times \tau}}$$

PERNOS SOPORTE MÓVIL – PLATINAS

ANÁLISIS AL CORTE

DATOS:

MATERIAL: acero
 $w_1 = 245,25$ N
 $\zeta = 94,14$ Mpa
 $\pi = 3,1416$ rad

W1 N	ζ Pa	Φ min mm	Φ usado Mm	ζ actuante MPa
245,25	9,41E+07	0,91	8	4,88

FS %
94,81719

Tabla: 2.9 Resultados al cálculo pernos soporte

2.2.2.12. Platinas fijas del travesaño móvil (Pt1)

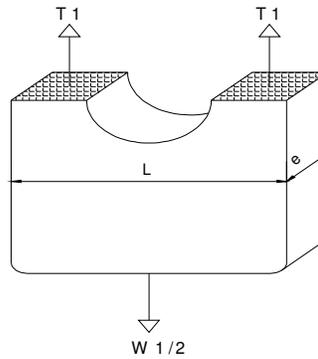


Gráfico: 2.15 Análisis a tracción

del travesaño

$$\sigma_{tracc} = \frac{2 T_1}{A_1}$$

$$\sigma_{tracc} = \frac{\frac{w_1}{2}}{(L - \emptyset) e}$$

$$e = \frac{w_1}{2 (L - \emptyset) \sigma_{tracc}}$$

PLATINAS FIJAS DEL TRAVESAÑO MÓVIL								
ANÁLISIS A TRACCIÓN								
DATOS:								
MATERIAL: hierro dulce								
W1=	206,01	N						
σ tracción min=	88,26	MPa						
pi=	3,1416	rad						
W1 N	σ Pa	B m	Φ orificio Mm	e min mm	e usado mm	σ actuante MPa		
206,01	8,83E+07	0,05	8	0,00003	4	0,001		
				<table border="1"> <tr> <td>FS %</td> </tr> <tr> <td>99,99861</td> </tr> </table>			FS %	99,99861
FS %								
99,99861								

Tabla: 2.10 Resultados numéricos de cálculos a tracción de platinas fijas

2.2.2.13. Calculo de la cuerda (C)

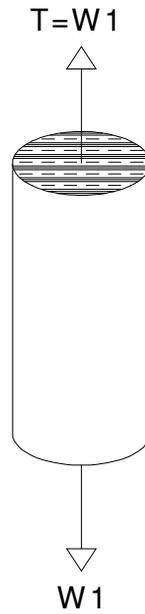


Gráfico: 2.16 Análisis a tracción

$$\sigma_{tracc} = \frac{T}{A}$$

$$A = \frac{T}{\sigma_{tracc}}$$

$$\frac{\pi}{4} \times \varnothing^2 = \frac{W_1}{\sigma_{tracc}}$$

$$\varnothing^2 = \frac{4 W_1}{\pi \sigma_{tracc}}$$

$$\varnothing = \sqrt{\frac{4 W_1}{\pi \sigma_{tracc}}}$$

CALCULO CUERDA

ANÁLISIS A TRACCIÓN

DATOS:

MATERIAL: hierro dulce

W1= 206,01 N

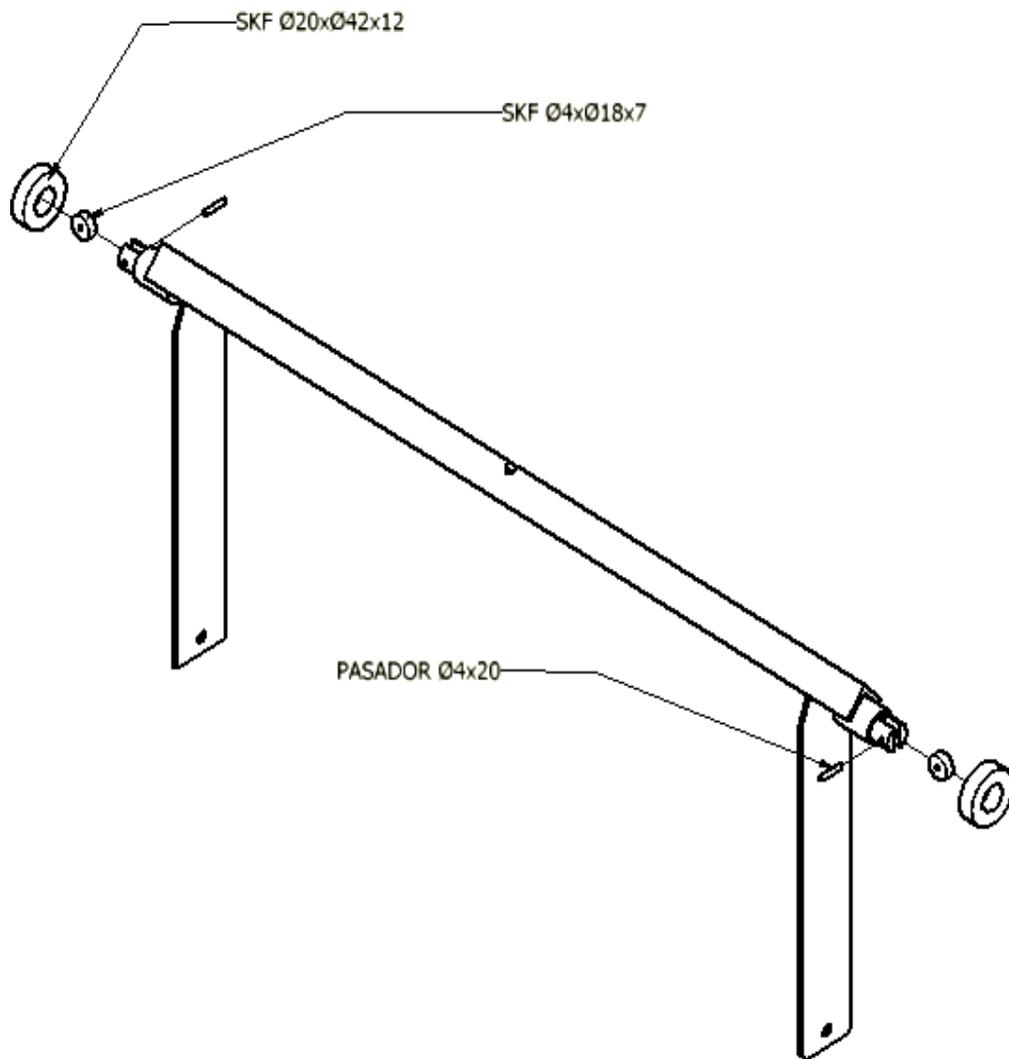
σ tracción min= 40 MPa

ρ_i = 3,1416 rad

W1 N	σ Pa	Φ min mm	Φ usado Mm	σ actuante MPa
206,01	4,00E+07	2,6	5	10,5

FS %
73,76999

Tabla: 2.11 Resultados numéricos de cálculos a tracción de la cuerda



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL: A 36	CANT:
Aprobado	30/11/2009	ING. A GAVILANEZ		T. T. : DUREZA :	1
Revisado	30/11/2009	ING. A GAVILANEZ		CONTIENE:	ESC:
Dibujado	30/11/2009	REVELO-CASTILLO		Travesaño Movil con rodamientos	1:8
Proyectad	30/11/2009	ING. A GAVILANEZ		CODIGO:	
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR INGENIERIA AUTOMOTRIZ				Gráfico: 2.18.	
				SUSTITUYE A:	

2.2.3. Calculo en el tanque

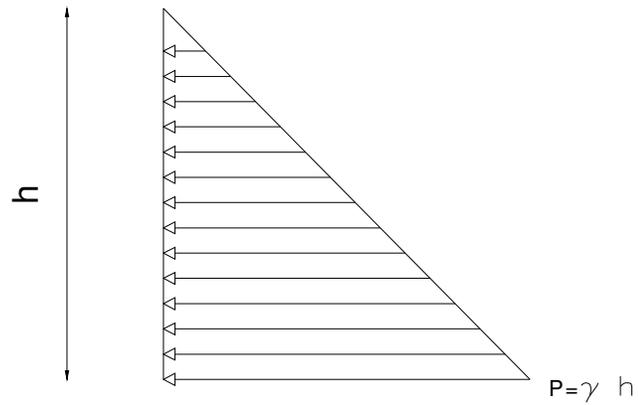
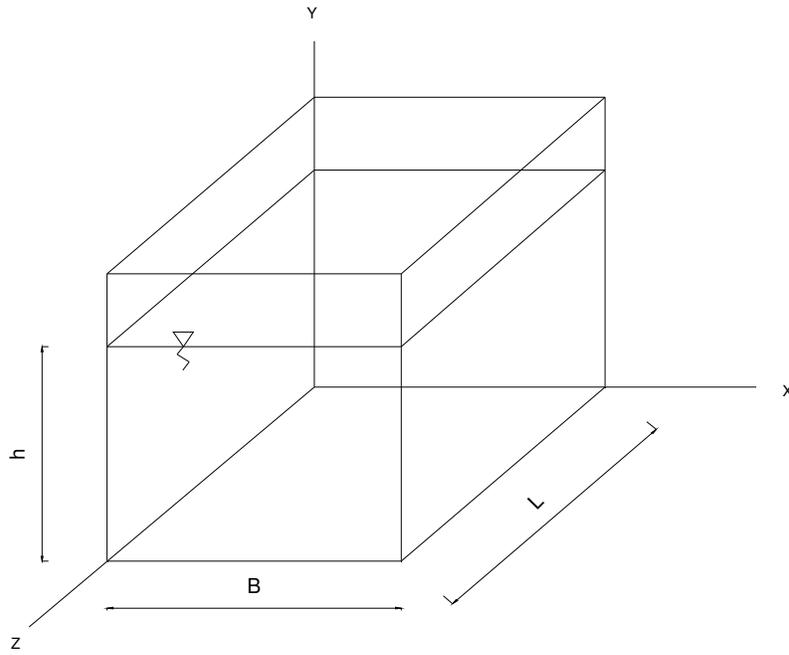
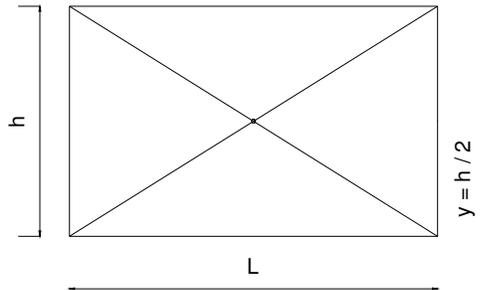
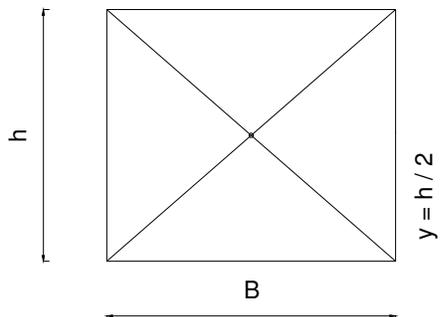


Gráfico: 2.19 Presión en el tanque

2.2.3.1. Calculo de las fuerzas en las caras laterales



$$R_{x1} = P_{cdg} A1$$
$$R_{x1} = \gamma \left[\frac{h}{2} \right] L h$$
$$R_{x1} = \frac{\gamma}{2} L h^2$$



$$R_{x2} = P_{cdg} A2$$
$$R_{x2} = \gamma \left[\frac{h}{2} \right] B h$$
$$R_{x2} = \frac{\gamma}{2} B h^2$$

2.2.3.2. Calculo de la fuerza en la cara inferior

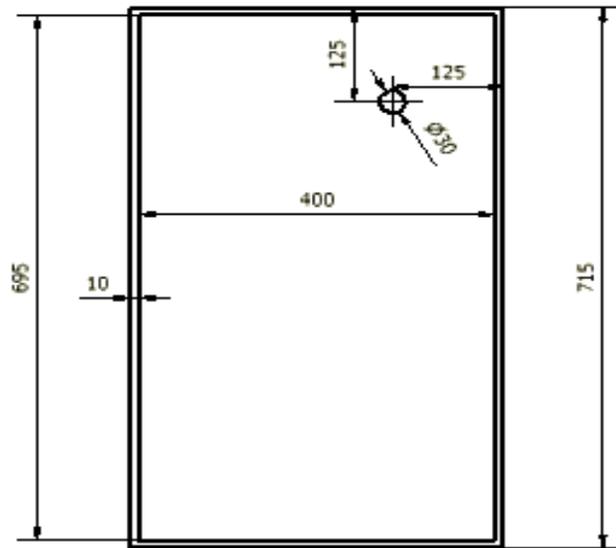
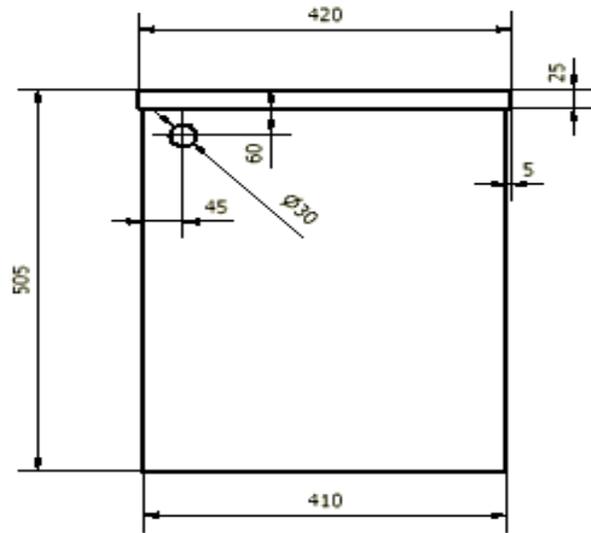
$$R_y = \gamma (\text{volumen de agua})$$
$$R_y = \gamma (L B h)$$
$$R_y = \gamma L B h$$

TANQUE		
PRESIÓN EN EL FONDO		
DATOS:		
MATERIAL:	acrílico	
L=	0,700	m
B=	0,415	m
e=	0,006	m
h=	0,400	m
	γ H₂O N/m ³	H M
	9800	0,400
		P Pa
		3920

Tabla: 2.12 Resultados numéricos de cálculos en el tanque

FUERZAS EN LAS CARAS									
CARAS	L m	B m	h m	A m ²	Y _{cdg} m	γ H ₂ O N/m ³	P _{cdg} Pa	R _x N	R _y N
transversales	0,700	0,415	0,400	0,166	0,2	9800	1960	325,4	-
longitudinales	0,700	0,415	0,400	0,28	0,2		1960	548,8	-
inferior	0,700	0,415	0,400	0,2905	-		-	-	1139

Tabla: 2.13 Resultados al cálculo de fuerzas en las caras



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL: A 36	CANT:
Aprobado	30/11/2009	ING. A GAVILANEZ		T. T. :	1
Revisado	30/11/2009	ING. A GAVILANEZ		DUREZA :	
Dibujado	30/11/2009	REVELO-CASTILLO		CONTIENE:	ESC:
Proyectad	30/11/2009	ING. A GAVILANEZ		Tanque	1:8
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR INGENIERIA AUTOMOTRIZ				CODIGO: Gráfico: 2.20.	
				SUSTITUYE A:	

2.3. DISEÑO DEL CIRCUITO ELÉCTRICO

2.3.1. Voltajes

VOLTAJE NECESARIO control del motor 12V DC (Corriente continua)

VOLTAJE ENTRADA 110V AC (Corriente alterna)

2.3.2. Indicadores

LUZ PILOTO VERDE: Encendido general

LUZ PILOTO AMARILLA: Sistema en ascenso o descenso.

2.3.3. Rectificación del rizado

TRANSFORMADOR 110V/13.5 V AC = valor de voltaje rectificado

PUENTE DE DIODOS DE 6A (6 Amperios)

CAPACITOR (300 mF)

2.3.4. Sistema de control o mando

Se cuenta con tres contactores a 110V

1 Contactor: Encendido y Apagado general

2 Contactor: Sistema en ascenso

3 Contactor: Sistema en descenso

Sw1= Pulsador principal (Sistema on/off General)

P1= Pulsador sistema en ascenso.

P2= Pulsador en descenso.

2.4. RECTIFICACIÓN DE LA ONDA

Se utilizará un transformador para reducir el nivel de voltaje pico, en este caso se utilizó un transformador de 110V AC / 13.5V DC con el fin de tener un voltaje manejable.

La rectificación en este caso se realizó con un puente de 4 diodos de 6A, también se lo puede realizar con los puentes que ya vienen integrados en una sola pastilla.

El filtrado está a cargo de los capacitores, en este caso con uno de 300 mF a 300 V es suficiente, se utilizó este para mejorar el filtrado y reducir el ripple.

2.4.1. Funcionamiento

El transformador es alimentado por 110V a 60 Hz y entrega en su secundario 13.5V AC, entran a la etapa de rectificado a cargo de los diodos, estos convierten la corriente alterna en corriente continua, luego los capacitores encargados de filtrar terminan de eliminar cualquier componente de alterna que haya quedado de la etapa anterior y deja la onda lo más plana posible, de ahí se podría colocar integrados para su regulación, en este caso se consiguió un capacitor de gran valor por lo cual ya se tiene un voltaje constante a la salida.

El transformador en sí, es un reductor de tensión de alterna a alterna (en este caso de 110 a 13.5). Luego sabemos que el valor eficaz de tensión es 13.5V y ahí ya podemos ir despejando hasta llegar a VDC de la siguiente manera.

2.4.2. Para una rectificación de onda completa

$$V_{ef} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} \rightarrow V_p = V_{ef} * 1.4142$$

$$V_{p1} = V_p - V_D$$

$$V_{dc} = \frac{V_{p1}}{\pi} * 2$$

V_{ef}: voltaje eficaz

V_p: voltaje pico

V_D: voltaje de caída en los diodos

V_{dc}: voltaje continuo a la salida

2.4.3. En la práctica

$$V_{ef} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} \rightarrow V_p = 13.5 * 1.4142 = 19.09$$

$$V_{p1} = 19.09 - 0.7 = 18.39$$

$$V_{dc} = \frac{18.39}{\pi} * 2 = 11.71 \approx 12V_{dc}$$

2.4.4. Simulación en el software Proteus 7.1

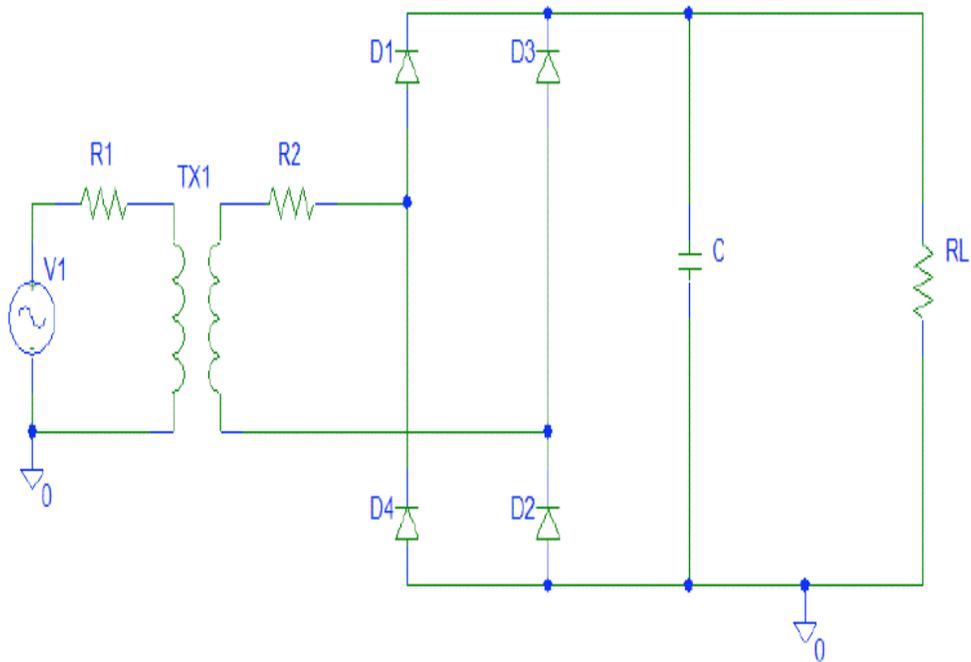


Gráfico: 2.21 Circuito Eléctrico

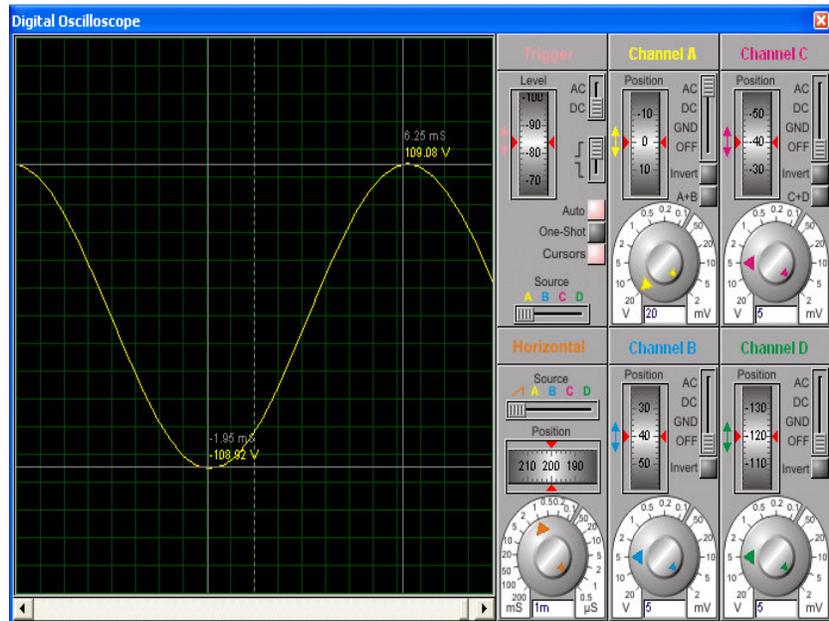


Gráfico: 2.22 Señal de entrada al transformador

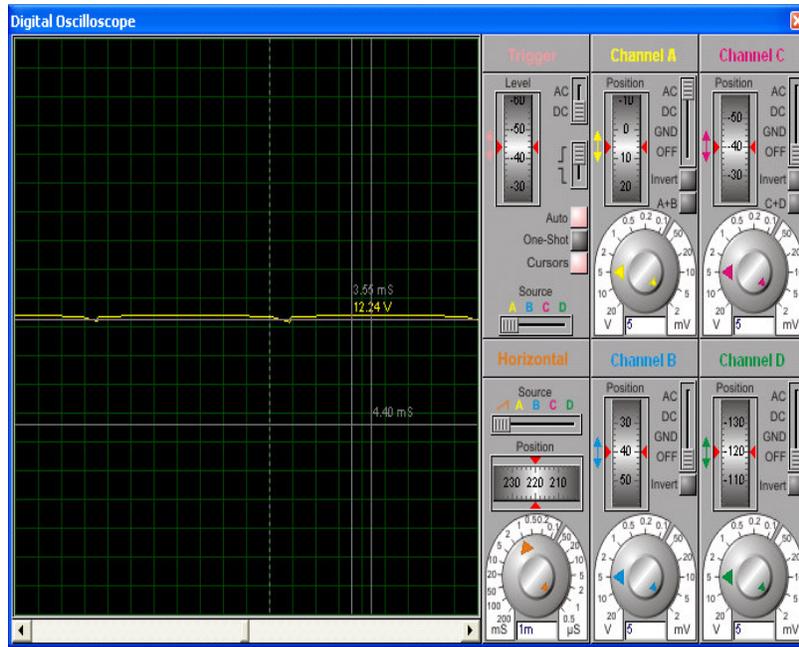
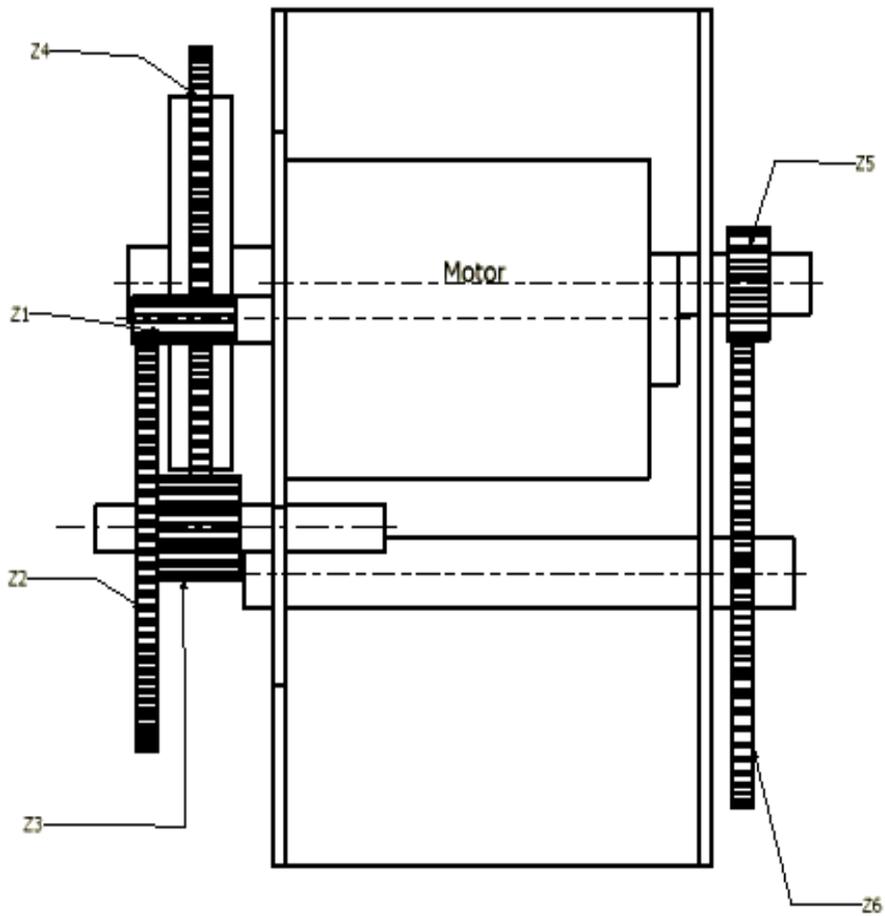


Gráfico: 2.25 Salida luego del capacitor o voltaje de salida

2.5. SELECCIÓN DEL MOTOR ELÉCTRICO

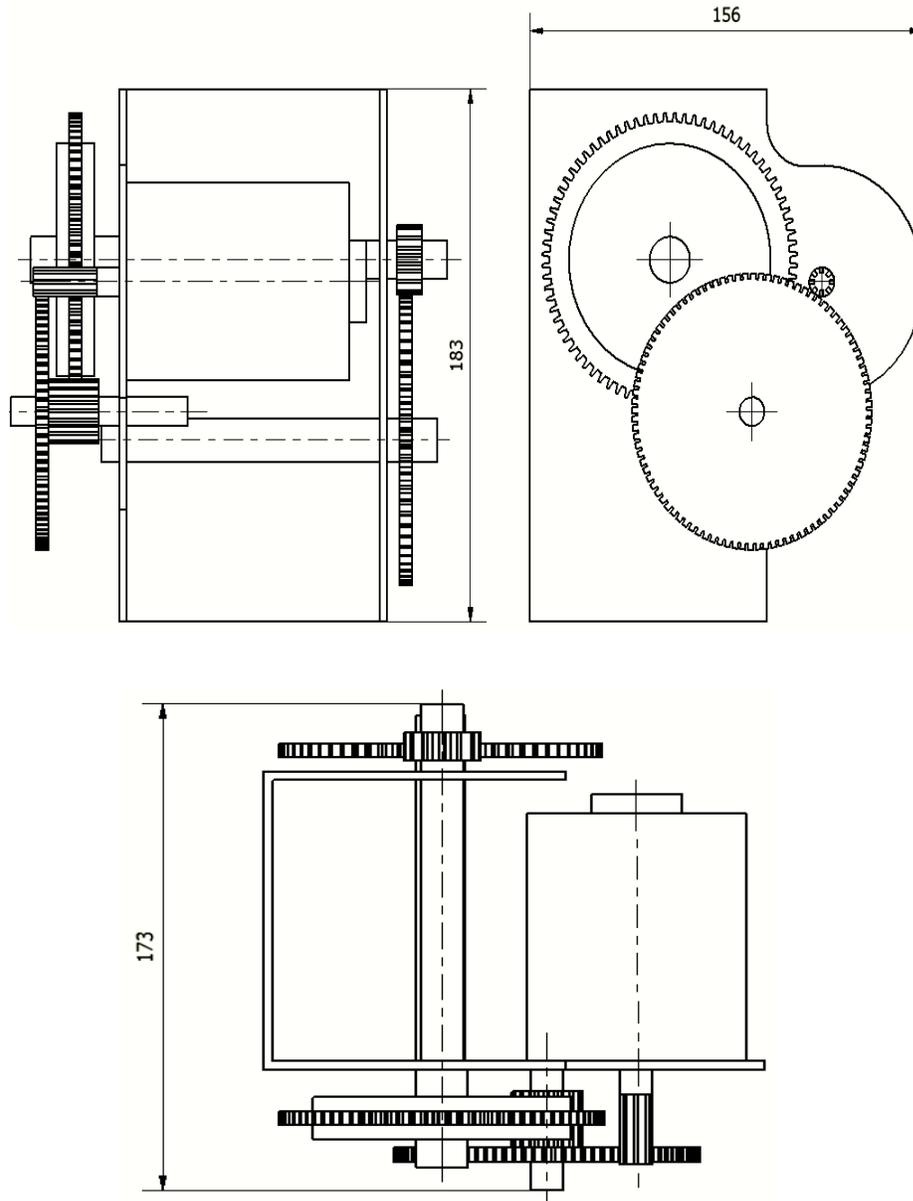
El motor eléctrico será el encargado de proporcionar la fuerza necesaria para levantar y bajar a la culata, para ello realiza una relación de transmisión, por medio de desmultiplicación de velocidad a través de piñones conectados a él, es decir cuando el motor gira a 274.26 revoluciones transmite su movimiento circular al piñón número seis a una revolución, permitiendo subir y bajar a la culata.



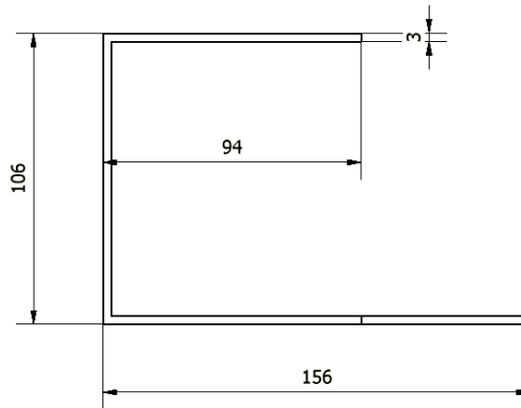
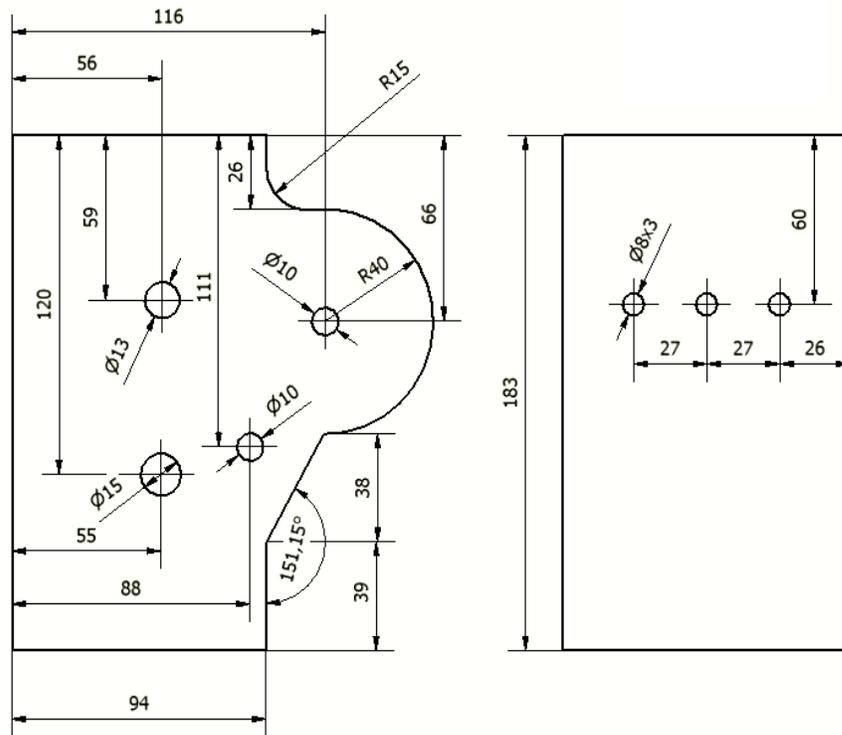
Número de Engrane	Número de Dientes
Z1	8
Z2	96
Z3	16
Z4	80
Z5	14
Z6	64

$$Z2/Z1 \cdot Z4/Z3 \cdot Z6/Z5 = r ; r = 274,26/1$$

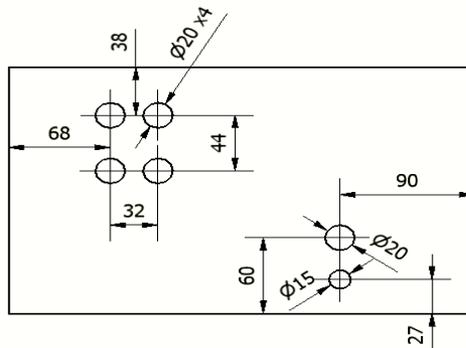
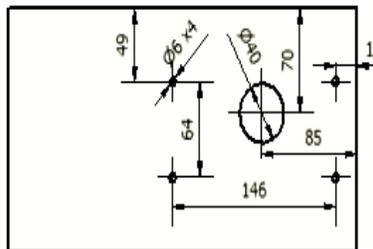
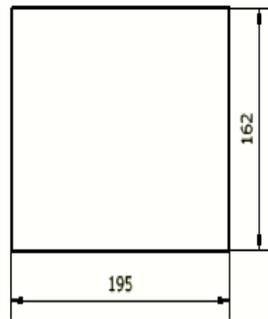
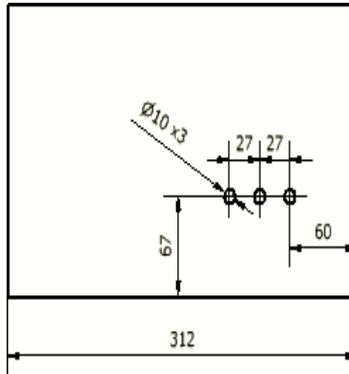
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL: A 36	CANT:
Aprobado	30/11/2009	ING. A GAVILANEZ		T. T. : DUREZA :	1
Revisado	30/11/2009	ING. A GAVILANEZ		CONTIENE:	ESC:
Dibujado	30/11/2009	REVELO-CASTILLO		Relación de Transmisión del Tren de Engranes	1:8
Proyectad	30/11/2009	ING. A GAVILANEZ		CODIGO:	
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR INGENIERIA AUTOMOTRIZ				Gráfico: 2.26.	
				SUSTITUYE A:	



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL: A 36	CANT:
Aprobado	30/11/2009	ING. A GAVILANEZ		T. T. :	1
Revisado	30/11/2009	ING. A GAVILANEZ		DUREZA :	
Dibujado	30/11/2009	REVELO-CASTILLO		CONTIENE:	ESC:
Proyectad	30/11/2009	ING. A GAVILANEZ		Caja de Control (Medidas Totales del Tren de Engranés)	1:8
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR INGENIERIA AUTOMOTRIZ				CODIGO: Gráfico: 2.27.	 Hoja /
				SUSTITUYE A:	



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL: A 36	CANT:
Aprobado	30/11/2009	ING. A GAVILANEZ		T. T. :	1
Revisado	30/11/2009	ING. A GAVILANEZ		DUREZA :	
Dibujado	30/11/2009	REVELO-CASTILLO		CONTIENE: Soporte del tren de Engranés	ESC: 1:8
Proyectad	30/11/2009	ING. A GAVILANEZ			
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR INGENIERIA AUTOMOTRIZ				CODIGO: Gráfico: 2.28.	 Hoja /
				SUSTITUYE A:	



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	MATERIAL: A 36	CANT:
Aprobado	30/11/2009	ING. A GAVILANEZ		T. T. :	DUREZA :
Revisado	30/11/2009	ING. A GAVILANEZ		CONTIENE:	ESC:
Dibujado	30/11/2009	REVELO-CASTILLO		Caja de Control (Armazón)	1:8
Proyectad	30/11/2009	ING. A GAVILANEZ		CODIGO:	
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR INGENIERIA AUTOMOTRIZ				Gráfico: 2.29.	
				SUSTITUYE A:	

2.6. ELECCIÓN DEL COMPRESOR ACORDE A LOS PLANOS

Para el correcto funcionamiento de este sistema se utilizara manguera de $\frac{1}{4}$ de diámetro para hacer fluir el aire a presión a través del compresor y con la ayuda de un manómetro el cual permitirá controlar el nivel de presión con el que trabajará todo el equipo.

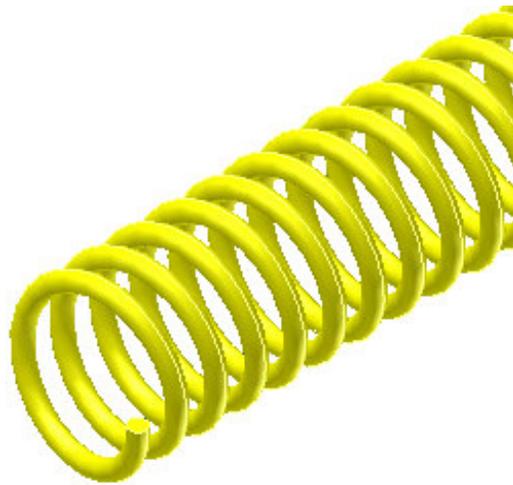


Gráfico: 2.30 Manguera de aire de $\frac{1}{4}$.

Se comprobó que la presión de trabajo máxima de la culata que se analizara es de 3 bar o 43.51 PSI, razón por la cual se ha elegido el compresor con las siguientes características.

Modelo: PCO 0224

Volts/Hz: 110 V/ 60 Hz de transmisión directa

Power: 2 Hp

Max. Presión: 120 PSI

Velocidad: 3450 rpm con u motor eléctrico de 6 AMP.

Aire que entrega: 168 L/min

Tank: 24L

PCO-0224



Figura 2.31 Compresor marca porten

CAPITULO III

CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS

En base al diseño ya estructurado en el anterior capítulo de cada uno de los elementos que formarán parte del banco de pruebas, se da lugar a su construcción, para lo cual los materiales utilizados son:

- El hierro.
- El Acrílico.

3.1. EL HIERRO

Se utiliza para la construcción de la estructura del banco y soporte de la culata, para ello se utilizará un electrodo celulósico E 6011 que por su alto contenido de celulosa que llevan un su revestimiento es ideal para este trabajo; y, según las normas ASME y AWS E 6011 tiene buenas características como: elasticidad, ductilidad, resistencia, alta penetración estabilizado con potasio para funcionar en todas posiciones incluyendo la vertical descendente y solidificación rápida ayudando a obtener una buena resistencia con un acabado ideal por la poca formación de escoria.

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL ELECTRODO E 6011
SEGÚN NORMA AWS.**

DIMENSIONES	
Largo	350 mm.

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Resistencia a la Tensión	414 MPa (60 000) psi
Límite Elástico	331 MPa (48 000) psi
Elongación en 50 mms.	22%
Impacto en probetas Charpy 29° C	27 Joules

COMPOSICIÓN DEL ELECTRODO	
Química	Carbono 0,14 %
Típica elemental	Manganeso 0,52 %

PORCENTAJE AL SOLDAR	
Depositado	Azufre 0,01 %
	Silicio 0,25 %

APLICACIONES	
Grado de Aceros	A36, A105, A285, A515.

APROBACIÓN
AMERICAN BUREAU OF SHIPPING

POSICIONES AL SOLDAR
Plana
Horizontal
Sobre cabeza
Vertical ascendente
Vertical descendente



CORRIENTE Y POLARIDAD		
ϕ mm	ϕ pulg	Amperaje
2.50	3/32.	70 - 90
3.20	1/8.	90 - 120
4.00	5/32.	120 - 150
5.00	3/16.	150 - 180

Tabla: 3.1. Corriente y Polaridad

3.2. EL ACRÍLICO

Tiene un papel importante en la elaboración del tanque, el mando principal donde se montará el sistema eléctrico y las tapas de culata que ayudarán a hermetizar de mejor manera este sistema.

PROPIEDADES
Fácil pulido y maquinado
Buena capacidad de termo formado
Reciclable
Gran resistencia a los agentes atmosféricos
Excelente transparencia y transmitancia (92%)
Buena resistencia mecánica
Acabado de alto brillo o con texturas

¹⁹**Tabla: 3.2** Propiedades del Acrílico

¹⁹ Tabla 3.2 Guía de información básica de acrílico.

3.3. CONSTRUCCIÓN DEL SOPORTE Y TAPAS DE LA CULATA

De acuerdo con las dimensiones del diseño del soporte de la culata, se procede a la construcción del mismo, en este soporte se sujetará la culata, la cual hermetizará todos los conductos de agua que se encuentran en la superficie plana, con la utilización de fibra celulosa y acrílico sellando todos los conductos, para dar las medidas del soporte de la culata tomamos en cuenta su ancho 16.5 cm, su altura de 14 cm, y su longitud de 32 cm.

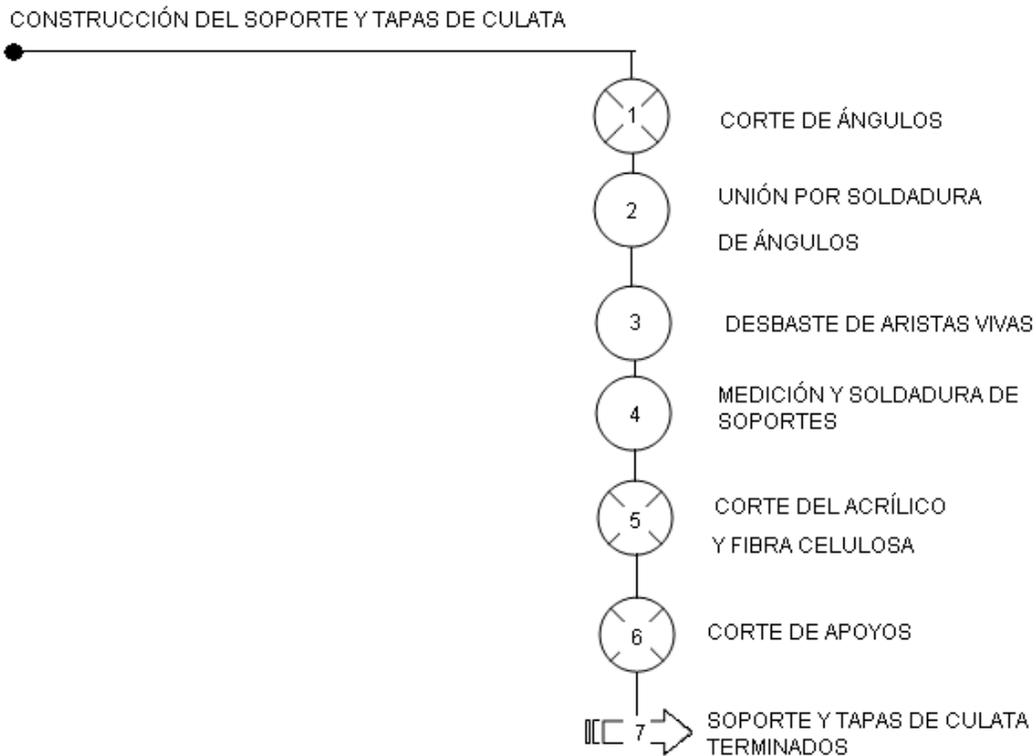


Diagrama: 3.1 Proceso de construcción de soporte y tapas de culata

3.3.1. Primer paso

Se procede al corte de ángulos de $1 \times \frac{3}{16}$ ' utilizando una segueta se tiene en cuenta las dimensiones del diseño ya estructurado en el anterior capítulo.



Foto: 3.1 Corte de ángulos de $1 \times \frac{3}{16}$ '.

3.3.2. Segundo paso

Utilizando el electrodo E 6011 se procede a la unión de cada uno de los ángulos que han sido cortados de acuerdo a las características del diseño.



Figura: 3.2 Unión de ángulos mediante soldadura



Figura: 3.3 Ángulos de soporte de la culata unidos

3.3.3. Tercer paso

Utilizando una pulidora se procede a desbastar las aristas vivas del soporte de la culata para dar un mejor acabado.



Figura: 3.4 Desbastando aristas vivas del soporte de la culata

3.3.4. Cuarto paso

Con la medida del perno que sujetará la culata contra el soporte y la bandeja se procede a determinar la medida exacta para ajustarla de acuerdo al diseño, utilizando la suelda se unen las partes.



Figura: 3.5 Medición y Soldadura de Soportes de ajuste de la culata

3.3.5. Quinto paso

Con las medidas de la parte superior plana y las medidas de los conductos de agua laterales de la culata, se procede a cortar el acrílico utilizando un estilete, dando forma a cada una de las piezas que ayudarán a presionar el empaque

hecho de fibra celulosa contra la superficie de la culata, el empaque es cortado de acuerdo al empaque original de la culata y así exista una mejor hermetización.



Figura: 3.6 Corte en acrílico de la tapa superior de culata



Figura: 3.7 Tapa superior de culata terminada



Figura: 3.8 Corte en acrílico de tapas laterales de la culata

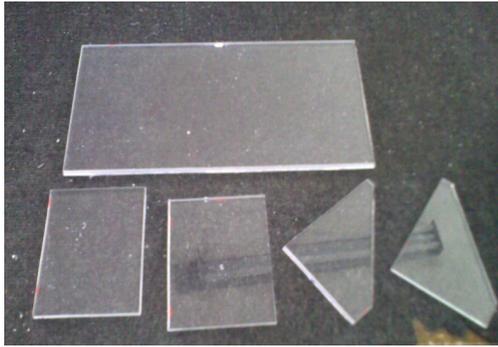


Figura: 3.9 Tapas superiores y laterales de culata terminadas



Figura: 3.10 Perforación de tapas laterales



Figura: 3.11 Corte de la fibra celulosa



Figura: 3.12 Apriete del acrílico contra la fibra celulosa

3.3.6. Sexto paso

De acuerdo a las medidas del diseño de los apoyos tanto transversal como longitudinal se procede al corte; los apoyos transversales ayudan a mantener firme a la culata, en cambio los longitudinales ayudan a presionar el acrílico contra la fibra celulosa con la ayuda de un perno de sujeción, permitiendo hermetizar los conductos de agua del sistema para realizar la prueba y determinar fisuras.



Figura: 3.13 Apoyos transversales y longitudinales de la culata

3.3.7. Séptimo paso

Con todas las partes que conformarán el soporte de la culata, procedemos a ensamblar de acuerdo al diseño, teniendo como resultado el soporte de culata ya terminado.



Figura: 3.14 Soporte y tapas de culata terminados

3.4. CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL BANCO Y TANQUE

La estructura del banco de pruebas será la encargada de soportar al tanque, el circuito eléctrico, y la culata, tomando en cuenta el diseño de la estructura del banco de pruebas, se procede a su construcción.

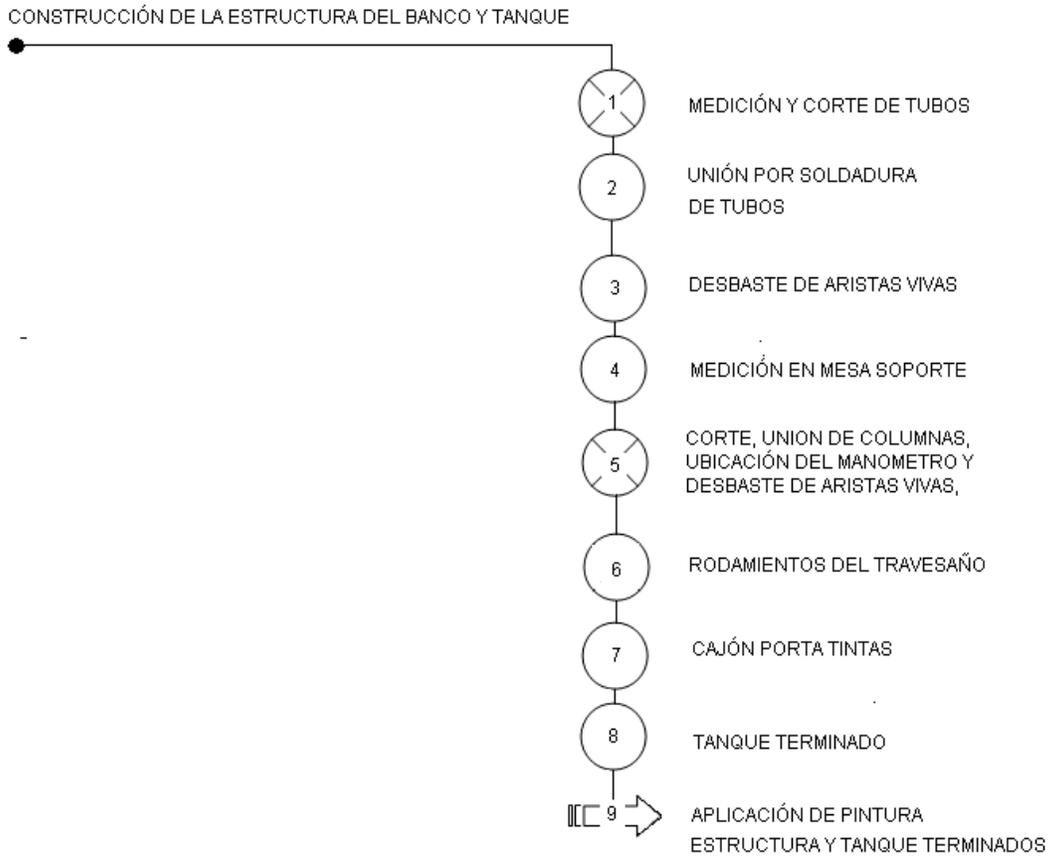


Diagrama: 3.2 Proceso de construcción de la estructura y tanque

3.4.1. Primer paso

Con el tubo cuadrado de $1 \frac{1}{8}$ " , se procede a dar medidas determinadas en el capítulo anterior por el diseño de la estructura, dando lugar a continuación con su corte por medio de una segueta.



Figura: 3.15 Medición y corte del tubo de $1\frac{1}{2}$ ".

3.4.2. Segundo paso

Utilizando el electrodo E 6011 se procede a la unión de cada uno de los tubos cuadrados de $1\frac{1}{2}$ ".



Figura: 3.16 Unión de tubos de $1\frac{1}{2}$ " mediante soldadura

3.4.3. Tercer paso

Con la ayuda de la pulidora, se desbasta todas las aristas vivas de la mesa soporte del banco de pruebas, esto con el fin de dar un mejor acabado.



Figura: 3.17 Desbaste de aristas vivas de la mesa soporte

3.4.4. Cuarto paso

Terminada la mesa soporte se realizan las mediciones según el diseño, para determinar el lugar donde se soldarán las columnas, aquí se desplazará el travesaño móvil el cual estará acoplado al soporte de culata.



Figura: 3.18 Medición en mesa soporte

3.4.5. Quinto paso

Se realiza el corte de las columnas por medio de una segueta, conforme las medidas del diseño, se ubican las columnas en el lugar antes señalado, con la suelda se unen las columnas a la mesa, por último se soldará la tercera columna la cual servirá de apoyo a la otras dos, aquí se suelda una rodela plana la cual servirá de base para sujetar el manómetro, con la ayuda de una pulidora se desbastan las aristas vivas de la estructura del banco.



Figura: 3.19 Corte de columnas



Figura: 3.20 Ubicación de columnas

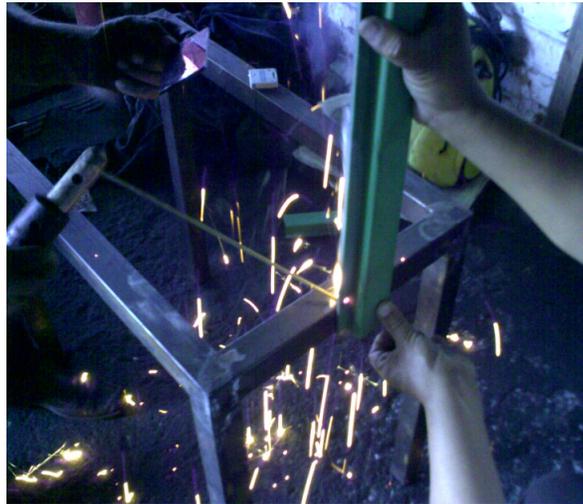


Figura: 3.21 Unión de la primera columna mediante suelda



Figura: 3.22 Unión de la segunda columna mediante suelda



Figura: 3.23 Columnas unidas mediante suelda



Figura: 3.24 Ubicación y medición de la tercera columna

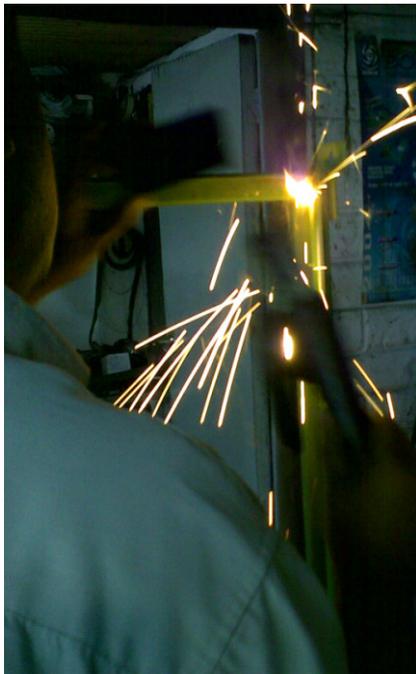


Figura: 3.25 Unión de la tercera columna mediante suelda



Figura: 3.26 Unión de base mediante soldadura, para sujeción de manómetro



Figura: 3.27 Desbaste de aristas vivas de la estructura del banco

3.4.6. Sexto paso

Para construir el travesaño móvil el cual se une con el soporte de la culata se necesitan dos rodamientos 6203 marca NTN, los cuales sirven de guía permitiendo que el travesaño no se desvíe de su carril, y dos rodamientos 601 marca NTN que ayudan a desplazar el travesaño móvil de arriba hacia abajo, de acuerdo al diseño los rodamientos son ubicados en un eje metidos a presión sujetos mediante un pasador y unidos transversalmente mediante un ángulo de $1\frac{5}{16}$ de pulgada, permitiendo así el desplazamiento ascendente y descendente.



Figura: 3.28 Rodamientos del travesaño

3.4.7. Séptimo paso

Se realizan cortes de una lámina de hierro, según el diseño del porta tintas se unen las láminas de hierro cortadas mediante un electrodo E 6011, por último se une el porta tintas a la columna de la estructura mediante soldadura.



Figura: 3.29 Corte del cajón porta tintas



Figura: 3.30 Unión de las láminas de hierro para formar el porta tintas



Figura: 3.31 Unión del porta tintas a la columna de la estructura

3.4.8. Octavo paso

Con las medidas del diseño del tanque, se procede al corte del acrílico mediante una segueta eléctrica para facilitar el trabajo, se unen todas las tapas que conformarán las paredes del tanque con cloruro de metileno.



Figura: 3.32 Corte del acrílico según el diseño



Foto: 3.33 Tapa del tanque



Figura: 3.34 Unión de las tapas del tanque con cloruro de metileno



Figura: 3.35 Tanque terminado

3.4.9. Noveno paso

Terminada la estructura metálica del banco de pruebas, se procede a protegerla contra la humedad evitando la corrosión, para ello se utiliza una lija

número quinientos, $\frac{1}{4}$ de fondo, además un galón de pintura sintético automotriz color blanco y 2.5 litros de tiner.



Figura: 3.36 Limpieza de la estructura metálica con tiner



Figura: 3.37 Limpieza de soportes de culata y travesaño



Figura: 3.38 Desbaste con lija de todas las aristas vivas



Figura: 3.39 Fondeado de la estructura metálica



Figura: 3.40 Preparación de la pintura a ser aplicada



Figura: 3.41 Aplicación de la pintura sobre soportes de sujeción y travesaño



Figura: 3.42 Aplicación de pintura sobre la estructura metálica

3.5 CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO ELÉCTRICO

El circuito eléctrico será el encargado de reducir la corriente alterna convencional de 110 V a 12 V de corriente continua, con los cuales funcionará el motor eléctrico el mismo que hará subir y bajar la polea a voluntad nuestra, sujetando al travesaño móvil y a su vez con el soporte de la culata.

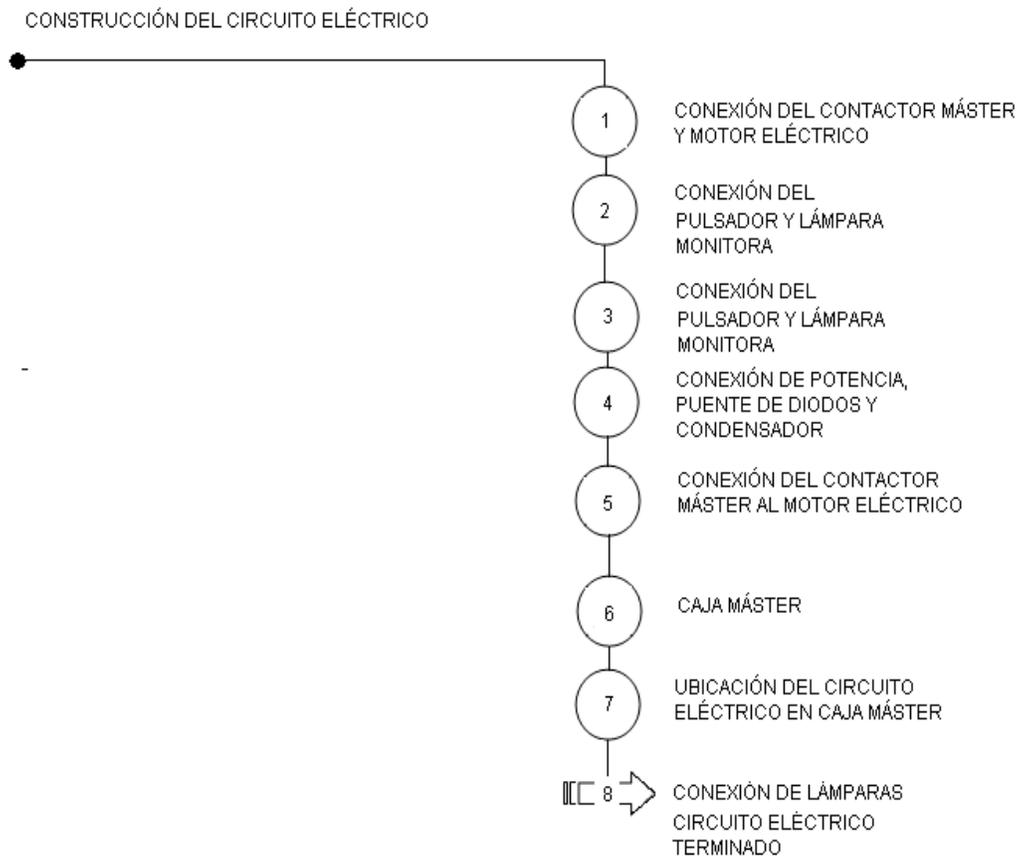


Diagrama: 3.3 Proceso de construcción del circuito eléctrico

3.5.1. Primer paso

De acuerdo al diseño del circuito eléctrico, se realiza la conexión de un contactor máster, el mismo que se activará mediante un pulsador normalmente abierto, permitiendo el funcionamiento del motor eléctrico, teniendo como monitor una lámpara de color verde encendida.



Figura: 3.43 Contactor máster



Figura: 3.44 Pulsador normalmente abierto



Figura: 3.45 Lámpara monitora verde

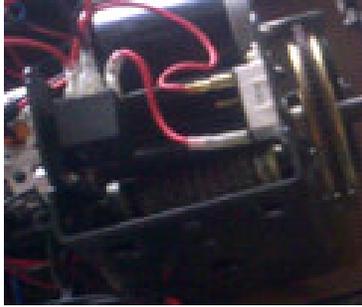


Figura: 3.46 Motor eléctrico

3.5.2. Segundo paso

Mediante un pulsador normalmente abierto activamos el contactor número dos el mismo que sirve para subir a voluntad nuestra el travesaño móvil teniendo como monitor una lámpara de color amarillo encendida.



Figura: 3.47 Pulsador normalmente abierto



Figura: 3.48 Lámpara monitora amarilla

3.5.3. Tercer paso

Mediante un pulsador normalmente abierto activamos el contactor número tres el mismo que sirve para bajar a voluntad nuestra el travesaño móvil teniendo como monitor una lámpara de color amarillo encendida.



Figura: 3.49 Pulsador normalmente abierto y lámpara monitora amarilla

3.5.4. Cuarto paso

Por medio de una potencia de 120 VA se transformará los 110 V a 12 V los mismos que serán rectificadas mediante un puente de diodos con capacidad de 25 A cada uno, mas la eliminación de el rizado con un condensador electrolítico de 300 mf, transformando así la corriente alterna a corriente continua.



Figura: 3.50 Potencia de 120 VA



Figura: 3.51 Puente de diodos



Figura: 3.52 Condensador electrolítico de 300 mf

3.5.5. Quinto paso

Se realiza la conexión del contactor máster al motor eléctrico, como lo indica el diseño del circuito eléctrico.



Figura: 3.53 Conexión del contactor máster al motor eléctrico

3.5.6. Sexto paso

Con las medidas del diseño del circuito y motor eléctrico, se procede al corte del acrílico mediante un estilete, se unen todas las tapas que conformarán las paredes del mando máster mediante cloruro de metileno, por último se realizan las respectivas perforaciones en la caja máster según su diseño.



Figura: 3.54 Corte del acrílico con estilete



Figura: 3.55 Perforaciones en la caja máster



Figura: 3.56 Caja máster terminada

3.5.7. Séptimo paso

Se ubica el circuito y motor eléctrico que conformarán el mando máster como lo indica el diseño.



Figura: 3.57 Ubicación del motor eléctrico en la caja máster



Figura: 3.58 Ubicación del circuito eléctrico en la caja máster

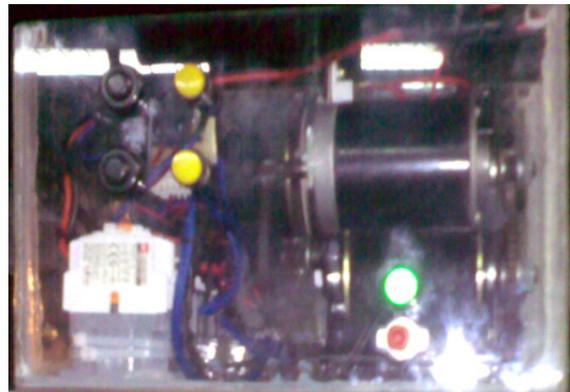


Figura: 3.59 Mando máster terminado

3.5.8. Octavo paso

En caso de existir poca iluminación, se realiza la conexión eléctrica de dos lámparas fluorescentes debajo del tanque.



Figura: 3.60 Conexión de lámparas fluorescentes



Figura: 3.61 Conexión tripolar de las lámparas y mando máster

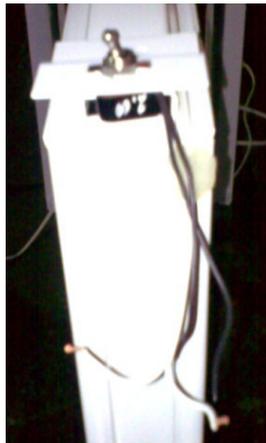


Figura: 3.62 Swiche de encendido de las lámparas fluorescentes

3.6. PRUEBA NEUMÁTICA

La prueba neumática nos permite visualizar de mejor forma el lugar en donde se encuentra la fisura, previo a realizar se llena de agua el tanque, cortando de acuerdo a la superficie plana de la culata la forma del empaque en fibra celulosa, dicha fibra será presionada por la tapa de acrílico hermetizando los conductos de agua, se conecta el acople rápido a la tapa de acrílico hecha a la medida de la culata, montada la culata sobre el soporte se sumerge completamente en el tanque con la ayuda del mando principal, se verifican posibles fugas de aire en los acoples previos al manómetro, se envía diez libras de presión de aire con la ayuda del compresor porten para determinar en donde se encuentra la fisura, así comenzarán a salir burbujas de aire determinando la fisura en la culata.



Figura: 3.63 Comprobador de fisuras

3.7. PRUEBA CON TINTAS PENETRANTES

Una vez realizada la prueba neumática en el banco, las tintas penetrantes son importantes al momento de dar un dictamen final, del lugar en donde se encuentra fisurada la culata ya que es un ensayo rápido y fácilmente aplicable ayudando a detectar visualmente de mejor manera los defectos abiertos en la superficie de cualquier material que no sea poroso.



Figura: 3.64 Porta Tintas

Previo a la realización de este ensayo se seca el cabezote el cual se encuentra con agua en su superficie utilizando un paño seco y limpio.

3.7.1. Primer paso

Con el spray limpiador a una distancia de 25 cm se rocía el lugar en donde ya se ha determinado visualmente la fisura en la prueba neumática, con la finalidad de liberar todas aquellas impurezas existentes en su superficie.



Figura: 3.65 Rociado con el spray limpiador

3.7.2. Segundo paso

Con el spray penetrador a una distancia de 25 cm se procede a rociar la superficie de la culata, que por su bajo índice de viscosidad ingresa fácilmente en la capilaridad y conductos abiertos existentes.



Figura: 3.66 Rociado con el spray penetrador

3.7.3. Tercer paso

Luego de un lapso de tiempo de dos minutos, se procede con el rociado del spray rebelador a una distancia de 25 cm, así la fisura se aclara en su totalidad dejando lista la culata para su post evaluación de soldadura para determinar si se puede corregir la fisura.



Figura: 3.67 Rociado con el spray rebelador

CAPITULO IV

MANTENIMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS

4.1. NORMAS DE SEGURIDAD

Antes de proceder al manejo del banco de pruebas y a la comprobación de fisuras en la pieza a verificar, es necesario leer detenidamente las normas de seguridad facilitadas a continuación.

- El operador de la máquina debe usar máscara y guantes de trabajo, para proteger su rostro y ojos de posibles eventuales.
- Es necesario atenerse a las condiciones de seguridad impuestas por la universidad para prevención de accidentes.
- Comenzar la comprobación de fisuras en la culata, sólo tras haber leído y entendido las instrucciones por completo.
- Antes de empezar con la prueba neumática, cerciorarse que los acoples de aire estén conectados correctamente y no existan fugas en el sistema.

- Téngase en cuenta que las uniones de enchufe del banco de pruebas estén correctamente conectadas y por precaución desconecte las tomas de alimentación de corriente eléctrica, cuando el equipo no se esté usando.
- Tome en cuenta que el nivel de agua no sobrepase el nivel fijado en el tanque.
- Cerciorarse de que la culata a ensayar esté correctamente fijada al soporte, de esta manera no exista movilidad.
- Una vez terminada la práctica asegúrese de que el tanque quede totalmente sin agua en su interior.
- Procurar no manipular con las manos mojadas el mando máster, evitar chapotear de agua a la máquina ya que existen partes eléctricas en funcionamiento.
- Tome en cuenta no quitar el acrílico que tapa el circuito eléctrico y motor eléctrico del mando máster en el momento en que esté funcionando la máquina ya que los piñones reductores están girando.

 **PRECAUCIÓN**

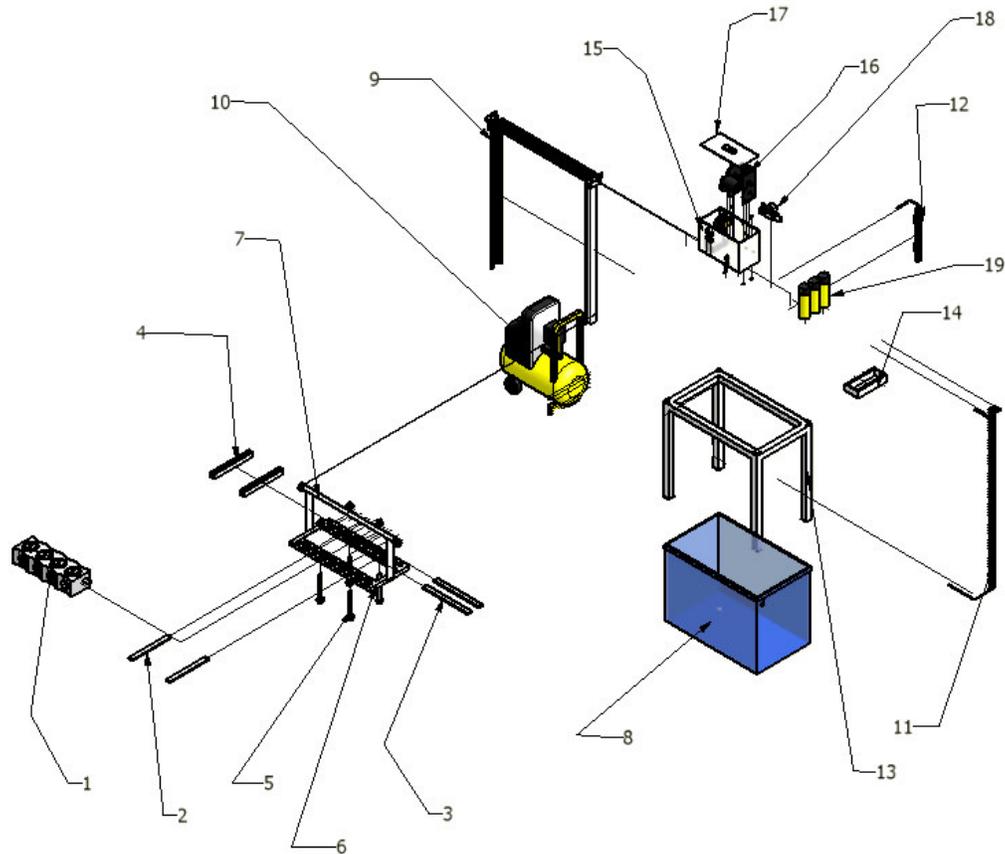
- La máquina posee partes eléctricas y piezas en movimiento su mala operación puede provocar serias lesiones al operador.

4.2. FUNCIÓN Y ESTRUCTURA

4.2.1. Función

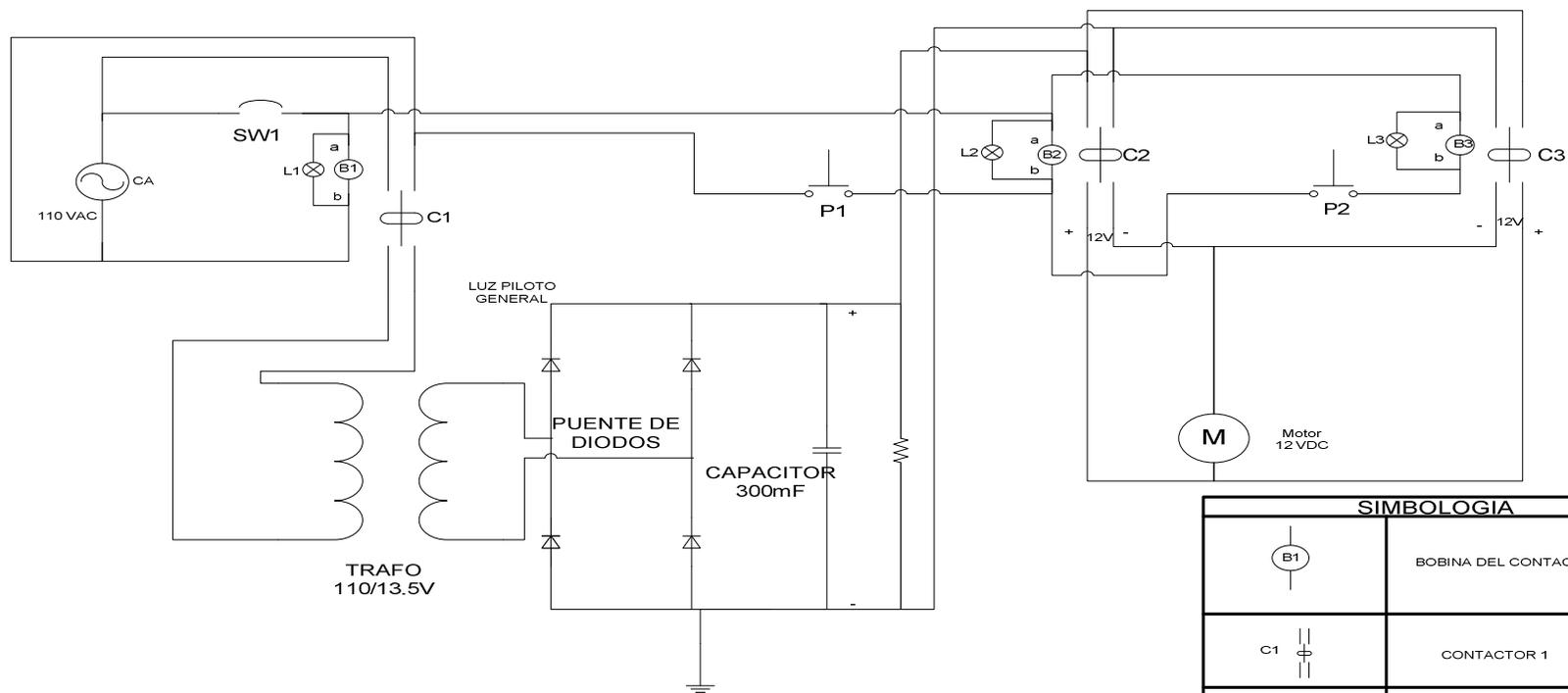
El banco de pruebas se ha previsto de materiales apropiados para su construcción, siendo didáctico para que el estudiante tenga una mejor comprensión de cómo detectar fisuras en culatas mediante la prueba neumática y tintas penetrantes.

4.2.2. Estructura



Nombre de las Partes			
Número	Nombre	Número	Nombre
1	Cabezote	11	Manguera neumática del compresor
2	Apoyo Transversal del Cabezote	12	Manguera neumática para el cabezote
3	Apoyo Longitudinal del Cabezote	13	Mesa
4	Soportes de Ajuste	14	Porta Tintas Penetrantes
5	Pernos de Tuercas de Sujeción	15	Caja de Control
6	Bandeja	16	Tren de Engranés
7	Travesaño Movil	17	Tapa de la Caja de Control
8	Tanque	18	Manómetro
9	Armazón	19	Tintas Penetrantes
10	Compresor		

4.2.3. Esquema eléctrico



SIMBOLOGIA	
	BOBINA DEL CONTACTOR 1
	CONTACTOR 1
	LUZ PILOTO 1 O GENERAL
	MOTOR DC
	PULSADOR
	ENCENDIDO GENERAL

4.3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL BANCO DE PRUEBAS



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL BANCO DE PRUEBAS	
Tipo	Hidroneumático
Presión Max. de Aire Regulada	10 PSI
Líquido utilizado	H2O
Tamaño del tanque	695 mm x 505 mm x 410 mm
Capacidad del tanque	143.9 lt
Peso del Banco sin agua	132 lb
Peso del Banco con agua	419.19 lb
Corriente Alterna	110 V
Dimensiones del porta tintas	220 mm x 45 mm x 100 mm
Largo de la estructura	894 mm
Alto de la estructura	1733 mm
Ancho de la estructura	425 mm

Tabla: 4.1 Características Técnicas del Banco

4.4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL COMPRESOR PORTEN

PCO-0224



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL COMPRESOR PORTEN	
Modelo	PCO - 0224
Pistón y Biela	Al
Rines	Acero
Desplazamiento de aire entregado	168 L/min
Presión de aire	120 PSI
Transmisión Directa	110 V / 60 HZ
Potencia del motor	2 HP
Motor eléctrico	3.450 RPM - 6 AMP
Capacidad del tanque	24 lt
Presión máxima	8 bar
Peso Neto	27 Kg
Largo	620 mm
Alto	630 mm
Ancho	320 mm

Tabla: 4.2. Características Técnicas del Compresor

4.5. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL MANDO MÁSTER



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL MANDO MÁSTER	
Capacidad de carga	2000 lb
Longitud de manilla náutica	1500 mm
Diámetro de manilla náutica	7 mm
Velocidad de línea	6 ft / min
Voltaje de funcionamiento	12 V
Reductor de corriente	110 V AC - 12 V DC
Puente rectificador	25 A
Condensador electrolítico	300 mf
Potencia del Reductor	120 VA
Relación de transmisión	274,26 / 1
Largo	312 mm
Alto	162 mm
Ancho	195 mm

Tabla: 4.3. Características del Mando Máster

4.6. **MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA**

El mantenimiento del banco de pruebas, implica un procedimiento periódico para minimizar el riesgo de fallo y asegurar la continua operación de la máquina, logrando de esta manera conservar la máquina en condiciones de cumplir con la función para la que fue proyectada, con su capacidad y la calidad especificada.

El banco de pruebas es una herramienta didáctica que intenta dar a los alumnos comodidades en la universidad y llevar a comprender de mejor manera la detección de fisuras en las culatas mediante tintas penetrantes y un ensayo neumático.

4.6.1. **Inspección visual de 12 puntos**

La inspección visual de los 12 puntos se debe realizar antes de iniciar la práctica con el docente encargado de la práctica o personal de bodega que estará capacitado para su mantenimiento.

4.6.2. **Mantenimiento del Banco de Pruebas Neumático**

Para que el funcionamiento del banco de pruebas sea óptimo y la vida útil de sus componentes se extienda pudiendo cumplir con todas sus funciones, se realiza un programa de mantenimiento cada ciertas horas de uso, así a continuación se presentan todos los materiales que se gastan y los herramientas con las cuales se realiza el mantenimiento.

CANT.	MATERIAL GASTABLE	COSTO DE MATERIALES
1/4	De aceite DONAX TD 10w30	4.90
1	Wipe	0.35
1	Paño	2.20
1	Lb de grasa azul	4.90
1	Juego de Tintas penetrantes	70.00
1	Lámpara fluorescente	12.00
1/4.	Cloruro de metileno	35.00
1	Filtro de aire del compresor	6.00
1	Lámina de fibra celulosa	17.00
1	Plancha de acrílico (1.80 x 1.60) mm	180.00
1	Acople de aire	0.45
COSTO TOTAL		332.80

HERRAMIENTA Y EQUIPO
Juego de llaves STANLEY
Alicate
Desarmador plano y estrella
Tijeras o estilete

Tabla: 4.4. Costo de materiales y herramientas a utilizarse

4.6.1. Inspección visual de 12 puntos

REFERENCIA	
1	Funcionamiento y estado del travesaño móvil (engrasar rodamientos)
2	Funcionamiento y estado de la manila náutica
3	Funcionamiento y estado del soporte de la culata
4	Funcionamiento y estado del compresor PORTEN
5	Funcionamiento del motor eléctrico (engrasar piñones)
PARTE INTERNA Y EXTERNA DE LA MÁQUINA	6 Funcionamiento y estado del mando máster
	7 Funcionamiento de lámparas monitoras y pulsadores
	8 Condición exterior de la estructura
	9 Estado de los acoples neumáticos
	10 Estado de las mangueras del compresor
	11 Estado de las lámparas fluorescentes
	12 Estado del tanque
	Verificar posibles fisuras internas y externas

4.6.2. Mantenimiento del Banco de Pruebas Neumático

TIPO DE MANTENIMIENTO	HORAS DE USO	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200		
ESTRUCTURA DEL BANCO	TAREA																						
	Limpieza de la estructura y porta tintas (pañó)	<input type="checkbox"/>																					
	Inspección y funcionamiento de lámparas fluorescentes					<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>	
	Inspección y funcionamiento del manómetro de presión	<input type="checkbox"/>																					
	Inspección de cauchos de la mesa soporte										<input type="checkbox"/>											<input type="checkbox"/>	
	Inspección del soporte del manómetro										<input type="checkbox"/>											<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Engrasar el interior de las columnas (utilizar grasa azul)	<input type="checkbox"/>																					
COMPRESOR PORTEN	TAREA																						
	Vaciado del líquido (H2O) por condensación		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																			
	Cambio de Aceite 10w30 DONAX TD										<input type="checkbox"/>											<input type="checkbox"/>	
	Revisión de acoples y mangueras del compresor	<input type="checkbox"/>																					
	Cambio del filtro de aire						<input type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>							<input type="checkbox"/>			
	Revisión de nivel de lubricante		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																			
	Inspección y funcionamiento de los manómetros de aire	<input type="checkbox"/>																					
MANDO MÁSTER	TAREA																						
	Engrasar piñones del motor eléctrico (utilizar grasa azul)	<input type="checkbox"/>																					
	Inspección y funcionamiento del fusible principal					<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>	
	Inspección de la manila náutica										<input type="checkbox"/>											<input type="checkbox"/>	
	Reajuste del mando máster a la estructura				<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>											<input type="checkbox"/>	
	Inspección de los cables de energía conectados al enchufe	<input type="checkbox"/>																					

TIPO DE MANTENIMIENTO	HORAS DE USO	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
		TAREA																			
TANQUE HIDROSTÁTICO	Limpieza del tanque con liquido no abrasivo	<input type="checkbox"/>																			
	Verificar posibles fugas de agua en el tanque	<input type="checkbox"/>																			
	Limpieza del tapón de desfogue de agua	<input type="checkbox"/>																			
	Vaciado del agua del tanque	<input type="checkbox"/>																			
TRAVESAÑO MÓVIL	TAREA																				
	Engrasar rodamientos del travesano móvil (utilizar grasa azul)	<input type="checkbox"/>																			
	Inspección y funcionamiento del travesano móvil	<input type="checkbox"/>																			
SOPORTE DE CULATA	TAREA																				
	Limpieza del soporte de culata (paño)	<input type="checkbox"/>																			
	Inspección y funcionamiento del soporte	<input type="checkbox"/>																			

4.7. PREVIO A LA PRÁCTICA

Antes de realizar la operación de la máquina tome en cuenta cada una de las instrucciones que se detallan a continuación:

- 1). Con la finalidad de obtener un buen resultado en la detección de la fisura, limpie totalmente la superficie de la culata, la cual va a ser sometida a la prueba neumática y posteriormente a su comprobación por tintas penetrantes.
- 2). Identifique los conductos de refrigeración de la culata.
- 3). Realice cortes en la fibra celulosa, de acuerdo a la forma del empaque que cubrirá la superficie de la culata, con el fin de hermetizarán los conductos y llevar a cabo la prueba neumática.
- 4). Identifique el retorno de agua de la culata hacia el radiador, con el fin de realizar un molde en acrílico para posteriormente cortarlo a su medida.
- 5). Realice una perforación en el centro del acrílico anteriormente cortado, es aquí en donde se conectará el acople de aire, se utiliza masilla instantánea alrededor del acople para no tener fugas de aire.

6). Realice perforaciones en los costados del acrílico por donde pasarán los pernos y sujetarán la tapa del retorno de agua de la culata.

7). Se procede a realizar una tapa en acrílico la cual oprimirá la fibra celulosa contra la superficie plana de la culata, sellando así todos los conductos de agua.

8). Se ubica la culata sobre el soporte, buscando el centro para sujetarlo correctamente con los pernos que oprimirán los apoyos transversales y longitudinales contra el acrílico y la fibra celulosa.

4.8. OPERACIÓN DE LA MÁQUINA

Una vez montado el soporte de la culata sobre el banco de pruebas se procede a realizar la prueba neumática, este ensayo consiste en enviar diez libras de presión por medio del acople de aire antes instalado en el retorno de agua de la culata.

Esta prueba nos permite visualizar de mejor forma el lugar en donde se encuentra la fisura, por medio de burbujas saliendo de la fisura a continuación se detallan los pasos para la operación de la máquina:

1). Selle el tanque con el tapón que se encuentra en el interior del mismo.

2). Llene de agua el tanque hasta el lugar señalado.

- 3). Tire el botón rojo que se encuentra ubicado en el mando máster con la finalidad de encender la máquina, se encenderá una lámpara monitora color verde.
- 4). Sumerja completamente la culata en el tanque oprimiendo el botón de descenso ubicado en el mando máster.
- 5). Se abre la llave de paso de aire ubicada en el compresor PORTEN, graduando el paso de aire a diez libras de presión.
- 6). Si la culata se encuentra fisurada se observarán burbujas de aire saliendo de su fisura determinando el lugar en donde se encuentra fisurada.
- 7). Saque la culata del tanque con la ayuda del botón de ascenso ubicado en el mando máster, espere un minuto mientras cae todo el líquido que ingresó al interior de la culata.
- 8). Una vez terminada la práctica apague el mando máster para evitar posibles eventuales oprimiendo el botón rojo ubicado en el mano máster.
- 9). Para dar un dictamen final sobre la fisura en la culata, mediante un ensayo rápido y fácilmente aplicable se rocía las tintas penetrantes sobre su superficie como se indica a continuación:

9.1). A una distancia de 25 cm con el spray limpiador, rocíe el lugar en donde ya se ha determinado visualmente la fisura en la prueba neumática, con la finalidad de liberar todas aquellas impurezas existentes en su superficie.

9.2). A una distancia de 25 cm con el spray penetrador, rocíe la superficie de la culata, que por su bajo índice de viscosidad ingresa fácilmente en la capilaridad y conductos abiertos existentes.

9.3). A una distancia de 25 cm con el spray rebelador, rocíe la superficie de la culata, así la fisura se aclara en su totalidad dejando lista la culata para su post evaluación de soldadura para determinar si la fisura puede ser corregida.

CAPITULO V

ANALISIS FINANCIERO

5.1. INGRESOS Y EGRESOS

A continuación se detallan los egresos que han significado la realización de esta tesis, las fuentes de ingreso han sido propias de cada estudiante.

ANÁLISIS FINANCIERO

MATERIAL DEL SOPORTE DEL BANCO	CANT.		VALOR	VALOR
DE REPUEBAS			UNITARIO	TOTAL
Ángulo de	6	m	6.00	36.00
Electrodo E 6011	6	Unid	0.15	0.90
Disco para pulir	1	Unid	10.00	10.00
Perno de 1/2	1	m	5.40	5.40
Tuercas de 1/2	4	Unid	0.50	2.00
Fibra celulosa	1	m ²	30.00	30.00
Acrílico	60	cm ²		50.00
Culata	1	Unid	100	100
Tuercas 7/16 para presionar acrílico	7	Unid	0.35	2.45
Apoyos transversales	2	Unid	8.00	16
Apoyos longitudinales	2	Unid	8.00	16
TOTAL				\$ 268.75
MATERIAL DE LA ESTRUCTURA DEL BANCO				
Tubo cuadrado de 1 $\frac{1}{2}$ "	8	m	1.85	20.35
Electrodo E 6011	15	Unid	0.15	2.25
Columnas laterales	5	m	7.00	35.00
Rodela	1	Unid	0.50	0.50
Rodamiento 6203	2	Unid	4.50	9.00
Rodamiento 601	2	Unid	4.50	9.00
Ángulo de 1 $\frac{1}{2}$ "	1	m	3.00	3.00
Lamina de hierro	1	m ²	6.50	6.50
Pintura blanca	1	gl	7.00	7.00

Tiner	1	gl	5.00	5.00
Lija # 600	2	Unid	0.80	1.60
TOTAL				\$ 99.20
MATERIAL DEL TANQUE				
Acrílico	6	m ²	105.00	630.00
Cloruro de metileno	1/4.	gl	50.00	50.00
Tapón del tanque	1	Unid	4.00	4.00
Llave de llenado del tanque	1	Unid	3.00	3.00
Teflón	1	Unid	0.50	0.50
Sintisolda 10 min	1	Unid	5.00	5.00
TOTAL				\$ 692.50
COMPRESOR				
Marca Porten	1	Unid	350.00	350.00
Acoples Rápidos	2	Unid	2.50	5.00
Manguera de aire	2	m	15.00	30.00
TOTAL				\$ 385.00
MATERIAL DEL CIRCUITO ELÉCTRICO				
Acrílico	1	m ²	105.00	105.00
Contactador máster	1	Unid	80.00	80.00
Pulsador normalmente abierto	3	Unid	2.00	6.00
Motor eléctrico (Wincha)	1	Unid	450.00	450.00
Lámpara monitora	3	Unid	3.00	9.00
Transformador de voltaje	1	Unid	40.00	40.00
Puente de diodos 25 A	1	Unid	3.80	3.80
Condensador electrolítico 300 mf	1	Unid	5.00	5.00
Fusible 30 A	1	Unid	0.80	0.80
Alambre N° 12	10	m	0.50	5.00
Lámparas fluorescentes	2	Unid	12.00	24.00
Swiche de encendido	1	Unid	3.00	3.00
Cable de luz	4	m	0.30	1.20
Manila Náutica	2	m	0.60	1.20
Tipe	1	Unid	1.25	1.25
TOTAL				\$ 735.25
TINTAS				
Tintas penetrantes	3	Unid	26.66	80.00
Porta tintas	1	Unid	25.00	25.00
TOTAL				\$ 105.00
OTROS				
Traslado para consultas				130.00

Copias	80.00
Internet	15.00
Anillados	5.00
Empastados	20.00
TOTAL	\$ 250.00

TOTAL GASTOS	\$ 2535.70
---------------------	-------------------

5.2. CONCLUSIONES

5.2.1. Conclusión General

Se ha diseñado este equipo comprobador de fisuras con el fin de implementar el laboratorio de rectificación de motores de nuestra facultad, es así que tenemos una gran satisfacción en poder colaborar con las futuras generaciones y también al desarrollo de nuestro país poniendo en práctica todo lo aprendido dentro de las aulas de clase.

5.2.2. Conclusiones Específicas

1. A través del estudio realizado durante el desarrollo de este proyecto se ha hecho uso de todos los conocimientos aprendidos en teoría para así ponerlos en la práctica haciendo realidad el correcto funcionamiento de este equipo

2. Con el uso de las tintas penetrantes se puede dar un dictamen eficiente en la determinación de las fisuras.
3. Este banco de pruebas se lo ha construido de la manera más didáctica posible para un fácil entendimiento de todos los estudiantes que siguen la carrera de Ingeniería Automotriz con el fin de reafirmar todos sus conocimientos aprendidos en teoría.
4. En base a los valores de los factores de seguridad obtenidos podemos decir que los materiales trabajan con esfuerzos muy pequeños reflejándose en factores de seguridad de alrededor del 90%
5. Estructuralmente la máquina trabaja bajo esfuerzos de tracción, compresión, corte, y flexión.
6. La presión máxima en el tanque se desarrolla en el valor total de la profundidad debido a que la presión es directamente proporcional a la profundidad y el valor del peso específico del agua es constante, teniendo por lo tanto una distribución de presiones triangular, con una presión de cero en la superficie libre y una presión máxima en el fondo.

7. El valor de flexión de la viga fija refleja su gran esbeltez con relación a las solicitaciones externas reflejándose en un valor muy pequeño de la flecha máxima.
8. Las condiciones de borde de la deducción de la ecuación general de la elástica para obtener la flecha máxima se deducen de las condiciones conocidas que proporciona un apoyo como lo es el empotramiento perfecto el cual tiene una restricción de tanto de giro como de desplazamiento levantando así la indeterminación de las dos constantes generadas durante el proceso de integración indefinida.

5.3. RECOMENDACIONES

Con el propósito, de poder aportar algunas recomendaciones útiles en cualquier tipo de consideración respecto al funcionamiento del banco de pruebas neumático; del trabajo realizado, se anota

- Debido a que el equipo, está sometido a requerimientos mecánicos y eléctricos, se debe observar las condiciones del manual de mantenimiento, en función a los requerimientos de carga eléctrica, y mantenimientos periódicos que deben realizarse.

- Se recomienda no desconectar o apagar a la máquina, cuando esté funcionando bajo carga; de igual manera, se debe tener especial cuidado al momento de sumergir la culata ya que se puede chapotear agua al circuito eléctrico y provocar averías.
- Al manejar el equipo, procure no presionar los dos pulsadores normalmente abiertos a la vez, ya que podría producirse un corto y a la vez dañar la máquina.
- No excederse en aplicar la presión ya que con una presión razonable ya se pueden apreciar las fisuras (10PSI), ya que si se aumenta la presión se produce una demasiada turbulencia y en consecuencia no se pueden visualizar las fisuras correctamente.

ANEXO1

FIBRA CELULOSA PARA ELECTRODOS DE SOLDADURA

Estos son producto en polvo de fibra celulosa para cubiertos de electrodos. Las fibras celulosas provienen de productos renovables vegetales.

Son usados para cubrir componentes que se queman en el arco durante el proceso de soldado y son transformados en vapor.

Este polvo, actúa como un carbón medio y se quema en el arco con una reacción exotérmica durante el soldado, con prácticamente sin residuos o transformación de gases a CO, CO₂ o H₂O.



Beneficios del producto:

- Alta presión del gas en dirección al vapor de soldadura.
- Poseen un agente reforzante que previene la formación de grietas durante la producción del electrodo.
- Componentes de extrusión son especiales para el beneficio de las características de flujo.
- Las fibras de celulosa ayudan a hacer el proceso de manufactura del electrodo fiable y económico.

ANEXO 2
TESIONES ADMISIBLES EN Kg/cm²

<i>Clase de Esfuerzo</i>	<i>Carga</i>	<i>Hierro Dulce</i>	<i>Aceros hasta 0,25% de C</i>	<i>Aceros hasta 0,50% de C</i>	<i>Aceros Moldeados</i>	<i>Fundición</i>
<i>Tracción</i>	<i>Estática</i>	900	900 - 1200	1200 - 1800	600 - 1200	300
	<i>Intermitente</i>	600	540 - 700	700 - 1080	360 - 720	180
	<i>Alternada</i>	300	450 - 600	600 - 900	300 - 600	150
<i>Compresión</i>	<i>Estática</i>	900	900 - 1200	1200 - 1800	900 - 1500	900
	<i>Intermitente</i>	600	540 - 700	700 - 1080	540 - 900	500
<i>Flexión</i>	<i>Estática</i>	900	900 - 1500	1200 - 1800	750 - 1200	(A)
	<i>Intermitente</i>	600	600 - 1000	700 - 1200	450 - 800	
	<i>Alternada</i>	300	300 - 500	400 - 900	250 - 600	
<i>Torsión</i>	<i>Estática</i>	360	600 - 1200	900 - 1440	480 - 960	(B)
	<i>Intermitente</i>	240	400 - 800	560 - 960	290 - 640	
	<i>Alternada</i>	120	200 - 400	300 - 560	160 - 480	
<i>Corte</i>	<i>Estática</i>	720	720 - 1200	960 - 1440	480 - 960	300
	<i>Intermitente</i>	480	480 - 800	560 - 960	290 - 580	180
	<i>Alternada</i>	240	240 - 400	300 - 560	160 - 480	180

ANEXO 3

TABLA PARA ANALISIS DE VIGA EMPOTRADA

VIGA EMPOTRADA DISTINTAS HIPOTESIS DE CARGA

F, q y segmentos, en valor absoluto.



SOLICITACION	MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO PERFECTO	REACCIONES EN LOS APOYOS	DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES
	$\mu_A = \frac{F a b^2}{l^2}$ $\mu_B = -\frac{F a^2 b}{l^2}$	$R_A = F \frac{b^2}{l^2} (3 - 2 \frac{b}{l})$ $R_B = F \frac{a^2}{l^2} (3 - 2 \frac{a}{l})$	
	$\mu_A = \frac{F l}{8}$ $\mu_B = -\frac{F l}{8}$	$R_A = \frac{F}{2}$ $R_B = \frac{F}{2}$	
	$\mu_A = \frac{F a (l-a)}{l}$ $\mu_B = -\frac{F a (l-a)}{l}$	$R_A = F$ $R_B = F$	
	$\mu_A = \frac{5 F l}{16}$ $\mu_B = -\frac{5 F l}{16}$	$R_A = \frac{3}{2} F$ $R_B = \frac{3}{2} F$	

ANEXO 4

TABLA DE CONVERSION

Magnitudes y unidades S.I. (cont.)

MÚLTIPLOS Y SUBMÚLTIPLOS DE LAS UNIDADES S.I.

Factor por el que se multiplica la unidad	Prefijo		Factor por el que se multiplica la unidad	Prefijo		Factor por el que se multiplica la unidad	Prefijo		Factor por el que se multiplica la unidad	Prefijo	
	Nombre	Símbolo									
10 ²⁴	yotta	Y	10 ⁹	giga	G	10 ⁻¹	deci	d	10 ⁻¹²	pico	p
10 ²¹	zetta	Z	10 ⁶	mega	M	10 ⁻²	centi	c	10 ⁻¹⁵	femto	f
10 ¹⁸	exa	E	10 ³	kilo	k	10 ⁻³	mili	m	10 ⁻¹⁸	atto	a
10 ¹⁵	peta	P	10 ²	hecto	h	10 ⁻⁶	micro	μ	10 ⁻²¹	zepto	z
10 ¹²	tera	T	10	deca	da	10 ⁻⁹	nano	n	10 ⁻²⁴	yocto	y

Factores de conversión de otras unidades a unidades S.I.⁽¹⁾

Unidad y símbolo	Factor de conversión	Unidad y símbolo	Factor de conversión
LONGITUD:		ÁNGULO:	
Angstrom	10 ⁻¹⁰ m	Grado	0,017453 rad
Año luz	9,46053 × 10 ¹⁵ m	Grado centesimal	0,015708 rad
Milla	1.609,344 m	VELOCIDAD Y ACELERACIÓN:	
Milla náutica	1.852 m	Kilómetro por hora	0,277778 m/s
Parsec	3,0857 × 10 ¹⁶ m	Milla por hora	0,44704 m/s
Pie	0,3048 m	Nudo	0,514444 m/s
Pulgada	0,0254 m	Pie por segundo	0,3048 m/s
Unidad astronómica	1,495979 × 10 ¹¹ m	FUERZA:	
Yarda	0,9144 m	Dina	10 ⁻⁵ N
SUPERFICIE:		Kilogramo fuerza	9,80665 N
Acre	4.046,856 m ²	Libra fuerza	4,44822 N
Área	100 m ²	PRESIÓN, TENSIÓN:	
Hectárea	10.000 m ²	Atmósfera normal	101.325 Pa
Milla cuadrada	2,589988 km ²	Atmósfera técnica	98.066,5 Pa
Pie cuadrado	0,092903 m ²	Bar	10 ⁵ Pa
Pulgada cuadrada	6,4516 cm ²	Kilogramo fuerza por metro ²	9,80665 Pa
Yarda cuadrada	0,836127 m ²	Libra fuerza por pulgada ²	6.894,76 Pa
VOLUMEN:		Milímetro de agua	9,80665 Pa
Barril de áridos (US)	115,627 dm ³	Milímetro de mercurio	133,322 Pa
Barril (US) ⁽²⁾	158,987 dm ³	Torr	133,322 Pa
Bushel (UK)	36,3687 dm ³	ENERGÍA, TRABAJO, CALOR:	
Bushel (US)	35,2391 dm ³	Caloría termoquímica	4,184 J
Galón (UK)	4,54609 dm ³	Electronvoltio	1,60219 × 10 ⁻¹⁹ J
Galón (US)	3,78541 dm ³	Ergio	10 ⁻⁷ J
Litro	0,001 m ³	Kilogramo fuerza metro	9,80665 J
Onza de fluido (UK)	28,4131 cm ³	Pie libra fuerza	1,35582 J
Onza de fluido (US)	29,5735 cm ³	Vatio hora	3,6 × 10 ³ J
Pie cúbico	28,3168 dm ³	Unidad térmica británica	1.055,06 J
Pinta de áridos (US)	0,550610 dm ³	POTENCIA, FLUJO TÉRMICO:	
Pinta de líquido	0,473176 dm ³	Caballo de potencia	745,700 W
Pinta (UK)	0,568262 dm ³	Cab. de vapor métrico	735,499 W
Pulgada cúbica	16,387064 cm ³	Ergio por segundo	10 ⁻⁷ W
Yarda cúbica	0,764555 m ³	Kilogramo fuerza metro por segundo	9,80665 W
MASA:		Pie libra fuerza por seg.	1,35582 W
Grano	64,79891 mg	Udad. térmica brit. por hora	0,293071 W
Hundredweight (UK)	50,8023 kg	TEMPERATURA:	
Hundredweight (US)	45,3592 kg	Grado Celsius o centígrado ⁽³⁾	°C = $\frac{5}{9} \times (°F - 32)$
Libra	0,45359237 kg	Grado Fahrenheit ⁽³⁾	°F = $\frac{9}{5} \times °C + 32$
Onza	28,3495 g		
Onza troy	31,1035 g		
Quilate métrico	200 mg		
Tonelada	1.000 kg		
Tonelada (UK)	1.01605 kg		
Tonelada (US)	907,1847 kg		

1. Resumen confeccionado a partir del libro «Unidades de Medida», editado por AENOR. Los factores de conversión se dan, en general, hasta con siete cifras significativas. Si son exactos y tienen siete cifras o menos aparecen en **negrita**. 2. Para petróleo, etc. 3. Ni el grado centígrado ni el Fahrenheit pertenecen al S.I.

ANEXO 5

MATERIALES USADO EN LA CONSTRUCCION DE LA CULATA

MATERIALES DE LA CULATA SEGÚN NORMA DIN 1691 - 1745

Hierro fundido con grafito laminar (fundición gris)

Designación	Resistencia a tracción N/mm ²	Carbono %	Materiales de aleación %	Propiedades, utilización
GG-25	250	2,8.....3,2	1,2.....1,8 Si	Piezas de fundición, con altas sollicitaciones
GG-30	300	2,6.....3	1,2.....1,6 Si	Fundición de alta calidad, endurecible superficialmente, para piezas con sollicitaciones muy altas.

Aleación de Aluminio Fundida

Designación	Resistencia a tracción N/mm ²	Alargamiento	Composición en %	Propiedades, utilización
G-AlSi 10 Mg	180.....240	5.....2	10 Si	Piezas de fundición resistentes a las vibraciones culata de motores, engranaje, cilindros
			0,3 Mg	
			89,70 Al	

ANEXO 6

MOTORES COMPETICIÓN - CÁLCULOS DEL MOTOR

Motor Suzuki Forza 1

Datos:

To	285,3	°K	
Po	0,738000	bares	70,9156 kPascuales
Diámetro pist	7,497	cm	74,97 mm
Carrera	7,702	cm	3,03228346 plg
Relación de	9,5	:1	
Longitud de	12,043	cm	
Número de c	3		
Adelanto al	11	°	
rpm a ralent	1000	rpm	

ADMISION

Cilindrada:

VH = 993 cm³

Presion de admision

Pa = 0,6717539 bares

Cilindrada Unitaria:

Vh = 331 cm³

Temperatura de admision:

Ta = 344,3998061 °K

Volumen muerto:

Vc = 38,94 cm³

Volumen total del cilindro:

Va = 369,94 cm³

Area del pistón:

A = 44,1433108 cm²
0,00441433 m²

FUERZAS EN PUNTOS CRÍTICOS:

Radio del Cigüeñal:

R = 3,851 cm 0,03851 m

Relacion:

λ = 0,31977082

Fuerza (Po) :

Fo = 3,25777634 N

Fuerza (Pa):

Fa = 2,96534431 N

CALCULOS EN LA CULATA DE SUZUKI FORZA

DIAGRAMA PRESION - VOLUMEN

COMPRESION

COMPRESION MAXIMA

PRESION FINAL DEL TRABAJO

Tabla de valores del grafico:

Exponente politropico:

n1 = 1,35

Coficiente real de variacion molecular

β = 1,0745698

Exponente politropico:

n2 = 1,275

α

V

P

0	38,94	0,7380
180	369,94	0,67175394
349	43,0540462	14,0325659
360	38,9411765	52,9996285
540	369,94	3,00382916
720	38,9411765	0,7380

Presion de compresion:

Pc = 14,0325659 bares

Temperatura de compresion maxima:

Tz = 2661,75 °K

Presion del final de trabajo:

Pb = 3,0038292 bares

Temperatura de compresion:

Tc = 757,296867 °K

Presion de compresion maxima:

Pz = 52,9996285 bares

Temperatura del final de trabajo:

Tb = 1433,1553567 °K

Presión de compresión máxima real:

Pz1 = 45,0496842 bares

FUERZA - GRADOS

Fuerza (Pc):

Fc = 61,944392 N

Fuerza (Pz):

Fz = 233,957907 N

Fuerza (Pb):

Fb = 13,25989642 N

BIBLIOGRAFÍA:

- SOBERO MOLERO, “Resistencia de Materiales, teoría y mas de 200 problemas resueltos”. Primera edición, Lima – Perú, Abril del 2000.
- ROBERT L. MOTT, “Mecánica de fluidos”, Sexta Edición, México 2006.
- GTZ, “Tablas aplicadas para la técnica del automóvil”, 1984.
- CARLOS GONZALES Y JOSÉ RAMÓN ZELEY, “Metrología”.
- C. H. JENSEN, “Dibujo y Diseño de Ingeniería”.
- JUAN BAUTISTA Y ROMAN NIENTO, “Dibujo Industrial”.
- STEPHEN JCHAPMAN A. B. FITZGERALD, “Máquinas Eléctricas”.
- SERRANO NICOLAS, “Neumática”.
- HENRY HORWITZ, “SOLDADURA APLICACIONES Y PRÁCTICA”.
- MANUAL DE AGA.
- ROBERT L MOTT, “DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS”.

- V.M. FAIRES, "DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS".

- Manual del Automovil CEAC.

- PYTEL SINGER, "Resistencia de Materiales", comunicación en mecánica de materiales y estructuras, traducción de la cuarta edición en inglés, Madrid – España.

- D. HERMÓGENES GIL MARTÍNEZ, Manual del Automóvil del Motor a Gasolina. 1999.

- JOSÉ ROLDÁN VILORIA, Neumática, Hidráulica y Electricidad Aplicada.