

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

“REINGENIERÍA, IMPLEMENTACIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN CON MANTENIMIENTO DE CUARTO Y QUINTO ESCALÓN DE UN MOTOR BAZÁN M.A.N. DE 500 HP DEL GRUPO DE BOMBEO DIESEL PARA EL POLIDUCTO QUITO AMBATO RIOBAMBA DE LA EMPRESA E.P. PETROECUADOR”

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO

PRESENTADO POR:

MARÍA GABRIELA MACHADO SOTO

LUIS ALFREDO ORELLANA MORA

DIRECTOR: ING. JUAN DÍAZ

CODIRECTOR: ING. ÁNGELO VILLAVICENCIO

SANGOLQUÍ – ECUADOR

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto **“REINGENIERÍA, IMPLEMENTACIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN CON MANTENIMIENTO DE CUARTO Y QUINTO ESCALÓN DE UN MOTOR BAZÁN M.A.N. DE 500 HP DEL GRUPO DE BOMBEO DIESEL PARA EL POLIDUCTO QUITO AMBATO RIOBAMBA DE LA EMPRESA E.P. PETROECUADOR”** fue realizada en su totalidad por la Srta. María Gabriela Machado Soto y el Sr. Luis Alfredo Orellana Mora, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico, bajo nuestra supervisión y asesoramiento.

Ing. Juan Díaz
DIRECTOR

Ing. Ángelo Villavicencio
CODIRECTOR

Sangolquí, Marzo 2012

LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

“REINGENIERÍA, IMPLEMENTACIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN CON MANTENIMIENTO DE CUARTO Y QUINTO ESCALÓN DE UN MOTOR BAZÁN M.A.N. DE 500 HP DEL GRUPO DE BOMBEO DIESEL PARA EL POLIDUCTO QUITO AMBATO RIOBAMBA DE LA EMPRESA E.P. PETROECUADOR”

ELABORADO POR:

María Gabriela Machado Soto

CI: 0604089698

Luis Alfredo Orellana Mora

CI: 1719745224

Ing. Xavier Sánchez

Director de la Carrera de Ingeniería Mecánica

Sangolquí, Marzo 2012

DEDICATORIA

El desarrollo de este proyecto lo dedico a la memoria de mi Mamita Teresita, mujer emprendedora que me enseñó que el esfuerzo, la dedicación y la perseverancia son los pasos para conseguir las metas.

A Ella por su amor, paciencia, por ser la guía de mis pasos y el de los de mi familia. Gracias mamita por todas tu bendiciones.

María Gabriela

El siguiente proyecto quiero dedicar a mis queridos padres Luis Romualdo y Mariana de Jesús, por darme ese apoyo incondicional que día tras día ha sido mi fuerza para seguir adelante. Por todo el sacrificio que han hecho y siguen haciendo hasta hoy, gracias de todo corazón por ayudarme a cumplir con mi sueño. Los amo mucho.

A mis adorables hermanos Angélica y Christian, por todo el cariño y fuerza que me dieron durante toda esta travesía. No se olviden que son la luz de mis ojos y el alma de mi cuerpo. Los quiero mucho.

A mi abuelita por darme toda su bondad y consejos sabios durante toda mi vida. Gracias abue.

A mis primos, por ser como mis hermanos mayores, nunca me han dejado solo y siempre veo un buen ejemplo en ustedes.

Luis Alfredo

“No basta saber, se debe también aplicar. No es suficiente querer, se debe también hacer.”

Johann Wolfgang Goethe

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios y a María Auxiliadora por la vida, por las bendiciones recibidas y por la familia que me ha dado.

A mi Mamita Laury y a mi Papito Jorge por darme la oportunidad de estudiar una carrera universitaria, por su apoyo pero sobretodo por su amor incondicional, todo su esfuerzo esta reflejado en este logro alcanzado.

A mis eternos compañeros de juegos mi hermano Paúl y mi hermana Katy.

A mi familia que siempre estuvo pendiente de mí.

A los docentes y laboratoristas de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la ESPE.

Al personal del Poliducto Q-A-R por el respaldo prestando para el desarrollo de este proyecto.

Al Ing. Ramiro Valencia por los consejos y las enseñanzas que desinteresadamente nos compartió.

Quiero agradecerle Luis Alfredo principalmente por la paciencia en este caminar, gracias por ser mi apoyo, compañero y amigo.

A mis sobrinos Matías y Alexis que son la esperanza y alegría de mi vida.

María Gabriela

Agradezco a Dios por haberme dado la fuerza que requerí durante este largo camino. Sin ti no lo hubiera logrado. Gracias

A Gaby por haberme impulsado en esta nueva aventura, gracias por todo el tiempo y paciencia que me supiste dar, siempre dándome tu apoyo y consejos.

A la empresa que nos ayudo a cumplir con nuestro sueño E.P. Petroecuador, en especial al equipo de Mantenimiento Electromecánico del Poliducto Quito Ambato Riobamba, por darnos su colaboración y conocimientos. Un agradecimiento especial al Ing. Ramiro Valencia, por ser uno de nuestros mentores, habernos fomentado el trabajo en equipo y la lucha diaria por alcanzar un objetivo.

A nuestro Director el Ing. Juan Díaz y Codirector el Ing. Ángelo Villavicencio, por habernos brindado todo su apoyo y conocimiento en este proyecto, Gracias.

Luis Alfredo

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO	II
LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS	XVI
CAPITULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 ANTECEDENTES	2
1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.4 OBJETIVOS	6
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	6
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
1.5 ALCANCE DEL PROYECTO.....	6
1.6 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	7
CAPITULO II	10
MARCO TEÓRICO.....	10
2.1 MOTORES TÉRMICOS	10
2.1.1 CLASIFICACIÓN DE LOS MOTORES TÉRMICOS	10
2.1.2 MOTOR ALTERNATIVO DE COMBUSTIÓN INTERNA.....	12
2.1.3 MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DE CUATRO TIEMPOS	13
2.1.4 MOTOR DE COMBUSTIÓN ENCENDIDO POR COMPRESIÓN	14
2.1.5 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN PARA MOTORES	18
2.2 MANTENIMIENTO	22
2.2.1 DEFINICIÓN.....	22
2.2.2 OBJETIVO DEL MANTENIMIENTO.....	22
2.2.3 TIPOS DE MANTENIMIENTO.....	23
2.2.4 ESCALONES DE MANTENIMIENTO	25

2.3	ESTADO ACTUAL DE LA TECNOLOGÍA DE BOMBEO DE PRODUCTOS LIMPIOS DEL POLIDUCTO	28
2.3.1	INTRODUCCIÓN.....	28
2.3.2	PARTES CONSTITUTIVAS DE UN POLIDUCTO	29
2.3.3	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL POLIDUCTO Q-A-R.	32
CAPITULO III		42
OVERHAUL DEL MOTOR BAZÁN M.A.N.		42
3.1	DESCRIPCIÓN DEL MOTOR BAZÁN M.A.N.....	42
3.2	PROCESO TECNOLÓGICO PARA EL MANTENIMIENTO DE CUARTO Y QUINTO ESCALÓN.....	47
3.3	ÍNDICES DE CONTROL DE LA CALIDAD DE LA REPARACIÓN.	123
CAPITULO IV.....		126
DISEÑO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.....		126
4.1	ANÁLISIS DEL PROBLEMA.....	126
4.2	ANÁLISIS TÉRMICO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN EN ACTUAL FUNCIONAMIENTO.	127
4.2.1	ANÁLISIS DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN – CIRCUITO AGUA DEL MOTOR.....	129
4.2.2	ANÁLISIS DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN - CIRCUITO AGUA DEL ACEITE	155
4.2	DISEÑO TÉRMICO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN OPTIMIZADO..	186
4.2.1	CÁLCULO DEL SISTEMA DE TUBERÍAS, ACCESORIOS, Y ANÁLISIS DE LA BOMBA CENTRIFUGA.....	189
4.2.2	ANÁLISIS TÉRMICO DEL RADIADOR	200
4.2.3	ANÁLISIS DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR PARA EL ACEITE	213
4.2.4	ANÁLISIS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.....	226
4.3	SELECCIÓN DE PARTES CONSTITUTIVAS DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN OPTIMIZADO.....	248
4.3.1	JUSTIFICACIÓN.....	252
4.4	PLANOS CONSTRUCTIVOS.....	253
CAPÍTULO V		254
MONTAJE Y CALIBRACIÓN.....		254
5.1	MONTAJE Y CALIBRACIÓN DE LAS PARTES CONSTITUTIVAS DEL MOTOR BAZÁN M.A.N.	254
5.2	MONTAJE Y CALIBRACIÓN DE LAS PARTES CONSTITUTIVAS DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN OPTIMIZADO	266
5.3	MONTAJE Y CALIBRACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO.	270

CAPÍTULO VI.....	273
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	273
6.1 PRUEBAS EN VACÍO (SIN CARGA).....	273
6.2 PRUEBAS CON CARGA (BOMBEO)	276
6.2.1 TOMA DE DATOS.....	276
6.2.2 ANÁLISIS DE DATOS	280
6.3 VALIDACIÓN DE LA UTILIDAD DEL MOTOR BAZÁN M.A.N.	283
6.4 MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA EL NUEVO CICLO DE VIDA.....	286
CAPÍTULO VII.....	315
ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO	315
7.1 ANÁLISIS ECONÓMICO.....	315
7.1.1 COSTO DEL OVERHAUL DEL MOTOR.....	315
7.1.2 COSTOS DE LA REINGENIERÍA DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN. 319	
7.1.3 FINANCIAMIENTO.....	321
7.2 ANÁLISIS FINANCIERO	322
7.2.1 TIEMPO DE RETORNO.....	323
7.2.2 VALOR ACTUAL NETO (VAN)	324
7.2.3 TASA DE INTERÉS DE RETORNO (TIR)	325
7.3 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	326
CAPITULO VIII.....	327
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	327
8.1 CONCLUSIONES.....	327
8.2 RECOMENDACIONES.....	329
BIBLIOGRAFÍA	330
TERMINOLOGÍA	331
ANEXOS	332
ANEXO A.....	333
ANEXO B.....	334
ANEXO C.....	335
ANEXO D.....	336
ANEXO E.....	337

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 Ubicación geográfica del Poliducto Q-A-R	3
FIGURA 1.2 Esquema general de la estación de bombeo del Poliducto Q-A-R.	4
FIGURA 2.1 Clasificación de las Máquinas Térmicas.	10
FIGURA 2.2 Clasificación de los Motores de Combustión Interna	11
FIGURA 2.3 Esquema Básico de Motor Alternativo de Combustión Interna	12
FIGURA 2.4 Motor de Cuatro Tiempos, Encendido por Compresión	14
FIGURA 2.5 Diagrama P-V del Ciclo Diesel Teórico	15
FIGURA 2.6 Diagrama de presión ciclo práctico.	17
FIGURA 2.7 Ciclo Real o Práctico	18
FIGURA 2.8 Sistema de Refrigeración	19
FIGURA 2.9 Refrigeración por Aire	19
FIGURA 2.10 Radiador Tubular	20
FIGURA 2.11 Radiador de Láminas de Agua	21
FIGURA 2.12 Radiador de Panal	21
FIGURA 2.13 Componentes de Refrigeración por Agua	22
FIGURA 2.14 Diagrama de Flujo del Poliducto Quito Ambato Riobamba.	33
FIGURA 2.15 Múltiple de válvulas de entrada	35
FIGURA 2.16 Bombas Booster	36
FIGURA 2.17 Micro separador Horizontal FRAM	37
FIGURA 2.18 Medidor Másico Tipo Coriolis	37
FIGURA 2.19 Múltiple de Descarga	39
FIGURA 2.20 Grupo de Bombeo Diesel	39
FIGURA 2.21 Grupo de Bombeo Eléctrico	40
FIGURA 3.1. Motor Bazán M.A.N.	47
FIGURA 3.2 Componentes de la Caja de Balancines	49
FIGURA 3.3 Eje de Balancines de Admisión y Escape	49
FIGURA 3.4 Balancín de Admisión y Escape	49
FIGURA 3.5 Posición de Medición	49
FIGURA 3.6 Tapa de Balancines	54
FIGURA 3.7 Limpieza de Cajas	54
FIGURA 3.8 Caja Lapeada	54
FIGURA 3.9 Limpieza de Orificios de la Caja de Balancines	55
FIGURA 3.10 Engrase de Ejes	55

FIGURA 3.11 Armado de los Componentes de la Caja	55
FIGURA 3.12. Herramienta especial para el desacople del tornillo de presión	58
FIGURA 3.13 Limpieza de Culatas con Agua	60
FIGURA 3.14 Limpieza de Culatas con Diesel	60
FIGURA 3.15 Mitad de cono	61
FIGURA 3.16 Placa de Resorte	61
FIGURA 3.17 Resortes	61
FIGURA 3.18 Válvula con Quemado Local	62
FIGURA 3.19 Válvula Quemada	62
FIGURA 3.20 Válvula con Perforación	62
FIGURA 3.21 Válvula con Picaduras	62
FIGURA 3.22 Válvula con Corrosión	63
FIGURA 3.23 Rotura de Cabeza de Válvula	63
FIGURA 3.24 Fisura de la Cabeza de Válvula	63
FIGURA 3.25 Deformación de la Cabeza de Válvula	63
FIGURA 3.26 Rotura del radio bajo de Válvula	64
FIGURA 3.27 Separación de Cabeza-Vástago	64
FIGURA 3.28 Rotura del Vástago de Válvula	64
FIGURA 3.29 Retención de Vástago	64
FIGURA 3.30 Pérdida de material	64
FIGURA 3.31 Desgaste del extremo del Vástago	65
FIGURA 3.32 Desgaste de asiento de Válvula	65
FIGURA 3.33 Desgaste en zona de trabas	65
FIGURA 3.34 Guías de Válvulas	65
FIGURA 3.35 Asiento de Válvulas	66
FIGURA 3.36 Quemador	66
FIGURA 3.37 Cono	67
FIGURA 3.38 Bujía de Precalentamiento	67
FIGURA 3.39 Válvula de Arranque	67
FIGURA 3.40 Culatas Rectificadas	68
FIGURA 3.41 Rectificación de asientos	69
FIGURA 3.42 Cambio de Asientos	69
FIGURA 3.43 Proceso de Asentamiento de Válvulas	70
FIGURA 3.44 Asentamiento del Cono	70
FIGURA 3.45 Verificación de Asentamiento	70
FIGURA 3.46 Armado de Válvulas	71

FIGURA 3.47 Armado de Resortes	71
FIGURA 3.48 Armado de placas de resorte	71
FIGURA 3.49 Engrase de Cono	71
FIGURA 3.50 Armado Tornillo de Presión	72
FIGURA 3.51 Armado de O 'ring en el Cono	72
FIGURA 3.52 Armado del Tornillo	72
FIGURA 3.53 Armado de ductos de agua	72
FIGURA 3.54 Prueba Hidrostática	73
FIGURA 3.55 Armado completo	73
FIGURA 3.56 Brazo de Biela	75
FIGURA 3.57 Cojinetes con perdida de Recubrimiento	75
FIGURA 3.58 Cojinete con exposición de cobre	75
FIGURA 3.59 Rotura de Cojinete	76
FIGURA 3.60 Material Incrustado en Cojinete	76
FIGURA 3.61 Cojinete Pulimentado	76
FIGURA 3.62 Cojinete con Corrosión	76
FIGURA 3.63 Cojinete con Adherencias	77
FIGURA 3.64 Bulón	77
FIGURA 3.65 Bielas	78
FIGURA 3.66 Armado de cojinetes de Bulón.	79
FIGURA 3.67 Desarme de los anillos	80
FIGURA 3.68 Quemadura de corona	81
FIGURA 3.69 Pegadura de Anillos	81
FIGURA 3.70 Golpe de Válvulas	81
FIGURA 3.71 Socavaciones en Pistones	81
FIGURA 3.72 Rotura de Pistón	82
FIGURA 3.73 Camisa-Pistón	83
FIGURA 3.74 Anillo de Pistón	84
FIGURA 3.75 Holgura de Anillos	84
FIGURA 3.76 Armado de los Anillos de Pistón	85
FIGURA 3.77 Armado de los componentes del Pistón	85
FIGURA 3.78 Almacenaje de los Pistones	85
FIGURA 3.79 Desarmado de las Camisa	87
FIGURA 3.80 Camisa con Rotura Longitudinal	88
FIGURA 3.81 Rotura de Collarín de Camisa	88
FIGURA 3.82 Cavitación en Camisa	88

FIGURA 3.83 Corrosión en Camisas	89
FIGURA 3.84 Desgaste de Camisa	89
FIGURA 3.85 Camisa o Cilindro	89
FIGURA 3.86 Desarmado del Cigüeñal	92
FIGURA 3.87 Denominación del Cigüeñal	92
FIGURA 3.88 Mecanizado del Cigüeñal	93
FIGURA 3.89 Estado inicial de las cámaras del Bloque	95
FIGURA 3.90 Parte superior del bloque	96
FIGURA 3.91 Desgaste de Levas	97
FIGURA 3.92 Golpe en Levas	97
FIGURA 3.93 Picaduras en Levas	97
FIGURA 3.94 Desgaste en Apoyos	97
FIGURA 3.95 Bloque con removedor de Pintura	98
FIGURA 3.96 Pintura con fondo gris.	98
FIGURA 3.97 Armado de los cojientes del cigüeñal	99
FIGURA 3.98 Limpieza del Carter.	101
FIGURA 3.99 Fondeado del Carter	101
FIGURA 3.100 Desarmado de Alcachofa	101
FIGURA 3.101 Mantenimiento de Alcachofa	101
FIGURA 3.102 Filtro de Laminillas	104
FIGURA 3.103 Carcasa del Filtro Ciclónico	104
FIGURA 3.104 Laminillas	104
FIGURA 3.105 Filtro Ciclónico	105
FIGURA 3.106 Amortiguador de Vibraciones	108
FIGURA 3.107 Limpieza del Amortiguador de Vibraciones	109
FIGURA 3.108 Tapa Interior y contrapesos del Dámper.	109
FIGURA 3.109 Tapa exterior del Dámper.	109
FIGURA 3.110 Bomba de Aceite	111
FIGURA 3.111 Inyectores	114
FIGURA 3.112 Calibración del Inyector	114
FIGURA 3.113 Mofle de Admisión	116
FIGURA 3.114 Mofle de Escape	117
FIGURA 3.115 Inspeccionando el mofle de escape.	118
FIGURA 3.116 Armado de los empaques.	118
FIGURA 3.117 Armado de los empaques en la conexión con el Turbo	118
FIGURA 3.118 Radiador	119

FIGURA 3.119 Panel del Radiador	120
FIGURA 3.120 Eje del Ventilador	120
FIGURA 3.121 Ventilador y carcasa del Radiador.	121
FIGURA 4.1 Configuración de los Paneles del Radiador	126
FIGURA 4.2. Geometría de los tubos	127
FIGURA 4.3 Dimensiones del Radiador	129
FIGURA 4.4 Arreglo en tubos escalonados.	130
FIGURA 4.5 Sección transversal del tubo del Radiador	136
FIGURA 4.6 Ecuación General de Energía	145
FIGURA 4.7 Radiador	148
FIGURA 4.8 Descripción de los parámetros del Intercambiador	165
FIGURA 4.9 Esquema de Sistema de Refrigeración Nuevo.	182
FIGURA 4.10 Tramo 1	185
FIGURA 4.11 Tramo2	186
FIGURA 4.12 Tramo 3	187
FIGURA 4.13 Tramo 4	190
FIGURA 4.14 Vista Superior del panel del Radiador	198
FIGURA 4.15 Dimensiones del Nuevo Radiador	200
FIGURA 4.16 Transferencia de Calor en el Radiador	202
FIGURA 4. 17 Eficiencia del Radiador	202
FIGURA 4.18 Transferencia de Calor en el Intercambiador de Calor para el Aceite	220
FIGURA 4.19 Eficiencia en el Intercambiador de Calor	220
FIGURA 4.20 Cámara de Combustión	225
FIGURA 4.21 Posiciones del Pistón	226
FIGURA 4.22 Diagrama Presión Volumen del Ciclo Diesel	232
FIGURA 4.23 Radiador Nuevo	249
FIGURA 4.24 Intercambiador De Calor	249
FIGURA 4.25 Motor BAZÁN M.A.N.	250
FIGURA 4.26 Bomba de Agua	250
FIGURA 5.1 Cigüeñal del Motor	254
FIGURA 5.2 Calibración con Plastigage	255
FIGURA 5.3 Calibración Juego Axial	256
FIGURA 5.4 Camisas-Calibración	258
FIGURA 5.5 Calibración de la altura de la camisa	258
FIGURA 5.6 Laminas de Calibración	259

FIGURA 5.7 Huelgo Pistón-Anillos	260
FIGURA 5.8 Huelgo de Anillos	260
FIGURA 5.9 Calibración de los Balancines	261
FIGURA 5.10 Desarmado de los componentes del Motor	262
FIGURA 5.11 Desarmado del Volante de Inercia	262
FIGURA 5.12 Desmontaje del Motor	263
FIGURA 5.13 Limpieza de la Base del Motor	263
FIGURA 5.14 Traslado del Motor	263
FIGURA 5.15 Remoción de la Pintura Antiguo	264
FIGURA 5.16 Limpieza con agua después de la Remoción de la Pintura	265
FIGURA 5.17 Fondeado del Patín, embrague, etc.	265
FIGURA 5.18 Motor con color Beige	265
FIGURA 5.19 Pintura de las líneas eléctricas, de aceite, y de agua.	266
FIGURA 5.20 Desmontaje del Antiguo Radiador	267
FIGURA 5.21 Base de la bomba	267
FIGURA 5.22 Ubicación de la Base del Intercambiador	268
FIGURA 5.23 Proceso de Soldadura de perfiles UPN al patín	268
FIGURA 5.24 Proceso de Soldadura- Tubería de Aceite	268
FIGURA 5. 25 Fondeado del Radiador	269
FIGURA 5.26 Grupo 601	269
FIGURA 5.27 Ubicación de las Bujías de Pre calentamiento	270
FIGURA 5. 28 Ubicación de los Termocuplas	270
FIGURA 5.29 Ubicación del Sensor óptico Inductivo	271
FIGURA 5.30 Calibración del Sensor	271
FIGURA 5.31 Ubicación del Sensor del Embrague	271
FIGURA 5.32 Woodward Electrónico	271
FIGURA 5.33 Tablero de Control de Sensores	272
FIGURA 6.1 Diferencia de Temperaturas en el Intercambiador Circuito Aceite	281
FIGURA 6.2 Diferencia de Temperaturas en el Intercambiador Circuito Agua	281
FIGURA 6.3 Diferencia de Temperatura en el Radiador	282
FIGURA 6.4 Temperaturas en Culatas.	283
FIGURA 6.5 Utilidad de los Motores cuando se Bombea GASOLINA	284
FIGURA 6.6 Utilidad de los Motores cuando se Bombea DIESEL 2	284
FIGURA 6.7 Diagrama de Pareto para los repuestos	312

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1 Características Generales de los Poliductos de E.P. Petroecuador	2
TABLA 1.2 Estaciones del Poliducto Q-A-R	3
TABLA 2.1 Características Motores Encendidos por Compresión	14
TABLA 2.2 Características de la Tubería Q.A.R	32
TABLA 2.3 Características de las Bombas Booster.	35
TABLA 2.4 Características del Micro Separador FRAM.	36
TABLA 2.5 Características de los motores Diesel	38
TABLA 2.6 Características de los motores Diesel	38
TABLA 2.7 Características de los Multiplicadores	38
TABLA 2.8 Características de las Bombas de alta presión	38
TABLA 2.9 Características del Motor Eléctrico	40
TABLA 2.10 Características de las Bombas del Grupo Eléctrico	40
TABLA 3.1 Características del Motor BAZÁN M.A.N.	45
TABLA 3.2 Dimensiones Elementos Nuevos	50
TABLA 3.3 Dimensiones Tapa N° 8	50
TABLA 3.4 Dimensiones Tapa N° 1	51
TABLA 3.5 Dimensiones Tapa N° 5	51
TABLA 3.6 Dimensiones de las Palancas Intermedias	52
TABLA 3.7 Dimensiones del Balancín de Admisión	52
TABLA 3.8 Dimensiones del Balancín de Escape	53
TABLA 3.9 Selección de Grupos	53
TABLA 3.10 Parámetros de Inspección Técnica de las Culatas	59
TABLA 3.11 Mitad De Cono	61
TABLA 3.12 Placa De Resorte	61
TABLA 3.13 Resortes	61
TABLA 3.14 Fallas comunes en las Válvulas	62
TABLA 3.15 Guías De Valvulas	66
TABLA 3.16 Asientos De Valvulas	66
TABLA 3. 17 Quemador	66
TABLA 3.18 Tornillo de Presión	67
TABLA 3.19 Cono	67
TABLA 3.20 Bujías de Precalentamiento	67
TABLA 3.21 Válvula de Arranque Neumático	67
TABLA 3.22 Dimensiones del Desbaste	69

TABLA 23. Pruebas Hidrostáticas	73
TABLA 3.24 Brazos de Biela	75
TABLA 3.25 Cojinetes de Bulón (CBU) y Cojinetes de Biela (CBI)	75
TABLA 3.26 Defectación Metrológica-Biela	76
TABLA 3.27 Bulón	77
TABLA 3.28 Defectación Metrológica-Bulón	78
TABLA 3.29 Fallas en los Pistones	81
TABLA 3.30 Holgura de ranuras en el Pistón	83
TABLA 3.31 Dimensiones del Anillos de Pistón	84
TABLA 3.32 Holgura de Anillos de Pistón	84
TABLA 3.33 Causas de falla de las Camisas	88
TABLA 3.34 Dimensiones de las Camisas	90
TABLA 3.35 Dimensiones del Cigüeñal	92
TABLA 3.42 Fallas de los Cojinetes de Bancada (CBA)	96
TABLA 3.43 Fallas de los Cojinetes del Árbol de Levas (CAL)	96
TABLA 3.44 Fallas del Árbol de Levas	97
TABLA 3.45 Fallas en el Engranaje del Árbol de Levas	98
TABLA 4.1 Accesorios Total y Factor de Fricción del Circuito de Agua del Motor	144
TABLA 4.2 Accesorios de la Salida de Agua del Radiador hacia el Motor – Circuito Agua del Motor	150
TABLA 4.3 Accesorios de Refrigeración del Agua - Circuito Aceite	178
TABLA 4.4 Accesorios de la salida del Agua del Radiador hacia el Motor - Circuito Aceite	178
Tabla 4.5 Datos de la Tubería de 2 plg.	186
TABLA 4.6 Accesorios de la Aspiración	190
TABLA 4.7 Accesorios en la Impulsión	191
TABLA 4.8 Requerimientos de Bomba	193
TABLA 4.9 Características de la Bomba Disponible	194
TABLA 4.10 Tubería Utilizada	197
TABLA 4.11 Resultado de Análisis de Gases	228
TABLA 4.12 Consumo de Combustible	230
TABLA 4.13 Materiales Utilizados en el Circuito de Agua del Motor	248
TABLA 5.1 Dimensiones del Cigüeñal	255
TABLA 5.2 Datos Obtenidos con el Plastigage en el Cigüeñal	256
TABLA 5.3 Holgura entre el Cigüeñal y la Biela	257

TABLA 5.4 Dimensiones de las Camisas	258
TABLA 5.5 Datos de la Altura en las Camisas	259
TABLA 5.6 Datos de Huelgo Pistón-Anillos	260
TABLA 5.7 Datos de Huelgo de Anillos	260
TABLA 6.1 Datos del Motor en ralentí	275
TABLA 6.2 Datos de campo del Motor Antiguo – Gasolina	277
TABLA 6.3 Datos de campo del Motor Antiguo – Diesel	278
TABLA 6.4 Datos de campo del Motor Recuperado – Gasolina	279
TABLA 6.5 Intercambiador de Calor Aceite-Agua	280
TABLA 6.6 Datos de Temperaturas en el Radiador	282
TABLA 6.7 Datos de las Temperaturas en las Culatas del Motor Recuperado (Izq.) y Antiguo (Der.)	283
TABLA 6.8 Repuestos Demandados Anualmente	311
TABLA 7.1 Mano de Obra Directa Contratada	313
TABLA 7.2 Mano de Obra Directa EP PETROECUADOR	314
TABLA 7.3 Mano de Obra Directa Tesistas	314
TABLA 7.4 Materiales Directos	314
TABLA 7.5 Materiales Indirectos	317
TABLA 7.6 Mano de Obra Directa Contratado	317
TABLA 7.7 Mano de Obra Directa Especializada	318
TABLA 7.8 Mano de Obra Directa Tesistas	318
TABLA 7.9 Materiales Directos	319
TABLA 7.10 Costo Total del Proyecto	319
TABLA 7.11 Financiamiento del Proyecto	319
TABLA 7.12 Datos del Bombeo de Diesel	320
TABLA 7.13 Análisis de Sensibilidad	324

RESUMEN

El Poliducto Quito Ambato Riobamba (P.Q.A.R.) localizado dentro de las instalaciones del Terminal “El Beaterio” situado al sureste de la ciudad de Quito, es el encargado de Bombear productos limpios (gasolina y diesel) hacia la ciudad de Ambato.

El proceso de bombeo de productos limpios comienza con direccionar el producto mediante la utilización de un múltiple de válvulas que transporta el fluido desde los tanques de almacenamiento hacia la bomba booster, la cual es la encargada de elevar la presión para que no existan problemas de cavitación en los equipos. El producto es filtrado y a continuación es medido por un medidor de flujo, que obtiene las características del combustible transportado. Una vez medido el flujo, pasa a la fase de bombeo propiamente dicha, la cual consiste en enviar el combustible mediante la utilización del Grupo Diesel o Grupo Eléctrico, estos aumentan la presión del flujo para que pueda vencer la barrera más alta de todo el trayecto hacia la Estación Reductora de Ambato.

El Grupo Diesel funciona con dos Motores de Combustión Interna M.C.I. (uno de baja y otro de alta presión), que a su vez tiene un incrementador de velocidad y una bomba multietapas axial en cada motor. El mantenimiento de los equipos se encuentra programado mediante un sistema. El Overhaul completo de uno de estos M.C.I. se lo realiza al cumplir 24000 horas de bombeo. El motor 601 de baja presión cumplió con sus 24000 horas de funcionamiento.

A partir de la necesidad de realizar un Overhaul completo de este motor, se emprende el siguiente proyecto con la finalidad de recuperar un motor que se encontraba en estado técnico desconocido para poder ser remplazado con el Motor 601, modificar e independizar su sistema de refrigeración para hacerlo más óptimo, de esta manera se garantizará que el bombeo de combustible sea continuo hacia la ciudad de Ambato.

Es importante conocer el medio de desenvolvimiento del proyecto para lo que se realiza una breve introducción del P.Q.A.R., su funcionamiento y equipos a su haber, esto nos permitirá plantearnos los objetivos, alcances e importancia para el desarrollo de este proyecto.

La investigación del fundamento teórico sirve para ampliar el conocimiento sobre los motores de combustión interna de ciclo Diesel de cuatro tiempos, sus elementos, funciones y el requerimiento del Mantenimiento a realizar con la ayuda del personal técnico.

Este documento describe cada paso del proceso tecnológico de mantenimiento de cuarto y quinto escalón realizados en los conjuntos del Motor Diesel permitiendo su recuperación, conjuntamente con un análisis del control de la calidad de las actividades y/o acciones realizadas.

Para conseguir la independización del sistema de refrigeración del grupo Diesel 601 es indispensable realizar un análisis térmico del sistema en actual funcionamiento, permitiendo conocer sus variables críticas, las misma que serán mejoradas con un nuevo diseño aumentando su eficiencia y que el motor trabaje entre sus parámetro de funcionamiento.

Una vez finalizado el Overhaul del Motor y los estudios del Rediseño se pasará al montaje del motor recuperado, para realizar las respectivas calibraciones y construcción del sistema de refrigeración para conseguir un funcionamiento óptimo del grupo recuperado.

Para poder validar el funcionamiento de este proyecto, se tomará los respectivos datos y se analizaran para poder determinar la utilidad de estos equipos. Adicionalmente se realizará un manual de operaciones y mantenimiento para el nuevo ciclo de vida, con datos relevantes del sistema.

Como respaldo de que este proyecto es sustentable se describirá todo el análisis económico que intervino en el mantenimiento del motor como para el Rediseño del Sistema de Refrigeración. Se determinará el financiamiento para el proyecto y el tiempo de recuperación de la inversión.

Finalmente se plantearan las conclusiones del proyecto y recomendaciones para futuros trabajos a realizarse.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

A pesar que un sistema mecánico sea funcional, todas las personas son conscientes que independientemente de la perfección del diseño, tecnología de su producción o materiales usados en su fabricación, a lo largo de su operación se producirán varios cambios irreversibles debido a los factores de envejecimiento de una maquinaria como son el desgaste total o parcial que sufren los elementos constitutivos en el periodo de servicio, los mantenimientos inadecuados, tardíos o realizarlos con suministros inadecuados, las vibraciones, los factores del entorno como la humedad relativa, temperatura, presión atmosférica, el polvo, en alguno de los casos los errores cometidos por los operadores ya sea por falta de conocimiento o imprudencia; todo esto puede causar fallas de operación en el sistema.

Un plan de mantenimiento se aplica a todo sistema mecánico con la finalidad de aumentar su confiabilidad y vida útil. El conjunto de acciones definidas, organizadas y puntuales, conocidas como tareas de mantenimiento permitirá recuperar, conservar o mejorar la capacidad del sistema para que cumpla su función.

En los elementos o sistemas se realiza los diferentes tipos de mantenimientos, como el correctivo que permite su recuperación, el preventivo reduce la probabilidad de fallo o maximiza el beneficio operativo, el predictivo realiza el seguimiento del desgaste a través de análisis de síntomas o estimaciones estadísticas. En el desarrollo del mantenimiento existen niveles de complejidad en la realización de tareas que se pueden efectuar, así como el personal que debe participar en la ejecución, organizado estos parámetros en escalones de mantenimiento.

El presente proyecto tiene como finalidad describir el proceso tecnológico correspondiente al mantenimiento correctivo, con tareas específicas de cuarto y quinto escalón de un motor estacionario diesel BAZÁN M.A.N. de 500 HP empleado para el bombeo de productos limpios en el Poliducto Quito-Ambato-Riobamba.

1.2 ANTECEDENTES

Para el transporte de derivados de petróleo se emplean los poliductos, gaseoductos, buque-tanques y auto tanques. La política de transporte de productos limpios aplica el principio de “Abastecer a todas las zonas de influencia en el menor tiempo y al más bajo costo”.

EP PETROECUADOR mediante su Gerencia de Transporte y Almacenamiento garantiza el abastecimiento de combustibles desde las Refinerías de: Esmeraldas, Shushufindi y La Libertad, hasta los Terminales de todo el país. A diario se transportan 170.000 barriles aproximadamente de diversos productos a través de la red de poliductos de casi 1.400 Km de extensión, que conecta las provincias de la Amazonía, Costa y Sierra del país.

El sistema de transporte de productos limpios consta de los siguientes poliductos de la red:

TABLA 1.1 Características Generales de los Poliductos de EP Petroecuador

POLIDUCTO	LONGITUD (KM)	DIAMETRO DE TUBERIA (PULG)	CAPACIDAD BOMBEO (BLS/DIA)	VOLUMEN EMPAQ. LINEA (BLS)	CAUDAL MAXIMO (BLS/HORA)
ESMERALDAS - STO DOMINGO	163,9	16	60.000	121.800	2.500
STO DOMINGO - QUITO	89	12	48.000	42.800	2.000
STO DOMINGO - PASCUALES	276	10	38.400	91.800	1.600
QUITO - AMBATO	111	6	12.000	13.572	500
SHUSHUFINDI - QUITO	305	6-4	10.800	37.000	450
LIBERTAD - PASCUALES	128	10	21.600	42.300	900
LIBERTAD - MANTA	170	6	8.400	21.500	350
TRES BOCAS - PASCUALES	20	12	108.000	10.000	4.500
TRES BOCAS - FUEL OIL	5,6	14	48.000	2.700	2.000
TRES BOCAS - SALITRAL	5,5	8-6	36.000	900	1.500

La red de poliductos y gaseoductos que se encuentra en operación a nivel nacional incluye el poliducto Quito - Ambato - Riobamba (Q-A-R), que se encuentra ubicado estratégicamente, como se puede apreciar en la figura 1.1 logrando la interconexión con la red de poliductos que atraviesan las tres regiones del Ecuador Continental.



FIGURA 1.1 Ubicación geográfica del Poliducto Q-A-R

El sistema del poliducto Q-A-R está formado por las estaciones mostradas en la tabla 1.1.

Tabla 1.2 Estaciones del Poliducto Q-A-R

Estación de Bombeo	Ubicación	Altura (m)	Ubicación (km)
Beaterio, Estación Reductora y Terminal de Almacenamiento y Despacho	Quito	2950	0
Estación de Control	Latacunga	2850	68
Estación Reductora de Ambato y Terminal de Almacenamiento y Despacho	Ambato	2760	111

El Poliducto Q-A-R tiene como función principal transportar productos limpios derivados del petróleo hacia Ambato y próximamente a Riobamba, para lo que cuenta

con dos grupos principales de bombeo, el diesel y el eléctrico, un medidor másico de caudal tipo Coriolis, dos tanques de almacenamiento de diesel para consumo de combustible de los motores diesel, un sistema de equipos de limpieza interior de tubería y un múltiple de válvulas controladas por actuadores que direccionan el producto desde los tanques del Terminal El Beaterio. Además cuenta con equipos auxiliares para el funcionamiento de los instrumentos como lo son: compresores, un laboratorio de muestreo de productos, filtros separadores de agua-combustible y un sistema de calibración de medidores. Ver Figura 1.2.

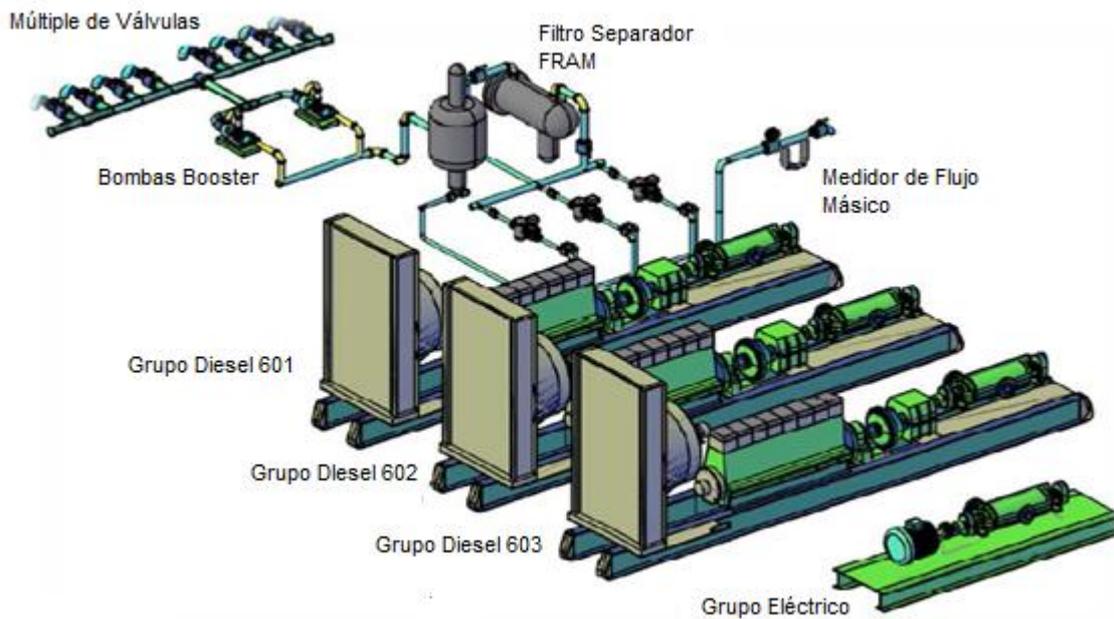


FIGURA 1.2 Esquema general de la estación de bombeo del Poliducto Q-A-R.

En la estación se cuenta con una sala de control formada por equipos de computación y monitores para el control de las operaciones de los grupos y de la línea que lleva el combustible hacia Ambato.

Para vencer el punto más alto del poliducto ubicado en la cordillera de Los Andes, es necesario lograr una presión de 1200 psi que deben ser generados desde la estación. Dicha presión se obtiene con dos de los tres grupos Diesel en serie o únicamente con el grupo eléctrico. Cabe destacar que la bomba siempre debe trabajar

con producto y no se produzcan vacíos que generen implosiones y el posterior deterioro de la misma.

1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El transporte de productos limpios debe ser eficaz y oportuno para evitar el desabastecimiento en el lugar de recepción. Los motores instalados en el Poliducto Q.A.R. tienen una caudal de bombeo de 500 (Bl/s/h), con una disponibilidad de sus equipos del 75% aproximadamente. La configuración del sistema de refrigeración actual de los motores es tal, que en un paro no programado se debe aislar todo el sistema, teniendo que dejar de funcionar con los grupos diesel y generando tiempos muertos de operación y pérdidas a la empresa.

Un mantenimiento programado es el Mantenimiento de 24000 horas, en el cual se procede a realizar un Overhaul completo del motor. El motor 601 ha cumplido con este tiempo de funcionamiento. Por lo que se ve en la necesidad de realizar las actividades de mantenimiento respectivas.

Teniendo en cuenta la demanda actual y futura, el departamento de operaciones se ve en la necesidad de tener los equipos de bombeo disponibles las veinticuatro horas del día.

Por lo anteriormente dicho, nace la necesidad de recuperar un motor de similares características al instalado actualmente con actividades de cuarto y quinto escalón del mantenimiento correctivo. El rediseño del sistema de refrigeración permitirá independizar cada uno de los motores, teniendo como resultado un sistema óptimo.

Con el Overhaul del motor y la reingeniería del sistema de refrigeración, se aumentará la disponibilidad de los equipos de planta al 100%, de esta manera disminuirémos el tiempo de paros no programados, pérdidas innecesaria para la empresa, y mantendremos el suministro de productos limpios

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Recuperar un Motor BAZÁN M.A.N. mediante los procesos tecnológicos correspondiente al cuarto y quinto escalón del mantenimiento correctivo, conjuntamente con la reingeniería de su sistema de refrigeración que permita un desempeño óptimo del grupo diesel para el bombeo de productos limpios hacia la ciudad de Ambato.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el levantamiento de la información referente al grupo diesel de bombeo del Poliducto Q-A-R.
- Desarrollar la secuencia tecnológica para las acciones correctivas de mantenimiento
- Efectuar la defectación metrológica de los elementos constitutivos para clasificarlos según su estado de utilidad.
- Realizar las pruebas de funcionamiento con y sin carga.
- Realizar el manual de mantenimiento y operaciones para el nuevo ciclo de vida del motor.
- Diseñar la mejor propuesta para el sistema de refrigeración del grupo diesel.
- Validar los resultados obtenidos mediante la reingeniería del sistema de refrigeración.
- Analizar el costo y financiamiento del proyecto.

1.5 ALCANCE DEL PROYECTO

Realizar el Mantenimiento de Cuarto y Quinto Escalón de un motor BAZÁN M.A.N. de 500 HP de Potencia, que se encuentra fuera de funcionamiento sin saber su

estado actual. Por este motivo se procederá al desmontaje para realizar las respectivas tareas de mantenimiento, y al montaje de componentes mecánicos en motores diesel aplicando métodos y tiempos para el trabajo de puesta en punto; manejando información técnica para el fin.

Aumentar la disponibilidad operacional del equipo de bombeo mediante la realización del mantenimiento y reingeniería del sistema de refrigeración, consiguiendo una prolongación de la vida útil del motor.

La ejecución de este trabajo sea la base de futuros proyectos para el desarrollo y mejoramiento de la producción de la planta, logrando de esta manera aumentar las cifras económicas de la empresa y del país.

Con la realización de este proyecto se logrará aplicar y afianzar los conocimientos adquiridos en la carrera, dando como resultado una exitosa culminación del proyecto y consolidando la experiencia en el campo laboral.

1.6 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El Poliducto Q-A-R de EP Petroecuador es el único proveedor de gasolina Súper, Extra, Diesel 2, de la estación reductora Ambato, que satisface la demanda de gasolina para la zona Centro-Oriente del país, un manejo de equipos óptimos y en un buen funcionamiento es necesario para el transporte eficaz y rápido de productos limpios.

La tasa de bombeo de combustibles del Poliducto Q-A-R es de 492000 galones de combustible diarios aproximadamente con un caudal de 23000 (GPH) en gasolinas, y de 210000 (GPH) en diesel, en el caso de existir una para no programada el poliducto genera una pérdida económica significativas para la empresa.

El bombeo de los diferentes productos se lo planifica siempre en base a la demanda y presencia del combustible en stock en el lugar de recepción, estos

parámetros son manejados por el departamento de Operaciones del Poliducto requiriendo de una disponibilidad operacional de los equipos de bombeo las veinte y cuatro horas del día.

Por este motivo los equipos deben estar en las condiciones óptimas de operación, y la realización de este proyecto permitirá el mantenimiento de cuarto y quinto escalón recuperando un motor diesel BAZÁN M.A.N. de 500 HP de similares características a los instalados actualmente; para mantener las condiciones del mantenimiento, disminuir el desgaste de elementos constitutivos debido al excesivo calor generado, éste deberá operar dentro de un régimen de temperaturas especificado en manuales; razón por la cual la reingeniería del sistema de refrigeración nos permitirá determinar los adecuados componentes de éste. De ésta manera se logrará beneficiar al Poliducto, en:

- Disminución de pérdidas económicas por cada para no programada.
- Equilibrio o disminución de los costos de mantenimiento y prolongación de la vida útil de los equipos
- Disminución de los tiempos de paros programados y no programados
- Incremento de la eficiencia de bombeo en el caudal de succión.
- Garantizar la disponibilidad operacional de los equipos para el departamento de operaciones.

El mantenimiento de cuarto y quinto escalón, la reingeniería del sistema de refrigeración, y montaje de éstos es una necesidad inmediata que debe ser solucionada, para lo cual, la administración del Poliducto Q-A-R cuenta con repuestos, equipos, herramientas y con el presupuesto económico necesario para la realización de las tareas del proyecto e instalación; esta inversión se verá compensada en el nivel de producción y en la disminución de paras no programadas, fortaleciendo la misión que tiene que cumplir la GERENCIA DE TRANSPORTE que es, transportar,

almacenar y comercializar derivados de hidrocarburos con procesos altamente tecnificados, a fin de satisfacer la demanda a nivel nacional, con estándares de calidad, seguridad, oportunidad y rentabilidad, respetando al individuo y al ambiente, teniendo la posibilidad de incursionar en la comercialización en mercados internacionales.

El desarrollo de este proyecto conlleva la aplicación de las áreas más importantes de la carrera de Ingeniería Mecánica, puesto que para el diseño del sistema de refrigeración debemos aprovechar los conocimientos adquiridos en las asignaturas de Diseño Térmico, Mecánica de Fluidos, Transferencia del Calor; para el Mantenimiento y recuperación del motor se requerirá de las asignaturas de Mantenimiento Industrial, Metrología, Ciencia de los Materiales, Motores de Combustión Interna, los que nos permitirán llegar a una culminación exitosa de este proyecto.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 MOTORES TÉRMICOS

El motor térmico es una máquina motora, donde se producen una serie de transformaciones que conducen a un estado inicial, es decir, tiene un ciclo cerrado. En este transcurso el motor recibe energía térmica en forma de calor proveniente de la combustión del combustible y devuelve energía mecánica en forma de trabajo.¹

2.1.1 CLASIFICACIÓN DE LOS MOTORES TÉRMICOS



FIGURA 2.1 Clasificación de las Máquinas Térmicas.

¹ Paper: http://tecnologiafuentenueva.wikispaces.com/file/view/maquinas_termicas.pdf



FIGURA 2.2 Clasificación de los Motores de Combustión Interna

Fuente: Autores

2.1.2 MOTOR ALTERNATIVO DE COMBUSTIÓN INTERNA

Son máquinas las cuales transforman la energía química que tienen los combustibles en energía mecánica. La transformación de la energía se lo realiza en una cámara que arde dentro de la máquina. Consta básicamente de un mecanismo de cilindro-pistón-biela.

El pistón se encuentra unido a la biela, la misma que transmite la fuerza de la explosión al codo del cigüeñal, este al girar describe una trayectoria circular mientras que el pistón realiza una trayectoria rectilínea ascendente o descendente. Con este mecanismo el movimiento lineal alternativo del pistón se convierte en un movimiento de rotación mediante el eje del cigüeñal.

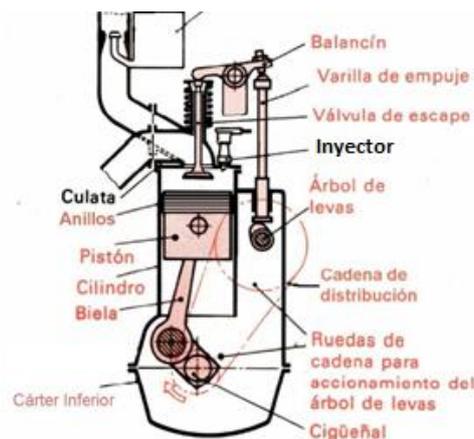


FIGURA 2.3 Esquema Básico de Motor Alternativo de Combustión Interna

En la parte superior se cierra mediante la culata, dentro de la cual se ubican las válvulas, estas son accionadas por un árbol de levas, permitiendo la entrada del aire para la combustión y la salida de gases. El cigüeñal transmite el movimiento a través de engranes al árbol de levas. El inyector es el encargado de la ignición por compresión del combustible.

El bloque es el encargado de alojar el mecanismo camisa, pistón, biela, cigüeñal, que en su parte inferior se sella con el cárter, donde se aloja el aceite para la lubricación y refrigeración.

2.1.3 MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DE CUATRO TIEMPOS

Se denomina motor de cuatro tiempos porque el pistón desarrolla cuatro carreras alternativas mientras el cigüeñal gira 720° para completar el ciclo termodinámico de combustión. Estos cuatro tiempos son: ²

- Primer tiempo o Carrera de Admisión

El pistón efectúa su primera carrera o desplazamiento desde el Punto Muerto Superior (PMS) al Punto Muerto Inferior (PMI), aspirando aire filtrado. El aire pasa por el colector, las válvulas de admisión se abren permitiendo llenar la cámara de combustión. Durante este tiempo el muñón del cigüeñal gira 180° . Al llegar al PMI la válvula de admisión se cierra.

- Segundo tiempo o Carrera de Compresión

Con las dos válvulas completamente cerradas el pistón asciende, comprimiendo el aire. El muñón del cigüeñal gira 180° .

La presión alcanzada en el interior de la cámara de combustión mantiene a una temperatura superior a la del punto de encendido del combustible y se obtiene relaciones de compresión altas.

- Tercer tiempo o Carrera de trabajo

Al final de la compresión se inyecta el combustible en una cantidad y presión regulada por la bomba de inyección en el interior del cilindro.

Debido a la alta presión de inyección el combustible sale pulverizado, este se inflama en contacto con el aire caliente, produciéndose la combustión. A continuación se realiza la expansión y el pistón se desplaza hacia el PMI. Durante este tiempo el muñón del cigüeñal gira 180° .

- Cuarto tiempo o Carrera de Escape.

Las válvulas de escape se abren, el pistón durante su recorrido ascendente expulsa a la atmósfera los gases remanentes que no han salido, efectuando el

² MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA, Edward F. Obert

barrido de gases quemados lanzandoles al exterior. El muñón del cigüeñal efectúa otro giro de 180°, complementando así las dos vueltas y un ciclo completo de trabajo.

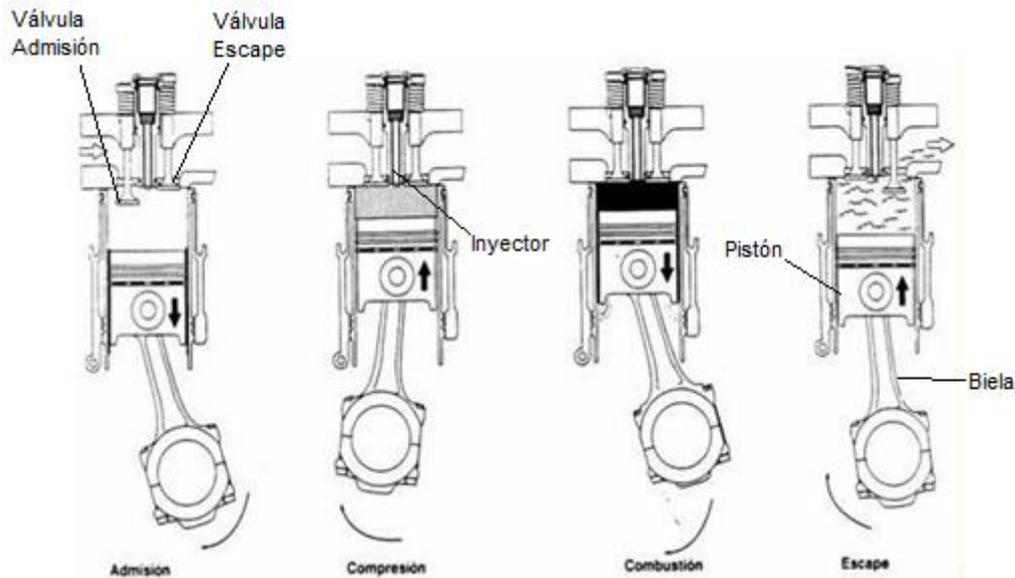


FIGURA 2.4 Motor de Cuatro Tiempos, Encendido por Compresión

2.1.4 MOTOR DE COMBUSTIÓN ENCENDIDO POR COMPRESIÓN

El motor encendido por compresión o motor diesel, el aire se comprime hasta una temperatura superior a la de autoencendido y la combustión inicia al contacto, cuando el combustible se inyecta dentro de este aire caliente.

TABLA 2.1 Características de Motores Encendidos por Compresión

Tipo de mezcla	Aire pre calentado y diesel, Relaciones de compresión de 14:1 a 25:1
Tipo de encendido	Autoencendido
Tipo de Combustible	Diesel
Tipo de trabajo	2 vueltas del cigüeñal, 4 carreras del pistón, lo que es equivalente a 1 ciclo
Tipo de refrigeración	Agua y aire
Ciclo de Trabajo	Ciclo Diesel: Admisión, Compresión, Explosión, Escape.

2.1.4.1 CICLO DIESEL

Este ciclo fue nombrado en honor a Rudolf Diesel el cual obtiene la patente en el año de 1892. Este ciclo es aplicable en motores de cuatro tiempos como en motores de dos tiempos. El proceso del ciclo se describe en un sistema de ejes coordenados Presión vs. Volumen teórico en la siguiente figura.

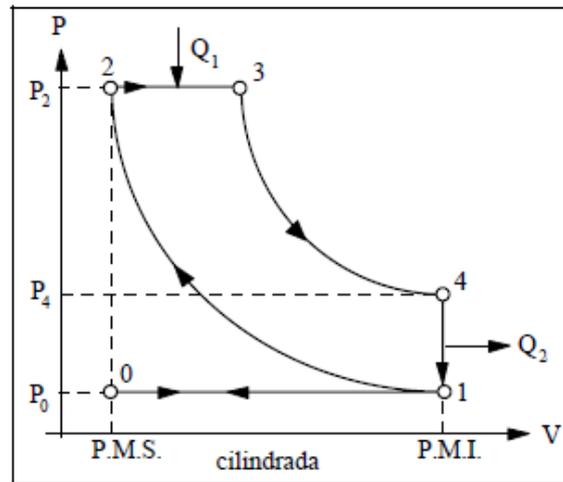


FIGURA 2.5 Diagrama P-V del Ciclo Diesel Teórico³

Procesos:

- 0-1 Admisión: El aire que ingresa por medio de los ductos se puede considerar que la presión se mantiene constante, es por esto que esta carrera puede ser representada por una transformación isóbara (Presión=constante).
- 1-2: Compresión adiabática y reversible (Isoentrópica). El aire es comprimido y alcanza en el punto 2 presiones altas, se considera que no hay pérdidas de calor.
- 2-3: Adición de Calor. La presión del interior del cilindro se mantiene constante, debido a que el combustible que entra se quema progresivamente
- 3-4: Expansión adiabática y reversible (Isoentrópica). Terminada la expansión, la cual se considera que no realiza intercambio de calor con el medio exterior. La presión interna descende a medida que el cilindro aumenta de volumen.

³ http://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_di%C3%A9sel

- 4-1: Rechazo de Calor a Volumen Constante. Los gases quemados son expulsados rápidamente al exterior y una cantidad de calor Q_2 no transformado en trabajo es cedido a la atmósfera.
- 1-0: Segunda Fase de escape. Los gases residuales que quedan en el interior del cilindro son expulsados al exterior por el pistón hasta que llega al PMS, donde en forma instantánea se cierra la válvula de escape y se abre la de admisión, dando paso a un nuevo ciclo.

2.1.4.2 CICLO DIESEL REAL

Para obtener el máximo rendimiento de un motor de cuatro tiempos, sus carreras no deben iniciar ni finalizar en los puntos muertos del cilindro, sino que iniciarán y finalizarán grados antes o después de dichos puntos, y se modifica el comienzo de la inyección.

Antes de que el pistón llegue al PMS en el tiempo de compresión, comienza la inyección de combustible, para permitir el inicio de la combustión. En la figura 2.6 se muestra el diagrama de presiones en el interior del cilindro, en el que A corresponde al momento de la inyección y, por tanto, el inicio de la combustión. Desde el punto B al C, el pistón se encuentra bajando en el tiempo de combustión y la presión se mantiene, terminándose de quemar el combustible.

Un poco antes de que el pistón llegue al PMI (punto D) se abre la válvula de escape (avance a la apertura del escape AAE), en cuyo momento, comienzan a salir por ella los gases quemados.

Durante el tiempo de escape, la presión en el interior del cilindro es prácticamente constante y un poco mayor que la atmosférica. Un poco antes de que el pistón llegue al PMS, efectuando el escape (punto G), se abre la válvula de admisión (avance a la apertura de la admisión AAA), estando todavía abierta la de escape, con lo cual, la

velocidad adquirida por estos gases al salir arrastra a los de admisión, favoreciendo el llenado del cilindro.

Al comenzar a bajar el pistón en el tiempo de admisión, la presión descende en el interior del cilindro por debajo de la atmosférica, debido a la depresión creada por el pistón.

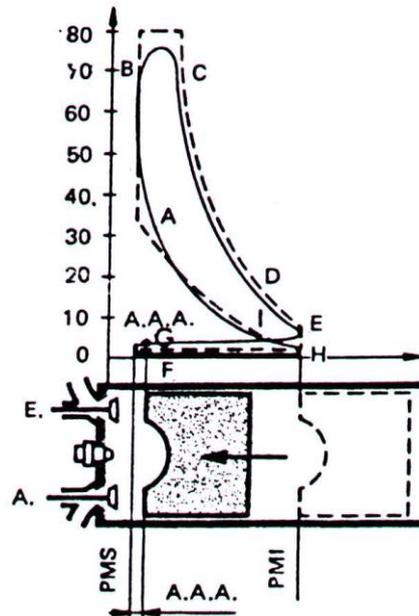


FIGURA 2.6 Diagrama de presión ciclo práctico.

Un momento después (punto F), se cierra la válvula de escape (retraso al cierre del escape RCE) y el vacío creado por el pistón al bajar, provoca la entrada de gases frescos al cilindro. Existe, por tanto, un tiempo en que las dos válvulas están abiertas, llamado **traslapo o solapo**, que contribuye al mejor llenado del cilindro.

Cuando el pistón comienza a subir en el tiempo de compresión (punto H), la válvula de admisión todavía está abierta un cierto tiempo (retraso al cierre de la admisión RCA), para aprovechar la entrada de gases frescos debida a la inercia y obtener un mejor llenado del cilindro.

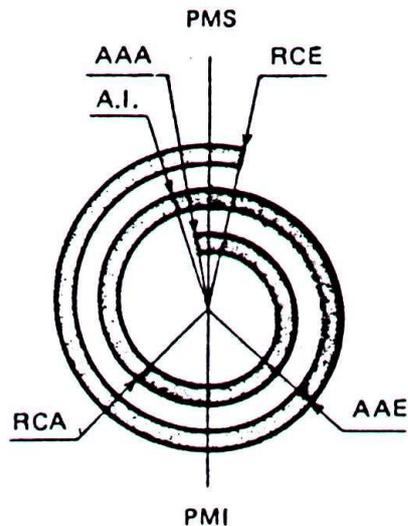


FIGURA 2.7 Ciclo Real o Práctico

2.1.5 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN PARA MOTORES

Los motores de combustión interna funcionan gracias a la transformación de Energía Calórica del combustible a Energía Mecánica a través del cigüeñal. Pero no toda esta Energía es transformada en trabajo útil, gran parte de esta energía no se transforma si no que se convierte en calor. Parte de este calor es desalojado mediante los gases de escape y otra parte se transfiere hacia las paredes de las camisas de pistones, culatas, tapas, etc., debido a esta temperatura el trabajo de estas piezas se incrementa notablemente, por lo que es necesario refrigerarlos para que éste aumento de temperatura esté en rangos aceptables. Existen dos sistemas de refrigeración en un motor, las cuales son:

1. Refrigeración mediante aceite lubricante, el cual refrigera las partes que se encuentran en movimiento.
2. Refrigeración mediante un fluido en movimiento, el cual refrigera camisas de cilindros, culatas, árbol de levas, etc. El Fluido puede ser agua o aire.

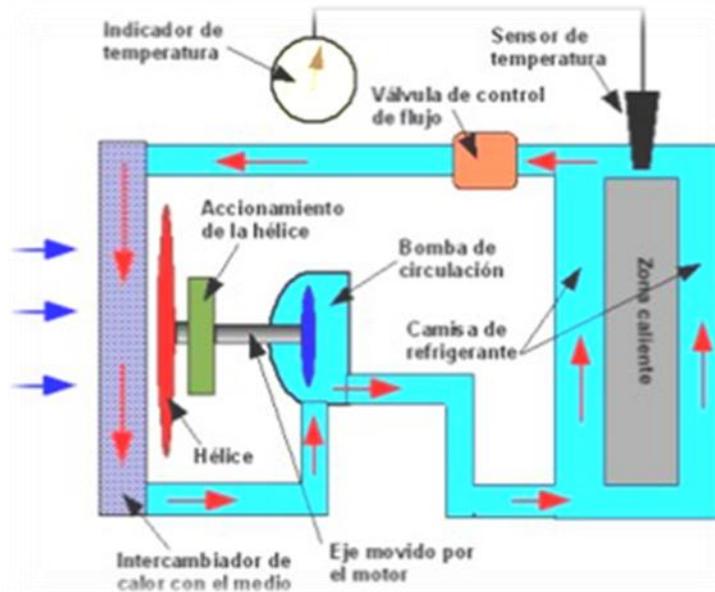


FIGURA 2.8 Sistema de Refrigeración⁴

2.1.5.1 MÉTODOS DE REFRIGERACIÓN

- **REFRIGERACIÓN POR AIRE.**

Este tipo de método se utiliza para refrigerar motores pequeños para poder conseguir un menor peso. El principal fluido para poder enfriar es el aire y los motores que utilizan este método son las motos, motosierras, y equipos electrógenos.⁵

COMPONENTES

- Aire
- Aletas de enfriamiento en el Bloque, culata y múltiple de escape.
- Ventilador.
- Ductos directores del flujo

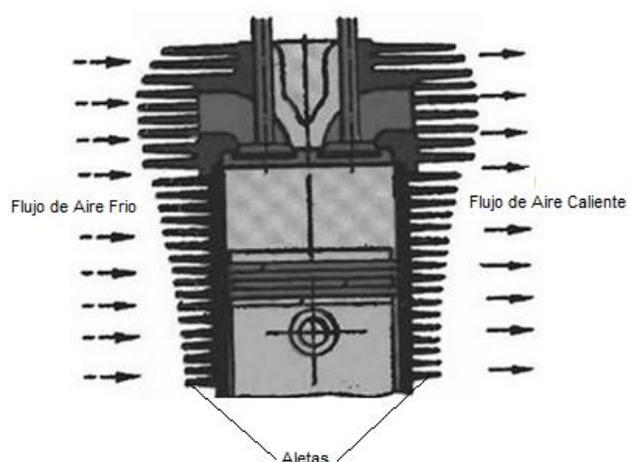


FIGURA 2.9 Refrigeración por Aire

- **REFRIGERACIÓN POR AGUA.**

⁴ ROMERO CARLOS, CARRANZA YANID, Elementos de diseño de Sistemas de Enfriamiento de Motores de Combustión Interna. Pág 261.

⁵ Equipos Electrógenos: Son máquinas que mueve un generador eléctrico a través de un Motor de Combustión Interna

Es el método más utilizado para refrigerar Motores de Combustión Interna. El elemento más esencial de este tipo de refrigeración es el agua, este debe estar libre de impurezas y no debe contener sales para de esta manera evitar la corrosión.

El agua pasa a través de cavidades que se encuentran distribuidas de manera que puedan enfriar las partes que se encuentran expuestas a temperaturas elevadas, tal es el caso de las camisas de cilindros, bloque, culatas, etc.

Los componentes principales de este sistema son:

- Agua: Es el medio líquido para enfriar y debe ser tratada para su uso en los motores.
- Cámaras de agua en Bloque y Culata: Son cavidades interiores dispuestas dentro del bloque y culata para almacenar agua.
- Radiador: Es la unidad enfriadora del agua, está constituido por una serie de tubos a través de los cuales circula el agua caliente permitiendo por fuera el contacto con el aire frío ambiental. El radiador es un depósito compuesto por láminas por donde circula el agua. Tiene un tapón por donde se rellena y dos comunicaciones con el bloque, una para mandarle agua y otra para recibirla. Hay varios tipos de radiadores, los más comunes, son:

- ✓ Tubulares.

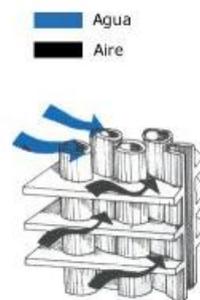


FIGURA 2.10 Radiador Tubular

- ✓ De láminas de agua.

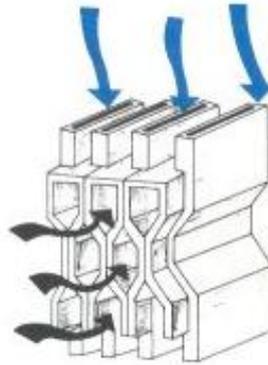


FIGURA 2.11 Radiador de Láminas de Agua

- ✓ De panel.

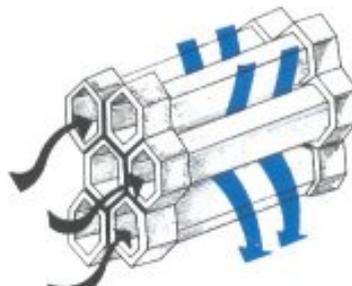


FIGURA 2.12 Radiador de Panel.

- Termostato: Es una válvula de paso ubicada entre el motor y el radiador, regula el paso del agua hacia el radiador de manera de controlar la temperatura de funcionamiento del motor.
- Bomba de agua: Es el elemento encargado de hacer circular el agua desde el motor hasta el radiador.
- Ventilador: Es el encargado de forzar el aire para hacerlo fluir hasta el radiador. Existe el ventilador mecánico y el electroventilador.

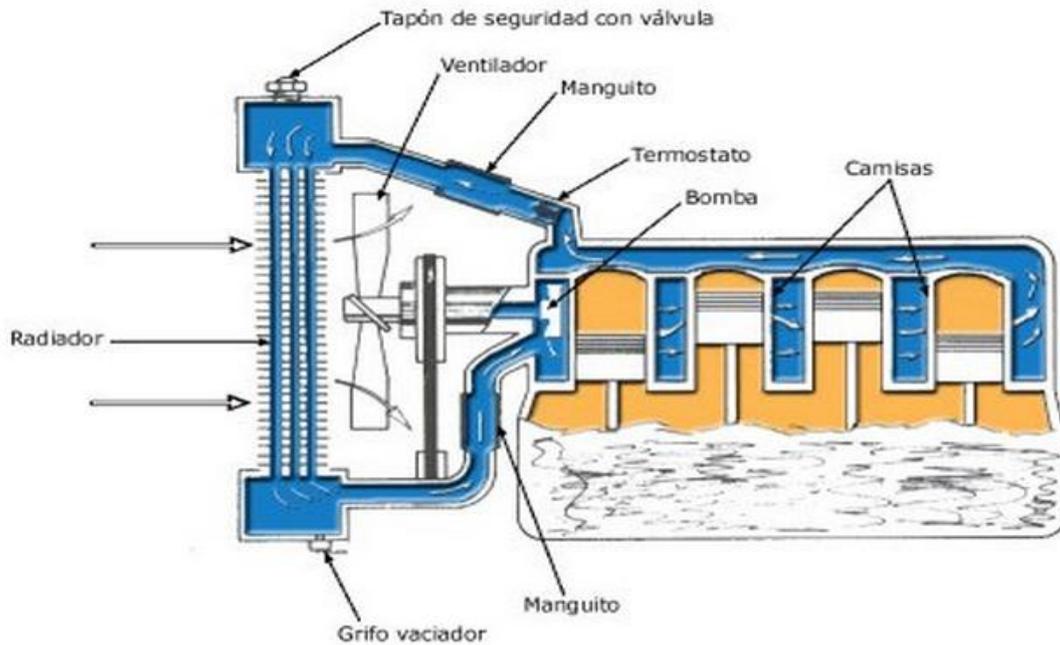


FIGURA 2.13 Componentes de Refrigeración por Agua

2.2 MANTENIMIENTO

2.2.1 DEFINICIÓN

El Mantenimiento permite controlar, reparar y/o modificar maquinaria, instalaciones, y edificaciones, manteniendo sus características originales y específicas obteniendo de esta manera confiabilidad, seguridad, competitividad, y respeto al medio ambiente ⁶

2.2.2 OBJETIVO DEL MANTENIMIENTO

El objetivo más esencial del mantenimiento es emplear el menor capital posible en instalaciones, maquinaria y mano de obra; para que de esta manera se obtenga mayores beneficios en cada una de las actividades del mismo.

Desde sus inicios el mantenimiento se caracterizó por la concordancia que existe entre el desarrollo científico y tecnológico. Las industrias de hoy en día, ven en el Mantenimiento un factor de alta productividad y ahorro, para lo cual crean áreas

⁶ JÁCOME JIJÓN Fernando, Ingeniería de Mantenimiento

específicas de mantenimiento, estrategias, implementación de técnicas modernas, herramientas adecuadas, las cuales ayudan a cumplir los propósitos del mantenimiento.

2.2.3 TIPOS DE MANTENIMIENTO⁷

2.2.3.1 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

El mantenimiento predictivo se basa en la medición, seguimiento y monitoreo de parámetros y condiciones operativas de un equipo o instalación. A tal efecto, se definen y gestionan valores de pre-alarma y de actuación de todos aquellos parámetros que se considera necesario medir y gestionar. Esto se realiza en intervalos regulares para prevenir las fallas o evitar las consecuencias de las mismas.

Para este mantenimiento es necesario identificar las variables físicas (temperatura, presión, vibración, etc.) cuyas variaciones están apareciendo y pueden causar daño al equipo. Es el mantenimiento más técnico y avanzado que requiere de conocimientos analíticos y técnicos y necesita de equipos sofisticados.

Ventajas

- Ejecución sin detener el funcionamiento normal de equipos e instalaciones.
- Mejora el control del estado de los equipos.
- Determinación óptima del tiempo para realizar el mantenimiento.

Desventajas

- Se necesita de un personal altamente capacitado y equipos costosos.
- Se pueden presentar averías, las cuales no se encuentran en el tiempo comprendido de medidas consecutivas.

⁷ NETO EDWIN, Mantenimiento Industrial. Paper.

2.2.3.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Es aquel Mantenimiento que se realiza con el propósito de prever y/o evitar la ocurrencia de fallas no programadas. Este tipo de mantenimiento radica su confiabilidad en los equipos y en el programa de mantenimiento que se lleve a cabo (tiempo en el que se realice el mantenimiento).

Ventajas

- Existe una disminución notable de paradas no programadas.
- Es muy aplicable cuando el equipo por naturaleza propia tiende a sufrir un desgaste o fallo programado.

Desventajas

- Aumenta el porcentaje de gasto en materiales y repuestos.
- No hay un rendimiento total de la vida útil del equipo o máquina.

2.2.3.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Tiene como finalidad el corregir daños provocados por falta de mantenimiento por imperfección o desgaste de piezas o elementos, por mala operación, etc. Llamado también Mantenimiento de Falla, éste se lo divide en dos:

- **NO PLANIFICADO.** Es aquel mantenimiento que se los realiza por emergencia o por problemas inesperados en los equipos; para lo cual se debe solucionar lo más pronto posible.
- **PLANIFICADO.** Es aquel que se programa con tiempo de anticipación. Esto se lo hace debido a que en ese momento no existe elementos para realizar el mantenimiento como por ejemplo: repuestos, falta de personal calificado, o falta de documentación técnica.

2.2.4 ESCALONES DE MANTENIMIENTO

Como el mantenimiento son las tareas que se deben realizar en un sistema o equipo para que continúe en servicio, se ve que existen diversas acciones que se pueden efectuar, así como el personal a participar en la ejecución, por este motivo se establecen criterios para clasificar las tareas y asignación de roles.

2.2.4.1 PRIMER ESCALÓN O PRIMER NIVEL DE MANTENIMIENTO

Se incluyen acá todo el conjunto de acciones simples necesarias a la explotación del medio y realizadas sobre los elementos de fácil acceso para dicho operador, de manera tal de que no se produzca riesgo alguno por parte de este al realizar esta actividad, pudiendo o no ser con la ayuda de herramientas o medios auxiliares que se encuentran incorporados en el medio.

Se incluyen acá las regulaciones y controles o inspecciones necesarias a la explotación, las operaciones elementales de mantenimiento preventivo (puesta a nivel de líquido (aceite, combustibles, etc.), el remplazo de los artículos consumibles o de accesorios (cordones, pilas, etc.).

Este tipo de intervenciones, deberá ser efectuado por el operador del medio debidamente formado y con la ayuda de instructivos de realización en caso de ser necesario ya que no siempre el operador del medio tiene la instrucción profesional necesaria (estudios secundarios y/o superiores) como para poder ejecutar dicha actividad sin la ayuda de instructivos.

Es necesario destacar que si bien este conjunto de actividades, se hallan conformadas por tareas simples tales como limpieza, regulación, inspección, son tan importantes como otro tipo de actividad ya que el no cumplimiento de las mismas puede llegar a afectar la ejecución de las demás actividades.

2.2.4.2 SEGUNDO ESCALÓN O SEGUNDO NIVEL DE MANTENIMIENTO

Se incluyen acá todo el conjunto de acciones que necesitan de procedimientos simples y/o de equipamiento de sostén.

En este caso podemos incluir los controles de performance, regulaciones, reparaciones por intercambio estándar de subconjuntos.

Este tipo de acciones de mantenimiento pueden ser efectuadas por personal habilitado con los procedimientos detallados y el equipamiento necesario definido en las instrucciones de mantenimiento

Las tareas representan una complejidad superior y los procedimientos de ejecución no son tan simples como en el caso anterior.

En este caso las tareas ya NO SON efectuadas por el operador del medio, sino que son efectuadas por personal “de mantenimiento”, es decir, que conoce muy bien la operación del medio y que ha sido debidamente formado a los fines de poder efectuar estas tareas.

2.2.4.3 TERCER ESCALÓN O TERCER NIVEL DE MANTENIMIENTO

Se incluyen acá todo el conjunto de acciones que necesitan de procedimientos complejos y/o de equipamiento de sostén de utilización.

Se incluyen acá las regulaciones generales, operaciones de mantenimiento sistemático delicadas, las reparaciones por intercambio de subconjuntos y/o componentes.

Este tipo de operación de mantenimiento pueden ser efectuada por un técnico calificado con la ayuda de procedimientos detallados y de equipos de sostén previstos en las instrucciones de mantenimiento.

2.2.4.4 CUARTO ESCALÓN O DE CUARTO NIVEL DE MANTENIMIENTO

Se incluyen acá todo el conjunto de acciones donde se necesitan una especialización en una tecnología en particular por parte del personal que va a efectuar la tarea.

Se incluyen acá las reparaciones para remplazo de subconjuntos, y componentes, las reparaciones especializadas, la verificación de aparatos de medición, etc., dejando **TOTALMENTE EXCLUIDAS LAS OPERACIONES DE RENOVACIÓN Y/O RECONSTRUCCIÓN DEL MEDIO.**

Este tipo de operación de mantenimiento puede ser efectuada por un técnico o un equipo especialista con la ayuda de todas las instrucciones de mantenimiento general y/o particular en caso de ser necesario.

2.2.4.5 QUINTO ESCALÓN O QUINTO NIVEL DE MANTENIMIENTO

Se incluyen acá todo el conjunto de acciones donde los procedimientos a emplear implican un saber hacer, acudiendo a tecnologías particulares, procesos y/o equipamiento de resguardo industrial.

Se incluyen acá las actividades de renovación, reconstrucción, etc., las cuales son efectuadas por el constructor o por una empresa especialista con los equipos de sostén definidos allegados a la fabricación.

En este caso, las tareas son efectuadas por empresas especialistas, con la capacidad suficiente como para fabricar, renovar, reconstruir el medio según se requiera.

Estas tareas son de carácter puntual y no forman parte del día a día de nuestra actividad de mantenimiento.

2.3 ESTADO ACTUAL DE LA TECNOLOGÍA DE BOMBEO DE PRODUCTOS LIMPIOS DEL POLIDUCTO

2.3.1 INTRODUCCIÓN

El Petróleo es una de las fuentes de energía con mayor demanda en el mundo, su utilización se remonta desde hace miles de años a.C., pero el procesamiento del petróleo crudo para obtener los derivados tiene su inicio con “La industria moderna del Petróleo” en el año 1858, y ha sido incentivada en gran parte por la industria automotriz. La transportación del crudo es el puente entre la fase de exploración y la distribución final de los derivados, además la relativa facilidad con que esta fuente de energía puede ser transportada en comparación con otras, marcan una gran diferencia en la demanda. El transporte de grandes cantidades de petróleo es vital para el desarrollo de la industria, debido a la necesaria distribución que tiene éste en el mundo y a la naturaleza de su desarrollo.

Paradójicamente, el petróleo se suele encontrar lejos de los lugares de consumo, por lo que el transporte del crudo se convierte en un aspecto fundamental de la industria petrolera, que exige una gran inversión.

Al principio de la industria petrolífera, el petróleo generalmente se refinaba cerca del lugar de producción. A medida que la demanda fue en aumento, se consideró más conveniente transportar el crudo desde los campos de extracción con los depósitos costeros o, directamente, con los depósitos de las refinerías.

Aunque todos los medios de transporte son buenos para conducir este producto (el mar, la carretera, el ferrocarril o la tubería), el petróleo crudo utiliza sobretodo dos medios de transporte masivo, como son:

- Transporte Terrestre
- Transporte Marítimo

➤ Transporte mediante Ductos

En la actualidad no hay en el comercio internacional mercancía individual cuyo transporte supere en volumen o valor al del petróleo.

Los oleoductos son el conjunto de instalaciones que sirve de transporte por tubería de los productos petrolíferos líquidos en bruto o refinados.

El término Oleoducto hace referencia al transporte de petróleo crudo, mientras que el término poliducto transporta derivados de petróleo en estado líquido, y el término gasoductos tiene su definición en el transporte de hidrocarburos en estado gaseoso.

El petróleo circula por el interior de la conducción gracias al impulso que proporcionan las estaciones de bombeo, cuyo número y potencia están en función del volumen a transportar, de la viscosidad del producto, del diámetro de la tubería, de la resistencia mecánica y de los obstáculos geográficos a sortear.

El crudo parte de los depósitos de almacenamiento, donde por medio de una red de canalizaciones y un sistema de válvulas se pone en marcha la corriente o flujo del producto. Desde un puesto central de control se dirigen las operaciones y los controles situados a lo largo de toda la línea de conducción. El cierre y apertura de válvulas y el funcionamiento de las bombas se regulan por mando a distancia.

La construcción de un poliducto supone una gran obra de ingeniería y por ello, en muchos casos, es realizada conjuntamente por varias empresas. También requiere de complicados estudios económicos, técnicos y financieros con el fin garantizar su operatividad y el menor impacto posible en el medio ambiente.

2.3.2 PARTES CONSTITUTIVAS DE UN POLIDUCTO

Las partes constitutivas de un poliducto son las siguientes:

- Estación de Bombeo.
- Estación Reductora.
- Estación de Recepción.
- Depósitos.
- Línea de Ducto (Pipe Line).

2.3.2.1 ESTACIÓN DE BOMBEO

Son instalaciones que tienen como propósito el impulsar un fluido (producto) desde un nivel energético inferior hacia un nivel energético superior, a través de la tubería por medio de equipos de bombeo, entregando energía hidráulica al fluido para que el producto sea movilizadado desde una estación a otra. Los sistemas auxiliares de esta estación son los tanque de servicio, sistemas de control, instrumentación, eléctricos y sistemas contraincendios.

En una Estación de Bombeo se dispone de equipos y sistemas que permiten efectuar las operaciones dentro de los parámetros de presión y caudal adecuados, como son: válvulas de control que se encuentran instaladas a lo largo de toda la tubería.

Los equipos que constituyen una estación de Bombeo son:

- Motores de Combustión Interna
- Motores Eléctricos.
- Turbinas
- Bombas

De acuerdo a la velocidad de los motores se instala entre el motor y la bomba, incrementadores o reductores de velocidad, que son equipos constituidos por dos piñones o engranajes helicoidales de diferentes diámetros, cuya función es aumentar o disminuir la velocidad de operación de las bombas y compresores.

2.3.2.2 DEPÓSITOS

Permiten recibir y almacenar los productos para regular presión, contaminación, requerimientos operativos y mantenimiento. Dichos depósitos son por lo general tanques atmosféricos tipo cónico, techo flotante o techo fijo, recipientes horizontales tipo “salchicha”.

2.3.2.3 LÍNEA DE DUCTO (PIPE LINE).

Se encuentra constituida por tuberías de acero soldadas entre sí, por donde circula el producto bombeado, desde la estación inicial hasta la estación de recepción.

La tubería se caracteriza por su gran elasticidad y ductilidad, alta presión de trabajo y por soportar esfuerzos de tracción y compresión, normalmente tienen una longitud de 11 metros y sus especificaciones de fabricación e instalación están apegadas a las normas API y ASTM para tensión.

La tubería puede ser instalada en forma aérea o enterrada, en el primer caso se encuentra en forma superficial, asentada sobre bloques de concreto. La distancia de separación de los bloques entre sí está de acuerdo al diámetro de la tubería (cada 50, 60, 80 o 100 metros). Para el segundo caso se encuentra enterrada entre 1.20 a 1.60 m de profundidad, esta instalación garantiza cierta seguridad por efecto de deslaves, derrumbes por maquinarias, vehículos o de terceros.

Los problemas operativos por dilatación del producto y de la tubería, por efectos de temperatura disminuyen notablemente, sin embargo el costo de la tubería enterrada es superior en más de un 40%.

2.3.2.4 VÁLVULAS

- **DE LÍNEA:** Se encuentran ubicadas en todo el poliducto, estas ayudan al proceso de operación, mantenimiento, y reparación de la tubería.

- **DE BLOQUEO:** Se encuentran ubicadas normalmente entre 30 y 40 [Km], entre ellas, se las instalan en cruce de ríos, puentes, áreas de riesgo y ciudades. Son instaladas para cerrar parcial o total el paso del producto, y además para aislar tramos de la tubería para su reparación o mantenimiento. Estas válvulas son de clase 900.
- **DE VENTEO:** Se encuentran ubicadas en los puntos altos de la línea, acopladas en la parte superior de la tubería, su función principal es la de evacuar o ventear a la atmósfera el aire o vapores que se encuentran en la operación de llenado.

2.3.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL POLIDUCTO Q-A-R.

El terminal el Beaterio está constituida por:

- Estación Reductora Shushufindi – Quito y Esmeraldas – Quito.
- Estación de Bombeo Poliducto Quito Ambato Riobamba (Q.A.R).

El Poliducto Q.A.R. esta constituido con tubería de 6 [plg] (Ver tabla 2.1). Su capacidad de bombeo es aproximadamente de 14285 barriles por día [BLS/DIA] y su caudal máximo es de 595 barriles por hora [BLS/HORA]. Para poder supervisar las características técnicas a lo largo del poliducto se encuentran instaladas doce puntos de monitoreo (llamadas también canastillas) distribuidas a lo largo de sus 110.4 Km de extensión.

TABLA 2.2 Características de la Tubería Q.A.R

CARACTERÍSTICAS DEL TUBO QUITO AMBATO	
Diámetro [plg]	6
Especificación	5LX-X52
Espesor Nominal [plg]	0,219

FUENTE: Poliducto Q.A.R

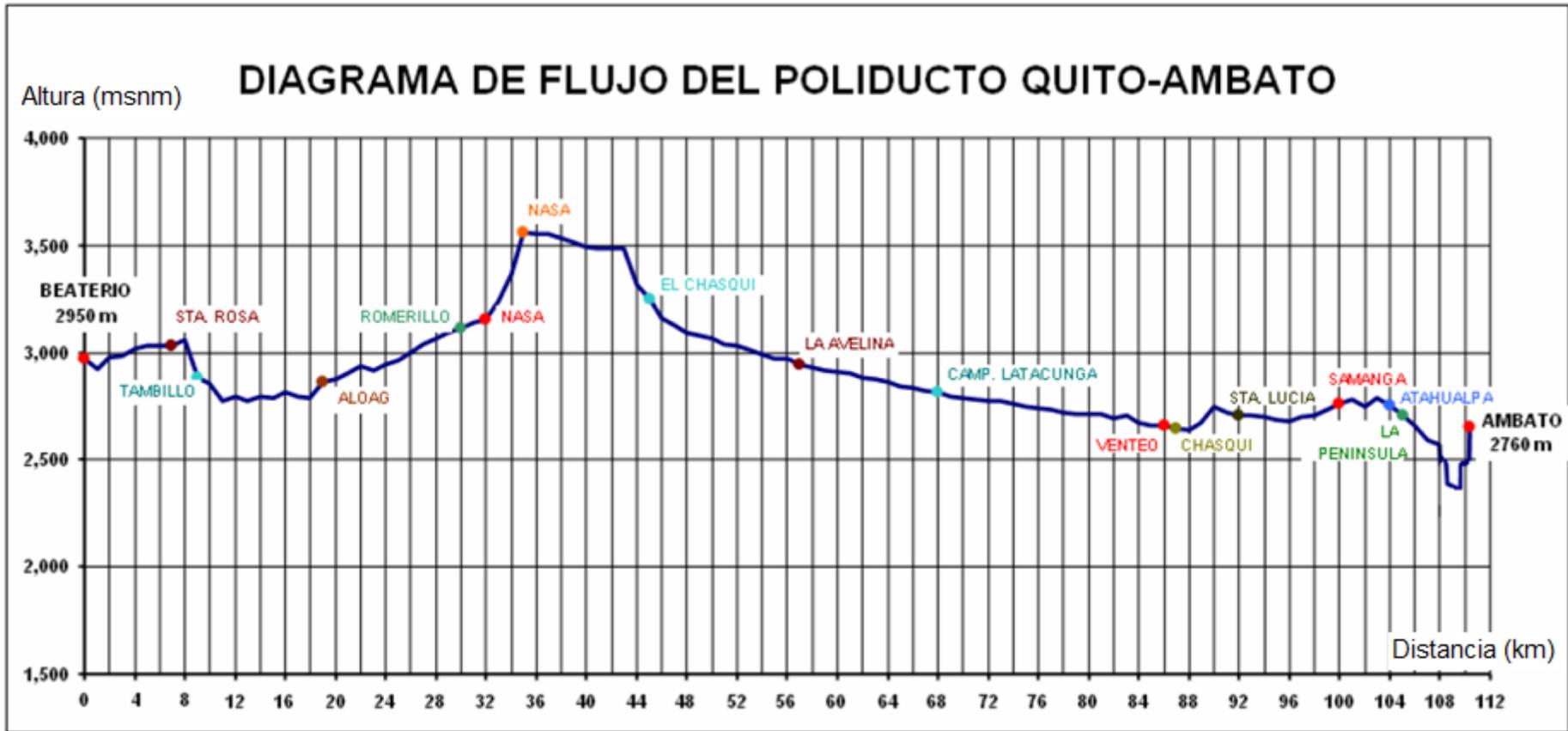
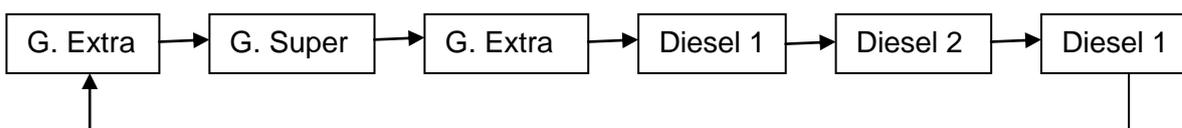


FIGURA 2.14 Diagrama de Flujo del Poliducto Quito Ambato Riobamba.

El Terminal “Beaterio” es el principal abastecedor de productos limpios para la ciudad de Quito y sus alrededores. Estos productos llegan a una presión de 250 a 380 [psi] del Poliducto Shushufindi-Quito y aproximadamente 630 [psi] del Poliducto Esmeraldas-Quito a la Estación Reductora de presión, donde dos válvulas pistón, las cuales funcionan en serie; permitiendo que la primera disminuya la presión a 50 [psi] y con la segunda se consigue un flujo laminar. El proceso de disminución de la presión ayudara a conservar el estado de los tanques de almacenamiento.

Una vez que los productos han sido almacenados, se procede a la distribución hacia las islas de despacho, o a la estación de Bombeo del Poliducto Q.A.R.

El Poliducto Q-A-R transporta Diesel 1, Diesel 2, Gasolina Súper y Gasolina Extra desde Quito hacia Ambato. La cantidad de producto a despacharse es realizada mediante partidas programadas por el departamento de “Planificación Operativa” en conjunto con la “Unidad de Programación”. El orden de las partidas es predeterminado y está en función de las densidades de los productos limpios, con el objetivo de que las interfaces del producto no se mezclen evitando la contaminación. La secuencia es la siguiente:



El proceso de la estación de Bombeo del Terminal “El Beaterio”, inicia con un múltiple de válvulas encargadas de direccionar los diferentes productos provenientes de los tanques de almacenamiento.

El múltiple de válvulas está dividido en dos partes, a la izquierda se tiene Diesel (Diesel 1 y Diesel 2) pertenecientes a los tanques de almacenamiento 1010, 1011, 1012, 1013 y la derecha se encuentra Gasolina (Súper y Extra) pertenecientes a los tanques 1001, 1003, 1005, 1007, 1014; separados por una válvula de 3 vías que

impide la contaminación entre productos. La válvula correspondiente al tanque 1012 es de 6 [plg] x150 [psi] mientras que el resto de válvulas son de 8 [plg] x150 [psi].



FIGURA 2.15 Múltiple de válvulas de entrada

La presión que llega desde los tanques de almacenamiento está entre un rango de 14 a 18 [psi]. Para que los equipos puedan efectuar un buen trabajo, se debe garantizar que la línea se encuentre llena y que la presión de succión no sea menor a 60 [psi], ya que si es menor que esta se pueden generar implosiones en los equipos lo que deterioraría los mismos. El incremento de presión se lo realiza mediante la utilización de dos bombas BOOSTER (Ver Tabla 2.2), funcionando únicamente una durante el proceso y la otra esta como respaldo.

TABLA 2.3 Características de las Bombas Booster.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE BOMBAS "BOOSTER"	
MARCA	BYRON JACKSON
MODELO	4X6X8 1/2L
SERIE	90AB553
CAUDAL	136 m ³ /h
R.P.M.	3540
PRESIÓN ESPECÍFICA	0.82
PRESIÓN HIDROSTÁTICA	70 Kg/cm ²

FUENTE Poliducto Q.A.R



FIGURA 2.16 Bombas Booster

A continuación de las bombas Booster, el producto es filtrado a través de un filtro horizontal FRAM (Ver tabla 2.4) cuya función es eliminar los sedimentos. Mediante el avance del tiempo y el implemento de nuevas tecnologías se han hecho cambios necesarios para la medición de flujo bruto a transportar, tal es el caso que anteriormente se utilizaba trenes de medición mecánicos para poder medir parámetros de densidad, flujo volumétrico y estándar; en la actualidad estos equipos han sido reemplazados por un Medidor de Flujo tipo Coriolis el cual indica los mismos parámetros complementado con una computadora de flujo en la sala de control.

TABLA 2.4 Características del Micro Separador FRAM.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL MICRO SEPARADOR FRAM	
MODELO	HPX 500
PRESIÓN DE TRABAJO	50-70 [psig]
CAUDAL	420 [gal/min]
TEMPERATURA	60-120 [°F]
PRESIÓN DE DISEÑO	275 [psig]
TEMPERATURA DE DISEÑO	120 [°F]

FUENTE Poliducto Q.A.R.



FIGURA 2.17 Micro separador Horizontal FRAM



FIGURA 2.18 Medidor Másico Tipo Coriolis

Para poder bombear el producto hacia la ciudad de Ambato se requiere de altas presiones para poder vencer el punto más alto que se localiza en el sector del Cotopaxi; para esto se utiliza el grupo de bombeo Diesel y el grupo de bombeo eléctrico. Cada uno de estos grupos tiene una bomba de alta presión, la cual eleva la presión de la succión. Para dirigir el producto hacia los grupos existen válvulas a la entrada de la bomba o succión de la bomba y válvulas a la salida de la bomba o descarga de la bomba, estas son controladas desde la sala de operaciones.

Los grupos de bombeo deben elevar la presión alrededor de 1200 [psi]. Esta presión se puede alcanzar con dos de los tres de los motores diesel (Tabla 2.5) en serie o únicamente con el grupo eléctrico

TABLA 2.5 Características de los motores Diesel

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS MOTORES M.A.N. 602-603	
MODELO	R8V 16/18TLS
AÑO	1990
POTENCIA	495 [C.V.]
VELOCIDAD	1500 [r.p.m.]
TEMPERATURA	20 [°C]

FUENTE Poliducto Q.A.R

TABLA 2.6 Características de los motores Diesel

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL MOTOR BAZÁN M.A.N. 601	
MODELO	R8V 16/18TLS
AÑO	1970
POTENCIA	338 [C.V.]
VELOCIDAD	1400-1600 [r.p.m.]
TEMPERATURA	20.25 [°C]

FUENTE Poliducto Q.A.R

TABLA 2.7 Características de los Multiplicadores

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS MULTIPLICADORES	
MODELO	R8V 16/18TLS
MARCA	CITROËN CAMPABADAL
POTENCIA	2516 [K.W.]
VELOCIDAD ENTRADA	1500 [r.p.m.]
VELOCIDAD SALIDA	3774 [r.p.m.]

FUENTE Poliducto Q.A.R

TABLA 2.8 Características de las Bombas de alta presión

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS BOMBAS DEL GRUPO DIESEL	
MODELO	DVMX 3X6X9
ETAPAS	8
MARCA	BYRON JACKSON
PESO BOMBA	1070 [Kg]
CAUDAL	600 [G.P.M.]
PRESIÓN DIFERENCIAL	817,6 [PSIG]
PRUEBA HIDROSTÁTICA	105 [Kg/cm ²]

FUENTE Poliducto Q.A.R

La operación del grupos Diesel consta de dos etapas en serie: la de baja presión en donde se eleva de 60 a 600 [psi] y a continuación la de alta presión en la que se alcanza los 1200 [psi] deseados. Este grupo consta de tres motores de combustión interna arrancado por aire el cual trabaja a 1200 [rpm], un multiplicador de velocidad con un factor de 2.4 unido al motor por un embrague y finalmente una bomba de alta presión centrífuga. Además presenta una válvula de alivio que se utiliza en caso de que la presión a la descarga haya sobrepasado su límite máximo de operación (1300 psi).



FIGURA 2.19 Múltiple de Descarga



FIGURA 2.20 Grupo de Bombeo Diesel

El grupo de bombeo eléctrico consta de una bomba de alta presión mucho más robusta que los grupos Diesel, además el motor eléctrico puede generar hasta 3600 revoluciones que son las necesarias para alcanzar la presión de 1200 psi solamente con una etapa.

TABLA 2.9 Características del Motor Eléctrico

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL MOTOR ELÉCTRICO 604	
MARCA	ABB (Asea Brown Boveri)
MODELO	M3GP355MLA2
VOLTAJE	480 [V]
CORRIENTE	560 [A]
POTENCIA	373 [KW]
FACTOR DE POTENCIA	0.89
VELOCIDAD	3600 [r.p.m.]

FUENTE Poliducto Q.A.R

TABLA 2.10 Características de las Bombas del Grupo Eléctrico

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS BOMBAS DEL GRUPO ELÉCTRICO	
MARCA	GOULDS PUMPS
MODELO	3600 API 610 10ª Edición (ISO 13709)
TAMAÑO	3X6-10 (Descarga x Succión - Diámetro Máximo Nominal del Impulsor)
VELOCIDAD	3560 [r.p.m.]
CAUDAL	350 [G.P.M.]
MÁX. PRESIÓN	1562 [PSI]
MÁX- TEMPERATURA	90 [°F]

FUENTE Poliducto Q.A.R



FIGURA 2.21 Grupo de Bombeo Eléctrico

2.3.3.1 EQUIPOS Y SISTEMAS SECUNDARIOS.

Son aquellos que no necesariamente actúan directamente con el bombeo del fluido, pero si ayudan de una u otra manera en su acción. Estos son:

- Grupos Motocompresores (motor eléctrico y compresor); sirven para la compresión de aire a utilizar en el arranque de los motores principales, en instrumentación y otros usos.
- Grupos Booster: Sirven para incrementar la presión a la salida de los tanques de almacenamiento, de esta manera no existirá un daño en los equipos de bombeo por la falta de presión.
- Sistema de Control, Instrumentación y operación de la estación, los mismos que controlan las variables de caudal, temperatura, volumen, velocidad, densidad de los diferentes equipos y sistemas.
- Múltiple de distribución de bombas en serie o paralelo con sus respectivas válvulas y accesorios.

CAPITULO III

OVERHAUL DEL MOTOR BAZÁN M.A.N.

3.1 DESCRIPCIÓN DEL MOTOR BAZÁN M.A.N.

El motor BAZÁN M.A.N. (MASCHINENFABRIK AUGSBURG NUNBERG) de origen Alemán es un Motor Diesel de 8 cilindros de camisas húmedas en línea, cuatro tiempos y enfriados por agua. Este tipo de motor cuenta con un sistema de precalentamiento para poder encenderlos en el momento que se los necesite, además tiene un turbocompresor, válvulas en la culata y un sistema de inyección directa.

El cárter del cigüeñal y el bloque de cilindros están juntados en el bastidor del motor de fundición de hierro. Una bandeja de aceite de ejecución soldada cierra la parte inferior de la caja del mecanismo de accionamiento.

El cigüeñal está alojado en 10 puntos en el bastidor; son de acero aleado, forjados en estampa y mecanizados por todas partes, los muñones son templados. Para compensar la fuerza centrífuga de las masas en rotación, se han atornillado contrapesos sobre los brazos del cigüeñal. Además, el cigüeñal esta dinámicamente equilibrados. La rueda dentada para la impulsión de los órganos de distribución y los distintos accionamientos secundarios está fijada por contracción; la brida de acoplamiento está montada hidráulicamente.

Los cojinetes del cigüeñal, de tri-metal (casquillos de acero chapados de aluminio con una capa de blanda de rodaje), son mecanizados listos para el montaje.

Un amortiguador de vibraciones, diseñado como amortiguador de manguitos elásticos y dispuestos en el lado opuesto al acoplamiento del cigüeñal, impide que se produzcan vibraciones de torsión de excesiva amplitud en el cigüeñal.

Un eje adicional, dispuesto en prolongación del cigüeñal en el lado opuesto al acoplamiento a continuación del amortiguador de vibraciones, permite la toma de fuerzas parciales en este lado.

Las camisas de los cilindros, fabricadas de fundición centrifugada otorgan resistencia al desgaste, se apoyan con un collar sobre la banda superior del bastidor del motor. Para establecer un cierre perfecto contra la culata, se ha insertado un anillo PTFE (polímero semejante al polietileno) en una ranura, anillos de silicona sirven de junta contra la cámara del mecanismo de accionamiento.

Las culatas de fundición gris, refrigeradas por agua y una para cada cilindro, están unidas mediante 4 tornillos con el bastidor del motor. Las culatas contienen la antecámara de ignición, dos válvulas de admisión y escape, asiento de válvula, una válvula de descompresión, porta tobera de inyección de combustible y también válvulas para el arranque neumático, bujías de incandescencia.

El émbolo es de metal ligero y de una sola pieza, tiene refrigeración por aceite; para rendimientos especiales se utilizan émbolos compuestos de varias piezas con refrigeración interior por aceite. El bulón está fijado en los ojos del émbolo mediante anillos de seguridad.

Las bielas son de acero especial de alta calidad y forjadas en estampa (perfil en I), Los cojinetes de la biela tienen división oblicua para facilitar el desmontaje de la biela por la camisa, la junta esta dentada y provista de 2 tornillos de dilatación.

El accionamiento de la distribución es mediante un engranaje de dientes rectos que permite el giro a la derecha o izquierda; está alojado en el lado de acoplamiento en el bastidor del motor y la caja lateral de engranajes y sirve para impulsar el mecanismo de válvulas, las bombas de combustible, las bomba de aceite y agua, el dínamo y el distribuidor del aire de arranque.

SISTEMA DE COMBUSTIBLE. Las bombas de inyección de combustible están diseñadas como bombas del bloque; trabajan con distribución de canto oblicuo y son refrigeradas por el combustible sobrante. Dispuestas en los motores en línea en el lado de distribución, las bombas inyectoras están enlazadas al accionamiento mediante acoplamientos de láminas. Si los motores trabajan con un margen grande de revoluciones, se han previsto reguladores automáticos de inyección. Bombas de alimentación llevan el combustible desde el depósito a través de filtros a las bombas inyectoras y desde estas por las tuberías de impulsión a las toberas de inyección. Una bomba de mano de alta presión hace posible purgar el aire de las tuberías de impulsión de combustible.

SISTEMA DE LUBRICACIÓN. Una bomba de aceite de engranajes, dispuesta en la parte exterior del motor, asegurada mediante una válvula de sobrepresión contra presiones excesivas y dirigidas mediante un órgano de regulación por la presión de aceite en el último cojinete, provee todos los puntos de lubricación del motor con aceite. Una bomba adicional de mano o una bomba eléctrica sirven para efectuar el engrase previo del motor después de periodos de parada. Para la filtración del aceite se han previsto filtros en el circuito principal y centrifugas en el circuito secundario. Cantidades dosificadas de aceite son derivadas del circuito principal para la refrigeración de los émbolos.

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN. Refrigeración por circulación forzada mediante bombas centrifugas montadas en el motor.

SISTEMA DE ARRANQUE. Existen las siguientes alternativas.

- Puesta en marcha eléctrica mediante arrancador Bosch.
- Puesta en marcha neumática mediante motor de aire comprimido.
- Puesta en marcha neumática mediante un distribuidor de aire comprimido y válvulas de arranque en distintos cilindros.

- Bujías de incandescencia eléctricas.
- Pre calentamiento en los motores.

SUMINISTROS DE AIRE DE COMBUSTIÓN. Para proteger los motores contra desgaste y ensuciamientos, se filtra el aire de combustión.

REGULADOR. Regulador hidráulico, en caso necesario con poca caída de velocidad y provisto de instalaciones adicionales para ajustarlo en función a la presión de sobrealimentación y para la regulación del servo campo. Ajuste de revoluciones a mano el motor mediante cable de tracción; en motores con telemando se efectúa neumática o eléctricamente; el motor se para a mano neumática o eléctricamente.

Las características principales de este motor son:

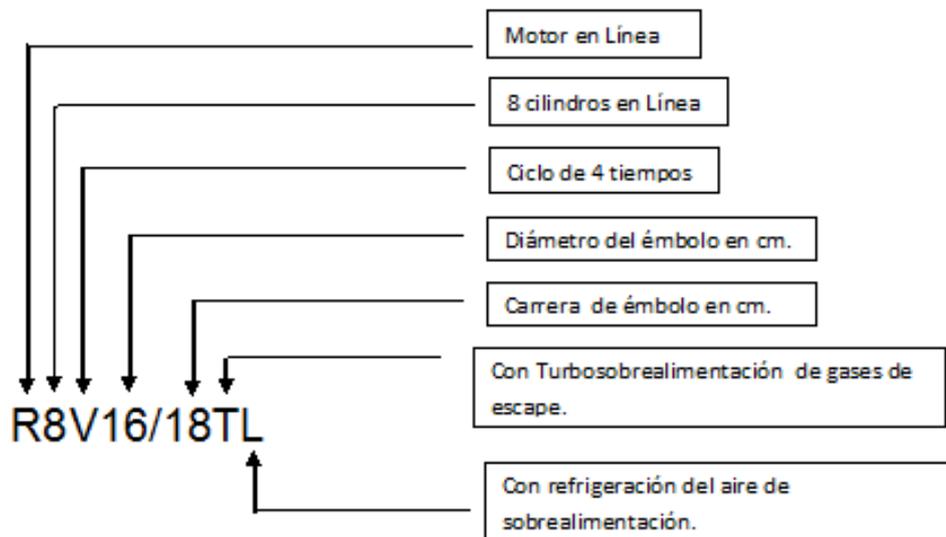
Tabla 3.1 Características del Motor BAZÁN M.A.N.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL MOTOR BAZÁN M.A.N.		
Denominación	R8V 16/18TL (Ver Nota 1)	
Potencia	500 [CV]	
Velocidad de rotación	1600 [r.p.m.]	
DIMENSIONES DEL MOTOR		
Número de Cilindros	8	
Distancia desde el eje del cigüeñal a la base del motor	90 [mm]	
Diámetro de los cilindros	160 [mm]	
Carrera de los émbolos	180 [mm]	
Diámetro del árbol formado por el cigüeñal	110 [mm]	
Diámetro de los muñones de los codos	110 [mm]	
Longitud de las bielas	360 [mm]	
Cilindrada	3.62:1	
Número de Válvula de admisión por cilindro	2	
Número de Válvula de escape por cilindro	2	
ORDEN DE ENCENDIDO		
De marcha a la izquierda	1-3-7-5-8-6-2-4	
TEMPERATURAS		
Temperaturas del agua de refrigeración	73,43 [°C]	
Temperatura del lubricante	80 [°C]	
Temperatura de los gases de escape (a la Salida de las culatas)	470 [°C]	
PRESIONES DE PRUEBA		
PARÁMETROS	[Kg/cm ²]	[lb/plg ²]

Interior de las camisas del cilindro	60	853.4006
Bastidor, con las camisas de los cilindros insertadas	6	85.34006
Culata (cámara de agua)	20	284.4669
Caja de la bomba centrífuga para el agua de refrigeración	6	85.34006
Caja de la bomba para el lubricante y filtro	12	170.6801
Tuberías del Lubricante	10	142.2334
Tuberías del agua de refrigeración	6	85.34006
Tuberías del aire para el arranque	60	853.4006
Tubos de presión para el combustible	1000	14223.34
Válvula principal de arranque	60	853.4006
Refrigerador del aire de carga	5	71.11672
Intercambiador de calor del aceite lubricante (lado aceite)	25	355.5836
(lado agua)	6	85.34006

NOTA 1

1. Terminología basada en la norma DIN 6265 Y 6770.
2. Los motores de la serie 16/18 son denominados, en cuanto a sus formas de ejecución, como sigue:



Las siglas enunciadas en esta denominación se encuentran en alemán.

3. SENTIDO DE ROTACIÓN: Giro a la derecha (Mirando hacia el lado de acoplamiento)
4. EJECUCIÓN DE LOS MOTORES: Las denominaciones, motor de izquierda o motor de derecha provienen de la disposición de las tuberías de escape. En este caso es un motor de izquierda.
5. MOTORES CON SOBREALIMENTACIÓN: Este motor cuenta con una sobrealimentación (generadas por una turbina de gases y un compresor) montado en el motor con el fin de comprimir el aire que se requiere en los cilindros para la combustión



FIGURA 3.1. Motor Bazán M.A.N.

3.2 PROCESO TECNOLÓGICO PARA EL MANTENIMIENTO DE CUARTO Y QUINTO ESCALÓN.

En esta sección se describirá cada uno de los pasos tecnológicos de mantenimiento realizados en los elementos constitutivos del motor.

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ELECTROMECAÁNICO DEL POLIDUCTO Q-A-R		
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL MOTOR BAZÁN M.A.N.		
	REPORTE TÉCNICO DE MANTENIMIENTO		
IDENTIFICACIÓN			
TIPO DE MANTENIMIENTO:	Predictivo:	Preventivo:	Correctivo: X
EQUIPO/MAQUINA/ELEMENTO: Cárter Protector de Balancines		MATERIAL: Aluminio	
ELEMENTOS ASOCIADOS: Tapa, balancines de admisión y escape, tornillo de presión, eje de balancines			
FUNCIÓN: contiene el mecanismo de válvulas, protege los balancines del contacto con el medio ambiente.			
DESCRIPCIÓN: El cigüeñal esta comunicado al árbol de levas mediante un juego de engranes, las levas están contacto con los taqués, los cuales empujan a las varillas hacia el brazo de los balancines transmitiéndose así el movimiento a las válvulas de admisión y escape obligándolas a que se abran y se cierren.			
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN CORRECTIVA			
PROCESO TECNOLÓGICO			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Se retira la tapa y cárter protector del accionamiento de válvula de motor. 2. Desarmado de los elementos constitutivos: se destornillan los pernos de seguridad de los ejes de lo balancines y se desarman, se retiran los balancines de distribución para admisión, para escape, palanca intermedia y los o´rings de los ejes, destornillar los ajustadores de balancín, que consiste en un tornillo de presión con rotula y una tuerca hexagonal. 			



FIGURA 3.2 Componentes de la Caja de Balancines

3. Limpieza general con gasolina base.
4. Inspección técnica

DATOS DEL EJE:



FIGURA 3.3 Eje de Balancines de Admisión y Escape

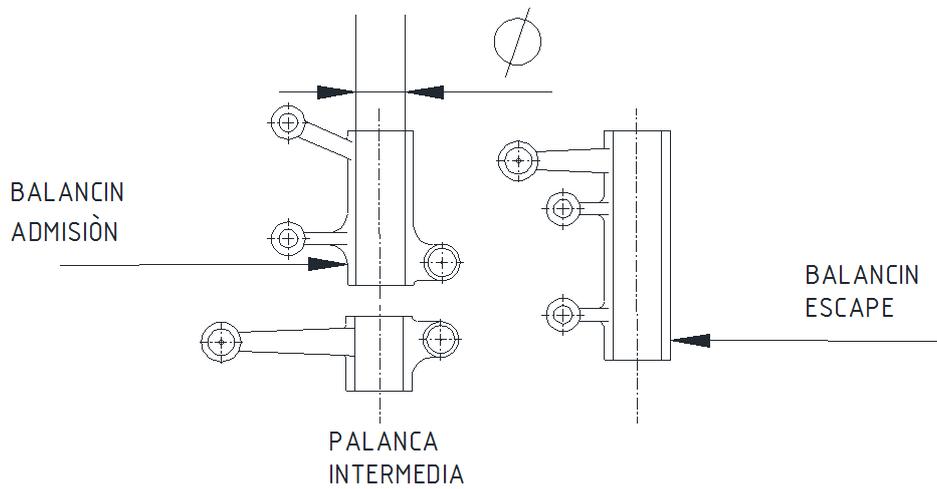


FIGURA 3.4 Balancín de Admisión y Escape

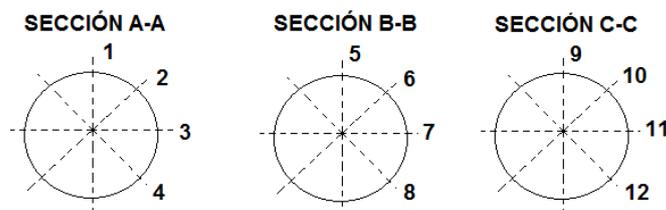


FIGURA 3.5 Posición de Medición

TABLA 3.2 Dimensiones Elementos Nuevos

PARTE POSICIÓN	EJE (mm)	PALANCA INTERMEDIA (mm)	BALANCÍN DE ADMISIÓN (mm)	BALANCÍN DE ESCAPE (mm)
1	29,99	30,01	30,01	29,99
2	30,00	29,99	30,00	30,00
3	30,00	29,99	29,99	30,00
4	30,00	30,00	29,99	29,99
5	29,99	30,01	30,00	30,00
6	29,98	30,01	30,00	29,99
7	29,99	30,00	30,01	30,00
8	29,98	30,01	30,01	29,99
9	29,98	-----	-----	-----
10	29,99	-----	-----	-----
11	29,98	-----	-----	-----
12	29,98	-----	-----	-----
PROMEDIO	29,98	30	30,00	29,99

El huelgo de este conjunto no se encuentra especificado en el manual del motor, por lo que se permite medir partes nuevas para poder determinarlo, llegando a la conclusión de que este valor no debe sobrepasar de $\pm 0,02$ mm.

TABLA 3.3 Dimensiones Tapa N° 8

POSICIÓN PARTE	EJE DE ESCAPE (mm)	EJE DE ADMISIÓN (mm)	PALANCA INTERMEDIA (mm)	BALANCÍN DE ADMISIÓN (mm)	BALANCÍN DE ESCAPE (mm)
1	29,85	29,95	30,01	30,01	29,99
2	30,01	29,97	29,99	30,00	30,00
3	29,82	29,94	29,99	29,99	30,00
4	29,82	29,97	30,00	29,99	29,99
5	30,00	29,94	30,01	30,00	30,00
6	29,95	29,97	30,01	30,00	29,99
7	29,97	30,01	30,00	30,01	30,00
8	29,95	29,96	30,01	30,01	29,99
9	29,95	30,01	-----	-----	-----
10	29,94	30,01	-----	-----	-----
11	29,95	29,97	-----	-----	-----
12	29,93	29,96	-----	-----	-----
PROMEDIO	29,92	29,97	30,00	30,00	29,99
ACEPTACIÓN	NO	NO	SI	SI	SI

TABLA 3.4 Dimensiones Tapa N° 1

POSICIÓN	EJE DE ESCAPE (mm)	EJE DE ADMISIÓN (mm)	PALANCA INTERMEDIA (mm)	BALANCÍN DE ADMISIÓN (mm)	BALANCÍN DE ESCAPE (mm)
PARTE					
1	29,93	30	30,04	30,01	30,00
2	29,97	30,01	30,00	30,02	30,01
3	29,98	30,01	30,01	30,00	30,01
4	29,9	29,99	30,02	30,00	30,00
5	29,98	29,95	30,01	29,99	30,01
6	30,00	29,94	30,01	30,02	30,00
7	29,99	29,94	30,02	30,03	30,01
8	30,01	29,96	30,02	30,03	29,99
9	30,00	30,00	-----	-----	-----
10	29,97	29,99	-----	-----	-----
11	30	30,01	-----	-----	-----
12	29,98	30,01	-----	-----	-----
PROMEDIO	29,97	29,98	30,01	30,01	30,00
ACEPTACIÓN	NO	SI	SI	SI	SI

TABLA 3.5 Dimensiones Tapa N° 5

POSICIÓN	EJE DE ESCAPE (mm)	EJE DE ADMISIÓN (mm)	PALANCA INTERMEDIA (mm)	BALANCÍN DE ADMISIÓN (mm)	BALANCÍN DE ESCAPE (mm)
PARTE					
1	29,98	29,99	30,01	30,01	30,02
2	30,00	30,00	30,01	30,03	30,02
3	29,99	30,00	30,00	30,02	30,02
4	29,99	30,01	30,02	30,02	30,01
5	29,98	29,98	30,03	30,02	30,01
6	29,97	29,98	30,02	30,02	30,00
7	29,97	29,99	30,02	30,03	30,01
8	29,97	29,98	30,03	30,02	30,01
9	30,00	29,98	-----	-----	-----
10	30,01	30,02	-----	-----	-----
11	29,99	30,02	-----	-----	-----
12	30,01	29,97	-----	-----	-----
PROMEDIO	29,98	29,99	30,01	30,02	30,01
ACEPTACIÓN	SI	SI	SI	SI	SI

NOTA: Estas medidas de campo poseen un error de 0,01 mm por la apreciación del instrumento con el que realiza las mediciones. En esta sección se resumen las medidas de los ocho conjuntos.

- a. En los ejes que fueron desmontados se puede observar rayaduras principalmente en su parte central, sus o-rings aplastados, de un total

de 16 ejes encontramos 5 son aceptado y el resto esta fuera de las dimensiones admisibles, pero se decide cambiar a todos.

Se encontraron que los balancines del motor Bazán M.A.N son de media luna, y el accionamiento entre ellos no es eficaz o seguro, por lo que se decide cambiar a balancines de accionamiento plano.

- Se procede a la selección de balancines existentes en el taller del poliducto, para esto se realizó el respectivo proceso metrológico, permitiendo conocer el estado en el que se encuentran, resumiéndose en las siguientes tablas.

TABLA 3.6 Dimensiones de las Palancas Intermedias

PALANCA INTERMEDIA										
POSICIÓN	A	B	C	D	E	F	G	H	PROM.	HUELGO (mm)
Nº										
0	30,00	29,98	30,00	30,00	29,99	30,00	30,00	29,99	29,99	0,01
1	29,98	30,00	29,99	30,00	30,00	30,00	29,99	29,99	29,99	0,02
2	29,99	29,99	30,01	29,99	29,99	29,99	29,99	29,99	29,99	0,02
3	30,00	29,98	30,01	29,99	30,00	30,00	30,00	30,01	29,99	0,02
4	30,00	30,00	30,00	29,99	29,99	29,99	29,99	29,99	29,99	0,01
5	30,00	29,99	30,00	30,00	29,99	29,99	29,98	29,99	29,99	0,01
6	29,98	29,99	29,98	29,98	29,99	29,99	29,98	29,99	29,98	0,01
7	29,98	29,98	29,99	29,99	30,01	29,99	29,99	29,99	29,99	0,01
8	30,01	30,00	30,00	30,00	29,99	30,00	29,99	29,99	29,99	0,02
9	29,98	29,99	30,00	29,99	29,98	29,98	29,98	29,99	29,98	0,01

TABLA 3.7 Dimensiones del Balancín de Admisión

BALANCÍN DE ADMISIÓN										
POSICIÓN	A	B	C	D	E	F	G	H	PROM.	HUELGO (mm)
Nº										
1	30,00	30,00	30,02	30,03	30,02	29,99	29,99	29,99	30,00	0,01
2	30,04	30,03	30,05	30,03	30,01	30,00	30,00	30,00	30,02	0,03
3	30,03	30,01	30,02	30,00	30,01	30,01	30,01	30,02	30,01	0,02
4	30,00	29,99	29,99	30,00	30,01	30,00	30,01	30,02	30,00	0,01
5	29,99	29,99	29,99	30,00	29,98	29,99	29,98	29,99	29,98	0,02
6	30,07	30,03	30,01	30,01	30,03	30,04	30,03	30,03	30,03	0,06
7	30,03	30,03	30,03	30,03	30,01	30,03	30,01	30,01	30,02	0,02
8	30,03	29,99	30,03	30,02	30,02	30,00	30,00	30,03	30,01	0,02
9	30,02	30,00	30,00	30,00	29,99	30,01	29,99	30,00	30,00	0,01

TABLA 3.8 Dimensiones del Balancín de Escape

BALANCÍN ESCAPE										
POSICIÓN	A	B	C	D	E	F	G	H	PROM	HUELGO (mm)
Nº										
1	30,02	30,01	30,00	30,01	30,02	30,00	30,02	30,02	30,01	0,01
2	30,02	30,01	30,01	30,00	30,01	30,00	29,98	30,01	30,00	0,02
3	30,02	29,99	30,02	30,02	29,99	30,01	30,01	29,99	30,00	0,02
4	30,01	30,00	30,02	29,99	30,00	30,01	30,00	30,01	30,00	0,01
5	30,01	29,99	29,99	29,89	29,99	30,02	29,99	30,02	29,98	0,02
6	30,02	30,01	29,99	30,02	30,01	30,01	30,01	29,98	30,00	0,01
7	30,01	30,02	30,01	30,02	30,02	30,00	30,01	30,01	30,01	0,02
8	29,99	30,00	30,00	30,01	29,99	29,98	29,99	29,99	29,99	0,02

6. Se procede a la selección de grupos.

Tabla 3.9 Selección de Grupos

SELECCIÓN DE GRUPOS				
Nº	HUELGO(mm)	BALANCÍN		PALANCA INTERMEDIA
		ESCAPE	ADMISIÓN	
1	0,02	2	3	1
2	0,02	3	7	2
3	0,01	4	1	0
4	0,02	5	8	3
5	0,01	6	4	4
6	0,02	7	5	5
7	0,01	8	9	6
8	Nuevo	Nuevo	Nuevo	Nuevo

7. Todos los ejes de balancines y sus orines son cambiados por repuestos nuevos y originales solicitados del stock de bodega.

8. Remover la pintura de las tapas y de la caja de protectora de válvulas.



FIGURA 3.6 Tapa de Balancines

9. Limpieza de las tapas con agua presurizada y detergente industrial.



FIGURA 3.7 Limpieza de Cajas

10. Limpieza de residuos de pintura de los agujeros de pernos mediante aire comprimido. (Presión del aire 80 psi)

11. Pasar machuelo M12x1.5 en los orificios de la caja protectora de válvulas.

12. Realizar el lapeado de caras para obtener un paralelismo entre las caras de la caja protectora de válvulas, con lija de hierro N° 80 sobre un tablero de mármol



FIGURA 3.8 Caja Lapeada

13. Lubricación de la tapa y caja protectora con diesel.

14. Se realiza la solicitud a bodega central de "El Beaterio" para la adquisición de nuevos ejes, orines, balancines de admisión y escape.

15. Limpieza y verificación del tornillo de presión y piedra deslizante; se sopla con aire comprimido para verificar si los agujeros de pernos no se encuentran tapados.

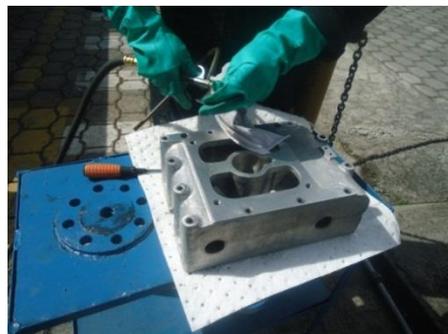


FIGURA 3.9 Limpieza de Orificios de la Caja de Balancines

16. Para armar los orines en el eje se lubrica con grasa, y a los ejes de balancines de admisión y escape con aceite hidráulico para facilitar su desplazamiento.



FIGURA 3.10 Engrase de Ejes

17. Se ubican cada uno de los elementos y con la ayuda de la prensa hidráulica se aplica una fuerza gravitacional, ésta no deberá exceder de 0,5 bares, si se tiene valores superiores se recomienda detener el proceso ya que puede estar mal posicionado el eje o exista una pestaña que obstaculice el libre desplazamiento.



FIGURA 3.11 Armado de los Componentes de la Caja

18. Verificar que los agujeros del eje y de la caja protectora de balancines sean concéntricos, para que de esta manera se pueda introducir y ajustar los pernos de seguridad. Si no se logra esta concetricidad se recomienda mover el eje hasta lograrlo.
19. Finalizado el armado de estas partes se verifica la holgura que hay entre el eje y balancines. Si se encuentra muy apretado los elementos se recomienda desarmar y verificar dicha holgura.
20. Se recomienda que finalizado el montaje se lubrique con algún tipo de material lubricante (grasa, aceite, diesel).
21. Se procede a conservar en un ambiente seco y protegido contra el polvo.

EQUIPO	HERRAMIENTA
Prensa Hidráulica (Cap. 5 Ton)	Llave Hexagonal 6
	Llave 17 Mixta
	Llave 14 Mixta
	Palanca de Fuerza, mando ½
	Media Vuelta , mando ½
	Dados 17,14. Mando ½

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ELECTROMECAÁNICO DEL POLIDUCTO Q-A-R		
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL MOTOR BAZÁN M.A.N.		
	REPORTE TÉCNICO DE MANTENIMIENTO		
IDENTIFICACIÓN			
TIPO DE MANTENIMIENTO:	Predictivo:	Preventivo:	Correctivo: X
EQUIPO/MAQUINA/ELEMENTO: Culatas		MATERIAL: hierro fundido, o aleaciones ligeras.	
ELEMENTOS ASOCIADOS: Conjunto de válvulas, guías de válvulas, asiento de válvulas, conos de porta mecheros, inyectores, válvulas de arranque			
FUNCIÓN: Realiza el cierre hermético de la cámara de combustión. Mediante este sello se evitara pérdidas de compresión y fugas de los gases de escape. Sobre las culatas se asienta el mecanismo de válvulas y posee una serie de orificios por donde se permite el paso del líquido refrigerante.			
DESCRIPCIÓN: la antecámara está dispuesta en el centro de la culata y cerrada abajo por el mechero, que está fijado mediante el tornillo de presión. Las dos válvulas de admisión y de escape están alojadas en las guías de válvulas, que están embutidas desde arriba en la culata. Las válvulas de arranque se encuentran instaladas al lado de la admisión. El paso de las varillas de empuje del accionamiento de las válvulas está encerrado entre la culata y el bastidor del motor con anillos de silicona.			
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN CORRECTIVA			
PROCESO TECNOLÓGICO			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Se destornilla los pernos hexagonales de los espárragos para el desmontaje de las culatas del cárter. 2. Para el desarmado de los elementos constitutivos de las culatas se utilizará herramientas especiales por lo que es importante tener en un buen estado cada una de las herramientas. 			



FIGURA 3.12. Herramienta especial para el desacople del tornillo de presión.

3. Desarmado de los orines y empaquetadura. Verificar su estado y el material constitutivos y espesores de cada uno de ellos para su posterior remplazo.
4. Lo primero que se desarma será las válvulas de admisión y escape, se procede en forma secuencial las siguientes partes:
 - Mitad de cono
 - Placa de resorte
 - Resortes de válvulas interior
 - Resorte de la válvula exterior.
 - Anillos de fijación
 - Válvulas de escape y admisión.
5. Rociar con penetrante el filo de la rosca visible del Tornillo de presión, en los tubos roscados conductores de agua, a las bujías de precalentamiento para facilitar su desarmado.
6. Se desarma la pieza a atornillar conjuntamente con el porta inyector
7. Retirar el tornillo de presión, y una vez que se tiene acceso al mechero se procede a retirarlo.
8. Destornillar la válvula de descompresión.
9. Finalmente se procede a retirar las bujías de precalentamiento y las válvulas de

arranque.

10. Se realiza una limpieza superficial para poder realizar la inspección de las culatas, y posteriormente de cada uno de los elementos constitutivos.

11. Inspección técnica de las culatas del motor.

TABLA 3.10 Parámetros de Inspección Técnica de las Culatas

CULATA FALLAS	UNO	DOS	TRES	CUATRO	CINCO	SEIS	SIETE	OCHO
RAYADURAS	√	√	√	√	√	√	√	√
RAYADURAS PROFUNDAS	√	--	--	--	--	--	--	√
GOLPES EN LAS CARAS	√	--	--	--	--	--	--	√
QUEMADURAS EN LA CARA SELLO DE CÁMARA	√	--	--	--	--	--	--	√
FALLAS EN AGUJEROS DE PERNOS	√	--	--	--	--	--	--	√
DAÑOS EN VÁLVULAS DE ADMISIÓN Y ESCAPE	√	√	--	√	--	√	√	√
ROTURA DEL MECHERO	√	--	--	--	--	--	--	√
OXIDACIÓN	√	√	√	√	√	√	√	√
CARBONILLA	√	√	√	√	√	√	√	√
SEDIMENTOS	√	√	√	√	√	√	√	√
ACEPTACIÓN	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO

NOTA: Se seleccionaron 2 culatas más existentes en el taller para poder realizar el mantenimiento. Esto se debe a que se deberá tener precaución en el momento de la prueba Hidrostática, donde se comprobará si los elementos fueron bien ensamblados o no.

12. Se sumerge las culatas en un contenedor con Detergente Industrial y agua aproximadamente 24 horas, para que la carbonilla se renueve.

13. Limpie las culatas con abundante agua presurizada, verificando que se remueva el detergente y para que se desprenda cada una de las partículas adheridas a la culata. También ayudará a desprender la pintura de la culata.



FIGURA 3.13 Limpieza de Culatas con Agua

14. Para evitar la oxidación de la culata, se sumerge 5 minutos en gasolina, después 5 minutos en diesel, permitiendo conservarlas hasta la realización de la próxima tarea y mantener lubricada cada uno de los orificios.



FIGURA 3.14 Limpieza de Culatas con Diesel

15. Limpieza de los canales de admisión y escape, de los conductos de agua removiendo el óxido y/o carbonilla.

16. Paso de los respectivos machuelos en las rocas de las culatas.

17. Con aire comprimido filtrado se sopla todas las cavidades de las culatas para limpiarlas del polvo o residuos, y se baña en penetrante para su conservación

18. Se envía a la Rectificadora METALCAR para la cepillada de sus tres caras principales.

19. Mientras las culatas se encuentran en la rectificadora, se procede a la inspección técnica de sus elementos constitutivos.

TABLA 3.11 Mitad De Cono

FALLAS	MITAD DE CONO	FIGURA
FISURA	---	 <p>FIGURA 3.15 Mitad de cono</p>
CORROSIÓN	20	
DESGASTE	---	
DEFORMACIÓN	10	

TABLA 3.12 Placa De Resorte

FALLAS	PLACAS DE RESORTE	FIGURA
CORROSIÓN	40	 <p>FIGURA 3.16 Placa de Resorte</p>
FUERA DE HOLGURA CON LAS MITADES DE CONO	--	
FISURA	---	

TABLA 3.13 Resortes

FALLAS	Resorte Interior	Resorte Exterior	FIGURA
CORROSIÓN	40	40	 <p>FIGURA 3.17 Resortes</p>
PERDIDA DE SU CONSTANTE DE ELASTICIDAD	---	--	
ROTURA	---	---	
AUSENCIA	2	---	

VÁLVULAS: Las válvulas pueden fallar por:

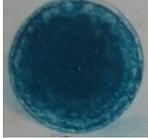
- Causas termodinámicas: fallas de válvulas asociadas a la presión, temperatura y a su variación dentro del mismo ambiente de la cámara de

combustión.

- Causas mecánicas: Fallas de válvulas por naturaleza estrictamente mecánica. Estas incluyen problemas de desgaste y roturas que no están asociadas normalmente con el ambiente de la cámara de combustión.

A continuación se presenta las fallas más comunes que se pueden presentar e indicaremos las que se encontraron en las 10 culatas seleccionadas.

TABLA 3.14 Fallas comunes en las Válvulas

FALLA / CAUSA	FIGURA	Nº DE VÁLVULAS
<p>F: Quemado localmente de un profundo canal.</p> <p>C: Excesivo calor localizado en la cabeza de la válvula, distorsión y escape de gas incandescente (asentamiento defectuoso).</p>	 FIGURA 3.18 Válvula con Quemado Local	-----
<p>F: Válvulas quemadas en la cara</p> <p>C: Mezclas pobres, mala regulación del encendido, detonación, rotura del mechero, defecto de pulverización de combustible (goteo).</p>	 FIGURA 3.19 Válvula Quemada	8
<p>F: Perforación a través de la cabeza de la válvula dentro del diámetro interior del asiento, revestido éste con aleaciones especiales.</p> <p>C: Excesivo calor localizado en la cabeza de la válvula, distorsión y escape de gas incandescente (asentamiento defectuosos).</p>	 FIGURA 3.20 Válvula con Perforación	-----
<p>F: Picaduras en la zona de asiento de válvulas.</p> <p>C: Partículas sólidas en la zona de contacto de asientos</p>	 FIGURA 3.21 Válvula	40

	con Picaduras	
<p>F: Corrosión de la superficie bajo cabeza entre el cuello y asiento de la válvula. Estrangulamiento de vástago. La zona más estrangulada del vástago está en línea con el ángulo de asiento de la válvula.</p> <p>C: Acción mecánica de los gases en movimiento (erosión) sumada a su carácter corrosivo a altas temperaturas</p>	 <p>FIGURA 3.22 Válvula con Corrosión</p>	4
<p>F: Rotura de la cabeza de válvula por fatiga térmica. Comienza con una fisura en el borde bajo cabeza.</p> <p>C: Muy altas presiones y temperatura en la cámara de combustión y en las válvulas (este problema está siempre confinado a la válvula de escape)</p>	 <p>FIGURA 3.23 Rotura de Cabeza de Válvula</p>	----
<p>F: Fisura en la cabeza de la válvula, desde el margen hacia dentro. Si la fisura avanza se desprenderá un trozo de cabeza en forma de segmento de círculo.</p> <p>C: Excesiva temperatura de válvula con desigual enfriamiento o carga cíclica pesada del motor, lo que provoca fatiga térmica.</p>	 <p>FIGURA 3.24 Fisura de la Cabeza de Válvula</p>	-----
<p>F: Deformación general de la cabeza de la válvula con agrandamiento de diámetro y concavidad en forma de copa.</p> <p>C: Excesiva fuerza de cierre con los efectos</p>	 <p>FIGURA 3.25 Deformación de la Cabeza de Válvula</p>	----

<p>combinados de elevadas temperaturas de operación y presiones de combustible</p>		
<p>F: Rotura en la zona media del radio bajo cabeza con desprendimiento total de la misma.</p> <p>C: Exceso de carga y calor acumulado.</p>	 <p>FIGURA 3.26 Rotura del radio bajo de Válvula</p>	<p>----</p>
<p>F: Separación de la cabeza de la válvula por rotura en la unión entre el radio del cuerpo vástago.</p> <p>C: Excesiva tensión cíclica en el vástago.</p>	 <p>FIGURA 3.27 Separación de Cabeza-Vástago</p>	<p>-----</p>
<p>F: Rotura del vástago dentro del ranurado para las trabas de válvulas</p> <p>C: Fatiga de material originado por endurecimiento mecánico superficial en zonas de contacto de ranuras y trabas de válvulas.</p>	 <p>FIGURA 3.28 Rotura del Vástago de Válvula</p>	<p>----</p>
<p>F: Retención o pegado de vástago y guía con arrastre e incrustaciones de material de guía a vástago de válvula.</p> <p>C: Elevada temperatura por rozamiento severo con corte de película de aceite y/o escaso huelgo vástago-guía.</p>	 <p>FIGURA 3.29 Retención de Vástago</p>	<p>----</p>
<p>F: Desgaste con pérdida de material guía-vástago</p> <p>C: Huelgo excesivo vástago-guía con falta de material, signos de temperatura y engrane en el vástago de la válvula y en la guía.</p>	 <p>FIGURA 3.30 Pérdida de material</p>	<p>----</p>

<p>F: Desgaste del extremo el vástago-apoyo del balancín.</p> <p>C: Mala calibración entre válvulas y ajustador de balancín.</p>	 <p>FIGURA 3.31 Desgaste del extremo del Vástago</p>	<p>8</p>
<p>F: Desgaste de asiento de válvula en forma acanalada</p> <p>C: Combustible inadecuado. Resortes incorrectos.</p>	 <p>FIGURA 3.32 Desgaste de asiento de Válvula</p>	<p>4</p>
<p>F: Desgaste de válvulas en la zona de trabas de ranurado simple y múltiple</p> <p>C: Reutilización para el montaje de elementos con signos de deformación y desgaste en zona de contacto.</p>	 <p>FIGURA 3.33 Desgaste en zona de trabas</p>	<p>4</p>

Resultados de la Inspección Visual: De un total de 40 válvulas retiradas de las culatas, 28 son desechadas completamente, las restantes son recicladas, puesto que el mayor defecto que presentan son la corrosión, así que pueden ser rectificadas y utilizadas en caso de emergencia o por no disponer en stock de bodega.

TABLA 3.15 Guías De Válvulas

FALLAS	GUÍAS DE VÁLVULAS	FIGURA
CORROSIÓN	4	 <p>FIGURA 3.34 Guías de Válvulas</p>
DESGASTE (admisible 0,02mm)	40 (el huelgo entre válvulas y guías se encuentran entre 0,04 a 0,06 mm)	
FISURA	3	
RAYADURAS	40	
RETENCIÓN O PEGADO DE VÁLVULAS Y GUÍAS	----	
ROTURA	1	

TABLA 3.16 Asientos De Válvulas

FALLAS	ASIENTOS DE VÁLVULAS	FIGURA
PICADURAS	40	 <p>FIGURA 3.35 Asiento de Válvulas</p>
RECTIFICADOS	32	
QUEMADURAS	---	
FISURAS	---	

TABLA 3. 17 Quemador

FALLAS	QUEMADOR	FIGURA
ROTURA	2	 <p>FIGURA 3.36 Quemador</p>
CORROSIÓN	10	
PEGADO A LA CULATA	---	

TABLAS 3.18 Tornillo de Presión

FALLAS	TRONILLO DE PRESIÓN
FISURA	10
PEGADO A LA CULATA	2
CORROSIÓN	8
ROSCA CORRIDA	8

TABLA 3.19 Cono

FALLAS	CONO	FIGURA
FISURA	---	 FIGURA 3.37 Cono
CORROSIÓN	8	
PICADURAS	---	
PEGADO A LA CULATA	---	
SEDIMENTACIÓN	8	

TABLA 3.20 Bujías de Pre calentamiento

FALLAS	BUJÍAS	FIGURA
FISURA	---	 FIGURA 3.38 Bujía de Pre calentamiento
PEGADO A LA CULATA	1	
CORROSIÓN	8	
ROSCA CORRIDA	--	

TABLA 3.21 Válvula de Arranque Neumático

FALLAS	VÁLVULAS DE ARRANQUE	FIGURA
FISURA	---	 FIGURA 3.39 Válvula de Arranque
PEGADO A LA CULATA	2	
CORROSIÓN	10	
ROSCA CORRIDA	---	

20. Se procede a pasar grata en el mechero, con la finalidad de retirar la corrosión, se los lava con detergente industrial y abundante agua. Se sumerge en una mezcla de gasolina y aceite para su conservación hasta su instalación.
21. Como se realizó la inspección técnica de cada uno de los elementos de las culatas, se toma la decisión de solicitar en bodega los repuestos nuevos: guías y asientos de válvulas, válvulas, resortes interiores y exteriores, mitades de conos, tornillos de presión.
22. En el proceso de cepillado se desbasta de 10 a 14 centésimas de milímetro en la cara que hace junta con la camisa y de 8 a 9 centésimas de milímetro en las caras de admisión y escape, esto dependerá del desgaste de cada una.

En las siguientes figuras se muestra las condiciones en las que se encontraban las caras de las culatas, y como quedaron después del trabajo realizado en la rectificadora.



ANTES



DESPUÉS



FIGURA 3.40 Culatas Rectificadas

La tabla que se presenta a continuación resume el desbaste por efecto de la cepillada en las caras de cada una de las culatas.

Tabla 3.22 Dimensiones del Desbaste

CULATA	CARA DE JUNTA CON LA CAMISA (mm)	CARA DE ADMISIÓN (mm)	CARA DE ESCAPE(mm)
1	0,10	0,08	0,08
2	0,14	0,09	0,09
3	0,14	0,09	0,09
4	0,12	0,08	0,08
5	0,10	0,05	0,05
6	0,12	0,06	0,05
7	0,12	0,12	0,08
8	0,10	0,08	0,08
9	0,12	0,09	0,09
10	0,11	0,05	0,05

23. Se lavan las culatas en gasolina para desechar los residuos que deja la cepillada, y se procede a bañar en penetrante para su mantención.

24. Con la ayuda de la prensa hidráulica se realiza el desmontaje de las guías de válvulas. La presión está en un rango de 10 a 15 kg/cm².

25. Los asientos de válvulas que su altura se encuentra dentro de la permisible, son rectificados, caso contrario son cambiados, el cambio se debe realizar en los cuatro asientos de las culatas para obtener una misma altura de apertura de válvulas.



FIGURA 3.41 Rectificación de asientos

Este proceso se realiza con la ayuda de una válvula para conseguir centrarlo y que ingrese a un mismo nivel.



FIGURA 3.42 Cambio de Asientos

La primera figura muestra la rectificación de los asientos, mientras que la segunda

figura podemos ver la sustitución.

26. Una vez rectificadas los asientos o cambiados se procede a asentar las válvulas con la ayuda de una ventosa y pasta de esmerilar hasta conseguir una superficie homogénea que selle. Se debe tener cuidado con la crema de esmerilar ya que puede pasar a la guía la cual puede rayar o producir desgaste.



FIGURA 3.43 Proceso de Asentamiento de Válvulas

27. Si no se consigue asentar las válvulas en sus asientos que han sido cambiados, se procede a rectificarlos, ya que se puede cometer errores al montarlos.

28. Cuando se consigue que las cuatro válvulas se asiente, se procede a realizar la limpieza de los asientos, guías y válvulas para retirar cualquier residuo de pasta de esmerilar, se deja con lubricante para su conservación hasta terminar con las diez culatas.

29. Se realiza el asentamiento del cono con pasta de esmerilar para obtener el sellado entre los conductos del agua para la refrigeración de la culata. Con la ayuda de una linterna verificamos el asentamiento en la superficie interna de la culata, una vez finalizado el proceso se realiza la respectiva limpieza de residuos



FIGURA 3.44 Asentamiento del Cono



FIGURA 3.45 Verificación de Asentamiento

30. Una vez finalizados estos procedimientos, las culatas se encuentran listas para el montaje de sus elementos constitutivos.

31. Soplar con aire comprimido filtrado para retirar polvo o residuos en la culata.

32. Armar las válvulas con abundante aceite hidráulico y colocar con cuidado los anillos de fijación en la segunda traba, pues estos se pueden romper o abrir demasiado y no fijarse a la válvula.



FIGURA 3.46 Armado de Válvulas

33. Lubricar los resortes interiores y exteriores antes de colocarlos, fijarlos en los asientos de las guías, rotarlos, verificar su correcta colocación.



FIGURA 3.47 Armado de Resortes

34. Colocar las placas de resorte, y con la herramienta ejercer una fuerza gravitacional para colocar las mitades de cono en el espacio existe. Esta actividad se debe realizar con precaución puesto que se puede remorder los dedos al colocar las mitades de cono, o a su vez si éstas no se encuentra bien colocadas pueden salir disparadas por la presión ejercida por los resortes.



FIGURA 3.48 Armado de placas de resorte

35. Para el montaje del mechero colocamos Anti-Adherente a Base de Níquel Chesterton 725. (Combina propiedades de anti adherencia, alta



presión y resistencia a la corrosión, en una suspensión de aceite que soporta temperaturas hasta 1425°C)

36. Como el tornillo a presión también va a soportar temperaturas altas se coloca Antiadherente Chesterton 725 en la rosca, así evitaremos que este se adhiera a la culata y facilitará un próximo desarmado.

37. Se monta el o´ring con Antiadherente Chesterton 725 en el cono y con la ayuda de un desarmador pequeño procedemos a centrarlo, haciendo girar alrededor de éste, para reforzar el sellado que hace con la culata colocamos Loctite 515.

38. Para el “tornillo a ajustar” colocamos grasa sintética en su rosca, previa al armado.

39. Se pone Antiadherente Chesterton 725 en la rosca de los conductos de agua y se procede a su montaje.

FIGURA 3.49 Engrase de Cono



FIGURA 3.50 Armado Tornillo de Presión



FIGURA 3.51 Armado de O´ring en el Cono



FIGURA 3.52 Armado del Tornillo



FIGURA 3.53 Armado de ductos de agua

40. Una vez que se ha finalizado el montaje de los elementos constitutivos de las culatas, se realiza la prueba hidrostática, con el fin de verificar que no ingrese agua a la cámara de combustión. Los resultados obtenidos se resume en la siguiente tabla:



FIGURA 3.54 Prueba Hidrostática

TABLA 3.23 Prueba Hidrostática

CULATA	PRESIÓN INICIAL (PSI)	PRESIÓN FINAL (PSI)	TIEMPO (min)	ACEPTACIÓN
1	26	26	10	SI
2	28	28	10	SI
3	28	28	10	SI
4	28	28	10	SI
5	27	27	10	SI
6	28	28	10	SI
7	27	27	10	SI
8	29	29	10	SI
9	26	26	10	SI
10	26	26	10	SI

41. Para finalizar esta reparación, rociamos grasa sintética y penetrante para la conservación de las culatas hasta su montaje en el motor.



FIGURA 3.55 Armado completo

EQUIPO	HERRAMIENTA
Prensa Hidráulica Cap. 5 Ton	Llave con perno para tuerca de presión de parte-tobera
	Llave con perno para pieza intermedia de ante-cámara.
	Cabeza de deslizamiento con mango
	Llave tubular para tornillo de quemador
	Palanca para el montaje de las válvulas
	Extractor para rueda intermedia
	Palanca de Fuerza, mando ½.

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ELECTROMECAÁNICO DEL POLIDUCTO Q-A-R		
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL MOTOR BAZÁN M.A.N.		
	REPORTE TÉCNICO DE MANTENIMIENTO		
IDENTIFICACIÓN			
TIPO DE MANTENIMIENTO:	Predictivo:	Preventivo:	Correctivo: X
EQUIPO/MAQUINA/ELEMENTO: Bielas		MATERIAL: Acero de alta calidad.	
ELEMENTOS ASOCIADOS: Pistones, cojinetes de bulón, cojinetes de biela, bulón.			
FUNCIÓN: Conecta el pistón con el cigüeñal y transmite la presión de los gases de combustión.			
<p>DESCRIPCIÓN: Forjada en estampa consistente en la cabeza superior con el cojinete del bulón embutido, el vástago y la cabeza inferior de dos piezas con los cojinetes acogen el muñón del cigüeñal.</p> <p>La junta oblicua en la cabeza inferior está provista de dientes para fijar radialmente ambas piezas en dirección al eje del cigüeñal. Dos pasadores cilíndricos en la junta aseguran la fijación axial. Dos tornillos de dilatación, asegurados adicionalmente por fiadores, garantizan el arrastre de fuerza entre el vástago y el estribo de la biela.</p>			
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN CORRECTIVA			
PROCESO TECNOLÓGICO			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Se destornilla el tornillo hexagonal en los dos lados de la biela y se retira las llaves de bloqueo. 2. Se destornilla los pernos de la biela y una vez que se tiene acceso se retira la parte inferior de la biela. 3. Se procede a desmontar la biela conjuntamente con el pistón hacia la parte de arriba del cárter, teniendo el cuidado de no golpear los muñones del cigüeñal. 4. Conjuntamente se desarma el anillo de seguridad y el bulón, permitiendo retirar 			

el pistón.

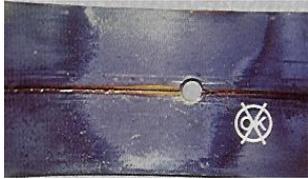
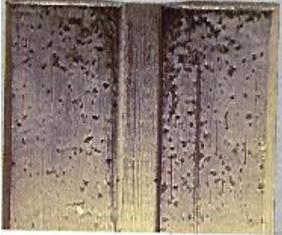
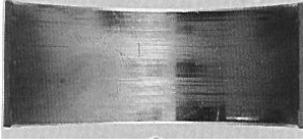
5. Se realiza la limpieza con gasolina base, para retirar el sedimento.
6. Inspección técnica

TABLA 3.24 Brazos de Biela

FALLOS	Nº DE BIELA	FIGURA
FISURA-CORTE	---	 <p>FIGURA 3.56 Brazo de Biela</p>
TORSIÓN	---	
FLEXIÓN	---	
AUSENCIA DE COJINETES	---	
SEDIMENTACIÓN	8	
CONDUCTOS DE REFRIGERACIÓN TAPADOS	---	

TABLA 3.25 Cojinetes de Bulón (CBU) y Cojinetes de Biela (CBI)

FALLOS/CAUSAS	FIGURA	CBU	CBI
<p>PÉRDIDA DE RECUBRIMIENTO</p> <p>C: Cuando la aplicación operación y mantenimiento son correctos, los cojinetes desarrollan patrones de desgaste “normal”, éste avanza por el baño de estaño, a la capa de ploma estaño, va a la unión de cobre y a la capa de aluminio</p>	 <p>FIGURA 3.57 Cojinetes con pérdida de Recubrimiento</p>	8	16
<p>EXPOSICIÓN DE COBRE</p> <p>C: Indican que los cojinetes han trabajado muchas horas en el motor sin ser remplazadas. Se producen en las zonas de mayor carga.</p>	 <p>FIGURA 3.58 Cojinete con exposición de cobre</p>	2	4
<p>RAYADURAS LIGERAS</p> <p>C: Desgaste de material, desprendimiento de las capas de</p>		4	8

recubrimiento de los cojinetes.			
<p>RAYADURAS SEVERAS</p> <p>C: Incrustación de las capas de recubrimiento de los cojinetes, por disminución de la capacidad de lubricación y absorción de basura.</p>		---	---
<p>ROTURA</p> <p>C: Cuando las condiciones de funcionamiento provocan una carga excesiva sobre los cojinetes, se produce el daño por fatiga del material. La rotura se inicia perpendicular a la superficie del cojinete y progresa en otras direcciones, originando el desprendimiento de pequeños trozos de aleación.</p>	 <p>FIGURA 3.59 Rotura de Cojinete</p>	---	---
<p>MATERIAL INCRUSTADO</p> <p>C: Partículas que provienen de los cojinetes del cigüeñal por alguna falla, pasarán a través de los conductos internos del cigüeñal y se incrustarán en los cojinetes de la biela.</p>	 <p>FIGURA 3.60 Material Incrustado en Cojinete</p>	---	---
<p>PULIMENTADOS</p> <p>C: Arranque en frío y/o falta de lubricación</p>	 <p>FIGURA 3.61 Cojinete Pulimentado</p>	---	---
<p>CORROSIÓN</p> <p>C: Ataca al cojinete cuando el ácido comienza a ser excesivo. Un cojinete con profundo desgaste y con exposición de cobre, es más vulnerable al ataque por corrosión.</p>	 <p>FIGURA 3.62 Cojinete con Corrosión</p>	8	16

<p>El ácido atacará y removerá al plomo puro del material de cobre del cojinete. El grado de esfuerzo de la fatiga del resto de la estructura será en gran forma reducida.</p>			
<p align="center">ADHERENCIAS</p> <p>C: Por el funcionamiento del motor a elevadas revoluciones inmediatamente después de ponerlo en marcha, antes de que el aceite lubricante pueda fluir hacia los cojinetes.</p>	 <p align="center">FIGURA 3.63 Cojinete con Adherencias</p>	---	---

TABLA 3.26 Defectación Metrológica-Biela

Nº DE BIELA	Ø NOMINAL (mm)	Ø COJINETE DE BULÓN (mm)	Ø NOMINAL (mm)	Ø COJINETE DE BIELA (mm)
1	5,45	5,40	110,00	109,92
2	5,45	4,41	110,00	109,93
3	5,45	5,43	110,00	109,92
4	5,45	5,42	110,00	109,94
5	5,45	5,42	110,00	109,93
6	5,45	5,42	110,00	109,93
7	5,45	5,42	110,00	109,94
8	5,45	5,40	110,00	109,90

TABLA 3.27 Bulón

FALLOS	Nº DE BULÓN	FIGURA
RAYADURAS	8	 <p align="center">FIGURA 3.64 Bulón</p>
FISURAS	---	
ADHERENCIAS	8	
DESGASTE	8	
AUSENCIA DE ANILLOS DE SEGURIDAD	---	
CORROSIÓN	8	

TABLA 3.28 Defectación Metroológica-Bulón

Nº DE BULÓN	Ø NOMINAL (mm)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	ACEPTACIÓN
1	65,00	64,97	64,96	64,97	NO
2	65,00	64,96	64,96	64,96	NO
3	65,00	64,95	64,94	64,95	NO
4	65,00	64,96	64,95	64,96	NO
5	65,00	64,95	64,95	64,95	NO
6	65,00	64,97	64,97	64,98	NO
7	65,00	64,96	64,95	64,97	NO
8	65,00	64,95	64,94	64,95	NO

7. Se procede a realizar la limpieza de los brazos de biela, con la ayuda de gasolina base, con la finalidad de retirar la sedimentación.
8. Los datos obtenidos en el proceso de metrología se toma la decisión de cambiar los cojinetes de bulón y de biela. Para esto se procede al desarmado con la ayuda de la prensa hidráulica, se aplica una fuerza de empuje al cojinete de bulón, y los cojinetes de biela serán retirados con mucho cuidado aplicando una fuerza manual en dirección de las uñetas de anclaje.
9. Con la ayuda de aire comprimido filtrado se procede a limpiar los canales de lubricación del brazo de biela, verificando que estos no se encuentren obstruidos. En el caso de que estos no puedan ser destaponados se procederá a pasar alambre de calibre 0,5 mm.



FIGURA 3.65 Bielas

10. Verificar el estado de las roscas de las bielas, y de los pernos. En caso de ser necesario pasar el respectivo machuelo y/o remplazar el perno.

11. Se verifica los repuestos en el stock de bodega, y se procede a retirar los: bulones, cojinetes de bulones, anillos de seguridad, los cojinetes de biela se retiraran una vez verificado el cigüeñal.

12. Limpiar los repuestos con gasolina base, para retirar la grasa protectora con la que se encuentran.

13. Se arma los cojinetes de bulón, se marca líneas con la ayuda de un rayador de metales para encontrar el centro entre el orificio de lubricación de la biela y el del cojinete, se aplica una fuerza con la ayuda de la prensa hidráulica la misma que no debe sobrepasar de 0,5 bares.



Figura 3.66 Armado de cojinetes de Bulón.

14. Para la conservación de este conjunto se procede a almacenar en un lugar seco y libre de polvo.

EQUIPO
Prensa Hidráulica, Cap. 5 Ton

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ELECTROMECÁNICO DEL POLIDUCTO Q-A-R		
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL MOTOR BAZÁN M.A.N.		
	REPORTE TÉCNICO DE MANTENIMIENTO		
IDENTIFICACIÓN			
TIPO DE MANTENIMIENTO:	Predictivo:	Preventivo:	Correctivo: X
EQUIPO/MAQUINA/ELEMENTO: Pistón		MATERIAL: Aleaciones de Aluminio	
ELEMENTOS ASOCIADOS: Anillos de compresión, anillo de aceite, anillos rascadores, biela, bulón y cilindros.			
FUNCIÓN: Deslizarse alternativamente dentro de la camisa (cilindro) obligando al aire que ocupa este espacio a modificar su presión y volumen; o transformar en movimiento la reacción de la combustión.			
DESCRIPCIÓN: Pertenece al mecanismo pistón-biela-cigüeñal, el cual es el encargado de transformar el movimiento rectilíneo del pistón en movimiento circular del cigüeñal. El Pistón recibe fuerzas en forma de presión proveniente de la combustión, y describe un movimiento rectilíneo. Se encuentra ajustado al interior de las paredes de la camisa mediante dos anillos de compresión, un anillo de aceite y dos anillos rascadores.			
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN CORRECTIVA			
PROCESO TECNOLÓGICO			
<ol style="list-style-type: none"> Desmontaje del conjunto pistón biela del cilindro. 			
<ol style="list-style-type: none"> Se procede a retirar los anillos. 			
			
FIGURA 3.67 Desarme de los anillos			
<ol style="list-style-type: none"> Limpieza del pistón y de los anillos con gasolina base. 			

4. Inspección técnica.

TABLA 3.29 Fallas en los Pistones

FALLAS/CAUSAS	FIGURA	Nº DE PISTONES
<p>QUEMADURA EN LA CORONA DEL PISTÓN</p> <p>C: Altas temperaturas de combustión, progresión debida al recorte de la lumbrera.</p>	 <p>FIGURA 3.68 Quemadura de corona</p>	<p>2</p>
<p>PEGADURAS DE ANILLOS EN FRIO</p> <p>C: Combustión incompleta – Alto consumo de aceite</p>	 <p>FIGURA 3.69 Pegadura de Anillos</p>	<p>4</p>
<p>GOLPES DE VÁLVULAS</p> <p>C: Debido a la sobre revolución fuera de tiempo y válvulas pegadas</p>	 <p>FIGURA 3.70 Golpe de Válvulas</p>	<p>---</p>
<p>SOCAVACIONES</p> <p>C: El aceite lubricante no enfría la corona del pistón. La temperatura resultante expande la falda.</p>	 <p>FIGURA 3.71 Socavaciones en Pistones</p>	<p>---</p>
<p>CONSUMO DE ACEITE</p> <p>C: Ocasionado por suciedad, desgaste de pistones, segmentos y superficies de</p>		<p>---</p>

rodaduras de cilindros.		
<p style="text-align: center;">ROTURA DEL CORDÓN ENTRE SEGMENTOS</p> <p>C: Sobrecarga, arranque en frío.</p>		---
<p style="text-align: center;">ROTURA DEL PISTÓN</p> <p>C: Colisión de la cabeza del pistón con la culata del cilindro.</p>	 <p style="text-align: center;">FIGURA 3.72 Rotura de Pistón</p>	---
<p style="text-align: center;">EXCESO DE CARBÓN EN LA CABEZA</p> <p>C: Paso excesivo de aceite por anillos desgastados, inadecuada mezcla de aire-combustible, paso de aceite por guías de válvulas.</p>		---

Resultados de la Inspección Visual: Los dos pistones que se encuentra con quemaduras en la cabeza que son el número uno y ocho son cambiados por dos existentes en el taller del poliducto, estos y los demás pistones pasan al proceso de defectación metrológica.

5. Defectación Metrológica.

PISTÓN

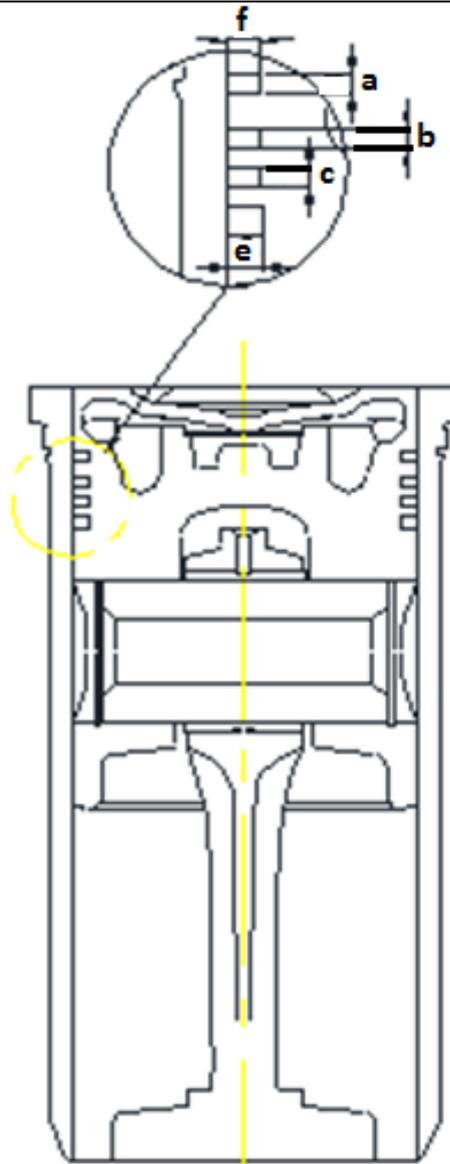


FIGURA 3.73 Camisa-Pistón

TABLA 3.30 Holgura de ranuras en el Pistón

Nº PISTÓN	SECCIÓN						ACEPTACIÓN
	A	B	C	D	E	F	
NOMINAL (mm)	4,08	4,00	4,00	6,00	7,50	6,00	
1	4,08	4,00	3,99	5,99	7,49	5,98	SI
2	4,09	4,01	4,01	6,01	7,51	6,01	SI
3	4,07	3,99	4,00	5,99	7,52	6,01	SI
4	4,08	4,02	4,01	6,02	7,50	6,02	SI
5	4,09	4,00	4,01	6,01	7,50	6,00	SI
6	4,08	4,01	4,00	6,02	7,51	5,99	SI
7	4,07	4,01	4,02	6,00	7,51	6,01	SI
8	4,09	4,03	4,02	6,02	7,51	6,02	SI



FIGURA 3.74 Anillo de Pistón

TABLA 3.31 Dimensiones del Anillos de Pistón.

Nº PISTÓN	I COMPRE.		II COMPRE		ACEITE		I RASCADOR		II RASCADOR		OK
	w	h	w	h	w	h	w	h	w	h	
NOM (mm)	5,70	4,00	5,70	4,00	5,70	4,00	6,74	5,97	6,74	5,97	---
1	5,66	3,99	5,69	4,00	5,68	3,99	6,74	6,00	6,56	5,97	NO
2	5,65	3,98	5,66	3,97	5,67	3,95	6,70	5,95	6,70	5,95	NO
3	5,68	3,97	5,67	3,98	5,62	3,99	6,72	5,95	6,70	5,94	NO
4	5,65	3,95	5,68	3,96	5,77	3,96	6,70	5,93	6,72	5,94	NO
5	5,70	3,98	5,67	3,97	5,70	3,99	6,70	5,91	6,70	5,90	NO
6	5,65	3,96	5,65	3,96	5,67	3,97	6,72	5,96	6,71	5,96	NO
7	5,72	3,99	5,66	3,99	5,67	3,99	6,74	5,97	6,75	5,95	NO
8	5,67	3,96	5,69	3,96	5,69	3,98	6,71	5,94	6,73	5,96	NO

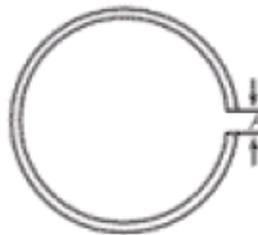


FIGURA 3.75 Holgura de Anillos

TABLA 3.32 Holgura de Anillos de Pistón.

Nº DE PISTÓN	I COMPRESIÓN	II COMPRESIÓN	ACEITE	I RASCADOR	II RASCADOR
1	1,07	1,08	1,12	1,15	1,17
2	1,08	1,08	1,12	1,18	1,17
3	1,07	1,08	1,13	1,18	1,17
4	1,08	1,04	1,12	1,18	1,19
5	1,08	1,08	1,10	1,17	1,17
6	1,02	1,02	1,12	1,17	1,19
7	1,08	1,04	1,10	1,17	1,18
8	1,08	1,04	1,10	1,17	1,19

Resultado de la Inspección Técnica: Los anillos de pistones no son aceptados, puesto que se encuentran con sedimentación y oxidación, por lo que tocará realizar su limpieza con lija Nº 400 obteniendo reducción de sus medidas, que ya de por sí presentan desgaste.

6. Se realiza la requisición de repuestos a bodega, en este caso dieciséis anillos de compresión, ocho anillos de aceite, y dieciséis anillos rascadores.

7. Para el armado de los anillos se realizará de la siguiente manera: la abertura de los anillos rascadores en dirección del bulón, mientras que los anillos de compresión y de aceite sus aberturas formarán un triángulo sin que coincida con los rascadores.



FIGURA 3.76 Armado de los Anillos de Pistón

8. Para la conservación de los anillos hasta el montaje del pistón en el cárter se coloca aceite en los canales.

9. Se arma el conjunto pistón-biela, se coloca el bulón con lubricación y verificando que éste pase libremente por el cojinete y el pistón, finalmente se ubica los anillos de seguridad.



FIGURA 3.77 Armado de los componentes del Pistón

10. Almacenar en un lugar libre de polvo, hasta su montaje en el motor.



FIGURA 3.78 Almacenaje de los Pistones

EQUIPO	HERRAMIENTA
Prensa Hidráulica, Cap. 5 Ton	Aceitero
	Pinzas de aguja N.- 6
	Herramienta especial para el armado de los cojinetes de biela
	Herramienta para el armado de los anillos del pistón

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ELECTROMECAÁNICO DEL POLIDUCTO Q-A-R		
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL MOTOR BAZÁN M.A.N.		
	REPORTE TÉCNICO DE MANTENIMIENTO		
IDENTIFICACIÓN			
TIPO DE MANTENIMIENTO:	Predictivo:	Preventivo:	Correctivo: X
EQUIPO/MAQUINA/ELEMENTO: Cilindros (camisas)	MATERIAL: Hierro Fundido		
ELEMENTOS ASOCIADOS: Cáster, pistón y culata.			
FUNCIÓN: Es la cavidad responsable de soportar las altas presiones y temperaturas de la cámara de combustión, sirve como guía al pistón para el desplazamiento del PMS al PMI y viceversa.			
DESCRIPCIÓN: Son de sección perfectamente circular, el block es totalmente hueco y las camisas se apoyan sobre él, formando las cámara de agua y produciéndose una mejor refrigeración pero con la dificultad de permanecer ajustadas en su montaje. El ajuste se asegura con tres anillos de caucho sintético especial en la parte inferior y uno en la parte superior sin recurrir a presiones excesivas.			
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN CORRECTIVA			
PROCESO TECNOLÓGICO			
1. Se procede al desmontaje de las camisas del bloque, se aplica palanca en el inferior de la camisa con el fin de empujarla hacia la parte superior del bloque.			
			FIGURA 3.79 Desarmado de las Camisa

2. Se realiza la limpieza del interior de la camisa para facilitar la toma de medidas

3. Inspección Técnica

TABLA 3.33 Causas de falla de las Camisas

FALLA/CAUSA	FIGURA	Nº CAMISAS
<p>ROTURA LONGITUDINAL</p> <p>C: Partículas extrañas debajo de las superficies de contacto y obturación. Asientos de collarines defectuosos.</p>	 <p>FIGURA 3.80 Camisa con Rotura Longitudinal</p>	---
<p>ROTURA DE COLLARÍN</p> <p>C: Falta de rectangularidad y/o planitud del asiento del collarín. Momentos de flexión debido a montaje erróneos</p>	 <p>FIGURA 3.81 Rotura de Collarín de Camisa</p>	---
<p>CAVITACIÓN</p> <p>C: Asiento de la camisa mal encajado en el cárter. Falta de agente anticongelante permanentemente con anticorrosivo o de aditivos equivalentes al agua de enfriamiento.</p>	 <p>FIGURA 3.82 Cavitación en Camisa</p>	8

<p style="text-align: center;">CORROSIÓN</p> <p>C: Provocado por el contacto con el agua de refrigerante.</p>	 <p style="text-align: center;">FIGURA 3.83 Corrosión en Camisas</p>	8
<p style="text-align: center;">DESGASTE DE LAS PAREDES</p> <p>C: Causado por la carbonilla y residuos de combustión. Sobrecarga, arranque en frío.</p>	 <p style="text-align: center;">FIGURA 3.84 Desgaste de Camisa</p>	8

DEFECTACIÓN METROLÓGICA

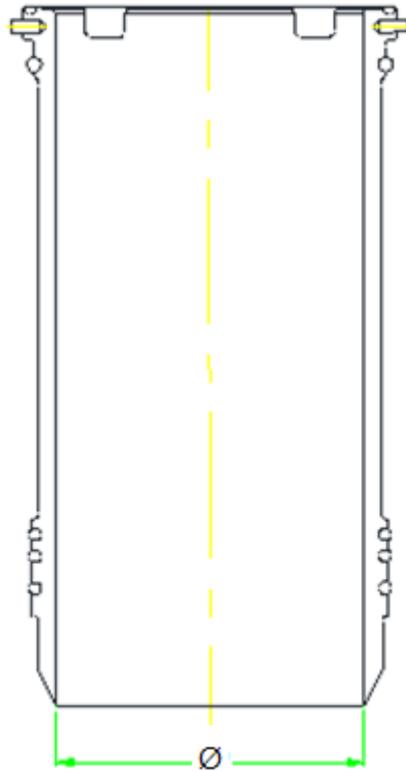


FIGURA 3.85 Camisa o Cilindro

TABLA 3.34 Dimensiones de las Camisas

CAMISA	NOMINAL (mm)	DIÁMETRO Ø (mm)	OVALAMIENTO (mm)
1	160,00	160,05	0,00
2	160,00	160,08	0,01
3	160,00	160,04	0,00
4	160,00	160,08	0,01
5	160,00	160,10	0,01
6	160,00	160,13	0,01
7	160,00	160,09	0,01
8	160,00	160,08	0,01

4. Por los resultados obtenidos en la inspeccion tecnica se toma la decisión de reemplazar las ocho camisas con su orines o anillos de caucho sintético originales, los mismos que son solicitados al bodega.
5. Las camisas son lavadas con gasolina base con el fin de retirar la grasa protectora.
6. Los orines son colocados con grasa y centrados con la ayuda de un desarmador.

HERRAMIENTA
Extractor especial para las Camisas
Palanca de fuerza, mando 1 plg.
Media vuelta, mando 1 plg.

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ELECTROMECAÁNICO DEL POLIDUCTO Q-A-R		
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL MOTOR BAZÁN M.A.N.		
	REPORTE TÉCNICO DE MANTENIMIENTO		
IDENTIFICACIÓN			
TIPO DE MANTENIMIENTO:	Predictivo:	Preventivo:	Correctivo: X
EQUIPO/MAQUINA/ELEMENTO: Cigüeñal		MATERIAL: Acero forjado	
ELEMENTOS ASOCIADOS: Pistón-biela			
<p>FUNCIÓN: Las fuerzas desarrolladas en los cilindros por la combustión y que actúan sobre los émbolos, son transmitidos por las bielas al cigüeñal y transformados en un movimiento de giro de éste.</p>			
<p>DESCRIPCIÓN: Es de acero forjado, endurecido por inducción, mecanizado. Los muñones son templados, rectificados y pulidos. La rueda de impulsión para el accionamiento de distribución está fijada sobre el cigüeñal mediante contracción; la brida de acoplamiento esta puesta hidráulicamente sobre su extremo cónico. Para compensar las fuerzas de inercia que actúan sobre el cigüeñal durante el servicio.</p> <p>Diámetro de los muñones de cojinetes de bancada y los muñones de biela.</p> <p>Tamaño Estándar: 110 mm</p> <p>Primera reparación: 109,5 mm</p> <p>Segunda reparación: 109 mm</p> <p>Tercera reparación: 108,5 mm</p> <p>La tolerancia de estos diámetros son: 0,12 a 0,34 mm.</p> <p>Longitud del cigüeñal: 2140 mm</p>			
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN CORRECTIVA			
PROCESO TECNOLÓGICO			

1. Para el desmontaje del cigüeñal, se voltea 180 grados al bloque, retiramos el cárter de aceite y desarmamos los candados de bancada.



FIGURA 3.86 Desarmado del Cigüeñal

2. Se realiza la limpieza de los muñones del cigüeñal con gasolina base para retirar los residuos de aceite y facilitar la toma de medidas.
3. Inspección Técnica.

DEFECTACIÓN METROLÓGICA

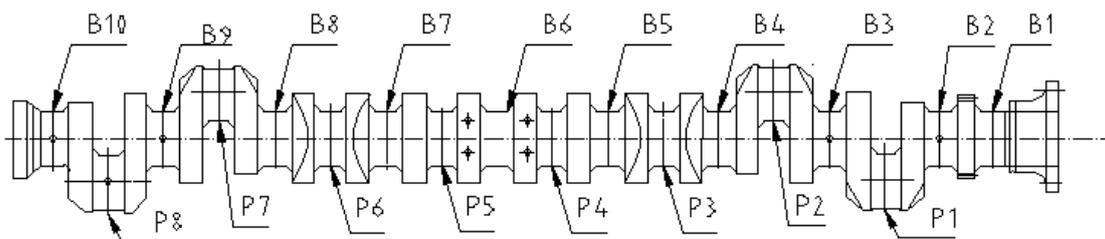


FIGURA 3.87 Denominación del Cigüeñal

TABLA 3.35 Dimensiones del Cigüeñal

DIÁMETRO NOMINAL 110 mm	MUÑONES DE BANCADA (mm)	DIÁMETRO NOMINAL 110 mm	MUÑONES DE BIELA (mm)
B1	109,99	P1	109,97
B2	109,98	P2	109,97
B3	109,97	P3	109,98
B4	109,97	P4	109,96
B5	109,94	P5	109,96
B6	109,95	P6	109,95
B7	109,93	P7	109,94
B8	109,92	P8	109,95
B9	109,93		
B10	109,95		

4. Por los resultados obtenidos se toma la decisión de realiza la primera rectificación del cigüeñal, en donde se rectificará los muñones a un diámetro de 195,50 mm, y se procede a buscar los casquillos de cojinetes para la primera

rectificación en la bodega del Poliducto.

Al buscar los cojinetes de primera reparación se encuentra con la novedad de que el juego está incompleto, y los repuestos van a tardar aproximadamente 8 meses, por este motivo se toma la decisión de pasar directo a la segunda rectificación, encontrando el juego completo de cojinetes de biela y bancada.

5. El cigüeñal es transportado cuidadosamente a la Rectificadora Bonilla, conjuntamente con el bloque, las bielas, los casquillos de bancada y de biela, donde se imparte las indicaciones para que realicen un trabajo exitoso de rectificación y asentada del cigüeñal.

6. En Rectificadora Bonilla se procede a montar el cigüeñal bien centrado en la máquina rectificadora, que tiene una piedra de esmeril, en este mecanizado ambas piezas están en movimiento.

Primero se debe realizar la inspección preliminar por el operario con el micrómetro.

Se sabe que el mecanizado esta terminado cuando la aguja del reloj comparador ya no tenga movimiento, esto significa que la medida a la que se quería mecanizar esta a punto.



FIGURA 3.88 Mecanizado del Cigüeñal

7. Una vez terminado el proceso de rectificación, se procede al asentado del cigüeñal, donde verificaremos que huelgo con los cojinetes de bancada y biela, siendo este de 0,03 mm.
8. El cigüeñal es transportado hacia los talleres del Poliducto, donde se limpiará con gasolina todas las galerías internas para aceite, removiendo toda la suciedad, sedimentos y depósitos que puedan haberse acumulado durante el proceso de esmerilado.
9. Soplar con aire comprimido filtrado para verificar los conductos de lubricación.
10. Una vez limpio cubrir con grasa y envolver el cigüeñal para protegerlo de la contaminación hasta que sea instalado.

CONTACTOS DE APOYO			
NOMBRE	EMPRESA	TELÉFONO	PAGINA WEB/MAIL
Carlos Bonilla	Rectificadora "Bonilla"	(593) (2) 2475470	No posee

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ELECTROMECAÁNICO DEL POLIDUCTO Q-A-R		
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL MOTOR BAZÁN M.A.N.		
	REPORTE TÉCNICO DE MANTENIMIENTO		
IDENTIFICACIÓN			
TIPO DE MANTENIMIENTO:	Predictivo:	Preventivo:	Correctivo: X
EQUIPO/MAQUINA/ELEMENTO: Bloque		MATERIAL: Hierro Fundido	
ELEMENTOS ASOCIADOS: Cigüeñal, cárter de aceite, árbol de levas.			
FUNCIÓN: Alojarse las camisas, el mecanismo pistón-biela-cigüeñal, contiene el agua de enfriamiento			
DESCRIPCIÓN: En el interior del bloque existen cavidades formadas para alojarse a las camisas (Cilindros), y contiene al agua de refrigeración, permitiéndose la extracción de calor de la cámara de combustión. Tiene los conductos que permiten el paso del aceite de lubricación cuyos filtros están fijados a la estructura. También aloja al árbol de levas. El bloque tiene conexiones y aperturas a través de las cuales varios dispositivos adicionales son controlados a través de la rotación de cigüeñal, como son la bomba de agua, bomba de combustible y bomba de aceite.			
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN CORRECTIVA			
PROCESO TECNOLÓGICO.			
1. Limpieza general:			
<p>Con lija Nº 100 de hierro se procede a limpiar las cavidades de alojamiento de camisas.</p>			
			
FIGURA 3.89 Estado inicial de las cámaras del Bloque			

Para la parte superior del bloque donde hacen sello las culatas y la parte inferior que sella con el cárter de aceite se limpia con lija N° 260 para hierro y con la ayuda de un instrumento plano.



FIGURA 3.90 Parte superior del bloque

Se limpia todo el bloque con gasolina base para retirar residuos de grasas, polvo, escoria, etc.

2. Se procede a desarmar el árbol de levas, retirando su engrane y perno de seguridad.
3. Inspección técnica

TABLA 3.42 Fallas de los Cojinetes de Bancada (CBA)

FALLOS	CBA
PERDIDA DE RECUBRIMIENTO	10
EXPOSICIÓN DE COBRE	6
RAYADURAS LIGERAS	8
RAYADURAS SEVERAS	2
RUPTURA	---
MATERIAL INCRUSTADO	---
PULIMENTADOS	2
CORROSIÓN	---
AMARRAMIENTO	---

TABLA 3.43 Fallas de los Cojinetes del Árbol de Levas (CAL)

FALLOS	CAL
PERDIDA DE RECUBRIMIENTO	8
EXPOSICIÓN DE COBRE	2
RAYADURAS LIGERAS	8
RAYADURAS SEVERAS	---
RUPTURA	---
MATERIAL INCRUSTADO	---
PULIMENTADOS	---
CORROSIÓN	---
AMARRAMIENTO	---

TABLA 3.44 Fallas del Árbol de Levas

FALLAS	FIGURA
DESGASTE DE LAS LEVAS	 <p data-bbox="847 528 1249 562">FIGURA 3.91 Desgaste de Levas</p>
GOLPES EN LAS LEVAS	 <p data-bbox="868 723 1228 757">FIGURA 3.92 Golpe en Levas</p>
PICADURAS EN LAS LEVAS	 <p data-bbox="847 1111 1249 1144">FIGURA 3.93 Picaduras en Levas</p>
DESGASTE DE APOYOS DEL ÁRBOL DE LEVAS	 <p data-bbox="839 1464 1257 1498">FIGURA 3.94 Desgaste en Apoyos</p>

Resultados de la Inspección Técnica: Al desgastarse la superficie endurecida de una leva, es inútil rectificarla porque reduce o elimina esta capa endurecida, ocasionando el desgaste inmediato del perfil de la leva.

TABLA 3.45 Fallas en el Engranaje del Árbol de Levas.

FALLAS/CAUSAS	ACEPTACIÓN
ROTURA EN LOS DIENTES C: Sobrecarga.	SI
FATIGA EN LA SUPERFICIE DE LOS DIENTES C: Falta de lubricación, arranque en frío.	SI
DESGASTE DEL COJINETE CENTRAL. C: Sobrecarga, desalineación.	SI

4. Se procede a colocar removedor de pintura en el bloque. Se limpia los residuos dejados.



FIGURA 3.95 Bloque con removedor de Pintura

5. Verificamos que los conductos de lubricación no se encuentren tapados, soplando aire comprimido filtrado.
6. Se pasa el respectivo machuelo por cada uno de los orificios roscados del bloque.
7. Limpiar con gasolina base para retirar cualquier residuo, soplamos con aire filtrado por todas las cavidades. Tapar las cavidades con papel periódico para proceder a fondear.

8. Se procede a fondear el bloque con fondo poliuretano para altas temperaturas. Una vez terminado el proceso se retira el papel periódico que sirvió para tapar las cavidades.



FIGURA 3.96 Pintura con fondo gris.

9. Solicitar a bodega los repuestos: cojinetes de bancada con diámetro 109,00 mm, los cojinetes del árbol de levas, árbol de levas, y tubos conductores de agua.
10. Cambio de los tubos conductores de agua en el bloque.
11. Se retira los cojinetes de bancada del bloque y candados, se procede a limpiar con lija N° 500 las superficies de contacto.

12. Se arman los cojinetes de bancada nuevos tanto en el bloque como en los candados.



FIGURA 3.97 Armado de los cojinetes del cigüeñal

13. Se cambian los cojinetes del árbol de levas.
14. Se arma el árbol de levas, conjuntamente con su perno de seguridad y engrane.

HERRAMIENTA
Dado 52 mm. Mando 1 plg.
Palanca de fuerza, mando 1 plg.
Media vuelta, mando 1 plg.
Torque Cap. Máx. 200Lb-ft, mando 1 plg.
Destornillador plano.
Martillo de goma.

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ELECTROMECAÁNICO DEL POLIDUCTO Q-A-R		
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL MOTOR BAZÁN M.A.N.		
	REPORTE TÉCNICO DE MANTENIMIENTO		
IDENTIFICACIÓN			
TIPO DE MANTENIMIENTO:	Predictivo:	Preventivo:	Correctivo: X
EQUIPO/MAQUINA/ELEMENTO: Cártter		MATERIAL: Hierro Fundido	
ELEMENTOS ASOCIADOS:			
FUNCIÓN: Cerrar el bloque en la parte inferior y actuar como depósito del aceite lubricante del motor.			
DESCRIPCIÓN: Es el depósito del aceite lubricante del motor, en la parte inferior esta conectado a una tubería que dirige al tanque de tratamiento de aceite, una válvula colocada a la salida permitirá su vaciado en los cambios de aceite. El llenado se efectúa por una de las tapas laterales del cárter, la varilla graduada con dos marcas de medición nos permite observar el nivel del aceite, el mismo que se recomienda que se encuentre entre las marcas de mínimo y máximo. El aceite es aspirado del cárter mediante una bomba de engranes para enviar a todos los puntos de lubricación del motor. Cuando el motor se encuentra en línea, la temperatura del aceite deberá estar entre 80° y 85° C			
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN CORRECTIVA			
PROCESO TECNOLÓGICO <ol style="list-style-type: none"> 1. Limpieza con gasolina base para retirar los residuos del aceite de lubricación. 2. Se desarma la alcachofa. 			

3. Se retira la pintura exterior del cárter. Se limpia con gasolina base para retirar residuos y se sopla aire comprimido filtrado.



FIGURA 3.98 Limpieza del Cárter.

4. Se procede a fondear el cárter con fondo poliuretano gris.



FIGURA 3. 99 Fondeado del Carter

5. A la alcachofa se desarma, se limpia con gasolina bases todos los elementos y se retira la pintura.



FIGURA 3.100 Desarmado de Alcachofa

6. Se asienta y lapea con lija N° 260 sobre un vidrio las caras que hacen sello en la alcachofa, con el fin de que el aceite no retorne al cárter sin que sea succionado por la bomba y haber lubricado las partes del motor. Se cambia de empaque.



FIGURA 3.101 Mantenimiento de Alcachofa

7. Se arma la alcachofa y se guarda en un lugar seco y fuera de polvo hasta su armado en el bloque.

8. Una vez que el fondo poliuretano ha secado, el cárter se encuentra listo para su montaje en el bloque del motor.

HERRAMIENTA
Llave Mixta 10
Llave Mixta 12
Llave Mixta 17
Llave Mixta 19

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ELECTROMECAÁNICO DEL POLIDUCTO Q-A-R		
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL MOTOR BAZÁN M.A.N.		
	REPORTE TÉCNICO DE MANTENIMIENTO		
IDENTIFICACIÓN			
TIPO DE MANTENIMIENTO:	Predictivo:	Preventivo:	Correctivo: X
EQUIPO/MAQUINA/ELEMENTO: Filtros de aceite		MATERIAL: Aluminio, laminas de acero, hierro fundido	
ELEMENTOS ASOCIADOS: Bomba de aceite, cárter de aceite.			
FUNCIÓN: Separar los cuerpos sólidos extraños del aceite del motor (restos de la combustión, partículas metálicas de la abrasión, polvo) y mantener la calidad del lubricante durante los intervalos de mantenimiento.			
DESCRIPCIÓN: El filtro de aceite de laminillas es apto para filtrar sustancias con muchas impurezas, su mantenimiento es fácil puesto que se puede lavar con gasolina base y tiene una vida útil larga. Consta de láminas de acero en forma anular, enfiladas en un eje central y el ancho de rendija queda determinado por las arandelas situadas entre las láminas, las partículas de suciedad que tiene el aceite se depositan en la superficie y en las rendijas. El filtro de aceite ciclónico separa el material particulado del aceite por medio de altas fuerzas centrífugas, éstas se adhieren al papel filtrante.			
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN CORRECTIVA			
PROCESO TECNOLÓGICO			
1. Limpieza general. 2. Inspección			

En la carcasa del filtro de laminillas que es de hierro fundido se encuentra una fisura en los orificios de los pernos de la tubería, no se puede utilizar el mismo puesto que no sellaría bien y tendríamos fuga de aceite, por lo que se busca en el taller otra carcasa en buenas condiciones y se reemplaza. Las laminillas se encuentran en buen estado y su manivela gira fácilmente.

F
I
G
U
R
A

3
.
1
0
2

F
i
l
t
r
o

d
e

L
a
m
i
n
i
l
l
a

El filtro ciclónico al ser desarmado, encontramos una fisura en su interior justo donde asienta el empaque, esta parte es de aluminio, se busca repuesto en el taller, pero no se encuentra uno en buenas condiciones por lo se toma la decisión de cambiar todo el conjunto haciendo solicitud a la bodega de El Beaterio.

F
I
G
U
R
A

3

.

1

0

3

C

a

r

c

a

s

a

d

e

l

F

i

l

t

r

1. Se pasa lija N° 400 para retirar el óxido en la parte superior y donde hace sello con la carcasa. Se lava con gasolina base las láminas del filtro para retirar cualquier residuo, se sopla aire comprimido filtrado.



FIGURA 3.104 Laminillas

2. Se confecciona un empaque para el filtro de laminillas, se cubre con aceite las láminas para su conservación hasta el montaje en el motor conjuntamente con la carcasa.

3. Al filtro ciclónico se lo lava con gasolina base para retirar la grasa protectora, se coloca el papel filtrante, se arma, se guarda en un lugar seco y libre de polvo hasta su montaje en el motor.



FIGURA 3.105 Filtro Ciclónico

HERRAMIENTA
Llave Mixta 10

Llave Mixta 14
Llave Mixta 17
Llave Mixta 19

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ELECTROMECAÁNICO DEL POLIDUCTO Q-A-R			
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL MOTOR BAZÁN M.A.N.			
	REPORTE TÉCNICO DE MANTENIMIENTO			
IDENTIFICACIÓN				
TIPO DE MANTENIMIENTO:	Predictivo:	Preventivo:	Correctivo: X	
EQUIPO/MAQUINA/ELEMENTO:	Filtro de	MATERIAL: Aluminio		
combustible				
ELEMENTOS ASOCIADOS: Bomba de inyección de combustible, inyectores.				
FUNCIÓN: Retener las impurezas que pueden llevar en suspensión el combustible				

DESCRIPCIÓN: El filtro se encuentra antes de la bomba de inyección de combustible para retener los contaminantes de mayor tamaño. Los elementos filtrantes están montados en una carcasa, diseñada para ser atravesada por el diesel en su recorrido por el interior del filtro entre el conector de entrada y un conector de descarga. En la parte superior se encuentran las tapas que tienen tornillos pequeños para purgar el sistema permitiendo que salgan las burbujas de aire.

DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN CORRECTIVA

PROCESO TECNOLÓGICO

1. Limpieza general
2. Se retira los elementos filtrantes y se procede a desarmar la palanca de paso de combustible.
3. Cambio de o´ring en la palanca de paso.
4. Como los elementos filtrantes son desechados, se solicita a bodega los repuestos nuevos.
5. Se realiza una limpieza con gasolina base a todos los elementos con el fin de retirar asentamientos de oxido, diesel o polvo.
6. Se sopla con aire comprimido filtrado todos los elementos.
7. Una vez limpio, se procede a fondear con fondo poliuretano.
8. Se arma la palanca de paso, y los elementos filtrantes.
9. Se almacena hasta su montaje en el motor en un lugar seco y libre de polvo.



DEPARTAMENTO DE
MANTENIMIENTO
ELECTROMECAÁNICO DEL
POLIDUCTO Q-A-R
MANUAL DE MANTENIMIENTO
DEL MOTOR BAZÁN M.A.N.
REPORTE TÉCNICO DE
MANTENIMIENTO



IDENTIFICACIÓN			
TIPO DE MANTENIMIENTO:	Predictivo:	Preventivo:	Correctivo: X
EQUIPO/MAQUINA/ELEMENTO: Amortiguador de vibraciones (Dámper)		MATERIAL: Hierro fundido	
ELEMENTOS ASOCIADOS: Cigüeñal, polea.			
FUNCIÓN: Atenuar las vibraciones que se producen en el cigüeñal, por causa de los			

esfuerzos de torsión y flexión a que está sometido.

DESCRIPCIÓN: Se compone de tres partes, la polea del cigüeñal, un disco amortiguador que lleva unos muelles sujetos a una placa y un disco de fricción. Va montado en el extremo derecho del motor y esta unida mediante tornillos al cigüeñal. Esta diseñado para reducir el movimiento de torsión, mejorando la vida útil de los componentes del motor y minimizando las averías del cigüeñal.

DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN CORRECTIVA

PROCESO TECNOLÓGICO

1. Se retira la polea y la tapa del lado derecho del motor para poder acceder al amortiguador de vibraciones. Se rompe el alambre de amarre de los tornillos que lo ajustan y se procede al desmontaje.



FIGURA 3.106 Amortiguador de Vibraciones

2. Se retira la placa de su extremo para acceder a los muelles y contrapesos.



FIGURA 3.107 Limpieza del Amortiguador de Vibraciones

3. Para la limpieza general se deja aproximadamente 12 horas en gasolina base para retirar residuos de aceite y asentamientos de oxido de todas sus cavidades. Después de esto, se retira los contrapesos, para la limpieza entre los



muelles se pulveriza con aire comprimido filtrado y gasolina base.



FIGURA 3.108 Tapa Interior y contrapesos del Dámper.

4. Se arma los contrapesos con lubricante y se coloca su placa con los respectivos pernos y seguros.
5. Para su conservación rociamos penetrante, y lo dejamos en un lugar seguro y libre de contaminación.

6. A la tapa del amortiguador de vibraciones, tiene un cojinete para asentar la prolongación del cigüeñal, y un retenedor que impide el paso de aceite hacia el exterior. Tanto el cojinete como el retenedor presentan un notable desgaste, por este motivo se procede a cambian por un equipo nuevo solicitado al stock de bodega.



FIGURA 3.109 Tapa exterior del Dámper.

7. El cojinete de la tapa es retirado con la ayuda de la prensa hidráulica aplicando una fuerza de empuje, mientras que el retenedor es retirado con una fuerza manual. Para su armado se procede de la misma forma.

HERRAMIENTA	MATERIAL
Llave Mixta 17	Alambre Galvanizado
Llave Mixta 19	
Playo	
Martillo de goma	



DEPARTAMENTO DE
MANTENIMIENTO
ELECTROMECAÁNICO DEL
POLIDUCTO Q-A-R

MANUAL DE MANTENIMIENTO
DEL MOTOR BAZÁN M.A.N.

REPORTE TÉCNICO DE
MANTENIMIENTO



IDENTIFICACIÓN

TIPO DE MANTENIMIENTO: Predictivo: Preventivo: Correctivo: X

EQUIPO/MAQUINA/ELEMENTO: MATERIAL: Hierro fundido

Bomba de aceite

ELEMENTOS ASOCIADOS: Cáster de aceite, filtros de aceite.

FUNCIÓN: Proporcionar flujo y presión constante de aceite limpio a todos los componente que tienen fricción durante el funcionamiento del motor.

DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO: Bomba de aceite de engranes, con dientes helicoidales del mismo tamaño, uno está acoplado a la flecha principal que transmite el poder del motor y el otro engrane esta libre. Debido al desacoplamiento de los engranes se forma un vacío parcial que permite que el aceite fluya en la bomba. El aceite es llevado al otro lado, entre los dientes del engrane y la carcasa. En este punto los engranes generan e incrementan la presión que fuerza al líquido a ir hacia las canalizaciones.

DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN CORRECTIVA

PROCESO TECNOLÓGICO

1. Se procede a su desmontaje del motor, retirando los pernos que le sujetan al bloque, y se procede a realizar su limpieza.



FIGURA 3.110 Bomba de Aceite

2. Se desarma todos sus elementos y se procede a su limpieza.
3. Se pasa lija N°360 en sus caras que sellan para retirar residuos de pintura o de empaques.
4. Se pasa el respectivo machuelo en las roscas de la carcasa.
5. Se cambia los bocines de la parte superior de los engranes.
6. Se arma los elementos constitutivos con lubricante y se guarda en un lugar seco y seguro.

HERRAMIENTA
Llave Mixta 14
Llave Mixta 17

	Llave Mixta 19
	Martillo de Goma

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ELECTROMECÁNICO DEL POLIDUCTO Q-A-R		
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL MOTOR BAZÁN M.A.N.		
	REPORTE TÉCNICO DE MANTENIMIENTO		
IDENTIFICACIÓN			
TIPO DE MANTENIMIENTO:	Predictivo:	Preventivo:	Correctivo: X
EQUIPO/MAQUINA/ELEMENTO: Bomba de inyección de combustible.		MATERIAL: Fundición gris.	
ELEMENTOS ASOCIADOS: Culatas, cilindros, filtro de combustible, <i>inyectores</i> .			
FUNCIÓN: Bombear el combustible a alta presión para cada uno de los cilindros de			

acuerdo con la secuencia de encendido.

DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO: La bomba de inyección de combustible es movida por la rotación del cigüeñal por medio de los engranes de distribución. Consiste de un gobernador que controla la cantidad de inyección de combustible de acuerdo con la velocidad del motor y la cantidad que el vástago del acelerador sea presionado.

DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN CORRECTIVA

PROCESO TECNOLÓGICO

1. Se retira los pernos de anclaje de la bomba de inyección y se procede a su desmontaje.
2. En el taller del Poliducto no se posee las herramientas y equipos necesarios para su reparación de la bomba de inyección de combustible, ni un banco de pruebas para su comparación, por este motivo se decide enviarla a reparar en M.A.N. DIESEC, los mismo que nos entregarán lista para su montaje.
3. Los inyectores tienen la función de introducir el diesel a gran presión en el interior de las cámaras de combustión. El diesel que entra al inyector, es enviado a presión por la bomba al cuerpo del inyector, donde vence la resistencia del resorte, pasa a la tobera y el combustible sale pulverizado. Se procede a realizar el mantenimiento a los inyectores, por lo cual se los desarma completamente y se procede a su limpieza con gasolina base.



FIGURA 3.111 Inyectores

4. Se solicita a bodega del Poliducto toberas nuevas, puesto que es un elemento consumible y se necesita que se encuentre en buenas condiciones para la pulverización del combustible.
5. Se lava las toberas nuevas para retirar la grasa protectora.
6. Antes de realizar el armado del inyector se procede a limpiar cada uno de los elementos con aire comprimido filtrado para retirar cualquier residuo no deseado, incluso a las toberas.
7. Una vez armado el inyector se procede a comprobarlos en el banco de pruebas, los mismo que deben inyectar el combustible a una presión de 200 psi y pulverizarlos.

8. Cuando el inyector no entrega el combustible a una presión mayor o menor de 200 psi, se procede a calibrar el inyector, con anillos de calibración hasta conseguir la presión necesaria.



FIGURA 3.112 Calibración del Inyector

9. Si el combustible no sale del inyector pulverizado se procede a su desarmado, se limpia la tobera con gasolina base y con aire comprimido filtrado, se vuelve a armar y a comprobar el inyector, este proceso se repite hasta una tres veces hasta conseguir la pulverización, si esto no llega a pasar se cambia de tobera, si el cambio de tobera no soluciona el problema se procede a cambiar el inyector.
10. Una vez que los inyectores están listos se procede a cubrirles con periódico para su almacenamiento hasta su montaje en el motor.

EQUIPO	HERRAMIENTA
---------------	--------------------

Banco de Pruebas de Inyectores	Llave Mixta 17	
	Llave Mixta 19	
	Llave Mixta 21	

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ELECTROMECÁNICO DEL POLIDUCTO Q-A-R		
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL MOTOR BAZÁN M.A.N.		
	REPORTE TÉCNICO DE MANTENIMIENTO		
IDENTIFICACIÓN			
TIPO DE MANTENIMIENTO:	Predictivo:	Preventivo:	Correctivo: X
EQUIPO/MAQUINA/ELEMENTO: Mofle de admisión		MATERIAL: Hierro fundido	
ELEMENTOS ASOCIADOS: Culatas, depurador de aire.			
FUNCIÓN: Conducir el aire a las cámaras de combustión.			
DESCRIPCIÓN: Es una tubería que se encuentran acoplada a la cara de admisión de cada culata mediante pernos, para asegurar el ingreso de aire a la cámara de combustión.			
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN CORRECTIVA			
PROCESO TECNOLÓGICO			

1. Se retira los pernos, para proceder a su desmontaje de las culatas del motor.



FIGURA 3.113 Mofle de Admisión

2. Con lija N° 60 se procede a limpiar sus cavidades para retirar asentamientos de carbonilla o polvo.
3. Se procede a realizar los empaques para el sellado con las culatas.
4. Para retirar la pintura en las partes que se encuentra alzada.
5. Se procede a fondear al mofle de admisión con fondo poliuretano.
6. Se almacena en un lugar libre de contaminación hasta su instalación.

HERRAMIENTA	
Llave Mixta 17, 19	Palanca de Fuerza, mando ½ plg
Dado 19	Media vuelta, mando ½ plg.

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ELECTROMECÁNICO DEL POLIDUCTO Q-A-R		
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL MOTOR BAZÁN M.A.N.		
	REPORTE TÉCNICO DE MANTENIMIENTO		
IDENTIFICACIÓN			
TIPO DE MANTENIMIENTO:	Predictivo:	Preventivo:	Correctivo: X
EQUIPO/MAQUINA/ELEMENTO: Mofle de escape		MATERIAL: Hierro Fundido	
ELEMENTOS ASOCIADOS: Culatas, Cilindros, turbo cargador.			
FUNCIÓN: Soportar altas temperaturas y conducir los gases producidos en la combustión hacia el exterior.			
DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO: Se encuentra acoplado a las caras de escape de cada una de las culatas mediante pernos, y se encuentra cubierto por fibra de vidrio.			
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN CORRECTIVA			

PROCESO TECNOLÓGICO

1. Se procede a retirar la fibra de vidrio que le recubre al mofle de escape.



FIGURA 3.114 Mofle de Escape

2. Se retira los pernos para su desmontaje de las culatas.
3. Con lija N° 60 se procede a limpiar las cavidades para retirar los residuos de carbonilla.
4. Se retira los empaques de los conductos que hacen sello con las culatas.
5. Se retira los empaques del extremo del mofle de escape que se conecta al turbo cargador.

6. Se contrata los servicios de la Empresa LA LLAVE, la misma que se encarga de proporcionar el material y realizar la instalación del aislamiento térmico para el mofle de escape.



FIGURA 3.115 Inspeccionando el mofle de escape.

7. Se colocan los empaques nuevos en las ranuras para conseguir un sellado con la cara de escape de la culata.



FIGURA 3.316 Armado de los empaques.

8. Se coloca los empaques nuevos en el extremo del mofle para obtener un sellado con el turbo cargador.



FIGURA 3.117 Armado de los empaques en la conexión con el Turbo

9. Una vez finalizado estas tareas el mofle se encuentra listo para su instalación en el motor.

HERRAMIENTA	MATERIAL
Llave Mixta 17	Empaque Chesterton 1/8".
Llave Mixta 19	
Amoladora	
Destornillador plano	
Playo	

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ELECTROMECAÁNICO DEL POLIDUCTO Q-A-R		
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL MOTOR BAZÁN M.A.N.		
	REPORTE TÉCNICO DE MANTENIMIENTO		
IDENTIFICACIÓN			
TIPO DE MANTENIMIENTO:	Predictivo:	Preventivo:	Correctivo: X
EQUIPO/MAQUINA/ELEMENTO: Radiador		MATERIAL: Hierro fundido, Aluminio	
ELEMENTOS ASOCIADOS: Polea, Ventilador, Cigüeñal.			
FUNCIÓN: Enfriar el agua proveniente del motor.			
DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO: Esta formado por una polea, ventilador, panel de			

refrigeración, y carcasa. El cigüeñal transmite su movimiento a la polea, la cual esta comunicada mediante bandas al eje del ventilador, haciendo girar en una relación 1:1. El ventilador crea una corriente de aire que atraviesa el panel del radiador absorbiendo el calor del agua que circula por su interior.

DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN CORRECTIVA

PROCESO TECNOLÓGICO

1. Se procede a desmontar el radiador del patín del motor, y se traslada hacia los talleres de mantenimiento del Poliducto.



FIGURA 3.118 Radiador

2. Se procede a retirar el panel del radiador, el cual podemos observar que esta golpeado y roto, por lo que tiene fugas de agua. Por este motivo se toma la decisión de mandar a construir un nuevo panel a la Empresa Radiadores Otero. Para la realización de este trabajo es necesario trasladar el marco del panel hacia las instalaciones de la empresa.



FIGURA 3.119 Panel del Radiador

3. Se retira el ventilador junto con su eje de la carcasa, para su mantenimiento.
4. Se desarma las chumaceras y se retira los rodamientos del eje del ventilador.
5. Se limpia el ventilador con gasolina base para retirar los asentamientos de polvo.

6. Para el cambio de los rodamientos del eje del ventilador se solicita los repuestos a la bodega.

7. Se limpia el eje y los rodamientos del ventilador con gasolina base.



FIGURA 3.120 Eje del Ventilador

8. A la carcasa del ventilador se lava con agua a presión para retirar residuos de polvo.



FIGURA 3.121 Ventilador y carcasa del Radiador.

9. A la carcasa se retira la pintura que se encuentra levantada y se pasa grata de mano en la zonas que se encuentra oxido.

10. Se fondea la carcasa con fondo poliuretano.

11. Se coloca grasa en los rodamientos y en las chumaceras del eje del ventilador, se procede al armado de estos elementos en la carcasa, y el panel del ventilador una vez que se encuentre listo para su montaje en el

patín del motor.

EQUIPO	HERRAMIENTA
Extractor Hidráulico	Llave Mixta 12
	Llave Mixta 17
	Llave Mixta 19
	Llave Francesa

3.3 ÍNDICES DE CONTROL DE LA CALIDAD DE LA REPARACIÓN.

Para poder realizar los indicadores de control de la calidad del mantenimiento se tomará en consideración el mantenimiento de 500 horas. Aquí determinaremos los siguientes índices:

Mean Time Between Failure (MTBF) - Indicador de Confiabilidad

Es la probabilidad de que un equipo desempeñe satisfactoriamente las funciones para las que fue diseñado o reparado.

Proporciona el tiempo promedio de operación normal entre fallas.

$$MTBF = \frac{1}{\lambda}$$

Donde:

MTBF Indicador de Confiabilidad.

λ Es el índice de fallos.

Tiempo Promedio entre Fallos.

Mide el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad, sin interrumpir dentro de un periodo considerado de estudio.

$$\lambda = \frac{\text{Número de fallos}}{\text{Ciclo Operacional Definido}}$$

$$\lambda = \frac{5}{500} = 0.01(\text{Fallas/hora})$$

$$MTBF = \frac{1}{0.01} = 100 \text{ (Horas)}$$

Mean Time to Repair (MTTR) – Indicador de Mantenibilidad

Es la probabilidad de que un equipo en estado de fallo, pueda ser reparado a una condición específica en un período de tiempo dado, y usando recursos determinados.

$$MTTR = \frac{\sum_{i=1}^n TTR}{\sum_{i=1}^n \text{Fallas}}$$

Donde:

TTR, tiempo total de fallas=40 (horas)

$$MTTR = \frac{40}{5} = 8 \text{ (Horas)}$$

Disponibilidad (A)

Es el principal parámetro del mantenimiento, debido a que limita la capacidad de producción. De los cinco tipos de Disponibilidad: Genérica, Inherente, Alcanzada, Operacional, y Operacional Generalizada, se aplicará para nuestro proyecto dos de ellas: Inherente (Debido a que no incluyen tiempos logísticos, ni tiempos

administrativos, ni tiempos de demora en suministros. Se asume que todo se encuentra listo para el mantenimiento) y Operacional (Debido a que tienen en cuenta tiempos de mantenimiento planeados, tiempos logísticos, tiempos administrativos por mora, y es aplicables cuando hay equipos en espera de mantenimiento.)

Disponibilidad Inherente (A_i):

$$A_i = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)} * 100$$

$$A_i = \frac{100}{(100 + 8)} * 100 = 92.6\%$$

Disponibilidad Operacional (A_o):

$$A_i = \frac{MTBM}{(MTBM + \bar{M}')} * 100$$

Donde:

MTBM Tiempo Promedio entre Mantenimientos (Mean Time Between Maintenance)

$$MTBM = \frac{1}{\frac{1}{MTBM_C} + \frac{1}{MTBM_P}}$$

Donde:

$MTBM_C$ Tiempo Promedio entre Mantenimientos Correctivos=230 (horas)

$MTBM_P$ Tiempo Promedio entre Mantenimientos Preventivos=115 (horas)

$$MTBM = \frac{1}{\frac{1}{230} + \frac{1}{115}}$$

$$MTBM = 76.66 \text{ (Horas)}$$

\bar{M}' Tempo Medio de Mantenimiento Activo (Mean Time Active Maintenance)

$$\bar{M}' = \frac{\frac{MTTR}{MTBM_C} + \frac{M_p}{MTBM_P}}{\frac{1}{MTBM_C} + \frac{1}{MTBM_P}}$$

Donde:

M_p Tiempo neto medio para ejecutar tareas proactivas de mantenimiento planeado=8 horas

$$\bar{M}' = \frac{\frac{8}{230} + \frac{8}{115}}{\frac{1}{230} + \frac{1}{115}} = 8$$

$$Ai = \frac{76.66}{(76.66 + 8)} * 100 = 90.5\%$$

CAPITULO IV

DISEÑO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.

4.1 ANÁLISIS DEL PROBLEMA

Los motores de combustión interna trabajan dentro de un rango de temperaturas proporcionadas por los fabricantes, en el cual indica la temperatura ideal de trabajo necesaria para que el motor no tenga problemas de calentamiento. El estado actual del sistema de refrigeración de los grupos de bombeo diesel es un diseño particular, que se lo realizó en su debido momento para poder satisfacer las necesidades de enfriamiento de los motores.

El diseño consta de un circuito unificado para el enfriamiento del aceite de los motores, y un circuito individual para el enfriamiento del agua del motor. Cabe recalcar que si el circuito de refrigeración agua-aceite se sobrecalienta, se para el bombeo y se deja

enfriar, dejando de esta manera sin funcionamiento a los tres grupos de bombeo diesel. Además los radiadores que se utilizan para poder enfriar el agua de los dos circuitos, no son originales de los motores, por lo que son más robustos y ocupa el doble de espacio que su antecesor.

Estos sistemas de enfriamiento tienen limitaciones que tiene que ver directamente con las revoluciones del motor, capacidad de bombeo, temperatura de entrada y salida del agua del motor, temperatura de entrada y salida del aceite del motor. Ya que si se aumenta las revoluciones del motor las temperaturas aumentan, lo que provocaría un calentamiento acelerado del motor.

Por todas estas razones el rediseño del sistema de refrigeración es una necesidad que debe ser solucionada.

De esta necesidad nace la segunda parte de este proyecto permitiendo realzar un rediseño de este sistema. Teniendo como resultado la independencia de sus circuitos de refrigeración. Manteniendo las temperaturas de operación de los tres grupos de bombeo diesel. Y teniendo la posibilidad de aumentar la velocidad de bombeo sin problemas de calentamiento. El nuevo diseño permitirá utilizar un radiador de diferentes dimensiones y características de transferencia de calor

4.2 ANÁLISIS TÉRMICO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN EN ACTUAL FUNCIONAMIENTO.

El rendimiento de un Motor de Combustión Interna (M.C.I.), está asociada a la capacidad de convertir la energía química del combustible suministrada en trabajo útil.

Para que un M.C.I. pueda elevar su rendimiento es ideal operarlo a temperaturas señaladas por el fabricante, pero considerando limitaciones como el material del que esta hecho cada una de las partes del motor, Temperatura de agua de enfriamiento del sistema de refrigeración, Temperatura de entrada de aire, Consumo específico de

Combustible, etc. Estos materiales no pueden trabajar en rangos elevados de temperatura, por lo que es necesaria una remoción apropiada de calor para poder evitar posibles fallas debido a la fatiga térmica.

Las altas temperaturas no solo provocan limitaciones en los materiales constitutivos de cada una de las partes, si no también en los reactivos de la combustión. Los cuales darán mayores cantidades de CO₂, NO, etc., lo que requerirá tecnologías más eficientes y costosas.

Un sistema térmico de disipación de calor se puede garantizar de manera efectiva si el calor resultado de la combustión interna, transferido a las paredes de la cámara de combustión y el generado por la fricción de los componentes mecánicos se logran disipar de la misma manera que se generan.

Los parámetros principales de los cuales depende el sistema de refrigeración son:

- Régimen de Velocidad del motor
- Régimen de carga del motor.
- Temperatura de trabajo del Agua de Refrigeración.

Debido a estas características el disipador de calor debe tener una respuesta rápida y eficiente a la variación de estas.

Los componentes principales del sistema de refrigeración son:

1. Motor
2. Radiador
3. Bomba de Agua
4. Ventilador
5. Termostato
6. Intercambiador de calor (Agua- Aceite)
7. Tubería.

Cabe señalar que el sistema de refrigeración actual consta de dos sistemas de refrigeración, los cuales son:

- Sistema de refrigeración del Agua del Motor
- Sistema de refrigeración del Aceite del Motor

Los cuales se encuentran trabajando individual y simultáneamente. El radiador en funcionamiento consta de 2 filas de 4 paneles de radiadores cada uno. La primera fila de paneles del radiador refrigera el agua del motor, la segunda fila refrigera el aceite del motor (Ver Figura 4.1)

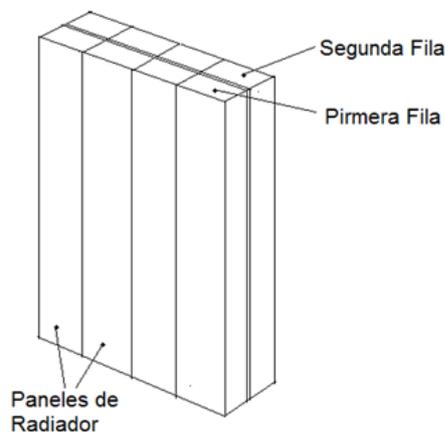


FIGURA 4.1 Configuración de los Paneles del Radiador

Además para poder refrigerar el aceite del motor se cuenta con un intercambiador de calor tubo coraza a contraflujo. El flujo másico de agua es transportado gracias a la ayuda de una bomba centrífuga, la cual es capaz de mover el volumen de agua necesario para poder refrigerar el motor.

4.2.1 ANÁLISIS DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN – CIRCUITO AGUA DEL MOTOR

El análisis de los componentes del sistema de refrigeración actual, consiste en determinar valores de calor, temperatura, presión, velocidad del fluido de refrigeración,

etc., que nos ayuden a conocer el estado actual del mismo. Estos valores nos darán una referencia, para poder dimensionar un sistema óptimo.

DATOS DE CAMPO:

Temperatura de entrada del aire al radiador:	$T_{en_aire} := 20 \text{ (}^\circ\text{C)}$
Volumen del radiador lleno	$Vol_radiador := 24 \text{ (Gal)}$
Temperatura de entrada del agua al radiador:	$T_{en_agua} := 78 \text{ (}^\circ\text{C)}$
Temperatura de salida del agua:	$T_{sal_agua} := 23 \text{ (}^\circ\text{C)}$
Caudal de agua a la entrada del motor:	$C_agua := 25 \text{ (GLM)}$
Presión a la salida del motor:	$P_{sal_agua} := 3 \text{ (PSI)}$

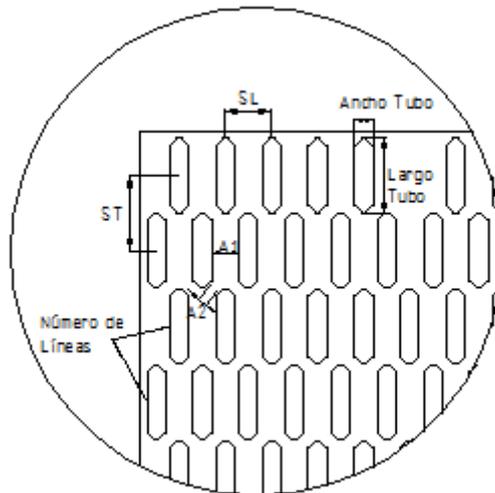


FIGURA 4.2. Geometría de los tubos

4.2.1.1 ANÁLISIS TÉRMICO DEL RADIADOR

El radiador consta de 8 paneles para el circuito de agua del motor, por lo que se tomara como referencia para el análisis térmico solo 4 paneles, que son los que se ocupa para refrigerar el agua del motor.

Cada panel del radiador se lo analizará como un banco de tubos, en donde el líquido a refrigerar será el agua y el fluido refrigerante será el aire. Cada uno de los paneles consta con las siguientes características.

Tipo de Flujo:	Cruzado
Tipo de Arreglo:	Triangular
Numero de líneas:	5
Número Total de tubos:	$N_{\text{tubos}} := 692$
Largo total del tubo:	$L := 2 \text{ (m)}$
Longitud L del tubo:	$L_{\text{tubo}} := 12 \text{ (mm)}$
Ancho A del tubo:	$A_{\text{tubo}} := 3 \text{ (mm)}$
Área del tubo:	$area_{\text{tubo}} := L_{\text{tubo}} \cdot A_{\text{tubo}} \quad \mathbf{Ec (4.1)}$
	$area_{\text{tubo}} = 36 \text{ (mm}^2\text{)}$
Perímetro del tubo:	$perimetro_{\text{tubo}} := 2 \cdot L_{\text{tubo}} + 2 \cdot A_{\text{tubo}} \quad \mathbf{Ec (4.2)}$
	$perimetro_{\text{tubo}} = 30 \text{ (mm)}$
Pasos Longitudinales y transversales:	$SL := 11 \text{ (mm)}$
	$ST := 16 \text{ (mm)}$
Velocidad del aire a Contracorriente:	$v_{\text{aire}} := 6 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$

Desarrollo:

Análisis para el Agua del Radiador

Comenzaremos con el análisis para el agua del radiador, obtendremos las propiedades físicas del agua.

Propiedades Termo físicas del Agua:

$$T_{m1} := \frac{T_{\text{en_agua}} + T_{\text{sal_agua}}}{2} = 50.5 \text{ (}^\circ\text{C)} \quad \mathbf{Ec (4.3)}$$

$$\rho_{\text{agua}} := 987.8 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \quad \text{Densidad}$$

$$c_{p_agua} := 4181.4 \left(\frac{\text{J}}{\text{kgK}} \right) \quad \text{Calor Específico}$$

$$\mu_{\text{agua}} := 542.710^{-6} \left(\frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} \right) \quad \text{Viscosidad Dinámica}$$

$$v_{\text{agua}} := \frac{\mu_{\text{agua}}}{\rho_{\text{agua}}}$$

$$v_{\text{agua}} = 5.494 \times 10^{-7} \quad \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right)$$

Viscosidad Cinemática

$$k_{\text{agua}} := 0.643$$

$$\left(\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \right)$$

Conductividad Térmica

$$\text{Pr}_{\text{agua}} := 3.52$$

(NE)

Número Prandtl

Flujo Másico del Agua:

$$m_{\text{agua}} := \frac{C_{\text{agua}}}{15850.32} \cdot \rho_{\text{agua}}$$

Ec (4.4)

$$m_{\text{agua}} = 1.558$$

$$\left(\frac{\text{Kg}}{\text{s}} \right)$$

Dimensiones del Radiador:

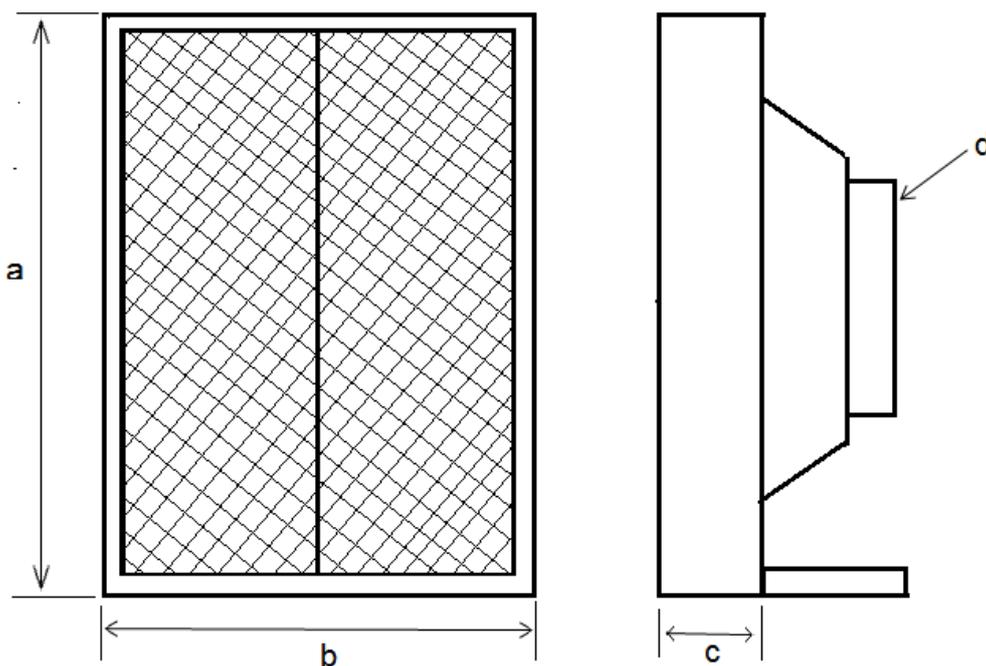


FIGURA 4.3 Dimensiones del Radiador

$a := 2.42$ (m) Altura del Intercambiador

$b := 1.72$ (m) Ancho del Intercambiador

$c := 32$ (cm) Espesor

$d := 63$ (cm) Diámetro del Ventilador

Área del Intercambiador:

$$A_{\text{intercambiador}} := a \cdot b \quad \mathbf{Ec (4.5)}$$

$$A_{\text{intercambiador}} = 4.18 \quad \left(\frac{\text{m}^2}{\text{m}^2} \right)$$

Análisis para el Aire de entrada al Radiador:

Caudal de Aire:

$$C_{\text{aire}} := A_{\text{intercambiador}} \cdot v_{\text{aire}} \quad \mathbf{Ec (4.6)}$$

$$C_{\text{aire}} = 25.078 \quad \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right)$$

Velocidad Máxima del Aire:

Para la configuración escalonada, la velocidad máxima puede estar en el plano transversal A1 o el plano diagonal A2.

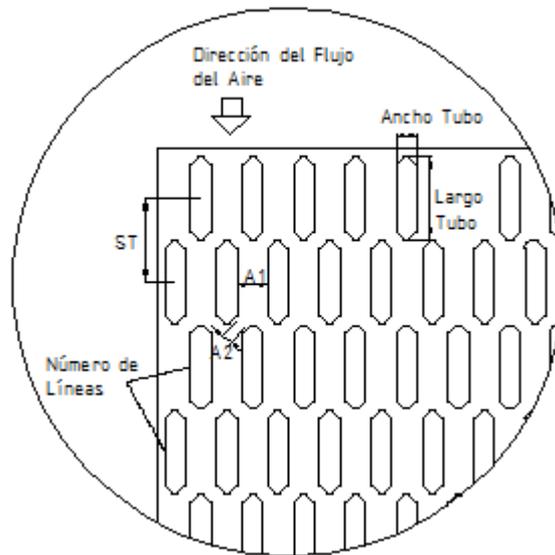


FIGURA 4.4 Arreglo en tubos escalonados.

$$D := A_tubo^8$$

$$SD1 := \left[SL^2 + \left(\frac{ST}{2} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ec (4.7)}^9$$

$$SD2 := \frac{ST + D}{2} \quad \text{Ec (4.8)}$$

$$SD1 = 13.601 \text{ (mm)} \quad SD2 = 9.5 \text{ (mm)}$$

$$SD1 > SD2$$

Si $SD1 > SD2$, la velocidad máxima ocurre en el plano transversal A1, por lo tanto la velocidad máxima se calculará de la siguiente manera:

$$V_{\text{máx}} := \frac{ST}{ST - D} \cdot v_{\text{aire}}$$

$$V_{\text{máx}} = 7.385 \quad \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right) \quad \text{Ec (4.9)}$$

Para poder calcular la temperatura de salida del aire, debemos asumir un valor de Temperatura Final (Salida); el cual se deberá iterar para obtener el valor cercano.

Asumiendo la temperatura de salida del aire:

$$T_{\text{sal_aire_1}} := 35 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

⁸ INCROPERA Frank, DE WITT David, "Fundamentos de Transferencia de Calor", pág. 370 Tabla 7.3

⁹ INCROPERA Frank, DE WITT David, "Fundamentos de Transferencia de Calor", pág. 378 Figura 7.11

Propiedades del Aire:

$$T_{m2_1} := \frac{T_{en_aire} + T_{sal_aire_1}}{2} = 27.5 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$\rho_{aire1} := 1.159 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \quad \text{Densidad}$$

$$c_{p_aire1} := 1007 \left(\frac{\text{J}}{\text{kgK}} \right) \quad \text{Calor Específico}$$

$$T_{sal_aire2} := \frac{m_{agua} \cdot c_{p_agua} \cdot ((T_{en_agua} - T_{sal_agua}))}{C_{aire} \cdot \rho_{aire1} \cdot c_{p_aire1}} + T_{en_aire} \quad \text{Ec (4.10)}$$

$$T_{sal_aire2} = 32.235 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Primera Iteración:

$$T_{sal_aire3} := 32.23 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$T_{m2_2} := \frac{T_{en_aire} + T_{sal_aire3}}{2} = 26.117 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$\rho_{aire2} := 1.161 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \quad \text{Densidad}$$

$$c_{p_aire2} := 1006.9 \left(\frac{\text{J}}{\text{kgK}} \right) \quad \text{Calor Específico}$$

$$T_{sal_aire4} := \frac{m_{agua} \cdot c_{p_agua} \cdot ((T_{en_agua} - T_{sal_agua}))}{C_{aire} \cdot \rho_{aire2} \cdot c_{p_aire2}} + T_{en_aire}$$

$$T_{sal_aire4} = 32.221 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

El valor de la Temperatura Final de Salida del Aire de Radiador, es:

$$T_{sal_aire} := T_{sal_aire4} = 32.221 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Cálculo del Error de la Temperatura Aproximada:

Obteniendo el valor de Temperatura final se deberá comprobar la influencia que provoca en la capacidad de transferir calor. Para lo cual se calculará el error que produce este valor.

$$T_{m2} := \frac{T_{en_aire} + T_{sal_aire}}{2} = 26.111 \quad (^\circ\text{C})$$

Propiedades Termo Físicas del Aire:

$$\rho_{\text{aire}} := 1.165 \quad \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \quad \text{Densidad}$$

$$c_{p_aire} := 1006.9 \quad \left(\frac{\text{J}}{\text{kgK}} \right) \quad \text{Calor Específico}$$

$$\mu_{\text{aire}} := 184.110^{-7} \quad \left(\frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} \right) \quad \text{Viscosidad Dinámica}$$

$$v_{\text{aire}} := \frac{\mu_{\text{aire}}}{\rho_{\text{aire}}}$$

$$v_{\text{aire}} = 1.58 \times 10^{-5} \quad \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) \quad \text{Viscosidad Cinemática}$$

$$k_{\text{aire}} := 26.2910^{-3} \quad \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{K}} \right) \quad \text{Conductividad Térmica}$$

$$Pr_{\text{aire}} := 0.70 \quad (\text{NE}) \quad \text{Número Prandtl}$$

Flujo Másico del Aire:

$$m_{\text{aire}} := C_{\text{aire}} \rho_{\text{aire}} \quad \text{Ec (4.11)}$$

$$m_{\text{aire}} = 29.228 \quad \left(\frac{\text{Kg}}{\text{s}} \right)$$

$$\text{Error} := \frac{|m_{\text{aire}} c_{p_aire} \cdot (T_{sal_aire} - T_{en_aire}) - m_{\text{agua}} \cdot c_{p_agua} \cdot ((T_{en_agua} - T_{sal_agua}))|}{m_{\text{aire}} c_{p_aire} \cdot (T_{sal_aire} - T_{en_aire})} \cdot 100$$

$$\text{Error} = 0.386 \quad \% \quad \text{Ec (4.12)}$$

Diferencia Media Logarítmica de Temperatura (DMLT cc):

La diferencia media logarítmica de temperaturas o DMLT puede ser definida como un promedio en la diferencia de temperaturas que existe entre el fluido caliente y el fluido frío que pasan por el intercambiador de calor. Por concepto básico de la transferencia de calor, mientras mayor sea la diferencia de temperaturas, el flujo de calor transferido es mayor.

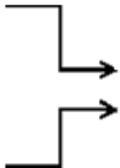
$$\Delta T1 := T_{en_agua} - T_{sal_aire} = 45.779 \quad (^\circ\text{C}) \quad \text{Ec (4.13)}$$

$$\Delta T2 := T_{sal_agua} - T_{en_aire} = 3 \quad (^\circ\text{C}) \quad \text{Ec (4.14)}$$

$$DMLT_{cc} := \frac{\Delta T2 - \Delta T1}{\ln\left(\frac{\Delta T2}{\Delta T1}\right)} = 15.697 \quad (^\circ\text{C}) \quad \text{Ec (4.15)}$$

Corrección de la Diferencia Media Logarítmica de Temperatura (DMLT)¹⁰

$$P := \frac{T_{sal_agua} - T_{en_agua}}{T_{en_aire} - T_{en_agua}} = 0.948$$

$$R := \frac{T_{en_aire} - T_{sal_aire}}{T_{sal_agua} - T_{en_agua}} = 0.222$$


$$fc := 0.8$$

$$DMLT := DMLT_{cc} fc = 13.029 \quad (^\circ\text{C}) \quad \text{Ec (4.16)}$$

Cálculo de los Coeficientes de Transferencia de Calor (hi, ho)

Coeficiente de Convección Externa (ho):

Diámetro Hidráulico:

El cálculo de este término nos ayudara a estudiar el comportamiento de un flujo de la misma forma como si fuera una tubería circular.

$$Dh = 4 \frac{\text{Área de Flujo}}{\text{Perímetro Mojado}} \quad \text{Ec (4.17)}$$

¹⁰ INCROPERA Frank, DE WITT David, "Fundamentos de Transferencia de Calor", pág. 593 Figura 11.13

Adaptando nuestras variables a la Ecuación Ec (4.17), nos quedará de la siguiente manera:

$$D_h := 4 \frac{\left[A_{\text{intercambiador}} - 276 \left(\frac{A_{\text{tubo}}}{1000} \cdot L \right) \right]}{2 \cdot 276 \left(\frac{A_{\text{tubo}}}{1000} + L \right)} = 9.13 \times 10^{-3} \quad (\text{m})$$

El valor de 276 pertenece a la primera y segunda fila de tubos del radiador, ya que en el cálculo de diámetro hidráulico intervienen directamente.

$$\text{Re}_{\text{aire}} := \frac{V_{\text{máx}} D_h \cdot \rho_{\text{aire}}}{\mu_{\text{aire}}} = 4.268 \times 10^3 \quad \text{Número de Reynolds} \quad \text{Ec (4.18)}$$

$$\text{Pr}_{\text{aire}} = 0.707 \quad \text{Número de Prandtl}$$



$$Nu = C_2 C R e^m P r^{0.36} \left(\frac{Pr}{Pr_s} \right)^{\frac{1}{4}} \quad \text{Ec (4.19)}$$

Los parámetros para ocupar la ecuación Ec (4.19) son:

$$NL \geq 20$$

$$0.7 < Pr < 500$$

$$1000 < Re_{D, \text{máx}} < 2 \times 10^6$$

Donde:

C, m Son constantes de la fórmula, las cuales se deben determinar mediante tablas.

Prs Número de Prandtl superficial.

C2 Factor de corrección, cuando el Número de Líneas es menor a 20

Los criterios para la Ecuación Ec (4.19) son:¹¹

$$\frac{ST}{SL} = 1.455$$

Si $ST/SL < 0.7$, la transferencia de calor es ineficiente y los tubos alineados no se deben usar

$$C := 0.35 \left(\frac{ST}{SL} \right)^{\frac{1}{5}} \quad \text{Ec (4.20)}$$

$$C = 0.377$$

$$m := 0.6$$

$$C2 := 0.92$$

Para el Cálculo de Prs (Prandtl Superficial), se debe tomar en cuenta un valor de temperatura promedio de los dos fluidos, la cual es:

$$T_{s1} := \frac{T_{m1} + T_{m2}}{2} = 38.305 \text{ (}^\circ\text{C)} \quad \longrightarrow \quad Pr_s := 0.70$$

$$Nu_{\text{aire}} := C \cdot C2 \cdot (Re_{\text{aire}})^{0.5} \cdot Pr_{\text{aire}}^{0.36} \cdot \left(\frac{Pr_{\text{aire}}}{Pr_s} \right)^{\frac{1}{4}}$$

$$Nu_{\text{aire}} = 20.027$$

$$h_o := Nu_{\text{aire}} \cdot \frac{k_{\text{aire}}}{D_h} = 57.67 \quad \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right) \quad \text{Ec (4.21)}$$

Coeficiente de Convección Interno (hi):

$$Re_{\text{agua}} := \frac{4 \cdot m_{\text{agua}}}{\pi \cdot \left(\frac{\text{perimetro_tubo}}{1000} \right) \cdot (\mu_{\text{agua}}) \cdot (N_{\text{tubos}})} \quad \text{Ec (4.22)}$$

$$Re_{\text{agua}} = 176.073 \text{ Número de Reynolds}$$

$$Pr_{\text{agua}} = 3.525 \text{ Número de Prandtl}$$

Debido a que el valor de Reynolds es menor a 2000 (Flujo Laminar), se tomará en cuenta las siguientes consideraciones:¹²

¹¹ INCROPERA Frank, DE WITT David, "Fundamentos de Transferencia de Calor", pag380. Tabla 7.7

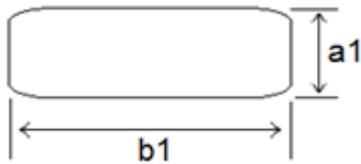


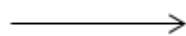
FIGURA 4.5 Sección transversal del tubo del Radiador

Donde:

$$a1 := A_{\text{tubo}} = 3 \text{ (mm)} \quad b1 := L_{\text{tubo}} = 12 \text{ (mm)}$$



$$\frac{b1}{a1} = 4$$



$$Nu_{\text{agua}} := 5.33$$

Ec (4.23)

$$hi := \frac{(Nu_{\text{agua}}) \cdot (k_{\text{agua}})}{\frac{\text{perimetro_tubo}}{1000}} = 114.329$$

$$\left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right)$$

Ec (4.24)

Coeficiente Global de Transferencia de Calor (Uo):

En el proceso de intercambio de calor uno de los factores más importantes a determinar es el coeficiente global de transferencia de calor. Por principio de la transferencia de calor el coeficiente global de transferencia de calor es igual al inverso de la suma de las resistencias térmicas multiplicadas por el área de transferencia de calor.

$$Uo = \frac{1}{\frac{ro}{rihi} + \frac{ro}{ri} Rdi + \frac{ro}{K_{\text{material}}} \ln\left(\frac{ro}{ri}\right) + Rdo + \frac{1}{ho}} \quad \text{Ec (4.25)}$$

Donde:

ro Radio externo del tubo

ri Radio interno del tubo

¹² INCROPERA Frank, DE WITT David, "Fundamentos de Transferencia de Calor", tabla 8.1.

Rdi Factor de Incrustación Interno

Rdo Factor de Incrustación Externo

Kmaterial Conductividad Térmica del Tubo

Para poder determinar el valor de r_o , r_i se tomará en cuenta que estos dos valores serán igual al perímetro del tubo. Se tomará en cuenta esta premisa, debido a que el tubo del Radiador es un rectángulo con bordes redondeados y su espesor es mínimo.

$r_o := \text{perimetro_tubo}$

$r_i := \text{perimetro_tubo}$

Adaptando nuestras variables a la ecuación Ec (4.25) la fórmula del Coeficiente Total de Transferencia de Calor, quedará de la siguiente manera.

$$R_{di} := 0.000 \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{°K}}{\text{W}} \right)$$

$$R_{do} := 0.000 \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{°K}}{\text{W}} \right)$$

$$K_{\text{material}} := 52 \left(\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{°K}} \right)$$

$$U_o := \frac{1}{\frac{1}{h_i} + R_{di} + \frac{r_o}{K_{\text{material}} \cdot \ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right) + R_{do} + \frac{1}{h_o}} = 37.898 \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{°K}} \right)$$

Un valor aproximado de este tipo de Intercambiadores nos presenta el Anexo A donde se puede observar que para un intercambiador con aletas (aire en el flujo cruzado, y agua en los tubos) el valor oscila entre:

$$25 < U_o < 75$$

Por lo tanto el valor calculado de (U_o), nos determina que se encuentra dentro del rango de aceptación.

Calor Transferido por el Intercambiador

$$A := (N_{\text{tubos}}) \cdot \left(\frac{\text{perimetro_tubo}}{1000} \right) \cdot L \quad \text{Ec (4.26)}$$

$$A = 41.52 \quad \left(\text{m}^2 \right)$$

$$Q := U_o \cdot A \cdot (\text{DMLT_cc}) \quad \text{Ec (4.27)}$$

$$Q = 2.47 \times 10^4 \quad (\text{w})$$

Efectividad del Intercambiador:

$$\varepsilon = \frac{C_c * (T1 - T2)}{C_{\text{min}} * (T3 - T4)} \quad \text{Ec (4.28)}$$

Donde:

$$C_c := (m_{\text{aire}}) \cdot (c_{p_{\text{aire}}}) \quad \text{Ec (4.29)}$$

$$C_c = 2.943 \times 10^4 \quad \left(\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{K}} \right)$$

$$C_h := (m_{\text{agua}}) \cdot (c_{p_{\text{agua}}}) \quad \text{Ec (4.30)}$$

$$C_h = 6.515 \times 10^3 \quad \left(\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{K}} \right)$$

Si $C_h < C_c$, el fluido caliente experimentaría el cambio de temperatura más grande y se enfriaría a la temperatura de entrada del fluido frío.¹³

$$\varepsilon_1 := \left[\frac{C_c \cdot (T_{\text{sal_aire}} - T_{\text{en_aire}})}{C_h \cdot (T_{\text{en_agua}} - T_{\text{en_aire}})} \right] \cdot 100$$

$$\varepsilon_1 = 95.195 \%$$

Caída de Presión en el Intercambiador:

$$h = f \frac{L}{d} \frac{v^2}{2gr} \quad \text{Ec (4.31)}$$

¹³ INCROPERA Frank, DE WITT David, "Fundamentos de Transferencia de Calor", pag.599.

Donde:

- f Factor de Fricción de la tubería
- d Diámetro de la tubería
- v^2 Velocidad del Flujo
- gr Gravedad

Para calcular la caída de presión es necesario determinar el valor de Rugosidad

Relativa, para lo cual se determinará de la siguiente manera:

	(m)	<i>Rugosidad de la Tubería</i>
$\varepsilon_{\text{cobre}} := 1.5 \cdot 10^{-6}$		
	(mm)	<i>Perímetro tubo</i>
perimetro_tubo = 30		

Ec (4.32)

$$\frac{\frac{\text{perimetro_tubo}}{1000}}{\varepsilon_{\text{cobre}}} = 2 \times 10^4$$

→

$f_{\text{agua}} := 0.02$
Factor de fricción

$$\text{Re}_{\text{agua}} = 176.073$$

La velocidad del flujo dentro de los tubos, se analizará de la siguiente manera:

$$v_{\text{agua}} := \frac{\frac{C_{\text{agua}}}{15850.32}}{\left(\frac{\text{area_tubo}}{1000^2}\right) \cdot N_{\text{tubos}}} = 0.063 \quad \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right) \quad \text{Ec (4.33)}$$

Adaptando nuestras variables a la ecuación Ec (4.31), obtenemos lo siguiente:

$$h_{\text{perdida}} := f_{\text{agua}} \cdot \left(\frac{L}{\frac{\text{perimetro_tubo}}{1000}}\right) \cdot \left[\frac{v_{\text{agua}}^2}{2 \cdot (9.8)}\right]$$

$$h_{\text{perdida}} = 3.545 \times 10^{-4} \quad (\text{m})$$

$$P_{\text{perdida}} := (h_{\text{perdida}}) \cdot (\rho_{\text{agua}}) \cdot 1.42210^{-3} = 4.979 \times 10^{-4} \quad (\text{PSI})$$

4.2.1.2 ANÁLISIS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

ANÁLISIS DEL CICLO DIESEL¹⁴

Datos del Motor:

Diámetro del Cilindro $D_c := 160$ (mm)

Carrera del émbolo: $L_c := 180$ (mm)

Consumo de Combustible $m_c := 35.7$ $\left(\frac{\text{kg}}{\text{h}}\right)$

Relación de compresión $r := 13:1$

Relación de corte de admisión: $r_c := 4.5$

Consumo de Aire $m_a := 898$ $\left(\frac{\text{kg}}{\text{h}}\right)$

Datos del Aire:

Presión de entrada/aire $P_{in_aire} := 17.6$ (PSI)

Temperatura de entrada/aire $T_{in_aire} := 55$ (°C)

$T1 := 273 + T_{in_aire} = 328$ (°K)

Densidad del aire a 328 °K $\rho_{aire} := 1.07$ $\left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$

Constante de los gases $R_g := 0.287$ $\left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{°K}}\right)$

Calor específico de calor, T=328°K $k := 1.399$

Capacidad calorífica a P=cte, T=328°K $C_p := 1.005$ $\left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{°K}}\right)$

Capacidad calorífica a V=cte, T=328°K $C_v := 0.718$ $\left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{°K}}\right)$

Datos del Agua:

¹⁴ TOBAR Pedro, TITUANA Jhonny, Tesis "Rediseño de la Admisión de aire de Motores Diesel y Optimización de las Fases de succión y descarga del sistema de Bombeo del Poliducto Quito- Ambato-Riobamba de la empresa pública Petroecuador en el terminal El Beaterio de la ciudad de Quito"

Densidad del agua $\rho_{\text{agua}} := 1000 \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right)$

Calor específico del agua $C_{p_agua} := 4179 \left(\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \right)$

Temperatura de agua/entrada al motor $T_{in_agua} := 25 \text{ (}^\circ\text{C)}$

Temperatura de agua/salida del motor $T_{out_agua} := 78 \text{ (}^\circ\text{C)}$

DESARROLLO

Volumen de Aire

$$v1 := \frac{m_a}{\rho_{\text{aire}}} = 833.798 \text{ (m}^3\text{)}$$

Volumen al final de cada proceso.

$$v2 := \frac{v1}{r} = 64.138 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$v3 := v2 \cdot r_c = 288.622 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$v4 := v1 = 833.798 \text{ (m}^3\text{)}$$

Proceso 1- 2: Compresión

$$T2 := (T_{in_aire}) \cdot \left(\frac{v1}{v2} \right)^{k-1}$$

$$T2 = 153.047 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$P2 := P_{in_aire} \cdot \left(\frac{v1}{v2} \right)^k$$

$$P2 = 637.401 \text{ (PSI)}$$

Proceso 2 - 3: Adición de Calor

$$P3 := P2 = 637.401 \text{ (PSI)}$$

$$\frac{P_2 v_2}{T_2} = \frac{P_1 v_1}{T_1}$$

$$T_2 := 153.04 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$v_2 := 64.13 \text{ (m}^3\text{)}$$

Proceso 3 - 4: Expansión

$$T_3 := T_2 \left(\frac{v_3}{v_2} \right) = 688.714 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$T_4 := T_3 \left(\frac{v_3}{v_4} \right)^{k-1} = 451.032 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Calor de entrada y salida.

$$Q_{in} := m a C_p (T_3 - T_2)$$

$$Q_{in} = 4.834 \times 10^5 \text{ (J)}$$

$$Q_{out} := m a C_v (T_4 - T_{in_aire})$$

$$Q_{out} = 2.553 \times 10^5 \text{ (J)}$$

Eficiencia Térmica:

$$W_{neto} := Q_{in} - Q_{out}$$

$$W_{neto} = 2.281 \times 10^5 \text{ (J)}$$

$$\eta := \frac{W_{neto}}{Q_{in}} \cdot 100 = 47.181 \text{ (%)}$$

4.2.1.3 ANÁLISIS DE LA PERDIDA DE ENERGÍA DEBIDO A LA FRICCIÓN EN LA TUBERÍA

"A medida que un flujo fluye por un conducto, tubo o algún tipo de dispositivo, ocurren pérdidas de energía debido a la fricción entre superficie y fluido. Estas

perdidas dan como resultado una disminución en la presión entre dos puntos del circuito".¹⁵

DATOS DEL CIRCUITO:

BOMBA

Tipo de Bomba: Centrifuga vertical

Dimensiones de la Bomba: 2 x 2 1/2 x 6

$\phi_{\text{succión}} := 2.5$ (plg)

$\phi_{\text{descarga}} := 2$ (plg)

$\phi_{\text{impulsor}} := 6$ (plg)

Caudal de succión de la Bomba:

$Q_{\text{succión}} := 35$ (GLM)

Presión de Salida del Motor

$P_{\text{sal_agua}} = 3$ (PSI)

Longitud total de la tubería del sistema:

$L1 := 9.36$ (m)

Temperatura de entrada a la bomba y al motor:

$T_{\text{sal_agua}} = 23$ (°C)

Propiedades físicas del agua a $T_{\text{sal_agua}} = 23$ (°C)

¹⁵ MOTT Robert "Mecánica de Fluidos Aplicada", cuarta edición, pág. 237.

Densidad: $\rho_{-1} := 997.4 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$

Viscosidad Cinemática $\nu_{-1} := 9.44 \cdot 10^{-6} \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right)$

Peso específico $\gamma_{\text{agua}} := 9810 \left(\frac{\text{N}}{\text{m}^3} \right)$

Gravedad $g_r := 9.8 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)$

Presión de Entrada a la Bomba:

Para el cálculo de la presión a la entrada de la bomba, utilizaremos la ecuación de Bernoulli, la cual es:

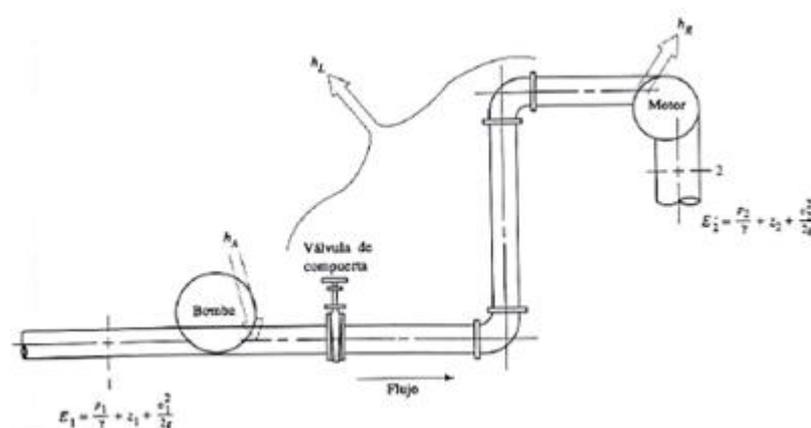


FIGURA 4.6 Ecuación de Bernoulli

La ecuación queda de la siguiente manera:

$$\frac{P_A}{\gamma} + Z_A + \frac{V_A^2}{2gr} + h_A - h_R - h_L = \frac{P_B}{\gamma} + Z_B + \frac{V_B^2}{2gr} + h_B \quad \text{Ec (4.34)}$$

Donde

PA Presión en el punto A

VA Velocidad por el punto A

- ZA Altura en el punto A
- PB Presión en el punto B
- VB Velocidad por el punto B
- ZB Altura en el punto B
- gr Gravedad
- hA Energía añadida por la bomba
- hR Energía removida por el motor
- hL Pérdida de energía debido a los conductos, accesorios, etc.

De la Ec (4.34), obtenemos:

$$P_A = \left(\frac{P_B}{\gamma} + Z_B - Z_A - \frac{V_A^2}{2gr} + \sum Z_R \right) \gamma \quad \text{Ec (4.35)}$$

Área de succión de la bomba:

$$A_{\text{succion}} := \pi \cdot \frac{\left(\frac{\phi_{\text{succion}}}{39.36} \right)^2}{4} = 3.169 \times 10^{-3} \quad \left(\frac{\text{m}^2}{\text{m}^2} \right) \quad \text{Ec (4.36)}$$

Velocidad de succión:

$$v_{\text{succion}} := \frac{Q_{\text{succion}}}{A_{\text{succion}}} = 0.697 \quad \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right) \quad \text{Ec (4.37)}$$

Número de Reynolds:

$$Re_1 := \frac{L_1 \cdot v_{\text{succion}}}{\nu_1} = 6.91 \times 10^5$$

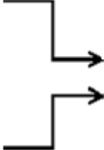
Rugosidad Relativa:

$$\varepsilon_{\text{asa}} := 4.610^{-4} \text{ (m)}$$

$$\frac{\phi_{\text{sucion}}}{\varepsilon} = \frac{39.36}{\varepsilon} = 138.079$$

Con los valores del número de Reynolds y la rugosidad relativa podremos encontrar el valor de Factor de Fricción, mediante la utilización del Diagrama de Moody (Anexo B).

$$\text{Re}_1 = 6.91 \times 10^5$$

$$\frac{\phi_{\text{sucion}}}{\varepsilon} = \frac{39.36}{\varepsilon} = 138.079$$


$$f_1 := 0.0347$$

Factor de Fricción

$$h_{l_1} := f_1 \cdot \frac{L_1}{\frac{\phi_{\text{sucion}}}{39.36}} \cdot \frac{v_{\text{sucion}}}{2 \cdot g} \quad \text{Ec (4.38)}$$

$$h_{l_1} = 0.182 \text{ (m)}$$

Perdidas Menores debido a los accesorios del sistema:

TABLA 4.1 Accesorios Total y Factor de Fricción del Circuito de Agua del Motor

CANTIDAD	ACCESORIO	CARACTERÍSTICA	LONGITUD EQUIVALENTE, L/D	FACTOR DE FRICCIÓN, ft	PÉRDIDA ,m
8	Codo 90°	Radio Corto x 3"	30	0,018	18,696
4	Codo 90°	Radio Largo x 3"	20	0,018	6,232
1	Tee	3"	60	0,018	4,674
1	Válvula de Globo	3"	340	0,018	26,486
3	Codo 45°	3"	45	0,018	10,5165
1	Termostato	2"	60	0,019	3,15
1	Aumento	2" a 3"	-	0,15	69,7545

Codos 90, radio corto $k_1 := 8 \cdot 30 \cdot 0.018 = 4.32$

Codos 90, radio largo $k_2 := 4 \cdot 20 \cdot 0.018 = 1.44$

Tee $k_3 := 1 \cdot 60 \cdot 0.018 = 1.08$

Válvula de globo $k_4 := 1 \cdot 340 \cdot 0.018 = 6.12$

Termostato $k5 := 1 \cdot 600 \cdot 0.018 = 1.08$

Codo 45 $k6 := 1 \cdot 160 \cdot 0.018$

Aumento $k7 := 0.18$

$$KT := k1 + k2 + k3 + k4 + k5 + k6 + k7 = 14.478 \quad \text{Ec (4.39)}$$

$$hs_1 := KT \cdot \frac{v_sucion^2}{2 \cdot gr} = 0.359 \quad (\text{m}) \quad \text{Ec (4.40)}$$

$$\Sigma Hr := hl_1 + hs_1 = 0.541 \quad (\text{m}) \quad \text{Ec (4.41)}$$

Obteniendo todos los valores de perdida total en el circuito, podremos remplazar en la ecuación Ec (4.34), de esta manera obtendremos lo siguiente:

La distancia entre el punto B y A, es igual $ZB - ZA = Z1$



$$Z1 := 2.4 \quad (\text{m})$$

$$PA := P_{sal_agua} \cdot 6894.75 + \left[(Z1) - \frac{v_sucion^2}{2 \cdot gr} + \Sigma Hr \right] \gamma_agua$$

$$PA = 5.027 \times 10^4 \quad (\text{Pa})$$

FIGURA 4.7 Radiador

El valor de $Pa=50270$ (Pa), que es equivalente a: 0.49 (atm)

Energía Transmitida por la Bomba al Agua:

De la ecuación Ec (4.34), despejamos la variable (hb), que será la potencia que utiliza la Bomba.

$$h_b := \left[\frac{P_A - (-P_{sal_agua}) \cdot 6894.75}{\gamma_{agua}} \right] + Z_1 + \frac{v_{succion}}{2 \cdot g} \quad \text{Ec (4.42)}$$

$$h_b = 9.768 \quad (\text{m})$$

Potencia que utiliza la bomba:

$$P := \gamma_{agua} \cdot h_b \cdot \frac{Q_{succion}}{15850.32} \quad \text{Ec (4.43)}$$

$$P = 211.602 \quad (\text{W}) \quad \text{Equivalente a } 3/8 \text{ HP}$$

CABEZA DE SUCCIÓN POSITIVA NETA ADMISIBLE (NPSHA)

Además de los requerimientos de cabeza total, capacidad, potencia, y eficiencia, se debe tener en consideración la entrada a la bomba. La entrada del sistema o también llamado succión debe ser capaz de permitir la entrada a la bomba de un flujo paralelo de líquido a una presión suficientemente alta, para evitar la formación de burbujas.¹⁶

Longitud de la tubería en este tramo: $L_2 := 4.9 \quad (\text{m})$

Presión local $P_{local} := 1 \quad (\text{atm})$

Temperatura de trabajo $T_{sal_agua} = 23 \quad (^\circ\text{C})$

La expresión que calcula el NPSHA, es la siguiente:

$$NPSH_A = h_{sp} \pm h_s - h_{r_{suc}} - h_{vp} \quad \text{Ec (4.44)}$$

Donde

h_{sp} cabeza de presión absoluta estática aplicada al fluido.

¹⁶ MOTT Robert "Mecánica de Fluidos Aplicada", cuarta edición, pág. 435

hs Diferencia de elevación desde el nivel del fluido en el depósito hacia la entrada de la bomba.

hr suc Pérdidas por fricción en la tubería de succión.

hvp presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo.

$$hs := 3 \text{ (m)}$$

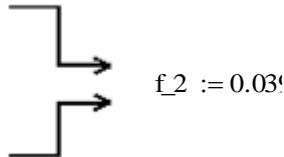
$$h_{sp} := \frac{\left(\frac{PA}{6894.75} + P_{sal_agua} \right)}{\gamma_{agua} \cdot 3.68 \cdot 10^{-6}} = 285.061 \text{ (plg)} \quad \text{Ec (4.45)}$$

$$h_{r_suc} = h_{primarias} + h_{secundarias} \quad \text{Ec (4.46)}$$

Pérdidas Primarias:

$$Re_2 := L2 \cdot \frac{v_{succion}}{v_1} = 3.617 \times 10^5$$

$$\frac{\phi_{succion}}{\frac{39.36}{\epsilon}} = 138.079$$



$$h_{p_2} := f_2 \cdot \frac{L2}{\frac{\phi_{succion}}{39.36}} \cdot \frac{v_{succion}^2}{2 \cdot gr} = 0.075 \text{ (m)}$$

Pérdidas Secundarias:

TABLA 4.2 Accesorios de la Salida de Agua del Radiador hacia el Motor – Circuito
 Agua del Motor

CANTIDAD	ACCESORIO	CARACTERÍSTICA	LONGITUD EQUIVALENTE, L/D	FACTOR DE FRICCIÓN, ft
1	Aumento	2 ½ " a 3"	NE	K=0.15
4	Codo 90°	Radio cortox3"	30	0.018
1	Tee	3"	60	0.018
2	Codo 45°	3"	45	0.018

Codo 90° $k_8 := 4 \cdot 30 \cdot 0.018 = 2.16$

Tee $k_9 := 1 \cdot 60 \cdot 0.018 = 1.08$

Codo 45° $k_{10} := 2 \cdot 45 \cdot 0.018 = 0.576$

Aumento $k_{11} := 0.15$

$KT_1 := k_8 + k_9 + k_{10} + k_{11} = 3.966$

$hs_2 := KT_1 \cdot \frac{v_{succión}^2}{2 \cdot gr} = 0.098 \quad (m)$

$hrsuc := hp_2 + hs_2 = 0.173 \quad (m)$

Para poder calcular la presión de vapor del líquido (Anexo C) se necesita saber la temperatura de trabajo del fluido, el cual es:

$T_{sal_agua} = 23 \text{ (}^\circ\text{C)}$ \longrightarrow $h_{vp} := 0.30 \text{ (m)}$

$NPSHA := hs + \frac{h_{sp}}{39.36} + hrsuc + h_{vp}$

$NPSHA = 10.715 \text{ (m)}$

CABEZA DE SUCCIÓN POSITIVA NETA ADMISIBLE REQUERIDA (NPHSR):

$$NPSH_R = H_z + \frac{v^2}{2gr} \quad \text{Ec (4.47)}$$

Donde:

H_z Presión mínima requerida en el Rodete

$H_z := PA = 5.027 \times 10^4 \text{ (Pa)}$

Adaptando la ecuación Ec (4.47), a nuestras variables, obtenemos:

$$NPSHR := \frac{Hz}{(\gamma_{\text{agua}})} + \frac{v_{\text{sucion}}^2}{2 \cdot gr}$$

$$NPSHR = 5.149 \text{ (m)}$$

Si la Cabeza de Succión Neta Positiva Disponible (NPSHA) es mayor que la Cabeza de Succión Positiva Requerida, el sistema no entrará en Cavitación

$$NPSHA > NPSHR \quad \text{Ec (4.48)}$$

$$11.223 > 5.65 \quad \text{Si cumple la condición de Cavitación}$$

4.2.2 ANÁLISIS DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN - CIRCUITO AGUA DEL ACEITE

Para el análisis del circuito de refrigeración del aceite, se tomará en cuenta el análisis del circuito de agua de refrigeración del motor; debido a que los circuitos son similares en cuanto a sus componentes.

DATOS DE CAMPO:

Temperatura de entrada del aire al Radiador:

$$T_{\text{en_aire}} := 20 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Temperatura de entrada del agua al Radiador:

$$T_{\text{en_agua}} := 30 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Temperatura de salida del agua del Radiador:

$$T_{\text{sal_agua}} := 25 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Caudal de agua a la entrada del radiador:

$$C_{\text{agua}} := 25 \text{ (GLM)}$$

4.2.2.1 ANÁLISIS TÉRMICO DEL RADIADOR

Para el análisis del circuito de refrigeración del aceite se tomará en cuenta los 4 paneles restantes de los ocho que se mencionaba en el cálculo del circuito del Agua de refrigeración del motor.

Cada panel del radiador se lo analizará como un banco de tubos, en donde el líquido a refrigerar será el agua y el fluido refrigerante es el aire. Cada uno de los paneles consta con las siguientes características.

Tipo de Flujo: Flujo Cruzado

Tipo de Arreglo: TRIANGULAR

Número de líneas: 5

Número Total de tubos $N_{\text{tubos}} := 692$

Para poder observar la geometría de los tubos diríjase a la Figura 4.2

Largo total del tubo $L_{\text{tubo}} := 2$ (m)

Longitud L del tubo $L_{\text{tubo}} := 12$ (mm)

Ancho A del tubo $A_{\text{tubo}} := 3$ (mm)

Área del tubo $\text{area_tubo} := L_{\text{tubo}} \cdot A_{\text{tubo}}$

$$\text{area_tubo} = 36 \text{ (mm}^2\text{)}$$

Perímetro del tubo: $\text{perimetro_tubo} := 2 \cdot L_{\text{tubo}} + 2 \cdot A_{\text{tubo}}$

$$\text{perimetro_tubo} = 30 \text{ (mm)}$$

Pasos Longitudinales y transversales: $SL := 11$ (mm)
 $ST := 16$ (mm)

Velocidad del aire a Contracorriente: $v_{\text{aire}} := 6$ $\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$

DESARROLLO:

Análisis para el Agua del Radiador

Propiedades Termo Físicas del Agua:

$$T_{m1} := \frac{T_{en_agua} + T_{sal_agua}}{2} = 27.5 \quad (^\circ\text{C})$$

$$\rho_{agua} := 977.4 \quad \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \quad \text{Densidad}$$

$$c_{p_agua} := 4178.4 \quad \left(\frac{\text{J}}{\text{kgK}} \right) \quad \text{Calor Específico}$$

$$\mu_{agua} := 846.410^{-6} \quad \left(\frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} \right) \quad \text{Viscosidad Dinámica}$$

$$v_{agua} := \frac{\mu_{agua}}{\rho_{agua}}$$

$$v_{agua} = 8.659 \times 10^{-7} \quad \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) \quad \text{Viscosidad Cinemática}$$

$$k_{agua} := 0.613 \quad \left(\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{K}} \right) \quad \text{Conductividad Térmica}$$

$$Pr_{agua} := 5.76 \quad (\text{NE}) \quad \text{Número Prandtl}$$

Flujo Másico del Agua:

$$m_{agua} := \frac{C_{agua}}{15850.32} \cdot \rho_{agua}$$

$$m_{agua} = 1.542 \quad \left(\frac{\text{Kg}}{\text{s}} \right)$$

Dimensiones del Radiador: Ver Figura 4.3

$$a := 2.4 \quad (\text{m}) \quad \text{Altura del Intercambiador}$$

$$b := 1.7 \quad (\text{m}) \quad \text{Ancho del Intercambiador}$$

$$c := 3 \quad (\text{cm}) \quad \text{Espesor del intercambiador}$$

$d := 63$ (cm) Diámetro del Ventilador

Área del Intercambiador

$A_{\text{intercambiador}} := a \cdot b$

$A_{\text{intercambiador}} = 4.18$ $\left(\frac{\text{m}^2}{\text{m}^2}\right)$

Análisis para el Aire de entrada al Radiador:

Caudal de Aire:

$C_{\text{aire}} := A_{\text{intercambiador}} \cdot v_{\text{aire}}$

$C_{\text{aire}} = 25.078$ $\left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)$

Verificación del lado por donde ocurre la velocidad Máxima:

$D := A_{\text{tubo}}$

$$SD1 := \left[SL^2 + \left(\frac{ST}{2} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad SD2 := \frac{ST + D}{2}$$

$SD1 = 13.601$ (mm) $SD2 = 9.5$ (mm)

$SD1 > SD2$

Si $SD1 > SD2$, la velocidad máxima ocurre en el plano transversal A1, por lo tanto la velocidad máxima se calculará de la siguiente manera:

$$V_{\text{máx}} := \frac{ST}{ST - D} \cdot v_{\text{aire}}$$

$V_{\text{máx}} = 7.385$ $\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$

Para poder calcular la temperatura de salida del aire, debemos asumir un valor de Temperatura Final (Salida); el cual se deberá iterar para poder encontrar el valor preciso.

Asumiendo la temperatura de salida del aire:

$$T_{sal_aire_1} := 25 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Propiedades Termo Físicas del Aire:

$$T_{m2_1} := \frac{T_{en_aire} + T_{sal_aire_1}}{2} = 22.5 \quad (^\circ\text{C})$$

$$\rho_{aire1} := 1.182 \quad \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \quad \text{Densidad}$$

$$c_{p_aire1} := 1006.9 \quad \left(\frac{\text{J}}{\text{kgK}} \right) \quad \text{Calor Específico}$$

$$T_{sal_aire2} := \frac{m_{agua} \cdot c_{p_agua} \cdot (|T_{en_agua} - T_{sal_agua}|)}{C_{aire} \cdot \rho_{aire1} \cdot c_{p_aire1}} + T_{en_aire}$$

$$T_{sal_aire2} = 21.079 \quad (^\circ\text{C})$$

Primera Iteración:

$$T_{sal_aire3} := 21.0 \quad (^\circ\text{C})$$

$$T_{m2_2} := \frac{T_{en_aire} + T_{sal_aire3}}{2} = 20.54 \quad (^\circ\text{C})$$

$$\rho_{aire2} := 1.189 \quad \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \quad \text{Densidad}$$

$$c_{p_aire2} := 1006.1 \quad \left(\frac{\text{J}}{\text{kgK}} \right) \quad \text{Calor Específico}$$

$$T_{sal_aire4} := \frac{m_{agua} \cdot c_{p_agua} \cdot (|T_{en_agua} - T_{sal_agua}|)}{C_{aire} \cdot \rho_{aire2} \cdot c_{p_aire2}} + T_{en_aire}$$

$$T_{sal_aire4} = 21.073 \quad (^\circ\text{C})$$

Segunda Iteración:

$$T_{sal_aire5} := 21.07 \quad (^\circ\text{C})$$

$$T_{m2_3} := \frac{T_{en_aire} + T_{sal_aire5}}{2} = 20.537 \quad (^\circ\text{C})$$

$$\rho_{\text{aire3}} := 1.191: \quad \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \quad \text{Densidad}$$

$$c_{p_{\text{aire3}}} := 1006.: \quad \left(\frac{\text{J}}{\text{kgK}} \right) \quad \text{Calor Específico}$$

$$T_{\text{sal_aire6}} := \frac{m_{\text{agua}} \cdot c_{p_{\text{agua}}} \cdot (|T_{\text{en_agua}} - T_{\text{sal_agua}}|)}{C_{\text{aire}} \cdot \rho_{\text{aire3}} \cdot c_{p_{\text{aire3}}}} + T_{\text{en_aire}}$$

$$T_{\text{sal_aire6}} = 21.071 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

El valor de la Temperatura Final de Salida del Aire del Radiador, es:

$$T_{\text{sal_aire7}} := T_{\text{sal_aire6}} = 21.071 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Cálculo del Error de la temperatura Aproximada:

Obteniendo el valor de Temperatura final se deberá comprobar la influencia que provoca en la capacidad de transferir calor. Para lo cual se calculara el error que produce este valor.

$$T_{m2} := \frac{T_{\text{en_aire}} + T_{\text{sal_aire7}}}{2} = 20.535 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Propiedades Termo Físicas del Aire a $T_{m2} = 20.535 \text{ (}^\circ\text{C)}$

$$\rho_{\text{aire}} := 1.191: \quad \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \quad \text{Densidad}$$

$$c_{p_{\text{aire}}} := 1006.: \quad \left(\frac{\text{J}}{\text{kgK}} \right) \quad \text{Calor Específico}$$

$$\mu_{\text{aire}} := 181.310^{-7} \quad \left(\frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} \right) \quad \text{Viscosidad Dinámica}$$

$$v_{\text{aire}} := \frac{\mu_{\text{aire}}}{\rho_{\text{aire}}}$$

$$v_{\text{aire}} = 1.522 \times 10^{-5} \quad \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) \quad \text{Viscosidad Cinemática}$$

$$k_{\text{aire}} := 25.7810^{-3} \quad \left(\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \right) \quad \text{Conductividad Térmica}$$

$$Pr_{\text{aire}} := 0.70$$

(NE)

Número Prandt

Flujo Másico del Aire:

$$m_{\text{aire}} := C_{\text{aire}} \cdot \rho_{\text{aire}}$$

$$m_{\text{aire}} = 29.88 \quad \left(\frac{\text{Kg}}{\text{s}} \right)$$

$$\text{Error} := \frac{|m_{\text{agua}} \cdot cp_{\text{agua}} \cdot (|T_{\text{en_agua}} - T_{\text{sal_agua}}|) - m_{\text{aire}} \cdot cp_{\text{aire}} \cdot (T_{\text{sal_aire7}} - T_{\text{en_aire}})|}{m_{\text{agua}} \cdot cp_{\text{agua}} \cdot (|T_{\text{en_agua}} - T_{\text{sal_agua}}|)} \cdot 100$$

$$\text{Error} = 1.129 \times 10^{-13} \quad \%$$

El valor del error es menor a 1, por lo tanto la aproximación de la temperatura es aceptable.

Diferencia Media Logarítmica de Temperatura (DMLT_{cc}):

$$\Delta T1 := T_{\text{en_agua}} - T_{\text{sal_aire7}} = 8.929 \quad (^\circ\text{C})$$

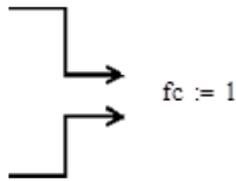
$$\Delta T2 := T_{\text{sal_agua}} - T_{\text{en_aire}} = 5 \quad (^\circ\text{C})$$

$$\text{DMLT}_{\text{cc}} := \frac{\Delta T2 - \Delta T1}{\ln\left(\frac{\Delta T2}{\Delta T1}\right)} = 6.776 \quad (^\circ\text{C})$$

Corrección de la Diferencia Media Logarítmica de Temperatura (DMLT):

$$P := \frac{|T_{\text{sal_agua}} - T_{\text{en_agua}}|}{|T_{\text{en_aire}} - T_{\text{en_agua}}|} = 0.5$$

$$R := \frac{|T_{\text{en_aire}} - T_{\text{sal_aire7}}|}{|T_{\text{sal_agua}} - T_{\text{en_agua}}|} = 0.214$$



$$\text{DMLT} := \text{DMLT}_{\text{cc}} \cdot fc = 6.776 \quad (^\circ\text{C})$$

Cálculo de los Coeficientes de Transferencia de Calor (hi, ho)

Coeficiente de Convección Externo (ho):

Diámetro Hidráulico:

$$Dh = 4 \frac{\text{Área de Flujo}}{\text{Perímetro Mojado}}$$

Adaptando nuestras variables a la ecuación del Diámetro Hidráulico, la ecuación nos quedará:

$$Dh := 4 \frac{\left[A_{\text{intercambiador}} - 276 \left(\frac{A_{\text{tubo}}}{1000} \cdot L \right) \right]}{2 \cdot 276 \left(\frac{A_{\text{tubo}}}{1000} + L \right)} = 9.13 \times 10^{-3} \quad (\text{m})$$

El valor de 276 pertenece a la primera y segunda fila de tubos del radiador, ya que en el cálculo de diámetro hidráulico intervienen directamente.

$$Re_{\text{aire}} := \frac{V_{\text{máx}} Dh \cdot \rho_{\text{aire}}}{\mu_{\text{aire}}} = 4.431 \times 10^3 \quad \text{Número de Reynolds} \quad Pr_{\text{aire}} = 0.708 \quad \text{Número de Prandtl}$$

↓

↓

$$Nu = C_2 C Re^m Pr^{0.36} \left(\frac{Pr}{Pr_s} \right)^{\frac{1}{4}}$$

Donde:

C, m Son constantes de la fórmula, las cuales se deben determinar mediante tablas.

Prs Número de Prandtl superficial.

C2 Factor de corrección, cuando el Número de Líneas es menor a 20

Los parámetros para ocupar la siguiente ecuación son:

$$NL \geq 20$$

$$0.7 < Pr < 500$$

$$1000 < Re_{D, \text{máx}} < 2 \times 10^6$$

Los criterios de determinación de constantes son:

$$\frac{ST}{SL} = 1.455$$

Si $ST/SL < 0.7$, la transferencia de calor es ineficiente y los tubos alineados no se deben usar.

$$C := 0.35 \left(\frac{ST}{SL} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$C = 0.377$$

$$m := 0.6$$

$$C2 := 0.92$$

Para el cálculo de Pr_s (Prandtl Superficial), se debe tomar en cuenta un valor de temperatura promedio de los dos fluidos, la cual es:

$$T_{s1} := \frac{T_{m1} + T_{m2}}{2} = 24.018 \text{ (}^\circ\text{C)} \longrightarrow Pr_s := 0.70$$

$$Nu_{\text{aire}} := C \cdot C2 \cdot Re_{\text{aire}}^{0.5} \cdot Pr_{\text{aire}}^{0.36} \cdot \left(\frac{Pr_{\text{aire}}}{Pr_s} \right)^{\frac{1}{4}}$$

$$Nu_{\text{aire}} = 20.408$$

$$h_o := Nu_{\text{aire}} \cdot \frac{k_{\text{aire}}}{D_h} = 57.628 \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right) \quad \text{Coeficiente de convección externa}$$

Coeficiente de Convección Interno (hi):

$$Re_{\text{agua}} := \frac{4 \cdot m_{\text{agua}}}{\pi \cdot \left(\frac{\text{perimetro_tubo}}{1000} \right) \cdot (\mu_{\text{agua}}) \cdot (N_{\text{tubos}})}$$

$$Re_{\text{agua}} = 111.719 \text{ Número de Reynolds}$$

$$Pr_{\text{agua}} = 5.767 \text{ Número de Prandtl}$$

Debido a que el valor de Reynolds es menos a 2000 (Flujo Laminar), se tomara en cuenta las siguientes consideraciones:

Donde: (Ver Figura 4.5)

$$a1 := A_{\text{tubo}} = 3 \text{ (mm)} \quad b1 := L_{\text{tubo}} = 12 \text{ (mm)}$$



$$\frac{b1}{a1} = 4$$

$$Nu_{\text{agua}} := 5.3 \text{ Número de Nusselt}$$

$$hi := \frac{(Nu_{\text{agua}}) \cdot (k_{\text{agua}})}{\frac{\text{perimetro_tubo}}{1000}} = 109.034 \quad \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right) \text{ Coeficiente de convección Interna}$$

Coeficiente Total de Transferencia de Calor (Uo):

$$Uo = \frac{1}{\frac{ro}{rihi} + \frac{ro}{ri} Rdi + \frac{ro}{K_{\text{material}}} \ln\left(\frac{ro}{ri}\right) + Rdo + \frac{1}{ho}}$$

Donde:

ro Radio externo del tubo

ri Radio interno del tubo

Rdi Factor de Incrustación Interno

Rdo Factor de Incrustación Externo

Kmaterial Conductividad Térmica del Tubo

Para poder determinar el valor de r_o , r_i se tomará en cuenta que estos dos valores serán igual al perímetro del tubo. Tomando en cuenta esta igualdad, debido a que el tubo del Radiador es similar a un rectángulo con borde redondeados y su espesor es mínimo.

$$r_o := \text{perimetro_tubo}$$

$$r_i := \text{perimetro_tubo}$$

Por lo tanto la ecuación general del Coeficiente Total de Transferencia de Calor, quedará de la siguiente manera.

$$R_{di} := 0.000 \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{°K}}{\text{W}} \right)$$

$$R_{do} := 0.000 \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{°K}}{\text{W}} \right)$$

$$K_{\text{material}} := 52 \left(\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{°K}} \right)$$

$$U_o := \frac{1}{\frac{1}{h_i} + R_{di} + \frac{r_o}{1000} \cdot \frac{1}{K_{\text{material}}} \cdot \ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right) + R_{do} + \frac{1}{h_o}} = 37.28 \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{°K}} \right)$$

Calor Transferido por el Intercambiador:

$$A_1 := (N_{\text{tubos}}) \cdot \left(\frac{\text{perimetro_tubo}}{1000} \right) \cdot L$$

$$A_1 = 41.52 \text{ m}^2$$

$$Q_1 := U_o \cdot A_1 \cdot (\text{DMLT}_{\text{ccfc}})$$

$$Q_1 = 1.049 \times 10^4 \text{ W}$$

Efectividad del Intercambiador:

$$\varepsilon = \frac{C_c * (T1 - T2)}{C_{min} * (T3 - T4)}$$

Donde:

$C_c := (m_{aire}) \cdot (cp_{aire})$ *Capacidad Calorífica del Aire*

$$C_c = 3.008 \times 10^4 \left(\frac{J}{kg \cdot ^\circ K} \right)$$

$C_h := (m_{agua}) \cdot (cp_{agua})$ *Capacidad Calorífica del Agua*

$$C_h = 6.443 \times 10^3 \left(\frac{J}{kg \cdot ^\circ K} \right)$$

Si $C_h < C_c$, el fluido caliente experimentaría el cambio de temperatura más grande y se enfriaría a la temperatura de entrada del fluido frío.

$$\varepsilon_l := \left[\frac{C_c \cdot (T_{sal_aire7} - T_{en_aire})}{C_h \cdot (T_{en_agua} - T_{en_aire})} \right] \cdot 100$$

$$\varepsilon_l = 50 \%$$

Caída de Presión en el Intercambiador:

$$h = f \frac{L}{d} \frac{v^2}{2gr}$$

Donde:

f Factor de Fricción de la tubería

d Diámetro de la tubería

v^2 Velocidad del Flujo

gr Gravedad

Rugosidad Relativa:

$$\varepsilon_{\text{cobre}} := 1.5 \cdot 10^{-6} \quad (\text{m}) \quad \text{Rugosidad del tubo}$$

$$\text{perimetro_tubo} = 30 \quad (\text{mm}) \quad \text{Perímetro tubo}$$

$$\frac{\frac{\text{perimetro_tubo}}{1000}}{\varepsilon_{\text{cobre}}} = 2 \times 10^4 \quad \left. \begin{array}{l} \text{---} \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array} \right\} \rightarrow f_{\text{agua}} := 0.0385$$

$$\text{Re_agua} = 111.719$$

Velocidad del Flujo:

$$v_{\text{agua}} := \frac{\frac{C_{\text{agua}}}{15850.32}}{\frac{\text{area_tubo}}{1000^2} \cdot N_{\text{tubos}}} = 0.063 \quad \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

$$h_{\text{perdida}} := f_{\text{agua}} \cdot \left(\frac{L}{\frac{\text{perimetro_tubo}}{1000}} \right) \cdot \left[\frac{v_{\text{agua}}^2}{2 \cdot (9.8)} \right]$$

$$h_{\text{perdida}} = 5.249 \times 10^{-4} \quad (\text{m})$$

$$P_{\text{perdida}} := (h_{\text{perdida}}) \cdot (\rho_{\text{agua}}) \cdot 1.422 \cdot 10^{-3} = 7.297 \times 10^{-4} \quad (\text{PSI})$$

4.2.2.2 ANÁLISIS TÉRMICO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR PARA EL ENFRIAMIENTO DEL ACEITE

Para el análisis del circuito de aceite, una parte importante es el intercambiador de calor Tubo - Coraza, el cual ayuda a enfriar el aceite del motor. Para este cálculo se cuenta con los siguientes datos:

Datos Técnicos del Intercambiador de Calor Tubo - Coraza

Fluido a Refrigerar: Aceite

Fluido Refrigerante: Agua

Tipo de Arreglo: Triangular

Datos de la Tubería Interior del Intercambiador:

Número de Tubos	$N_t := 76$	
Diámetro de los Tubos	$d_{\text{tubos}} := \frac{3}{4}$	(plg)
Cédula: 16		
Espesor:	$e_{\text{tubo}} := 1.6$	(mm)
Diámetro Exterior:	$d_{\text{ext_tubo}} := 17.3$	(mm)
Diámetro Interior	$d_{\text{int_tubo}} := 15.7$	(mm)
Longitud de los Tubos:	$L_t := 76$	(cm)
Número de pasos en los tubos	$M := 2$	

Datos de la Coraza del Intercambiador

Diámetro de la Coraza	$D_c := 10$	(plg)
Cédula: SCH 14		
Diámetro Exterior	$DE := 10.75$	(plg)
Diámetro Interior	$DI := 10.0$	(plg)
Longitud de la Coraza	$L_c := 80$	(cm)
Paso Longitudinal	$SL_{\text{tubos}} := \frac{15}{16}$	(plg)
Paso Transversal	$ST_{\text{tubos}} := \frac{15}{16}$	(plg)

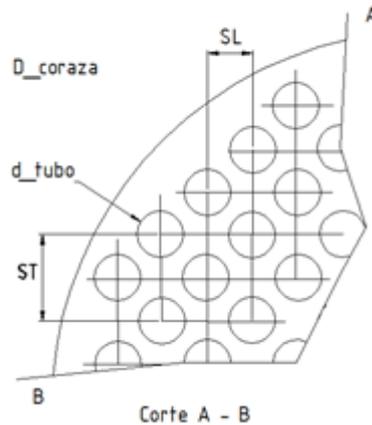


FIGURA 4.8 Descripción de los parámetros del Intercambiador

Datos de Campo:

Datos del Fluido Refrigerante: AGUA:

Temperatura de entrada al Intercambiador: $T_{en_inter_agua} := 25$

Temperatura de salida del Intercambiador. $T_{sal_inter_agua} := 30 (^{\circ}C)$

Datos del Fluido a Refrigerar: ACEITE:

Caudal $C_{aceite} := 12 (GLM)$

Temperatura de entrada al Intercambiador: $T_{en_inter_aceite} := 71.5 (^{\circ}C)$

Temperatura de salida del Intercambiador $T_{sal_inter_aceite} := 68 (^{\circ}C)$

DESARROLLO:

Se comenzara analizando el aceite del motor (es indiferente por cual fluido se comience). Al igual que el análisis térmico del radiador se comenzara determinado las propiedades físicas de los dos fluidos (agua y aceite).

Análisis para el Aceite:

$$T_{m_aceite} := \frac{T_{en_inter_aceite} + T_{sal_inter_aceite}}{2} = 69.75 \quad (^\circ\text{C})$$

Propiedades Termo Físicas del Aceite a $T_{m_aceite} = 69.75 \quad (^\circ\text{C})$

$$\rho_{aceite} := 858.25 \quad \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \quad \text{Densidad}$$

$$C_{p_aceite} := 2087 \quad \left(\frac{\text{J}}{\text{kgK}} \right) \quad \text{Calor Específico}$$

$$v_{aceite} := 0.000056 \quad \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) \quad \text{Viscosidad Cinemática}$$

$$\mu_{aceite} := 0.041 \quad \left(\frac{\text{N}\cdot\text{s}}{\text{m}^2} \right) \quad \text{Viscosidad Dinámica}$$

$$k_{aceite} := 0.131 \quad \left(\frac{\text{W}}{\text{m}\cdot^\circ\text{K}} \right) \quad \text{Conductividad Térmica}$$

$$Pr_{aceite} := 725.07 \quad (\text{NE}) \quad \text{Número Prandtl}$$

Flujo másico del aceite:

$$m_{aceite} := \frac{C_{aceite}}{15850.32} \cdot (\rho_{aceite})$$

$$m_{aceite} = 0.65 \quad \left(\frac{\text{Kg}}{\text{s}} \right)$$

Velocidad del Aceite en el Intercambiador:

$$v_{aceite} := \frac{\left(\frac{C_{aceite}}{15850.32} \right) \cdot \left(\frac{1}{Nt} \right)}{\left[\frac{\pi \cdot \left(\frac{d_{int_tubo}}{1000} \right)^2}{4} \right]} \quad \text{Ec (4.49)}$$

$$v_{aceite} = 0.051 \quad \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

Análisis para el Agua:

$$T_{m_agua} := \frac{T_{en_inter_agua} + T_{sal_inter_agua}}{2} = 27.5 \quad (^\circ\text{C})$$

Propiedades Termo Físicas del Agua a

$$T_{m_agua} = 27.5 \quad (^\circ\text{C})$$

$$\rho_{inter_agua} := 996. \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \quad \text{Densidad}$$

$$c_{p_inter_agua} := 4179 \left(\frac{\text{J}}{\text{kgK}} \right) \quad \text{Calor Específico}$$

$$\mu_{inter_agua} := 846.410^{-6} \left(\frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} \right) \quad \text{Viscosidad Dinámica}$$

$$v_{inter_agua} := \frac{\mu_{inter_agua}}{\rho_{inter_agua}}$$

$$v_{inter_agua} = 8.494 \times 10^{-7} \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) \quad \text{Viscosidad Cinemática}$$

$$k_{inter_agua} := 0.61 \left(\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{K}} \right) \quad \text{Conductividad Térmica}$$

$$Pr_{inter_agua} := 5.76 \quad (\text{NE}) \quad \text{Número Prandtl}$$

Flujo Másico del Agua en el Intercambiador de Calor:

Para poder encontrar el flujo másico que tiene el Agua, tomamos en consideración la siguiente premisa:

$$\text{Calor del Aceite} = \text{Calor del Agua}$$

Debido a que el calor que genera el fluido caliente es transmitido al fluido frío (Primera Ley de la Termodinámica). De esta forma encontramos el flujo másico del agua.

$$m_{\text{inter_agua}} := \frac{m_{\text{aceite}} \cdot C_{p_aceite} \cdot (|T_{\text{sal_inter_aceite}} - T_{\text{en_inter_aceite}}|)}{(c_{p_inter_agua}) \cdot (|T_{\text{sal_inter_agua}} - T_{\text{en_inter_agua}}|)} \quad \text{Ec (4.50)}$$

$$m_{\text{inter_agua}} = 0.227 \quad \left(\frac{\text{Kg}}{\text{s}} \right)$$

Velocidad del Agua en el interior del Intercambiador:

Área por donde fluye el Fluido:

$$A_{\text{ext_tubo}} := \frac{\pi \cdot \left(\frac{\text{dext_tubo}}{1000} \right)^2}{4} = 2.375 \times 10^{-4} \quad (\text{m}^2) \quad \text{Ec (4.51)}$$

$$A_{\text{int_coraza}} := \frac{\pi \cdot \left(\frac{\text{DI}}{39.36} \right)^2}{4} = 0.051 \quad (\text{m}^2) \quad \text{Ec (4.52)}$$

$$A_{\text{total}} := A_{\text{int_coraza}} - (N_t \cdot A_{\text{ext_tubo}}) \quad \text{Ec (4.53)}$$

$$A_{\text{total}} = 0.033 \quad (\text{m}^2)$$

$$v_{\text{inter_agua}} := \frac{\left(\frac{m_{\text{inter_agua}}}{\rho_{\text{inter_agua}}} \right)}{A_{\text{total}}} = 6.939 \times 10^{-3} \quad \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right) \quad \text{Ec (4.54)}$$

Cálculo de los Coeficientes de Transferencia de Calor

Coeficiente de Convección Interno (hi):

$$Re_{\text{aceite}} := \frac{v_{\text{aceite}} \cdot \text{dint_tubo} \cdot \rho_{\text{aceite}}}{\mu_{\text{aceite}}} = 1.441 \times 10^4 \quad \text{Ec (4.55) Número de Reynolds}$$

$$Pr_{\text{aceite}} = 725.075 \quad \text{Número de Prandtl}$$

$$\frac{2 \cdot L_t}{\frac{\text{dint_tubo}}{10}} = 96.569$$

Número de Nusselt:¹⁷

Parámetros para el cálculo del Número de Nusselt

$$0.7 < Pr < 16.70$$

$$Re > 1000$$

$$\frac{L}{D} > 10$$

Como se puede observar los valores calculados se encuentran dentro del rango para la selección de Nusselt. Por lo tanto se ocupara la siguiente ecuación de Nusselt:

$$Nu = 0.027 Re^{\frac{4}{5}} Pr^{\frac{1}{3}} \left(\frac{\mu}{\mu_s} \right)^{0.14} \quad \text{Ec (4.56)}$$

Donde:

μ_s aceite Viscosidad Dinámica superficial en los tubos. Evaluada a temperatura media de los fluidos

$$T1_{\text{aceite}} := \frac{Tm_{\text{agua}} + Tm_{\text{aceite}}}{2} = 48.625 \text{ (}^\circ\text{C)} \quad \longrightarrow \quad \mu_s_{\text{aceite}} := 0.13 \left(\frac{\text{N}\cdot\text{s}}{\text{m}^2} \right)$$

Adaptando la fórmula Ec (4.65), a nuestras variables tenemos:

$$Nu_{\text{aceite}} := 0.027 (Re_{\text{aceite}})^{\frac{4}{5}} \cdot (Pr_{\text{aceite}})^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{\mu_{\text{aceite}}}{\mu_{s_{\text{aceite}}}} \right)^{0.14} \quad \text{Número de Nusselt}$$

$$Nu_{\text{aceite}} = 446.894$$

$$hi_{\text{aceite}} := \frac{(Nu_{\text{aceite}}) \cdot (k_{\text{aceite}})}{\frac{d_{\text{int_tubo}}}{1000}} \quad \text{Ec (4.57)}$$

$$hi_{\text{aceite}} = 3.918 \times 10^3 \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right)$$

¹⁷ INCROPERA Frank, DE WITT David, "Fundamentos de Transferencia de Calor", pág. 445.

Coeficiente de Convección Externo (ho):

Diámetro Hidráulico:

$$Dh_{inter} := \frac{\left(\frac{DI}{39.36}\right)^2 - Nt \cdot \left(\frac{dext_tubo}{1000}\right)^2}{Nt \cdot \left(\frac{dext_tubo}{1000}\right)^2} = 1.82 \quad (m) \quad \mathbf{Ec (4.58)}$$

$$Re_{inter_agua} := \frac{(v_{inter_agua}) \cdot (Dh_{inter}) \cdot (\rho_{inter_agua})}{(\mu_{inter_agua})} = 1.487 \times 10^4 \quad \mathbf{Ec (4.59)}$$

$$Pr_{inter_agua} = 5.767 \quad \text{Número de Prandtl}$$

Según los valores obtenidos de Reynolds, Prandtl; la ecuación de Nusselt seleccionada es:

$$Nu = C_2 C Re^m Pr^{0.36} \left(\frac{Pr}{Pr_s}\right)^{\frac{1}{4}} \quad \mathbf{Ec (4.60)} \quad ^{18}$$

Esta ecuación tiene un rango en los parámetros de selección, los cuales son:

$$NL \geq 20$$

$$0.7 < Pr < 500$$

$$1000 < Re_{D, \text{máx}} < 2 \times 10^6$$

Donde:

C, m Son constantes de la fórmula, las cuales se deben determinar mediante tablas.

Prs Número de Prandtl superficial.

C2 Factor de corrección, cuando el Número de Líneas es menor a 20

¹⁸ INCROPERA Frank, DE WITT David, "Fundamentos de Transferencia de Calor", pag.445.

Parámetros para la selección de constantes:

$$\frac{ST_{\text{tubos}}}{SL_{\text{tubos}}} = 1 \quad \text{Re}_{\text{inter_agua}} = 1.487 \times 10^4$$



$$C_{\text{tubo}} := 0.35 \left(\frac{ST_{\text{tubos}}}{SL_{\text{tubos}}} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$C_{\text{tubo}} = 0.35$$

$$m_{\text{tubo}} := 0.6$$

$$C2 := 0.92$$

Para el Cálculo de Prs (Prandtl Superficial), se debe tomar en cuenta un valor de temperatura promedio de los dos fluidos, la cual es:

$$T1_{\text{agua}} := 48.62 \text{ (}^\circ\text{C)} \quad \longrightarrow \quad Prs_{\text{tubo}} := 3.6$$

$$Nu_{\text{inter_agua}} := C2 \cdot (C_{\text{tubo}}) \cdot (Re_{\text{inter_agua}})^{m_{\text{tubo}}} \cdot (Pr_{\text{inter_agua}})^{0.36} \cdot \left(\frac{Pr_{\text{inter_agua}}}{Prs_{\text{tubo}}} \right)^{\frac{1}{4}}$$

$$Nu_{\text{inter_agua}} = 216.171$$

$$ho_{\text{agua}} := \frac{(Nu_{\text{inter_agua}}) \cdot k_{\text{inter_agua}}}{Dh_{\text{inter}}} = 72.819 \quad \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{K}} \right) \quad \begin{array}{l} \text{Factor de Convección} \\ \text{Externa} \end{array}$$

Coefficiente Global de Transferencia de Calor (Uo):

$$Uo = \frac{1}{\frac{ro}{rihi} + \frac{ro}{ri} Rdi + \frac{ro}{K_{\text{material}}} \ln\left(\frac{ro}{ri}\right) + Rdo + \frac{1}{ho}}$$

Donde:

ro Radio externo del tubo

ri Radio interno del tubo

Rdi Factor de Incrustación Interno

Rdo Factor de Incrustación Externo

Kmaterial Conductividad Térmica del Tubo

Las constantes para calcular el Coeficiente Global de Transferencia de Calor, son:

$$R_{di_inter} := 0.000 \left(\frac{m^2 \cdot ^\circ K}{W} \right)$$

$$R_{do_inter} := 0.000 \left(\frac{m^2 \cdot ^\circ K}{W} \right)$$

$$K_{material_inter} := 150.0 \left(\frac{W}{m \cdot ^\circ K} \right)$$

$$r_{ext_tubo} := \frac{d_{ext_tubo}}{2} = 8.695 \quad (mm)$$

$$r_{int_tubo} := \frac{d_{int_tubo}}{2} = 7.87 \quad (mm)$$

$$U_{o_inter} := \frac{1}{\frac{r_{ext_tubo}}{1000} + R_{di_inter} + \frac{r_{ext_tubo}}{K_{material_inter}} \cdot \ln\left(\frac{r_{ext_tubo}}{r_{int_tubo}}\right) + R_{do_inter} + \frac{1}{h_{o_agua}}}$$

$$U_{o_inter} = 67.382 \left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right)$$

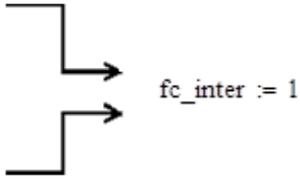
Diferencia Media Logarítmica de Temperatura (DMLT_inter):

$$\Delta T1_inter := T_{en_inter_aceite} - T_{sal_inter_agua} = 41.5 \quad (^\circ C)$$

$$\Delta T2_inter := T_{sal_inter_aceite} - T_{en_inter_agua} = 43 \quad (^\circ C)$$

$$DMLT_inter := \frac{\Delta T2_inter - \Delta T1_inter}{\ln\left(\frac{\Delta T2_inter}{\Delta T1_inter}\right)} = 42.246 \quad (^\circ C)$$

Corrección de la Diferencia Media Logarítmica de Temperatura del (DMLT_inter):

$$P_{inter} := \left| \frac{T_{sal_inter_aceite} - T_{en_inter_aceite}}{T_{en_inter_agua} - T_{en_inter_aceite}} \right| = 0.075$$
$$R_{inter} := \left| \frac{T_{en_inter_agua} - T_{sal_inter_agua}}{T_{sal_inter_aceite} - T_{en_inter_aceite}} \right| = 1.429$$


$fc_{inter} := 1$

$$DMLT_{inter_1} := DMLT_{inter} \cdot fc_{inter} = 42.246 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Calor Transferido por el Intercambiador:

$$A_{inter} := (Nt) \cdot \pi \cdot \left(\frac{dext_tubo}{1000} \right) \cdot \frac{Lt}{100}$$

$$A_{inter} = 3.156 \quad \left(m^2 \right)$$

$$Q_{inter} := (Uo_{inter}) \cdot (A_{inter}) \cdot (DMLT_{inter_1})$$

$$Q_{inter} = 8.983 \times 10^3 \quad (W)$$

Efectividad del Intercambiador:

$$\varepsilon = \frac{C_c * (T1 - T2)}{C_{min} * (T3 - T4)}$$

Donde:

$$Cc_{inter} := (m_{inter_agua}) \cdot (cp_{inter_agua}) \quad \text{Capacidad Calorífica del agua}$$

$$Cc_{inter} = 949.243 \quad \left(\frac{J}{kg \cdot ^\circ K} \right)$$

$$Ch_{inter} := (m_{aceite}) \cdot (Cp_{aceite}) \quad \text{Capacidad Calorífica del Aceite}$$

$$Ch_{inter} = 1.356 \times 10^3 \quad \left(\frac{J}{kg \cdot ^\circ K} \right)$$

Si $Cc < Ch$, el fluido caliente experimentaría el cambio de temperatura más grande y se enfriaría a la temperatura de entrada del fluido frío.

$$\varepsilon_2 := \left[\frac{Ch_{inter} \cdot (T_{en_inter_aceite} - T_{sal_inter_aceite})}{Cc_{inter} \cdot (T_{en_inter_aceite} - T_{en_inter_agua})} \right] \cdot 100$$

$$\varepsilon_2 = 10.753 \quad \%$$

Caída de Presión en el Intercambiador:

$$h = f \frac{L}{d} \frac{v^2}{2gr}$$

Donde:

f Factor de Fricción de la tubería

d Diámetro de la tubería

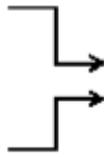
v² Velocidad del Flujo

gr Gravedad

Rugosidad Relativa:

$\varepsilon_{\text{acero}} := 4.6 \cdot 10^{-5}$ (m) *Rugosidad*

dint_tubo = 15.74 (mm) *Diámetro Hidráulico*

$\frac{\frac{\text{dint_tubo}}{1000}}{\varepsilon_{\text{acero}}} = 342.174$
 $\text{Re}_{\text{aceite}} = 1.441 \times 10^4$  f_inter_aceite := 0.033;

Velocidad del Flujo:

v_aceite = 0.051 $\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$

$$h_{\text{inter_aceite}} := f_{\text{inter_aceite}} \cdot \left(\frac{\frac{\text{Lc}}{100}}{\frac{\text{dint_tubo}}{1000}} \right) \cdot \left[\frac{v_{\text{aceite}}^2}{2 \cdot (9.8)} \right] \quad \text{Ec (4.61)}$$

$h_{\text{inter_aceite}} = 2.297 \times 10^{-4}$ (m)

$P_{\text{perdida_inter}} := (h_{\text{inter_aceite}}) \cdot (\rho_{\text{aceite}}) \cdot 1.422 \cdot 10^{-3} = 2.804 \times 10^{-4}$ (PSI)

4.2.2.3 ANÁLISIS DE LA PERDIDA DE ENERGÍA DEBIDO A LA FRICCIÓN EN LA TUBERÍA

DATOS DEL CIRCUITO:

Bomba

Tipo de Bomba:	Centrifuga vertical
Dimensiones de la Bomba:	2 x 1 1/2 x 8
	$\phi_{suction} := 2$ (plg)
	$\phi_{descarga} := 1.5$ (plg)
	$\phi_{impulsor} := 8$ (plg)
Caudal de succión de la Bomba:	$Q_{suction} := 40$ (GLM)
Presión de Descarga de la Bomba:	$Psal_{bomba} := 25$ (PSI)
Longitud total de la tubería del sistema:	$L1 := 21.8$ (m)
Temperatura de entrada a la bomba y al	$Tsal_{agua} = 25$ (°C)

Intercambiador:

Propiedades del agua a: $Tsal_{agua} = 25$ (°C)

Densidad:	$\rho_{-1} := 997$	$\left(\frac{kg}{m^3}\right)$
Viscosidad Cinemática	$\nu_{-1} := 8.94 \cdot 10^{-7}$	$\left(\frac{m^2}{s}\right)$
Gravedad	$g_r := 9.8$	$\left(\frac{m}{s^2}\right)$
Peso específico	$\gamma_{-agua} := 9780$	$\left(\frac{N}{m^3}\right)$

Presión a la Llegada de la Bomba:

Para el cálculo de la presión a la entrada de la bomba, utilizaremos la ecuación general de la energía, la cual es (Ver Figura 4.6):

La ecuación queda de la siguiente manera:

$$\frac{P_A}{\gamma} + Z_A + \frac{V_A^2}{2gr} + h_A - h_R - h_L = \frac{P_B}{\gamma} + Z_B + \frac{V_B^2}{2gr} + h_B$$

Donde:

PA Presión en el punto A

VA Velocidad por el punto A

ZA Altura en el punto A

PB Presión en el punto B

VB Velocidad por el punto B

ZB Altura en el punto B

gr Gravedad

hA Energía añadida por la bomba

hR Energía removida por el motor

hL Pérdidas de energía debido a los conductos, accesorios.

$$P_B = \left(\frac{P_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2gr} + Z_A - Z_B - \sum H_r \right) \gamma$$

Presión en el punto B

Área de succión de la Bomba:

$$A_{\text{succion}} := \pi \cdot \frac{\left(\frac{\phi_{\text{succion}}}{39.36} \right)^2}{4} = 2.028 \times 10^{-3} \quad (\text{m}^2)$$

Velocidad de succión de la Bomba:

$$v_{\text{succión}} := \frac{Q_{\text{succión}}}{A_{\text{succión}}} = 1.244 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

Número de Reynolds:

$$Re_1 := \frac{L1 \cdot v_{\text{succión}}}{\nu_1} = 3.047 \times 10^7$$

Rugosidad Relativa:

$$\varepsilon := 4.610^{-4} \text{ (m) } \textit{Rugosidad de la Tubería}$$

$$\frac{\phi_{\text{succión}}}{\varepsilon} = 110.463$$

Con los valores del número de Reynolds y la rugosidad relativa podremos encontrar el valor de Factor de Fricción, mediante la utilización del Diagrama de Moody.

$$\begin{array}{l} Re_1 = 3.047 \times 10^7 \\ \frac{\phi_{\text{succión}}}{\varepsilon} = 110.463 \end{array} \quad \left. \begin{array}{l} \rightarrow \\ \rightarrow \end{array} \right\} f_1 := 0.036 \quad \textit{Factor de Fricción}$$

$$hl_1 := f_1 \cdot \frac{L1}{\phi_{\text{succión}}} \cdot \frac{v_{\text{succión}}}{2 \cdot gr}$$

$$hl_1 = 1.007 \text{ (m)}$$

$$PI_1 := \frac{hl_1 \cdot \rho_{\text{agua}}}{6894.75} = 0.143 \quad \text{(PSI)}$$

Perdidas Menores, debido a los accesorios del sistema:

TABLA 4.3 Accesorios de Refrigeración del Agua - Circuito Aceite

CANTIDAD	ACCESORIO	CARACTERÍSTICA	LONGITUD EQUIVALENTE, L/D	FACTOR DE FRICCIÓN
2	Codo 45°	1 ½ "	16	0,021
10	Codo 90°	1 ½ "	30	0,023
8	Codo 90	Radio largo, 2"	20	0,019
3	Válvula de Compuerta	2"	8	0,019

Codos 45, radio largo $k_1 := 2 \cdot 16 \cdot 0.021 = 0.672$

Codos 90, radio largo $k_2 := 8 \cdot 20 \cdot 0.018 = 2.88$

Válvula de compuerta $k_3 := 2 \cdot 8 \cdot 0.019 = 0.304$

Codo 90, radio corto $k_4 := 10 \cdot 30 \cdot 0.023 = 6.9$

$K_T := k_1 + k_2 + k_3 + k_4 = 10.756$

$h_{s_1} := K_T \cdot \frac{v_{succión}^2}{2 \cdot g} = 0.85 \quad (m)$

$\Sigma Hr := h_{l_1} + h_{s_1} = 1.856 \quad (m)$

La distancia entre el punto B y A, es igual $Z_B - Z_A = Z_1$ (Ver Figura 4.61)

$Z_1 := 2.4 \quad (m)$

$P_B := P_{sal_bomba} - 6894.75 + \left(-Z_1 + \frac{v_{succión}^2}{2 \cdot g} - \Sigma Hr \right) \gamma_{agua}$

$P_B = 1.305 \times 10^5 \quad (Pa)$

La presión de llegada al Punto A es de 0.49 (atm) (Ver en el apartado 4.1.1.3 de este capítulo). El valor de la presión en el punto B es 130500 (Pa), que es equivalente a 1.28 (atm). Por lo que se puede observar que la presión con la que desciende el agua desde el punto A hacia al punto B es similar a la presión atmosférica 1(atm).

Energía Transmitida por la Bomba al Agua:

$$hb := \frac{PB - (-Psal_bomba) \cdot 6894.75}{\gamma_agua} + Z1 + \frac{v_succion}{2 \cdot gr}$$

$$hb = 33.535 \text{ (m)}$$

Potencia que utiliza la bomba:

$$P := \gamma_agua \cdot hb \cdot \frac{Q_succion}{15850.32}$$

$$P = 827.681 \text{ (W) Equivalente a 1 HP}$$

CABEZA DE SUCCIÓN POSITIVA NETA ADMISIBLE (NPHSA):

Además de los requerimientos de cabeza total, capacidad, potencia, y eficiencia, se debe tener muy en consideración la entrada a la bomba. La entrada del sistema o también llamado succión debe ser capaz de permitir la entrada a la bomba de un flujo paralelo de líquido a una presión suficientemente alta, para evitar la formación de burbujas.

Para poder evitar la presencia de burbujas, se debe evitar que la presión de la entrada sea menor que la presión a la cual se presentaría la vaporización a la temperatura de operación del líquido.

TABLA 4.4 Accesorios de la salida del Agua del Radiador hacia el Motor - Circuito

Aceite

CANTIDAD	ACCESORIO	CARACTERÍSTICA	LONGITUD EQUIVALENTE, L/D	FACTOR DE FRICCIÓN
8	Codo 90	Radio largo, 2"	20	0,019
1	Válvula de Compuerta	2"	8	0,019

Longitud de la tubería en este tramo $L2 := 8.7'$ (m)

Presión local $P_local := 1$ (atm)

Temperatura de trabajo $Tsal_agua = 25$ (°C)

La expresión que calcula el NPSHA, es la siguiente:

$$NPSH_A = h_{sp} \pm h_s - h_{r_{suc}} - h_{vp}$$

Donde:

h_{sp} cabeza de presión absoluta estática aplicada al fluido.

h_s Diferencia de elevación desde el nivel del fluido en el depósito hacia la entrada de la bomba.

$h_{r_{suc}}$ Pérdidas por fricción en la tubería de succión.

h_{vp} presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo.

Desarrollo:

$$h_s := 2.4 \text{ (m)}$$

$$h_{sp} := \frac{\left(\frac{PB}{6894.75} + P_{sal_bomba} \right)}{\gamma_{agua} \cdot 3.68 \cdot 10^{-6}} = 1.221 \times 10^3 \text{ (plg)}$$

Cabeza de presión absoluta estática aplicada al fluido

$$h_{r_{suc}} = h_{primarias} + h_{secundarias}$$

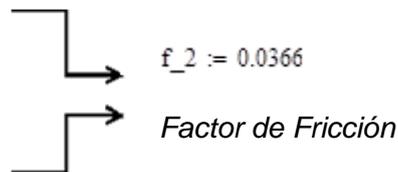
Pérdidas por Fricción en la Tubería de succión

Pérdidas Primarias:

$$Re_2 := L2 \cdot \frac{v_{succion}}{v_1} = 1.218 \times 10^7$$

$$\frac{\phi_{succion}}{39.36} = 110.463$$

$$h_{p_2} := f_2 \cdot \frac{L2}{\frac{\phi_{succion}}{39.36}} \cdot \frac{v_{succion}^2}{2 \cdot gr} = 0.498 \text{ (m)}$$



Pérdidas Secundarias

$$\text{Codo } 90^\circ \quad k_8 := 8 \cdot 200 \cdot 0.019 = 3.04$$

$$\text{Válvula de compuerta} \quad k_9 := 1 \cdot 8 \cdot 0.019 = 0.152$$

$$KT1 := k_8 + k_9 = 3.192$$

$$hs_2 := KT1 \cdot \frac{v_succion^2}{2 \cdot gr} = 0.252 \quad (\text{m})$$

$$hrsuc := hp_2 + hs_2 = 0.75 \quad (\text{m})$$

Para poder calcular la presión de vapor del líquido se necesita saber la temperatura de trabajo del fluido de trabajo, el cual es:

$$Tsal_agua = 25 \quad (^\circ\text{C}) \quad \longrightarrow \quad hvp := 0.3 \quad (\text{m})$$

$$NPSHA := hs + \frac{hsp}{39.36} + hrsuc + hvp$$

$$NPSHA = 34.563 \quad (\text{m})$$

CABEZA DE SUCCIÓN POSITIVA NETA REQUERIDA (NPSHR):

$$NPSHR = H_z + \frac{V^2}{2gr}$$

Donde:

H_z Presión mínima requerida en el Rodete

$$H_z := P_{sal_bomba} = 25 \quad (\text{PSI})$$

$$NPSHR := \frac{H_z \cdot 6894.757}{(\gamma_agua)} + \frac{v_succion^2}{2 \cdot gr}$$

$$NPSHR = 17.704 \quad (\text{m})$$

Si la Cabeza de Succión Neta Positiva Disponible (NPSHA) es mayor que la Cabeza de Succión Positiva Requerida (NPSHR), el sistema no entrará en Cavitación.

$NPSHA > NPSHR$

34.731 > 17.68:

34.731 > 17.685 Si cumple la condición de Cavitación

4.2 DISEÑO TÉRMICO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN OPTIMIZADO

El Diseño del nuevo sistema de refrigeración se basará en la necesidad de poder trabajar con un solo circuito, en el cual se pueda refrigerar tanto el agua del motor como el agua del aceite. El esquema del nuevo diseño se lo presenta a continuación; teniendo en cuenta la temperatura de salida del Radiador, caudal entregado por la Bomba Centrífuga, temperatura de agua a la salida del motor, etc.

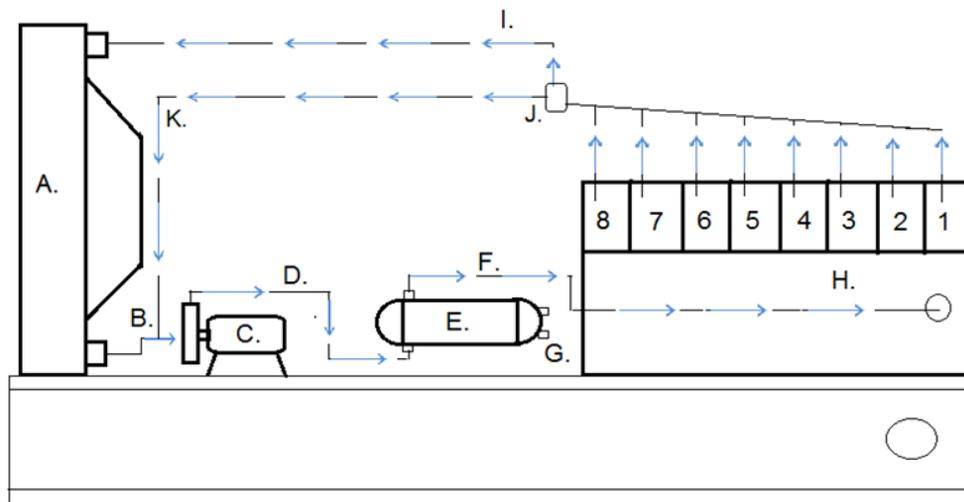


FIGURA 4.9 Esquema de Sistema de Refrigeración Nuevo.

Donde:

- A. Radiador
- B. Tubería de Succión de la Bomba
- C. Bomba Centrífuga

- D. Tubería de Descarga de la Bomba
- E. Intercambiador de Calor
- F. Tubería de Entrada al Motor
- G. Tubería de Aceite
- H. Motor
- I. Tubería de Salida del Motor
- J. Termostato
- K. Tubería de Recirculación del Agua.

Para poder iniciar el cálculo del nuevo Sistema de Refrigeración, se especificara los parámetros requeridos por el mismo. Cabe indicar que el diseño tendrá un Rango de Operación; dentro del cual se tendrá que satisfacer las necesidades de este. Esto se lo realiza para poder contar con un mínimo y un máximo para la operación del Equipo.

Los valores con los que se va ha trabajar se presenta a continuación.

Datos:

Agua

Temperatura de Entrada de Agua al Radiador: $T_{en_agua_radiador} := 77(^{\circ}C)$

Temperatura de Salida de Agua del Radiador: $T_{sal_agua_radiador} := 22(^{\circ}C)$

Caudal de agua a la entrada del Radiador: $C_{en_agua} := 3^{\circ}(GLM)$

Aire

Temperatura de entrada del aire al Radiador: $T_{en_aire_radiador} := 20 (^{\circ}C)$

Velocidad de entrada del aire al Radiador: $V_{en_aire} := \epsilon \left(\frac{m}{s} \right)$

Bomba Centrifuga:

Caudal de Salida de la Bomba:

$C_{sal_agua_bomba} := 35 (GLM)$

Temperatura de Entrada a la bomba:

$T_{en_bomba} := T_{sal_agua_radiador}$

$T_{en_bomba} = 22 (^{\circ}C)$

Intercambiador de Calor para el Aceite:

Temperatura de Entrada del Agua al Intercambiador:

$T_{en_agua_inter} := T_{sal_agua_radiador} = 22 (^{\circ}C)$

Temperatura de Salida del Agua del Intercambiador:

$T_{sal_agua_inter} := 3 (^{\circ}C)$

Motor de Combustión Interna:

Temperatura de Entrada de agua al Motor:

$T_{en_agua_motor} := T_{sal_agua_inter}$

$T_{en_agua_motor} = 30 (^{\circ}C)$

Temperatura de Salida del Agua del Motor:

$T_{sal_agua_motor} := T_{en_agua_radiador}$

$T_{sal_agua_motor} = 77 \text{ (}^\circ\text{C)}$

4.2.1 CÁLCULO DEL SISTEMA DE TUBERÍAS, ACCESORIOS, Y ANÁLISIS DE LA BOMBA CENTRIFUGA

Para poder diseñar cada uno de los tramos del nuevo circuito de refrigeración, nos basaremos en la Ecuación de Bernoulli Ec (4.34) para poder calcular y analizar datos que se requiera.

Tramo 1: Radiador

$$\frac{P_A}{\gamma} + Z_A + \frac{V_A^2}{2gr} - h_L = \frac{P_B}{\gamma} + Z_B + \frac{V_B^2}{2gr}$$

Ecuación de Bernoulli

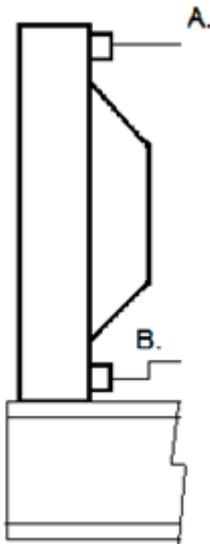


FIGURA 4.10 Tramo 1

Donde:

$P_A := 7$ (PSI) Gravedad

$\Delta Z := 3$ (m) Presión en el punto A

$V_A := 2.40$ $\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$ Altura (ZA-ZB)

$\phi_A := 2$ (plg) Velocidad en el punto A

$\phi_B := 2$ (plg) Diámetro en el punto A

$\gamma := 9560$ $\left(\frac{\text{N}}{\text{m}^3}\right)$ Diámetro en el punto B

$gr := 9.8$ $\left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$ Peso específico del agua a 77°C

La Ec (4.34), nos queda de la siguiente manera:

$$P_B := \frac{P_A + (\Delta Z)\gamma + \frac{V_A^2}{2 \cdot gr} \cdot \gamma}{6894.757} \quad \text{Ec (4.74)}$$

$$P_B = 4.568 \quad (\text{PSI})$$

Tramo 2: Entrada a la Bomba Centrifuga

Ecuación de Bernoulli:

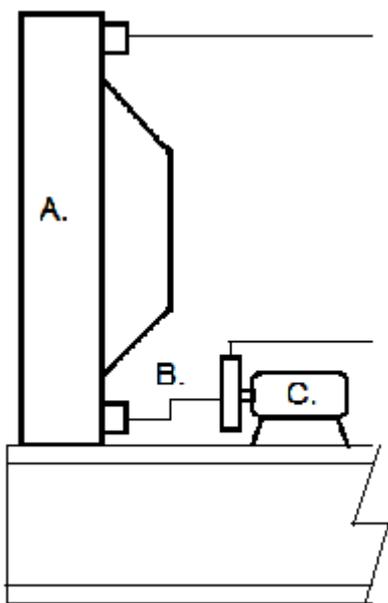


FIGURA 4.11 Tramo 2

$$\frac{P_A}{\gamma} + Z_A + \frac{V_A^2}{2gr} - h_L = \frac{P_B}{\gamma} + Z_B + \frac{V_B^2}{2gr}$$

Donde:

$$P_B = 4.568 \quad (\text{PSI}) \quad \text{Gravedad}$$

$$\Delta Z_1 := 0 \quad (\text{m}) \quad \text{Presión en el punto B}$$

$$V_B := 1 \quad \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right) \quad \text{Altura (ZB-ZC)}$$

$$\phi_B = 2 \quad (\text{plg}) \quad \text{Velocidad en el punto B}$$

$$\gamma_1 := 979 \left(\frac{\text{N}}{\text{m}^3} \right) \quad \text{Diámetro en el punto B}$$

$$gr = 9.8 \quad \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \quad \text{Peso específico del agua a } 20^\circ\text{C}$$

De la Ecuación de Bernoulli, se calculará el caudal que ingresa a la bomba; para esto se debe tener en cuenta las propiedades de la tubería las cuales son:

TABLA 4.5 Datos de la Tubería de 2 plg.

PROPIEDADES DE TUBERÍA 2(PLG)	
Calibre	40
Diámetro Nominal	2 plg.
Diámetro Exterior	2.375 plg
Diámetro Interior	2.067 plg.
Espesor	0,154 plg

$$QC := \left[\pi \cdot \frac{\left(\frac{2.067}{39.36} \right)^2}{4} \right] \cdot VB \quad \text{Ec (4.62)}$$

$$QC = 2.166 \times 10^{-3} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right)$$

Caudal de Entrada a la bomba

Tramo 3: Salida de la Bomba de Agua - Entrada al Intercambiador de Calor para el Aceite.

Donde:

$$PD := 30 \quad (\text{PSI}) \quad \text{Presión Máxima}$$

$$\Delta Z2 := 0.5 \quad (\text{m}) \quad \text{Altura (ZC-ZD)}$$

$$VD := 2.4 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right) \quad \text{Velocidad en el punto D}$$

$$\phi D := 1.5 \quad (\text{plg}) \quad \text{Diámetro en el punto D}$$

$$\gamma 1 = 9.79 \times 10^3 \left(\frac{\text{N}}{\text{m}^3} \right) \quad \text{Peso específico del agua}$$

$$gr = 9.8 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \quad \text{Gravedad}$$

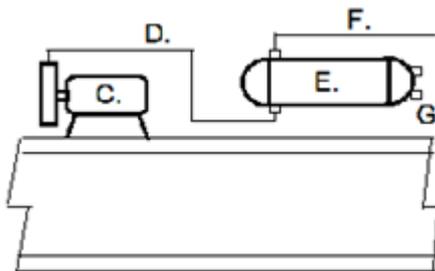


FIGURA 4.12 Tramo 3

De la ecuación de Bernoulli, despejaremos el valor de la presión con la que llega a la entrada del Intercambiador, por lo tanto tendremos la ecuación de la siguiente manera:

$$P_E = P_D - (Z_E - Z_D) \cdot \gamma 1$$

$$PE := PD - \frac{[(\Delta Z2) \cdot \gamma 1]}{6894.7575}$$

$$PE = 29.29 \quad (\text{PSI})$$

La velocidad con la que sale de la Bomba de Agua es la misma con la que llega a la entrada del Intercambiador de Calor

$$V_E := V_D = 2.4 \left(\frac{m}{s} \right)$$

Tramo 4: Salida del Intercambiador - Entrada al Motor

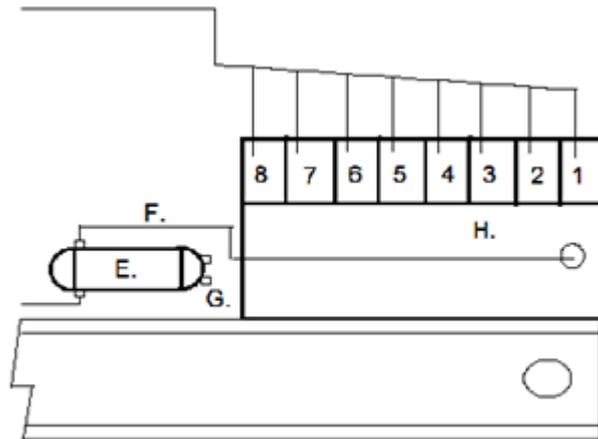


FIGURA 4.13 Tramo 4

En este tramo, tanto la velocidad como la presión a la que entra en el motor son las mismas que las de salida del Intercambiador. Esto se debe a que la diferencia de alturas entre estos dos sistema de control son pequeñas a comparación de la altura total a la que se tiene que bombear. De igual manera sucede con la perdida provocada por la longitud y accesorios de la tubería.

$$P_H := P_E = 29.29 \text{ (PSI)}$$

$$V_H := V_D = 2.4 \left(\frac{m}{s} \right)$$

Tramo 5: Entrada del Motor-Salida del motor.

Para este tramo se calculará la perdida provocada por el motor. Cabe señalar que el motor se tomara en cuenta como un accesorio que produce una pérdida.

De la ecuación de Bernoulli, se tiene:

$$h_1 = \frac{P_H - P_I}{\gamma} - (Z_H - Z_I) + \frac{V_H^2}{2 * gr}$$

Donde:

$P_H = 29.29$ (PSI) Presión en el Punto H

$P_I := 6$ (PSI) Presión en el Punto I

$\Delta Z_3 := 1$ (m) Altura (ZH-ZI)

$V_H := 2.4$ $\left(\frac{m}{s}\right)$ Velocidad en el punto H

$\phi_H := 2$ (plg) Diámetro en el punto H

$\gamma_1 = 9.79 \times 10^3$ $\left(\frac{N}{m^3}\right)$ Peso específico del agua a 20°C

$g_r = 9.8$ $\left(\frac{m}{s^2}\right)$ Gravedad

$$h_1 := \frac{(P_H - P_I)6894.75}{\gamma_1} - \Delta Z_3 + \frac{V_H^2}{2 \cdot g_r}$$

$h_1 = 15.696$ (m)

$$\text{Perdida_motor} := \frac{h_1 \cdot \gamma_1}{6894.75} \text{ Ec (4.63)}$$

$\text{Perdida_motor} = 22.287$ (PSI)

Tramo 6: Salida del Motor - Entrada al radiador

El valor de la presión a la entrada del radiador será el valor de la diferencia entre el valor de entrada menos el valor de salida del motor.

Se tomará esta consideración debido a que la longitud que debe recorrer el agua hasta el radiador y los accesorios es mínima a comparación del resto del sistema.

4.2.1.1 SELECCIÓN DE LA BOMBA CENTRÍFUGA

Para poder seleccionar la Bomba Centrífuga se requerirá de ciertos parámetros (Capacidad de Bombeo, Altura de Impulsión, Temperatura del fluido bombeado, etc.) los cuales son indispensables para la selección de la misma.

Datos:

Csal_agua_bomba := 35 (GLM) Caudal de Salida de la Bomba:

Ten_bomba := 22 (°C) Temperatura de Entrada a la Bomba:

Parámetros para el Análisis y Selección de la Bomba Centrífuga.

Ha := 0.2 (m) Altura de Aspiración

Hi := 1 (m) Altura de Impulsión

Hg := 1.20 (m) Altura Geométrica

Di := 1.5 (plg) Diámetro Tubería Impulsión

Da := 2 (plg) Diámetro Tubería Aspiración

Li := 13.6 (m) Longitud Tubería de Impulsión

La := 1.20 (m) Longitud Tubería de Aspiración

Cálculo de la Altura Manométrica (Hm):

$$Hm = (Ha + Pca) + (Hi + Pci) + \% \text{ Altura Seguridad} \quad \text{Ec (4.64)}$$

Pérdidas de Carga en la Aspiración (Pca):

TABLA 4.6 Accesorios de la Aspiración

CANTIDAD	ACCESORIO	CARACTERÍSTICA	LONGITUD EQUIVALENTE, L/D	FACTOR DE FRICCIÓN, ft	PERDIDA m
2	Tee	2"	20	0,019	2,1
1	Válvula compuerta	2"	8	0,019	0,42
1	Codo 90°	2"	20	0,019	1,05
1	Longitud Tubería Aspiración				1,28
				TOTAL	4,85

Pérdida de Aspiración:

$$Per_{asp} := 4.8 \quad (\text{m})$$

Las pérdidas de carga para el caudal y diámetro de tubería de acero son de 2%.

$$Pca := 2 \cdot \frac{Per_{asp}}{Csal_{agua_bomba} \cdot 0.227} = 1.221 \quad (\text{m}) \quad \mathbf{Ec (4.65)}$$

Pérdida de Carga en la Impulsión (Pci):

TABLA 4.7 Accesorios en la Impulsión

CANTIDAD	ACCESORIO	CARACTERÍSTICA	LONGITUD EQUIVALENTE, L/D	FACTOR DE FRICCIÓN, ft	PÉRDIDA, m
4	Codo 90	2"	20	0,019	4,2
2	Codo 45	2"	16	0,019	1,68
1	Válvula Globo	2"	8	0,019	0,42
1	Tee	2"	20	0,019	1,05
4	Codo 90	1 1/2"	20	0,021	3,272
1	Longitud Tubería Impulsión				12,65
				TOTAL=	23,272

Pérdida de Impulsión $Per_{imp} := 23.27 \quad (\text{m})$

Las pérdidas de carga para el caudal y diámetro de tubería de acero es del 5.2%.

$$Pci := 5.2 \cdot \frac{Per_{imp}}{Csal_{agua_bomba} \cdot 0.227} = 15.232 \quad (\text{m}) \quad \mathbf{Ec (4.66)}$$

Altura de Aspiración:

$$H_{asp} := H_a + Pca = 1.421 \quad (\text{m}) \quad \mathbf{Ec (4.67)}$$

Altura de Impulsión:

$$H_{imp} := H_i + Pci = 16.232 \quad (\text{m}) \quad \mathbf{Ec (4.68)}$$

Porcentaje de Altura de Seguridad:

El porcentaje de la Altura de Seguridad es variante de 1 a 5%; esto dependiendo básicamente del tipo de instalación y fluido bombeado.

$$H_{\%} := (H_{asp} + H_{imp}) \cdot 0.05 = 0.883 \quad (\text{m}) \quad \text{Ec (4.69)}$$

Altura Manométrica Total:

$$H_m := H_{asp} + H_{imp} + H_{\%} = 18.535 \quad (\text{m}) \quad \text{Ec (4.70)}$$

Cabeza de Succión Positiva Neta Admisible (NPSHD):

$$NPSH_{Disponible} = P_{ab} - H_a - T_v - P_{ca}$$

Donde:

Presión Atmosférica presión en el depósito $P_{ab} := 1 \quad (\text{atm})$

Altura Geométrica $H_g = 1.2 \quad (\text{m})$

Pérdidas de carga en la aspiración $P_{ca} = 1.221 \quad (\text{m})$

Tensión de Vapor del Líquido a temperatura de Bombeo $T_v := 0.41 \quad (\text{atm})$

$$NPSH_{disponible} := P_{ab} \cdot 10 - H_g - P_{ca} - T_v \cdot 10$$

$$NPSH_{disponible} = 3.449 \quad (\text{m})$$

Cabeza de Succión Positiva Neta Requerida (NPSHR):

Para poder calcular el NPSHR Requerido, se lo puede realizar mediante dos opciones:

1. El valor del NPSH Requerido, depende del diseño de la bomba, tamaño, y condiciones de servicio siendo un dato a facilitar por el fabricante.
2. Este valor puede ser obtenido mediante el uso de Curvas Características, dependiendo del tipo de bomba.

Para este caso se escogerá la opción 2. Para esto se tiene la Curva Características de la Bomba, la cual se puede observar en el Anexo D, donde se obtendrá la siguiente información:

- a) PUNTO 1: Para el caudal ($Q=35 \text{ GLM}$) y la altura Manométrica Total ($H_m=18.53 \text{ m}$), mediante nuestra gráfica obtenemos que el Diámetro del Impulsor es 8 pulgadas.

- b) La eficiencia de la bomba es menor 55 %.
- c) PUNTO 3: El NPSH Requerido es de 8 pies + 0.5 m de margen de seguridad el equivalente es de 2.94 m.
- d) La potencia consumida por la bomba esta dentro de un rango de 1-1 1/2 Hp.

TABLA 4.8 Requerimientos de Bomba

Altura Manométrica	Caudal	Velocidad de Giro	Bomba			
			Diámetro Impulsión	Diámetro Aspiración	NPSH Requerido	Potencia Absorbida
m	GLM	R.P.M.	Plg.	Plg.	m	HP
18.53	35	1750	1½	2	2.94	1

Mediante el siguiente análisis determinaremos si la Bomba 1 1/2 x 2 x 8; será suficiente para poder satisfacer nuestros requerimientos.

- e) REGIÓN abcd: La máxima altura de impulsión que tiene la bomba con un Diámetro de Impulsor equivalente a 8 pulgadas es de 64 pies (19.5 m) en un rango de caudal de 10-60 (GLM)
- f) PUNTO 2: Con el caudal máximo de 160 (GLM) y un Diámetro de Impulsor igual a 8 pulgadas, podemos impulsar un fluido a una altura de 42 pies (12.8 m.).
- g) La eficiencia de la bomba tiene un rango de 40 a 55%, impulsando a la máxima altura.
- h) PUNTO 3: El NPSH Requerido se mantiene constante en el rango de 10 a 60 (GLM), siendo este valor equivalente a 8 pies + 0.5 m margen de seguridad (2.94 m).

Como podemos darnos cuenta la bomba de características 1 1/2 x 2 x 8, satisface los requerimientos del sistema.

TABLA 4.9 Características de la Bomba Disponible

Altura Manométrica	Caudal	Velocidad de Giro	Bomba			
			Diámetro Impulsión	Diámetro Aspiración	NPSH Requerido	Potencia Absorbida
m	GLM	R.P.M.	Plg.	Plg.	m	HP
21.53	10-60	1750	1½	2	2.94	1-2

Para que no exista el fenómeno de Cavitación es necesario que se cumpla la siguiente premisa:

$$NPSH_{\text{Disponible}} > NPSH_{\text{Requerido}}$$

$$3.449\text{m} > 2.94\text{r}$$

Por lo tanto no existirá Cavitación

4.2.1.2 CALCULO DE ESPESOR DE LA TUBERÍA

Se determinará el espesor necesario para la tubería del nuevo sistema rediseñado. La tubería escogida es SA 53 Gr B SCH 40, debido a la existencia en stock de bodega.

Cabe indicar que el cálculo de espesor se lo realizara para dos tipos diferentes de tubería, ya que la aspiración (2 plg) e impulsión (1 1/2 plg) de la Bomba Centrífuga son de diferentes diámetros.

$$t = \frac{P * D}{2(S * E + P * Y)} + CA \quad \text{Ec (4.71)}^{19}$$

Donde:

Espesor	t	(plg)
Presión de Diseño	P	$\left(\frac{\text{lb}}{\text{plg}^2} \right)$
Diámetro Exterior del tubo	D	(plg)
Máximo Esfuerzo disponible	S	(PSIG)

¹⁹ Código ASME B31.3

por el Material

Factor de Eficiencia	E	
Coeficiente de Temperatura y Material.	Y	
Corrosión Admisible	CA	(plg)

Cálculo para la tubería de 1 1/2 plg.

Espesor	t	(plg)
Presión de Diseño, P=50 PSI	$P := 49.8$	$\left(\frac{\text{lb}}{\text{plg}^2} \right)$
Diámetro Exterior del tubo	$D := 1.9$	(plg)
Máximo Esfuerzo disponible por el Material	$S_{xx} := 2000$	(PSIG)
Factor de Eficiencia	$E := 1$	
Coeficiente de Temperatura y Material.	$Y := 0.4$	
Corrosión Admisible	$CA := \frac{1}{16}$	(plg)

$$t := \frac{P \cdot D}{2(S \cdot E + P \cdot Y)} + CA$$

$$t = 0.065 \text{ (plg)}$$

Cálculo para la tubería de 2 plg.

Espesor	t	(plg)
Presión de Diseño, P=50 PSI	$P1 := 49.8$	$\left(\frac{\text{lb}}{\text{plg}^2} \right)$
Diámetro Exterior del tubo	$D1 := 2.37$	(plg)
Máximo Esfuerzo disponible por el Material	$S1 := 2000$	(PSIG)

Factor de Eficiencia $E1 := 1$

Coeficiente de Temperatura y Material. $Y1 := 0.4$

Corrosión Admisible $CA1 := \frac{1}{16}$ (plg)

$$t1 := \frac{P1 \cdot D1}{2(S1 \cdot E1 + P1 \cdot Y1)} + CA1$$

$$t1 = 0.065 \text{ (plg)}$$

Como podemos observar los espesores son los mismos para las dos tuberías ($t=0.065$ plg.), el espesor de la tubería escogida de 1 1/2 y 2 plg. son 0.145 y 0.145 plg. respectivamente. Estos espesores son mayores a los calculados, por lo tanto satisfacen el diseño con este tipo de tubería.

TABLA 4.10 Tubería Utilizada

Diámetro (plg)	Material	Cédula SCH	Espesor (plg)
Ø 1½	SA 53 Gr B	40	0.145
Ø 2	SA 53 Gr B	40	0.145

4.2.2 ANÁLISIS TÉRMICO DEL RADIADOR

Para obtener lograr una mayor eficiencia en cuanto al radiador, este será cambiado por el radiador original del motor. Esta modificación se lo realizará debido a los siguientes parámetros:

- El radiador original tiene menor altura (2 a 1.5 metros) que los instalados en este momento.
- Este radiador cuenta con un ventilador con una capacidad de giro de (1200) rpm.
- Los paneles del radiador se encuentran unificados, para que puedan ser utilizados como un solo circuito de refrigeración y no como los instalados, los cuales se encuentran separados tanto para el circuito de enfriamiento del

aceite y del agua del motor.

Los datos de la geometría del Panel del Radiador es la siguiente:

Número de Filas:	$N_{\text{filas}} := 5$	
Número total de Tubos verticales:	$N_{\text{tubos}} := 808$	
Número total de placas horizontales	$N_{\text{placas}} := 441$	
Material de los Tubos	Bronce, 70%Cu, 30%Zn	
Material de las placas:	Bronce, 70%Cu, 30%Zn	
Espesor de los tubos:	$e_{\text{tubos}} := 0.15$	(mm)
Espesor de las placas:	$e_{\text{placas}} := 0.08$	(mm)
Largo total del tubo	$L_{\text{xxx}} := 1.4$	(m)
Longitud L del Tubo:	$L_{\text{tubo}} := 14$	(mm)
Ancho A del tubo:	$A_{\text{tubo}} := 3$	(mm)
Paso Longitudinal:	$SL := 15$	(mm)
Paso Transversal:	$ST := 10$	(mm)
Ancho "Y" de la placa:	$A_{\text{placa}} := 75$	(mm)
Longitud "X" de la placa:	$L_{\text{placa}} := 126$	(mm)
Perímetro del Tubo	$\text{perimetro_tubo} := 2(A_{\text{tubo}} + L_{\text{tubo}})$	
	$\text{perimetro_tubo} = 34$	(mm)
Área del Tubo:	$\text{area_tubo} := L_{\text{tubo}} \cdot A_{\text{tubo}}$	
	$\text{area_tubo} = 42$	(mm ²)

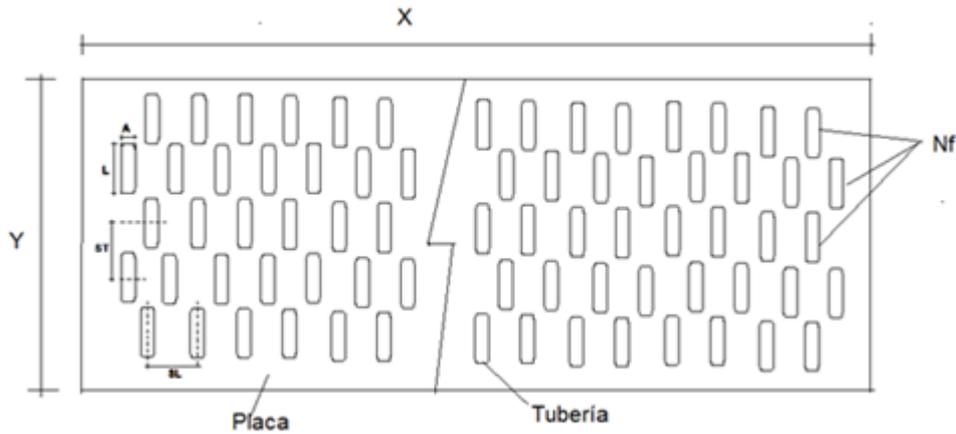


FIGURA 4.14 Vista Superior del panel del Radiador

Análisis para el Agua del Radiador:

Se realizará un análisis térmico del agua, para identificar parámetros que son necesarios para el cálculo de Calor Transferido por el Radiador.

Propiedades del Agua:

$$T_{m1} := \frac{T_{en_agua_radiador} + T_{sal_agua_radiador}}{2} = 49.5 \quad (^\circ\text{C})$$

$$\rho_{agua} := 988.2 \quad \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \quad \text{Densidad}$$

$$c_{p_agua} := 4181.2 \quad \left(\frac{\text{J}}{\text{kgK}} \right) \quad \text{Calor Específico}$$

$$\mu_{agua} := 552.510^{-6} \quad \left(\frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} \right) \quad \text{Viscosidad Dinámica}$$

$$v_{agua} := \frac{\mu_{agua}}{\rho_{agua}}$$

$$v_{agua} = 5.591 \times 10^{-7} \quad \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) \quad \text{Viscosidad Cinemática}$$

$$k_{agua} := 0.642 \quad \left(\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{K}} \right) \quad \text{Conductividad Térmica}$$

$$Pr_{agua} := 3.592 \quad (\text{NE}) \quad \text{Número Prandtl}$$

Flujo Másico del Agua:

$$m_{\text{agua}} := \frac{C_{\text{en_agua}}}{15850.32} \cdot \rho_{\text{agua}} = 2.182$$

$$m_{\text{agua}} = 2.182 \left(\frac{\text{Kg}}{\text{s}} \right)$$

La geometría del Nuevo Radiador se muestra en la Figura 4.8, donde se especificara la altura, ancho, profundidad, y diámetro del ventilador.

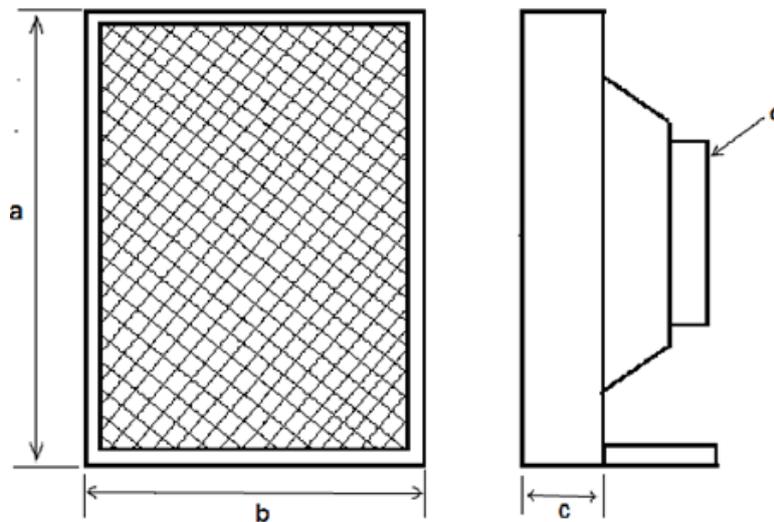


FIGURA 4.15 Dimensiones del Nuevo Radiador

a := 1.50	(m)	Altura del Intercambiador
b := 1.20	(m)	Ancho del Intercambiador
c := 12	(cm)	Espesor del intercambiador
d := 90	(cm)	Diámetro del Ventilador

Área del Intercambiador:

$$A_{\text{intercambiador}} := a \cdot b = 1.8 \left(\text{m}^2 \right)$$

Análisis para el Aire de entrada al Radiador:

Caudal de Aire:

Determinaremos la cantidad de aire que atraviesa por el área del Radiador.

$$C_{\text{aire}} := A_{\text{intercambiador}} \cdot V_{\text{en_aire}}$$

$$C_{\text{aire}} = 10.8 \quad \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right)$$

Velocidad Máxima del Aire:

Para la configuración escalonada, la velocidad máxima puede estar en el plano transversal A1 o el plano diagonal A2. (Ver Figura 4.4)

$$D := A_{\text{tubo}}$$

$$SD1 := \left[SL^2 + \left(\frac{ST}{2} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad SD2 := \frac{ST + D}{2}$$
$$SD1 = 15.811 \text{ (mm)} \quad SD2 = 6.5 \text{ (mm)}$$



$$SD1 > SD2$$

Si $SD1 > SD2$, la velocidad máxima ocurre en el plano transversal A1, por lo tanto la velocidad máxima se calculará de la siguiente manera:

$$V_{\text{máx}} := \frac{ST}{ST - D} \cdot V_{\text{en_aire}}$$
$$V_{\text{máx}} = 8.571 \quad \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

Para poder calcular la temperatura de salida del aire, debemos asumir un valor de Temperatura Final (Salida); el cual se deberá iterar para obtener un valor aproximado.

Asumiendo la temperatura de salida del aire:

$$T_{sal_aire_1} := 35 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Propiedades del Aire:

$$T_{m2_1} := \frac{T_{en_aire_radiador} + T_{sal_aire_1}}{2} = 27.5 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$\rho_{aire1} := 1.159 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \quad \text{Densidad}$$

$$c_{p_aire1} := 1007.1 \left(\frac{\text{J}}{\text{kgK}} \right) \quad \text{Calor Específico}$$

$$T_{sal_aire2} := \frac{m_{agua} \cdot c_{p_agua} \cdot ((T_{en_agua_radiador} - T_{sal_agua_radiador}))}{C_{aire} \cdot \rho_{aire1} \cdot c_{p_aire1}} + T_{en_aire_radiador}$$

$$T_{sal_aire2} = 59.793 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Primera Iteración:

$$T_{sal_aire3} := 59.793 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$T_{m2_2} := \frac{T_{en_aire_radiador} + T_{sal_aire3}}{2} = 39.897 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$\rho_{aire2} := 1.118 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \quad \text{Densidad}$$

$$c_{p_aire2} := 1007.5 \left(\frac{\text{J}}{\text{kgK}} \right) \quad \text{Calor Específico}$$

$$T_{sal_aire4} := \frac{m_{agua} \cdot c_{p_agua} \cdot ((T_{en_agua_radiador} - T_{sal_agua_radiador}))}{C_{aire} \cdot \rho_{aire2} \cdot c_{p_aire2}} + T_{en_aire_radiador}$$

$$T_{sal_aire4} = 61.237 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Segunda Iteración:

$$T_{sal_aire5} := 61.237 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$T_{m2_3} := \frac{T_{en_aire_radiador} + T_{sal_aire5}}{2} = 40.618 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$\rho_{aire3} := 1.116 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \quad \text{Densidad}$$

$$cp_aire3 := 1007.5 \left(\frac{J}{kgK} \right) \quad \text{Calor Específico}$$

$$Tsal_aire6 := \frac{m_agua \cdot cp_agua \cdot ((Ten_agua_radiador - Tsal_agua_radiador))}{C_aire \cdot \rho_aire3 \cdot cp_aire3} + Ten_aire_radiador$$

$$Tsal_aire6 = 61.329 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Tercera Iteración:

$$Tsal_aire7 := 61.329 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$Tm2_4 := \frac{Ten_aire_radiador + Tsal_aire7}{2} = 40.665 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$\rho_aire4 := 1.115 \left(\frac{kg}{m^3} \right) \quad \text{Densidad}$$

$$cp_aire4 := 1007.5 \left(\frac{J}{kgK} \right) \quad \text{Calor Específico}$$

$$Tsal_aire8 := \frac{m_agua \cdot cp_agua \cdot ((Ten_agua_radiador - Tsal_agua_radiador))}{C_aire \cdot \rho_aire4 \cdot cp_aire4} + Ten_aire_radiador$$

$$Tsal_aire8 = 61.332 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Cuarta Iteración:

$$Tsal_aire9 := 61.332 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$Tm2_5 := \frac{Ten_aire_radiador + Tsal_aire9}{2} = 40.666 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$\rho_aire5 := 1.115 \left(\frac{kg}{m^3} \right) \quad \text{Densidad}$$

$$cp_aire5 := 1007.5 \left(\frac{J}{kgK} \right) \quad \text{Calor Específico}$$

$$Tsal_aire10 := \frac{m_agua \cdot cp_agua \cdot ((Ten_agua_radiador - Tsal_agua_radiador))}{C_aire \cdot \rho_aire4 \cdot cp_aire4} + Ten_aire_radiador$$

$$Tsal_aire10 = 61.332 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

El valor de la Temperatura Final de Salida del Aire de Radiador, es:

$$T_{sal_aire_radiador} := T_{sal_aire8} = 61.332 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Cálculo del Error de la temperatura Aproximada:

Obteniendo el valor de Temperatura final se deberá comprobar la influencia que provoca en la capacidad de transferir calor. Para lo cual se calculara el error que produce este valor.

$$T_{m2} := \frac{T_{en_aire_radiador} + T_{sal_aire_radiador}}{2} = 40.666 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Propiedades del Aire a: $T_{m2} = 40.666 \text{ (}^\circ\text{C)}$

$\rho_{aire} := 1.115$	$\left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$	Densidad
$cp_{aire} := 1007.5$	$\left(\frac{\text{J}}{\text{kgK}}\right)$	Calor Específico
$\mu_{aire} := 191 \cdot 10^{-7}$	$\left(\frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}\right)$	Viscosidad Dinámica
$v_{aire} := \frac{\mu_{aire}}{\rho_{aire}}$		
$v_{aire} = 1.712 \times 10^{-5}$	$\left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}}\right)$	Viscosidad Cinemática
$k_{aire} := 27.3110^{-3}$	$\left(\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}\right)$	Conductividad Térmica
$Pr_{aire} := 0.70$	(NE)	Número Prandtl

Flujo Másico del Aire:

$$m_{aire} := C_{aire} \rho_{aire}$$

$$m_{aire} = 12.052 \left(\frac{\text{Kg}}{\text{s}}\right)$$

$$\text{Error} := \frac{|m_{agua} \cdot cp_{agua} \cdot ((T_{en_agua_radiador} - T_{sal_agua_radiador})) - m_{aire} \cdot cp_{aire} \cdot (T_{sal_aire_radiador} - T_{en_aire_radiador})|}{m_{agua} \cdot cp_{agua} \cdot ((T_{en_agua_radiador} - T_{sal_agua_radiador}))} \cdot 100$$

$$\text{Error} = 0 \%$$

Como se puede observar el valor del error es 0, esto nos indica que el valor de temperatura calculada e iterada es el valor exacto.

Diferencia Media Logarítmica de Temperatura (DMLT cc):

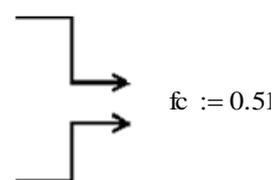
$$\Delta T1 := T_{en_agua_radiador} - T_{sal_aire_radiador} = 15.668 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$\Delta T2 := T_{sal_agua_radiador} - T_{en_aire_radiador} = 2 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$DMLT_{cc} := \frac{\Delta T2 - \Delta T1}{\ln\left(\frac{\Delta T2}{\Delta T1}\right)} = 6.64 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Corrección de la Diferencia Media Logarítmica de Temperatura (DMLT cc):

$$P := \frac{T_{sal_agua_radiador} - T_{en_agua_radiador}}{T_{en_aire_radiador} - T_{en_agua_radiador}} = 0.965$$

$$R := \frac{T_{en_aire_radiador} - T_{sal_aire_radiador}}{T_{sal_agua_radiador} - T_{en_agua_radiador}} = 0.751$$


$$DMLT := DMLT_{cc} \cdot f_c = 3.386 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Cálculo de los Coeficientes de Transferencia de Calor (hi, ho)

Coeficiente de Convección Externo (ho):

Cálculo del Diámetro Hidráulico:

$$Dh = 4 \frac{\text{Área de Flujo}}{\text{Perímetro Mojado}}$$

Adaptando la anterior ecuación a nuestras variables, obtenemos:

$$Dh := 4 \frac{\left[A_{intercambiador} - 323 \left(\frac{A_{tubo}}{1000} \cdot L \right) \right]}{2 \cdot 323 \left(\frac{A_{tubo}}{1000} + L \right)} = 1.427 \times 10^{-3} \text{ (m)}$$

El valor de 323 pertenece a la primera y segunda fila de tubos del radiador, ya que en el cálculo de diámetro hidráulico intervienen estas dos filas.

$$Re_{\text{aire}} := \frac{V_{\text{máx}} D_h \cdot \rho_{\text{aire}}}{\mu_{\text{aire}}} = 714.853$$

$$Pr_{\text{aire}} = 0.705$$

Número de Reynolds

Número de Prandtl

$$Nu = C Re^m Pr^n \left(\frac{Pr}{Pr_s} \right)^{\frac{1}{4}}$$

Número de Nusselt

Los parámetros para ocupar la ecuación de Nusselt, son:

$$0.7 < Pr < 500$$

$$1 < Re_{D, \text{máx}} < 1 \times 10^6$$

Donde:

C, m Son constantes de la fórmula, las cuales se deben determinar mediante tablas

Prs Número de Prandtl superficial.

Los criterios de determinación de constantes son:

$$C1 := 0.51$$

$$m1 := 0.50$$

$$n1 := 0.37$$

Para el Cálculo de Prs (Prandtl Superficial), se debe tomar en cuenta un valor de temperatura promedio de los dos fluidos, la cual es:

$$T_{s1} := \frac{T_{m1} + T_{m2}}{2} = 45.083 \text{ (}^\circ\text{C)} \quad (^\circ\text{C)}$$

$$Pr_s := 0.705$$

Número de Prandtl superficial

calculado a partir de Ts1

$$\text{Nu}_{\text{aire}} := C1 \cdot \text{Re}_{\text{aire}}^{\text{ml}} \cdot \text{Pr}_{\text{aire}}^{\text{n1}} \cdot \left(\frac{\text{Pr}_{\text{aire}}}{\text{Prs}} \right)^{\frac{1}{4}}$$

$$\text{Nu}_{\text{aire}} = 11.986$$

$$h_o := \text{Nu}_{\text{aire}} \cdot \frac{k_{\text{aire}}}{D_h} = 229.305 \quad \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right)$$

Coefficiente de Convección Interno (hi):

$$\text{Re}_{\text{agua}} := \frac{4 \cdot m_{\text{agua}}}{\pi \cdot \left(\frac{\text{perimetro_tubo}}{1000} \right) \cdot (\mu_{\text{agua}}) \cdot (N_{\text{tubos}})}$$

$$\text{Re}_{\text{agua}} = 183.047$$

$$\text{Pr}_{\text{agua}} = 3.595$$

Debido a que el valor de Reynolds es menor a 2000 (Flujo Laminar), se tomara en cuenta las siguientes consideraciones:

Los valores de Nusselt para flujos laminares desarrollados en los tubos de diferente sección transversal (Ver Figura 4.5).

Donde:

$$a1 := A_{\text{tubo}} = 3 \text{ (mm)}$$

$$b1 := L_{\text{tubo}} = 14 \text{ (mm)}$$

$$\frac{b1}{a1} = 4.667$$

Interpolando obtenemos: $\text{Nu}_{\text{agua}} := 6.29$

$$h_i := \frac{(\text{Nu}_{\text{agua}}) \cdot (k_{\text{agua}})}{\frac{\text{perimetro_tubo}}{1000}} = 118.862 \quad \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right)$$

Coeficiente Total de Transferencia de Calor (Uo):

$$U_o = \frac{1}{\frac{r_o}{r_i h_i} + \frac{r_o}{r_i} R_{di} + \frac{r_o}{K_{material}} \ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right) + R_{do} + \frac{1}{h_o}}$$

Para poder determinar el valor de (ro) y (ri) se tomará en cuenta que estos dos valores serán igual al perímetro del tubo. Se tomará esta igualdad debido a que el tubo es rectangular y su espesor es mínimo.

$$r_o := \text{perimetro_tubo}$$

$$r_i := \text{perimetro_tubo}$$

Por lo tanto la ecuación general del Coeficiente Total de Transferencia de Calor, quedará de la siguiente manera.

$$R_{di} := 0.000 \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{°K}}{\text{W}} \right)$$

$$R_{do} := 0.000 \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{°K}}{\text{W}} \right)$$

$$K_{material} := 52 \left(\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{°K}} \right)$$

$$U_o := \frac{1}{\frac{1}{h_i} + R_{di} + \frac{\frac{r_o}{1000}}{K_{material}} \cdot \ln(1) + R_{do} + \frac{1}{h_o}} = 76.487 \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{°K}} \right)$$

Calor Transferido por el Radiador:

$$A := (N_{\text{tubos}}) \cdot \left(\frac{\text{perimetro_tubo}}{1000} \right) \cdot L$$

$$A = 41.208 \left(\text{m}^2 \right)$$

$$Q := U_o \cdot A \cdot \text{DMLT}_{\alpha}$$

$$Q = 2.093 \times 10^4 \text{ (W)}$$

Efectividad del Radiador:

$$\varepsilon = \frac{C_c * (T1 - T2)}{C_{min} * (T3 - T4)}$$

Donde:

$C_c := (m_{aire}) \cdot (cp_{aire})$ *Capacidad Calorífica del aire*

$$C_c = 1.214 \times 10^4 \left(\frac{J}{kg \cdot ^\circ K} \right)$$

$C_h := (m_{agua}) \cdot (cp_{agua})$ *Capacidad Calorífica del agua*

$$C_h = 9.125 \times 10^3 \left(\frac{J}{kg \cdot ^\circ K} \right)$$

Si $C_h < C_c$, el fluido caliente experimentaría el cambio de temperatura más grande y se enfriaría a la temperatura de entrada del fluido frío.²⁰

$$\varepsilon_1 := \left[\frac{C_c \cdot (T_{sal_aire_radiador} - T_{en_aire_radiador})}{C_h \cdot (T_{en_agua_radiador} - T_{en_aire_radiador})} \right] \cdot 100$$

$$\varepsilon_1 = 96.491 \%$$

Caída de Presión en el Radiador:

$$h = f \frac{L}{d} \frac{v^2}{2gr}$$

Donde:

f Factor de Fricción de la tubería

d Diámetro de la tubería

v^2 Velocidad del Flujo

gr Gravedad

Para calcular la caída de presión es necesario determinar el valor de Rugosidad Relativa, para lo cual se determinará de la siguiente manera:

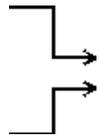
²⁰ INCROPERA Frank, DE WITT David "Fundamentos de Transferencia de Calor", pág. 599

$$\varepsilon_{\text{cobre}} := 1.5 \cdot 10^{-6} \quad (\text{m}) \quad \text{Rugosidad de la tubería}$$

$$\text{perimetro_tubo} = 34 \quad (\text{mm}) \quad \text{Perímetro tubo}$$

$$\frac{\frac{\text{perimetro_tubo}}{1000}}{\varepsilon_{\text{cobre}}} = 2.267 \times 10^4$$

$$\text{Re_agua} = 183.047$$



$$f_{\text{agua}} := 0.03$$

La velocidad del flujo dentro de los tubos, se analizará de la siguiente manera:

$$v_{\text{agua}} := \frac{\frac{\text{Cen_agua}}{15850.32}}{\frac{\text{area_tubo}}{1000^2} \cdot \text{N_tubos}} = 0.065 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

$$h_{\text{perdida}} := f_{\text{agua}} \cdot \left(\frac{L}{\frac{\text{perimetro_tubo}}{1000}} \right) \cdot \left[\frac{v_{\text{agua}}^2}{2 \cdot (9.8)} \right]$$

$$h_{\text{perdida}} = 3.431 \times 10^{-4} \quad (\text{m})$$

$$P_{\text{perdida}} := (h_{\text{perdida}}) \cdot (\rho_{\text{agua}}) \cdot 1.42210^{-3} = 4.821 \times 10^{-4} \quad (\text{PSI})$$

4.2.3 ANÁLISIS DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR PARA EL ACEITE

Para el análisis del circuito de aceite, una parte importante es el intercambiador de calor Tubo - Coraza, el cual ayuda a enfriar el aceite del motor. Para este cálculo se cuentan con los siguientes datos:

Datos Técnicos del Intercambiador de Calor Tubo – Coraza

Fluido a Refrigerar: Aceite

Fluido Refrigerante: Agua

Tipo de Arreglo: Triangular

Datos de la Tubería Interior del Intercambiador

Número Total de Tubos:	$N_t := 76$	
Diámetro de los Tubos:	$d_{\text{tubos}} := \frac{3}{4}$	(plg)
Cédula:	16	
Espesor	$e_{\text{tubo}} := 1.66$	(mm)
Diámetro Exterior:	$d_{\text{ext_tubo}} := 17.31$	(mm)
Diámetro Interior:	$d_{\text{int_tubo}} := 15.74$	(mm)
Longitud de los Tubos:	$L_t := 76$	(cm)
Número de pasos en los tubos:	$M := 2$	

Datos de la Coraza del Intercambiador:

Diámetro de la Coraza:	$D_c := 10$	(plg)
Cédula:	SCH 14	
Diámetro Exterior	$DE := 10.75$	(plg)
Diámetro Interior	$DI := 10.0$	(plg)
Longitud de la Coraza:	$L_c := 80$	(cm)
Paso Longitudinal:	$SL_{\text{tubos}} := \frac{15}{16}$	(plg)
Paso Transversal:	$ST_{\text{tubos}} := \frac{15}{16}$	(plg)

Para poder observar en que forma esta los Pasos Longitudinal y Transversal diríjase a la Figura 4.8

Datos de Campo:

Datos del Fluido Refrigerante: AGUA:

Temperatura de entrada al Intercambiador: $T_{en_agua_inter} = 22$ (°C)

Temperatura de salida del Intercambiador. $T_{sal_agua_inter} = 30$ (°C)

Datos del Fluido a Refrigerar: ACEITE:

Caudal $C_{aceite} := 12$ (GLM)

Temperatura de entrada al Intercambiador: $T_{en_inter_aceite} := 80$ (°C)

Temperatura de salida del Intercambiador $T_{sal_inter_aceite} := 70$ (°C)

DESARROLLO:

Análisis para el Aceite:

$$T_{m_aceite} := \frac{T_{en_inter_aceite} + T_{sal_inter_aceite}}{2} = 75 \quad (°C)$$

Propiedades del Aceite a: $T_{m_aceite} = 75$ (°C)

$$\rho_{aceite} := 855.1 \quad \left(\frac{kg}{m^3} \right) \quad \text{Densidad}$$

$$C_{p_aceite} := 2109.1 \quad \left(\frac{J}{kgK} \right) \quad \text{Calor Específico}$$

$$\mu_{aceite} := 0.035 \quad \left(\frac{N \cdot s}{m^2} \right) \quad \text{Viscosidad Dinámica}$$

$$\nu_{aceite} := 45.7 \times 10^{-6} \quad \left(\frac{m^2}{s} \right) \quad \text{Viscosidad Cinemática}$$

$$k_{aceite} := 0.138 \quad \left(\frac{W}{m \cdot ^\circ K} \right) \quad \text{Conductividad Térmica}$$

$$Pr_{aceite} := 595.4 \quad (NE) \quad \text{Número Prandtl}$$

Flujo másico del aceite:

$$m_{\text{aceite}} := \frac{(C_{\text{aceite}})}{15850.32} \cdot (\rho_{\text{aceite}})$$

$$m_{\text{aceite}} = 0.647 \left(\frac{\text{Kg}}{\text{s}} \right)$$

Velocidad del aceite en la tubería:

$$v_{\text{aceite}} := \frac{\left(\frac{C_{\text{aceite}}}{15850.32} \right) \cdot \left(\frac{1}{\text{Nt}} \right)}{\left[\frac{\pi \cdot \left(\frac{\text{dint_tubo}}{1000} \right)^2}{4} \right]}$$

$$v_{\text{aceite}} = 0.051 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

Análisis para el Agua:

$$T_{m_agua} := \frac{T_{en_agua_inter} + T_{sal_agua_inter}}{2} = 26 \quad (^\circ\text{C})$$

Propiedades Físicas del Fluido:

$$\rho_{\text{inter_agua}} := 996. \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \quad \text{Densidad}$$

$$c_{p_inter_agua} := 4179. \left(\frac{\text{J}}{\text{kgK}} \right) \quad \text{Calor Específico}$$

$$\mu_{\text{inter_agua}} := 875.810^{-6} \left(\frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} \right) \quad \text{Viscosidad Dinámica}$$

$$v_{\text{inter_agua}} := \frac{\mu_{\text{inter_agua}}}{\rho_{\text{inter_agua}}}$$

$$v_{\text{inter_agua}} = 8.789 \times 10^{-7} \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) \quad \text{Viscosidad Cinemática}$$

$$k_{\text{inter_agua}} := 0.61 \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{K}} \right) \quad \text{Conductividad Térmica}$$

$$Pr_{\text{inter_agua}} := 5.98 \quad (\text{NE}) \quad \text{Número Prandtl}$$

Flujo Másico del Agua en el Intercambiador de Calor:

Para poder encontrar el flujo másico que tiene el Agua, tomamos en consideración la siguiente premisa:

$$\text{Calor del Aceite} = \text{Calor del Agua}$$

Debido a que el calor que genera el fluido caliente es transmitido al fluido frío. De esta forma encontramos el flujo másico del agua.

$$m_{\text{inter_agua}} := \frac{m_{\text{aceite}} \cdot C_{p_aceite} \cdot (|T_{\text{sal_inter_aceite}} - T_{\text{en_inter_aceite}}|)}{(c_{p_inter_agua}) \cdot (|T_{\text{sal_agua_inter}} - T_{\text{en_agua_inter}}|)}$$

$$m_{\text{inter_agua}} = 0.408 \quad \left(\frac{\text{Kg}}{\text{s}} \right)$$

Velocidad del Agua en el interior del Intercambiador:

Área por donde fluye el Fluido:

Área por donde fluye el Fluido:

$$A_{\text{ext_tubo}} := \frac{\pi \cdot \left(\frac{\text{dext_tubo}}{1000} \right)^2}{4} = 2.375 \times 10^{-4} \quad (\text{m}^2)$$

$$A_{\text{int_coraza}} := \frac{\pi \cdot \left(\frac{\text{DI}}{39.36} \right)^2}{4} = 0.051 \quad (\text{m}^2)$$

$$A_{\text{total}} := A_{\text{int_coraza}} - (N_t \cdot A_{\text{ext_tubo}})$$

$$A_{\text{total}} = 0.033 \quad (\text{m}^2)$$

$$v_{\text{inter_agua}} := \frac{\left(\frac{m_{\text{inter_agua}}}{\rho_{\text{inter_agua}}} \right)}{A_{\text{total}}} = 0.012 \quad \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

Cálculo de los Coeficientes de Transferencia de Calor

Coeficiente de Convección Interno (ho):

Los parámetros para poder seleccionar una ecuación para el Número de Nusselt, son:

$$Re_{aceite} := \frac{v_{aceite} \cdot d_{int_tubo} \cdot \rho_{aceite}}{\mu_{aceite}} = 1.767 \times 10^4 \quad \text{Número de Reynolds}$$

$$Pr_{aceite} = 595.4 \quad \text{Número de Prandtl}$$

$$\frac{2 \cdot Lt}{\frac{d_{int_tubo}}{10}} = 96.569$$

Número de Nusselt:

Parámetros para el cálculo del Número de Nusselt

$$0.7 < Pr < 16.70$$

$$Re > 1000$$

$$\frac{L}{D} > 10$$

Como se puede observar los valores calculados se encuentran dentro del rango para la selección de Nusselt. Por lo tanto se ocupara la siguiente ecuación de Nusselt:

$$Nu = 0.027 Re^{\frac{4}{5}} Pr^{\frac{1}{3}} \left(\frac{\mu}{\mu_s} \right)^{0.14}$$

Donde:

μ_s Viscosidad Dinámica superficial en los tubos.

$$T1_{aceite} := \frac{Tm_{agua} + Tm_{aceite}}{2} = 50.5 \quad (^\circ C) \quad \longrightarrow \quad \mu_{s_{aceite}} := 0.1 \left(\frac{N \cdot s}{m^2} \right)$$

*Viscosidad Dinámica
calculada a partir de
T1_aceite*

Adaptando nuestras variables a la ecuación de Nusselt, tenemos:

$$Nu_{aceite} := 0.027 (Re_{aceite})^{0.8} \cdot (Pr_{aceite})^{0.33} \cdot \left(\frac{\mu_{aceite}}{\mu_{s_{aceite}}} \right)^{0.14}$$

$$Nu_{aceite} = 474.749 \quad \text{Número de Nusselt para el aceite}$$

$$hi_{aceite} := \frac{(Nu_{aceite}) \cdot (k_{aceite})}{\frac{d_{int_tubo}}{1000}} = 4.162 \times 10^3 \quad \left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right)$$

Coeficiente de Convección Externa (ho):

Diámetro Hidráulico:

$$Dh_{inter} := \frac{\left(\frac{DI}{39.36}\right)^2 - Nt \cdot \left(\frac{dext_tubo}{1000}\right)^2}{Nt \cdot \left(\frac{dext_tubo}{1000}\right)^2} = 1.82 \quad (m)$$

Los parámetros de selección para el Número de Nusselt, son:

$$Re_{inter_agua} := \frac{(v_{inter_agua}) \cdot (Dh_{inter}) \cdot (\rho_{inter_agua})}{(\mu_{inter_agua})} = 2.584 \times 10^4 \quad \text{Número de Reynolds}$$

$$Pr_{inter_agua} = 5.98 \quad \text{Número de Prandtl}$$

$$\frac{\frac{Lc}{100}}{Dh} = 560.426$$

Según los valores obtenidos de Reynolds, Prandtl; la ecuación de Nusselt es:

$$Nu = C_2 C R e^m P r^{0.36} \left(\frac{Pr}{Pr_s}\right)^{\frac{1}{4}}$$

Esta ecuación tiene un rango en los parámetros de selección, los cuales son:

$$\begin{aligned} NL &\geq 20 \\ 0.7 < Pr < 500 \\ 1000 < Re_{D, \text{máx}} < 2 \times 10^6 \end{aligned}$$

Donde:

C₂ Factor de corrección, cuando el Número de Líneas es menor a 20

C, m Constantes

Pr_s Prandtl superficial

Parámetros para la selección de constantes:

$$\frac{ST_{tubos}}{SL_{tubos}} = 1 \quad Re_{inter_agua} = 2.584 \times 10^4$$

Número de Reynolds para el Agua

$$C_{\text{tubo}} := 0.35 \cdot \left(\frac{ST_{\text{tubos}}}{SL_{\text{tubos}}} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$C_{\text{tubo}} = 0.35$$

$$m_{\text{tubo}} := 0.6$$

$$C2 := 0.92$$

Para el Cálculo de Prs (Número de Prandtl Superficial), se debe tomar en cuenta un valor de temperatura promedio de los dos fluidos, la cual es:

$$T1_{\text{agua}} := \frac{Tm_{\text{agua}} + Tm_{\text{aceite}}}{2} = 50.5 \text{ (}^\circ\text{C)} \longrightarrow \text{Número de Prandtl calculado a partir de } T1_{\text{agua}}$$

$$Prs_{\text{tubo}} := 1.84$$

$$Nu_{\text{inter_agua}} := C2 \cdot (C_{\text{tubo}}) \cdot (Re_{\text{inter_agua}})^{m_{\text{tubo}}} \cdot (Pr_{\text{inter_agua}})^{0.36} \cdot \left(\frac{Pr_{\text{inter_agua}}}{Prs_{\text{tubo}}} \right)^{\frac{1}{4}}$$

$$Nu_{\text{inter_agua}} = 365.367$$

$$ho_{\text{agua}} := \frac{(Nu_{\text{inter_agua}}) \cdot k_{\text{inter_agua}}}{Dh_{\text{inter}}} = 122.675 \left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right)$$

Coefficiente Global de Transferencia de Calor (Uo inter):

$$Uo = \frac{1}{\frac{ro}{rihi} + \frac{ro}{ri} Rdi + \frac{ro}{K_{\text{material}}} \ln\left(\frac{ro}{ri}\right) + Rdo + \frac{1}{ho}}$$

Donde:

ro Radio externo del tubo

ri Radio interno del tubo

Rdi Factor de Incrustación Interno

Rdo Factor de Incrustación Externo

Kmaterial Conductividad Térmica del Tubo

$$R_{di_inter} := 0.000 \left(\frac{m^2 \cdot ^\circ K}{W} \right)$$

$$R_{do_inter} := 0.000 \left(\frac{m^2 \cdot ^\circ K}{W} \right)$$

$$K_{material_inter} := 150.0 \left(\frac{W}{m \cdot ^\circ K} \right)$$

$$r_{ext_tubo} := \frac{d_{ext_tubo}}{2} = 8.695 \quad (mm)$$

$$r_{int_tubo} := \frac{d_{int_tubo}}{2} = 7.87 \quad (mm)$$

$$U_{o_inter} := \frac{1}{\frac{r_{ext_tubo}}{1000} + R_{di_inter} + \frac{r_{ext_tubo}}{K_{material_inter}} \cdot \ln\left(\frac{r_{ext_tubo}}{r_{int_tubo}}\right) + R_{do_inter} + \frac{1}{h_{o_agua}}}$$

$$U_{o_inter} = 107.997 \left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right)$$

Diferencia Media Logarítmica de Temperatura (DMLT_inter):

$$\Delta T1_inter := T_{en_inter_aceite} - T_{sal_agua_inter} = 50 \quad (^\circ C)$$

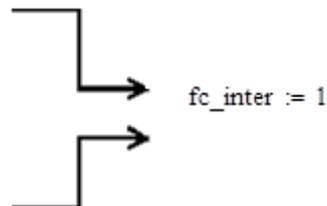
$$\Delta T2_inter := T_{sal_inter_aceite} - T_{en_agua_inter} = 48 \quad (^\circ C)$$

$$DMLT_inter := \frac{\Delta T2_inter - \Delta T1_inter}{\ln\left(\frac{\Delta T2_inter}{\Delta T1_inter}\right)} = 48.993 \quad (^\circ C)$$

Corrección de la Diferencia Media Logarítmica de Temperatura del (DMLT_inter):

$$P_inter := \left| \frac{T_{sal_inter_aceite} - T_{en_inter_aceite}}{T_{en_agua_inter} - T_{en_inter_aceite}} \right| = 0.172$$

$$R_inter := \left| \frac{T_{en_agua_inter} - T_{sal_agua_inter}}{T_{sal_inter_aceite} - T_{en_inter_aceite}} \right| = 0.8$$



$$DMLT_inter_1 := DMLT_inter \cdot f_c_inter = 48.993$$

Calor Transferido por el Intercambiador:

$$A_{\text{inter}} := (Nt) \cdot \pi \cdot \left(\frac{\text{dext_tubo}}{1000} \right) \cdot \frac{Lt}{100}$$

$$A_{\text{inter}} = 3.156 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$Q_{\text{inter}} := (Uo_{\text{inter}}) \cdot (A_{\text{inter}}) \cdot (\text{DMLT}_{\text{inter}} \cdot fc_{\text{inter}})$$

$$Q_{\text{inter}} = 1.67 \times 10^4 \text{ (W)}$$

Efectividad del Intercambiador:

Donde:

$$Cc_{\text{inter}} := (m_{\text{inter_agua}}) \cdot (cp_{\text{inter_agua}}) C$$

apacidad Calorífica del Agua

$$Cc_{\text{inter}} = 1.707 \times 10^3 \left(\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{K}} \right)$$

$$Ch_{\text{inter}} := (m_{\text{aceite}}) \cdot (Cp_{\text{aceite}}) \text{Capacida}$$

d Calorífica del Aceite

$$Ch_{\text{inter}} = 1.366 \times 10^3 \left(\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{K}} \right)$$

Si $Ch < Cc$, el fluido caliente experimentaría el cambio de temperatura más grande y se enfriaría a la temperatura de entrada del fluido frío.

$$\varepsilon_2 := \left[\frac{Cc_{\text{inter}} \cdot (T_{\text{sal_agua_inter}} - T_{\text{en_agua_inter}})}{Ch_{\text{inter}} \cdot (T_{\text{en_inter_aceite}} - T_{\text{en_agua_inter}})} \right] \cdot 100$$

$$\varepsilon_2 = 17.241 \%$$

Caída de Presión en el Intercambiador:

$$h = f \frac{L}{d} \frac{v^2}{2gr}$$

Donde:

f Factor de Fricción de la tubería

d Diámetro de la tubería

v² Velocidad del Flujo

gr Gravedad

Rugosidad Relativa:

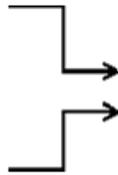
$$\varepsilon_{\text{acero}} := 4.610^{-5} \quad (\text{m})$$

*Rugosidad de la
tubería*

$$d_{\text{int_tubo}} = 15.74 \quad (\text{mm})$$

*Diámetro
Hidráulico*

$$\frac{d_{\text{int_tubo}}}{\frac{1000}{\varepsilon_{\text{acero}}}} = 342.174$$



$$f_{\text{inter_aceite}} := 0.032$$

$$Re_{\text{aceite}} = 1.767 \times 10^4$$

Velocidad del Flujo:

$$v_{\text{aceite}} = 0.051 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

$$h_{\text{inter_aceite}} := f_{\text{inter_aceite}} \cdot \left(\frac{\frac{L_c}{100}}{\frac{d_{\text{int_tubo}}}{1000}} \right) \cdot \left[\frac{v_{\text{aceite}}^2}{2 \cdot (9.8)} \right]$$

$$h_{\text{inter_aceite}} = 2.209 \times 10^{-4} \quad (\text{m})$$

$$P_{\text{perdida_inter}} := (h_{\text{inter_aceite}}) \cdot (\rho_{\text{aceite}}) \cdot 1.42210^{-3} = 2.686 \times 10^{-4} \quad (\text{PSI})$$

4.2.3.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

La transferencia de calor resultante del nuevo diseño del sistema de refrigeración es de 24700 (W) y el valor del análisis del sistema de refrigeración antiguo es de 17595 (W). Aumentando de esta manera la eficiencia del Radiador de un 72,60 % a 96,49 %. Como se puede observar el nuevo Sistema de Refrigeración tiene una diferencia de 7115 (W) a comparación del Antiguo, esto es debido al cambio de radiador. Teniendo en cuenta que el número de tubos han sido modificados y aumentados de 692 a 808 lo que nos ayuda a aumentar el paso de flujo caliente y aumentar de esta manera la transferencia de calor.

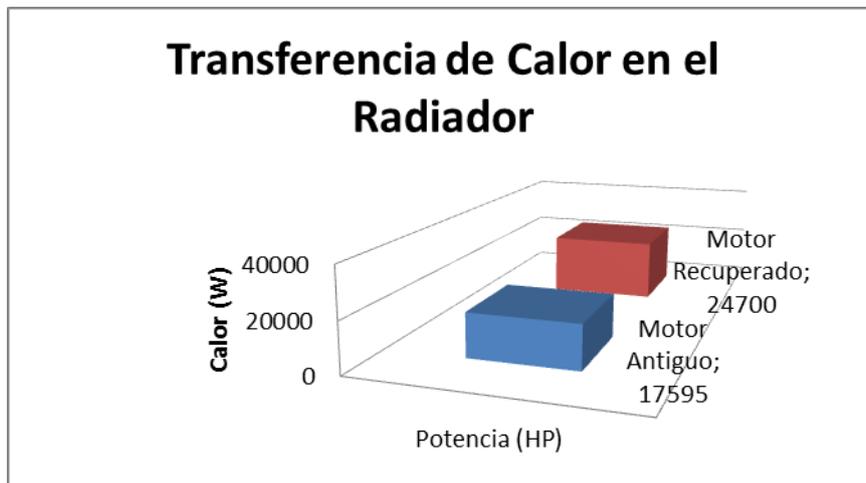


FIGURA 4.16 Transferencia de Calor en el Radiador

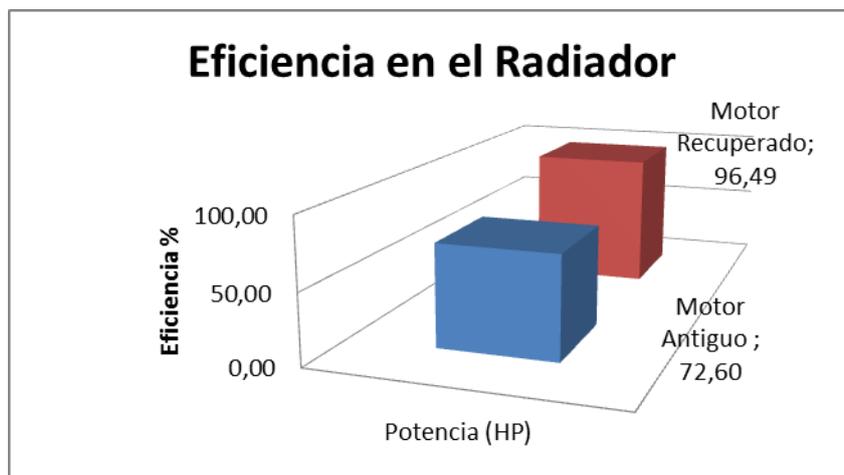


FIGURA 4. 17 Eficiencia del Radiador

La transferencia de calor lograda por el Intercambiador de Calor debido al nuevo diseño de refrigeración es de 8983 (W) para el antiguo y 16799 (W) para el nuevo. Dando como resultado una aumento en la eficiencia del Intercambiador del 11,96% al 17,24%. Hay que tener en cuenta que este resultado se da sin ninguna clase de cambios directos en el Intercambiador; dando a conocer que con el Rediseño del Sistema de Refrigeración se puede aumentar la eficiencia de sus demás componentes.

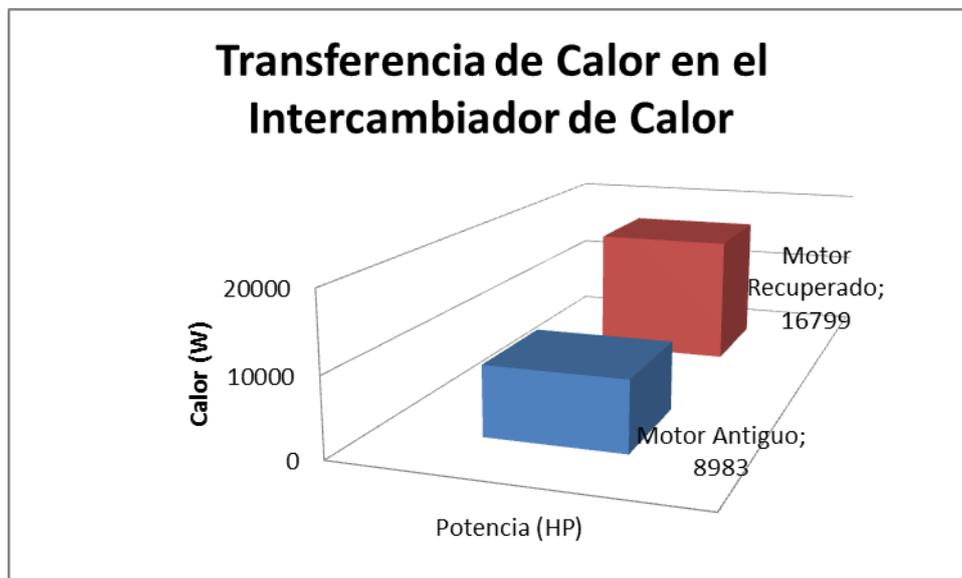


FIGURA 4.18 Transferencia de Calor en el Intercambiador de Calor para el Aceite

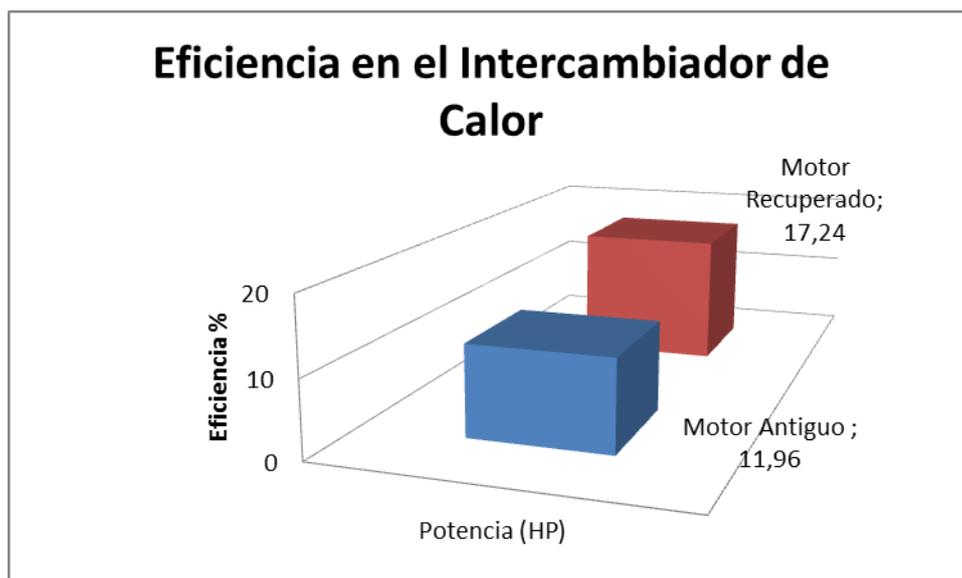


FIGURA 4.19 Eficiencia en el Intercambiador de Calor

4.2.4 ANÁLISIS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

DATOS TÉCNICOS DEL MOTOR

Marca:	BAZÁN M.A.N.	
Modelo:	R8V-16/18T	
N.-	191007 - 191014	
Año:	1970	
Disposición de los cilindros	Línea	
Número de Cilindros	$N_{cilindros} := 8$	
Potencia Nominal	$P := 500$	(HP)
Diámetro del Cilindro	$D_c := 160$	(mm)
Carrera del émbolo:	$C := 180$	(mm)
Longitud de la Cámara de Combustión	$L_{cc} := 15$	(mm)
Máxima Revoluciones del Motor	$n := 1500$	(rpm)
Consumo de Combustible	$m_c := 35.7$	$\left(\frac{kg}{h}\right)$
Relación de compresión	$r=13:1$	
Relación de corte de admisión:	$rc := 4.4$	
Consumo de Aire	$m_a := 898$	$\left(\frac{kg}{h}\right)$
Consumo de Aceite	$c_{aceite}=27$	(gal)

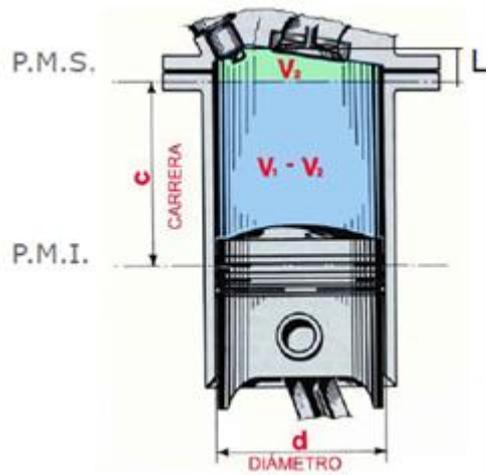


FIGURA 4.20 Cámara de Combustión

Torque: Es el trabajo que realizara el motor en una unidad de tiempo

$$T := P \cdot \frac{33000}{2\pi \cdot n} = 1.751 \times 10^3 \quad (\text{Lb} - \text{ft}) \quad \mathbf{Ec (4.72)}$$

Volumen Total del Cilindro: Volumen incluido entre la culata y el pistón cuando se encuentra en el P.M.I.

$$V1 := \left[\frac{\pi \cdot \left(\frac{Dc}{1000} \right)^2 \cdot \frac{C}{1000}}{4} \right] \cdot 1000000 \quad \mathbf{Ec (4.73)}$$

$$V1 = 3.619 \times 10^3 \quad (\text{cc})$$

Cilindrada Unitaria: Volumen generado en el desplazamiento del pistón del P.M.I. y P.M.S. en un pistón.

$$V1 = 3.619 \times 10^3 \quad (\text{cc})$$

Cilindrada Total: Es el valor del producto de la cilindrada Unitaria por el número de cilindros.

$$VT := V1 \cdot 8 \quad \mathbf{Ec (4.74)}$$

$$VT = 2.895 \times 10^4 \quad (\text{cc})$$

Volumen Cámara de Combustión: Volumen incluido entre la culata y el pistón cuando éste se encuentre en el P.M.S.

$$V_2 := \left[\frac{\pi \cdot \left(\frac{D_c}{1000} \right)^2 \cdot \frac{L}{1000}}{4} \right] \cdot 1000000 \quad \text{Ec (4.75)}$$

$$V_2 = 301.593 \text{ (cc)}$$

Relación de Compresión: Es la relación entre el volumen total de un cilindro y el volumen de la cámara de combustión.

$$R_c := 1 + \frac{V_1}{V_2} = 13 \quad \text{Ec (4.76)}$$

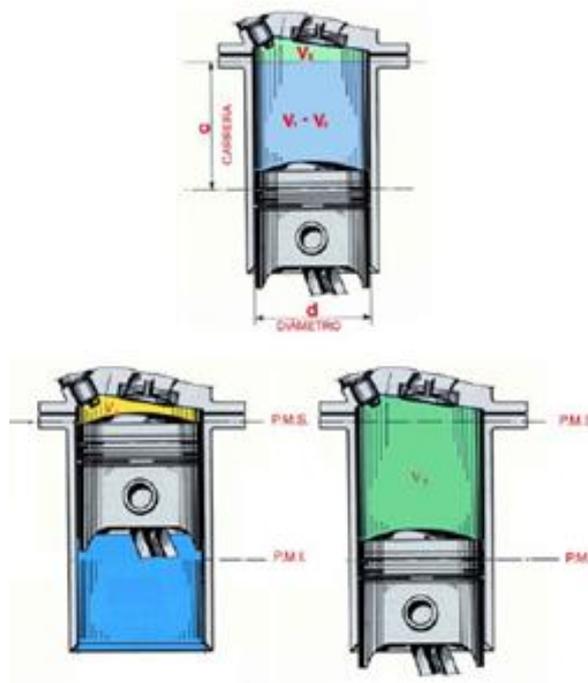


FIGURA 4.21 Posiciones del Pistón

Relación Carrea / Diámetro: Esta relación puede ser de tres tipos, los cuales son:

Motores Cuadradas

Cuando $C/D_c=1$

Motores de Carrera Corta o Supercuadrados:

Cuando $C/D_c < 0.7$

Motores de Carrera Larga:

Cuando $1 < C/D_c < 1.2$

En nuestro motor tenemos lo siguiente:

$$\frac{C}{D_c} = 1.125$$

Por lo tanto tenemos un motor de carrera larga; esto nos beneficiará en obtener el mejor rendimiento desde el punto de vista térmico en la cámara de combustión, además la cámara de combustión reducirá las emisiones contaminantes en el escape.

Velocidad Media del Pistón: Por cada vuelta del cigüeñal el pistón recorre un espacio que corresponde a dos carreras del mismo. La velocidad media del pistón se calcula de la siguiente forma:

$$u := \left(\frac{2 \cdot C}{1000} \right) \cdot \left(\frac{n}{60} \right) \text{ Ec (4.77)}$$

$$u = 9 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

En motores de combustión interna el valor de la velocidad media del pistón es aproximadamente 9 a 15 (m/s) y difícilmente se supera los 20 (m/s) incluso en los motores de carros de competencia.

Las fuerzas alternas de inercia (que se derivan del movimiento alterno del pistón) y las fuerzas centrífugas (que origina el movimiento del cigüeñal) son las que provocan las fuerzas mecánicas que se pierden al aplicarse contra el bloque del motor en lugar de aprovecharse sobre el cigüeñal.

Las fuerzas alternas de inercia se consideran proporcionales a la velocidad media del pistón y a la cilindrada unitaria.

A mayor velocidad media del pistón esta sujeto a fuerzas de inercia más elevadas y por lo tanto a un mayor esfuerzo perdido sobre el bloque

Las prestaciones del motor dependen necesariamente de la cantidad de aire utilizado. Cuanta más cantidad de aire introducido en los cilindros, más cantidad de combustible puede quemarse, por consiguiente cuanta más energía se transforme en el motor más trabajo útil puede obtenerse.

Relación Aire / Combustible:

Esta relación nos determinara la cantidad en masa o volumen de aire aspirado por un motor de combustión para cada unidad de combustible.

Análisis de Gases:

TABLA 4.11 Resultado de Análisis de Gases

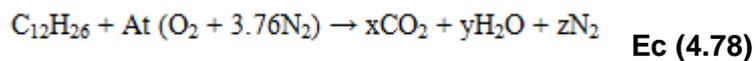
	%	%	ppm	%
Motor 601	9,8266	8,8466	977,83	0,0978
Motor 602	9,2333	9,3550	560,83	0,0561
Promedio	9,5299	9,0908	769,33	0,0769

Fuente: Seguridad Industrial Terminal Beaterio

Ecuación Estequiométrica:

Esta ecuación nos permitirá determinar la cantidad exacta de cada uno de los productos y reactivos de la combustión.

Los Reactivos son Diesel (C₁₂H₂₆) y Aire Teórico [At (O₂ + 3.76N₂)] y los Productos son CO₂, CO, O₂, H₂O, N₂. La ecuación será:



C: X=12

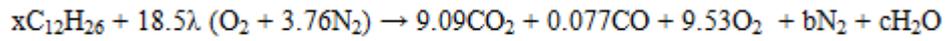
H 2y=26

y=13

$$O_2 \quad A_t := x + \frac{y}{2}$$

$$A_t = 18.5$$

Con exceso de Aire:



$$C: \quad 12x = 15.709 \cdot 9.09 + 0.077$$

$$x := 0.76$$

$$H \quad 26x = 2 \cdot c$$

$$c := 9.93$$

$$N_2$$

$$N_2 \quad 18.5\lambda \cdot 3.76 = b$$

$$69.56\lambda = b$$

$$O_2 \quad 18.5\lambda = 9.09 + \frac{0.077}{2} + 9.53 + \frac{c}{2}$$

$$\lambda := 1.277$$

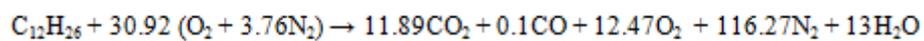
$$b := 88.828$$

Aire Teórico:

$$A_t := 18.5\lambda$$

$$A_t = 23.624$$

La ecuación estequiométrica será la siguiente:



$$\frac{\text{Aire}}{\text{Com}} := \frac{M_{\text{aire}}}{M_{\text{combustible}}} \quad \text{Ec (4.79)}$$

$$\frac{\text{Aire}}{\text{Com}} = \frac{(30.92 \cdot 4.76 \text{Kmol}) \cdot \left(\frac{136.16 \text{kg}}{\text{mol}} \right)}{1 \text{Kmol} \cdot 170 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}}$$

$$\frac{\text{Aire}}{\text{Com}} = 24.76 \left(\frac{\text{Kg_aire}}{\text{Kg_comb}} \right) \quad \begin{array}{l} \text{El motor debe quemar 24.76 kg de aire por cada} \\ \text{Kilogramos de combustible} \end{array}$$

Consumo de Combustible:

TABLA 4.12 Consumo de Combustible

Día	Volumen
	(gal/día)
1	591,3
2	560,7
3	544,1
4	560,6
5	477,9
6	513,3
7	548,6
8	476,3
9	520,0
10	520,0
Promedio	531,28

Fuente: Bitácora de Operaciones P.Q.A.R

Masa de combustible que se consume en una hora:

$$V_{\text{comb}} := 11.1 \left(\frac{\text{gal}}{\text{h}} \right)$$

$$\delta_{\text{comb}} := 842 \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right)$$

$$m_{\text{comb}} := \left(\frac{V_{\text{comb}}}{264.17} \right) \cdot \delta_{\text{comb}} \quad \mathbf{Ec (4.80)}$$

$$m_{\text{comb}} = 35.475 \quad (\text{Kg})$$

Volumen de Aire por cada Cilindro:

$$V_{\text{cilindro}} := \left(\frac{\pi \cdot Dc^2}{4} \cdot C \right) \frac{1}{1000^3} \quad \mathbf{Ec (4.81)}$$

$$V_{\text{cilindro}} = 3.619 \times 10^{-3} \quad (\text{m}^3)$$

$$\delta_{\text{aire}} := 1.04 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \quad \text{Temperatura a la entrada del aire}$$

$$m_{\text{aire_cilindro}} := V_{\text{cilindro}} \delta_{\text{aire}}$$

$$m_{\text{aire_cilindro}} = 3.775 \times 10^{-3} \quad (\text{Kg}) \quad \text{Por cada cilindro}$$

Cantidad de aire ideal requerida por el motor:

$$m_{\text{ideal_aire}} := (m_{\text{aire_cilindro}}) \cdot \left(\frac{n}{2} \cdot 60 \right) \cdot N_{\text{cilindros}} \quad \mathbf{Ec (4.82)}$$

$$m_{\text{ideal_aire}} = 1.359 \times 10^3 \quad (\text{Kg})$$

El valor de las revoluciones se divide para dos, porque el motor necesita dar dos vueltas para completar un ciclo de trabajo de cuatro tiempos.

DATOS DEL MOTOR:

Diámetro del Cilindro $D_c = 160$ (mm)

Carrera del émbolo: $C = 180$ (mm)

Consumo de Combustible $\dot{m}_c := 35.7$ $\left(\frac{\text{kg}}{\text{h}}\right)$

Relación de compresión $r=13:1$

Relación de corte de admisión: $rc=4.5$

Consumo de Aire $m_a = 885$ $\left(\frac{\text{kg}}{\text{h}}\right)$

DATOS DEL AIRE:

Presión de entrada/aire $P_{in_aire} := 17.6$ (PSI)

$T_{in_aire} := 55$ (°C)

Temperatura de entrada/aire

$T_1 := 273 + T_{in_aire} = 328$ (°K)

Densidad del aire a 328 °K $\rho_{aire} := 1.07$ $\left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$

Constante de los gases $R := 0.28$ $\left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{°K}}\right)$

Constante específico de calor, $T=328^\circ\text{K}$ $k := 1.39$

Capacidad calorífica a $P=\text{cte}$, $T=328^\circ\text{K}$ $C_p := 1.00$ $\left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{°K}}\right)$

Capacidad calorífica a $V=\text{cte}$, $T=328^\circ\text{K}$ $C_v := 0.71$ $\left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{°K}}\right)$

DATOS DEL AGUA:

Densidad del agua $\rho_{agua} := 1000$ $\left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right)$

Calor específico del agua: $C_{p_agua} := 4179$ $\left(\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{°K}}\right)$

Temperatura de agua/entrada al motor: $T_{en_agua_motor} := 30$ (°C)

Temperatura de agua/salida del motor $T_{sal_agua_motor} := 77$ (°C)

Análisis del Ciclo Diesel:

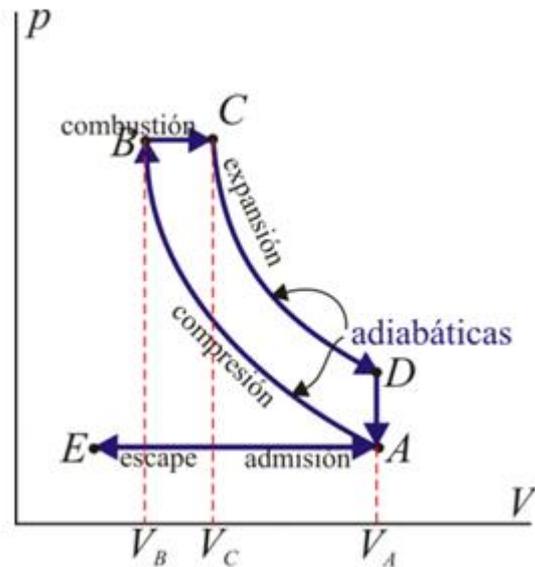


FIGURA 4.22 Diagrama Presión Volumen del Ciclo Diesel

Volumen de Aire:

$$v1 := \frac{m_a}{\rho_{aire}} = 821.727 \quad (m^3)$$

Volumen al final de cada proceso.

$$v2 := \frac{v1}{r} = 63.21 \quad (m^3)$$

$$v3 := v2 \cdot r_c = 284.444 \quad (m^3)$$

$$v4 := v1 = 821.727 \quad (m^3)$$

Proceso 1- 2: Compresión

$$T2 := (T_{in_aire}) \cdot \left(\frac{v1}{v2}\right)^{k-1}$$

$$T2 = 153.047 \quad (°C)$$

$$P2 := P_{in_aire} \left(\frac{v1}{v2} \right)^k$$

$$P2 = 637.401 \quad (\text{PSI})$$

Proceso 2 - 3: Adición de Calor

$$P3 := P2 = 637.401 \quad (\text{PSI})$$

$$\frac{P2 \cdot v2}{T2} := \frac{P1 \cdot v1}{T1} \quad \text{donde encontramos } T2$$

$$T2 := 153.047 \quad (^\circ\text{C})$$

$$v2 := 64.13 \quad \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right)$$

Proceso 3 - 4: Expansión

$$T3 := T2 \left(\frac{v3}{v2} \right) = 678.744 \quad (^\circ\text{C})$$

$$T4 := T3 \left(\frac{v3}{v4} \right)^{k-1} = 444.503 \quad (^\circ\text{C})$$

Calor de entrada y salida.

$$Q_{in} := m a C_p (T3 - T2)$$

$$Q_{in} = 4.676 \times 10^5 \quad (\text{J}) \quad \text{Calor de Entrada}$$

$$Q_{out} := m a C_v (T4 - T_{in_aire})$$

$$Q_{out} = 2.475 \times 10^5 \quad (\text{J}) \quad \text{Calor de Salida}$$

Eficiencia Térmica:

$$W_{neto} := Q_{in} - Q_{out}$$

$$W_{neto} = 2.201 \times 10^5 \quad (\text{J})$$

$$\eta := \frac{W_{neto}}{Q_{in}} \cdot 100 = 47.066 \quad (\%)$$

Presión Media Efectiva (P.M.E.):

$$P := 372.8 \quad (\text{KW})$$

Potencia del motor

$$VT = 2.895 \times 10^4 \quad (\text{dm}^3)$$

Cilindrada en decímetro cúbicos

$$PME1 := \frac{1200P}{n \cdot \frac{VT}{1000}} \quad \text{Ec (4.83)}$$

$$PME1 = 10.302 \quad (\text{BAR})$$

$$PME := PME1 \cdot 1.02 = 10.508 \quad \left(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

Potencia Indicada (P_ind):

$$A1 := \frac{\pi \cdot \left(\frac{Dc}{10} \right)^2}{4} = 201.062 \quad \text{cm}^2$$

$$C = 180$$

$$C = 180$$

$$\text{mm}$$

$$P_{ind1} := \frac{PME \cdot A1 \cdot \frac{C}{10} \cdot n \cdot N_{cilindros}}{2 \cdot 6000} = 3.803 \times 10^4 \quad \text{Ec (4.84)} \quad \text{Kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

$$P_{ind} := \left(\frac{P_{ind1}}{75} \right) \cdot 0.98 = 496.934 \quad (\text{HP})$$

Potencia Ideal (P_ideal):

$$V_{comb} = 11.13 \quad \left(\frac{\text{gal}}{\text{h}} \right)$$

$$\delta_{comb} := 842 \quad \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right)$$

$$EMC := 427 \cdot \left(\frac{\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{Kcal}}}{\text{Kcal}} \right) \quad \text{Equivalente Mecánico de Calor}$$

$$Pc := 4591 \cdot \left(\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \right) \quad \text{Poder Calorífico del Diesel 2}$$

$$P_{ideal1} := \left(\frac{V_{comb}}{951.02} \right) \cdot \left(\frac{\delta_{comb}}{1000} \right) \cdot \left(\frac{Pc}{4.18} \right) \cdot EMC = 4.622 \times 10^4 \quad \text{Ec (4.85)}$$

$$P_{\text{ideal}} := \left(\frac{P_{\text{ideal1}}}{75} \right) \cdot 0.98 = 603.92 \text{ (HP)}$$

Potencia al Freno (P_freno):

$$T = 1.751 \times 10^3 \text{ (lb - pie)}$$

$$P_{\text{freno}} := \left(T \cdot \frac{n}{5252} \right) \cdot 0.98 = 490.011 \text{ (HP) Ec (4.86)}$$

Rendimiento Térmico (R_TER):

$$R_{\text{TER}} := \frac{P_{\text{ind}}}{P_{\text{ideal}}} \cdot 100 = 82.285 \% \text{ Ec (4.87)}$$

Rendimiento Mecánico (R_MEC):

$$R_{\text{MEC}} := \frac{P_{\text{freno}}}{P_{\text{ind}}} \cdot 100 = 98.607 \% \text{ Ec (4.88)}$$

Rendimiento Volumétrico (R_VOL):

$$m_{\text{real}} := 89\% \quad \text{Kg de aire}$$

$$m_{\text{ideal_aire}} = 1.359 \times 10^3 \quad \text{Kg de aire}$$

$$R_{\text{VOL}} := \frac{m_{\text{real}}}{m_{\text{ideal_aire}}} \cdot 100 = 66.083 \% \quad \text{Ec (4.89)}$$

RESUMEN DE DATOS CALCULADOS:

Datos del Sistema en Actual Funcionamiento

Circuito Agua del Motor

Radiador

Flujo Másico del Agua	$m_{\text{agua}} = 1.558$	$\left(\frac{\text{Kg}}{\text{s}}\right)$
Caudal de Aire:	$C_{\text{aire}} = 25.078$	$\left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)$
Velocidad Máxima	$V_{\text{máx}} = 7.385$	$\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$
Temperatura de Salida del Aire	$T_{\text{sal_aire}} = 32.221$	(°C)
Flujo Másico del Aire:	$m_{\text{aire}} = 29.228$	$\left(\frac{\text{Kg}}{\text{s}}\right)$
Diferencia Media Logarítmica de Temperatura (DMLT _{cc}):	$DMLT_{\text{cc}} = 15.697$	(°C)
Corrección de la Diferencia Media Logarítmica de Temperatura (DMLT):	$DMLT = 13.029$	(°C)

Cálculo de los Coeficientes de Transferencia de Calor (hi, ho)

Coeficiente de Convección Externa (ho):	$h_o = 57.67$	$\left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}\right)$
Diámetro Hidráulico:	$D_h = 9.13 \times 10^{-3}$	(m)
Número de Reynolds:	$Re_{\text{aire}} = 4.268 \times 10^3$	
Número de Prandtl	$Pr_{\text{aire}} = 0.707$	
Número de Nusselt	$Nu_{\text{aire}} = 20.027$	
Coeficiente de Convección Interno (hi)	$h_i = 114.329$	$\left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}\right)$
Número de Reynolds:	$Re_{\text{agua}} = 176.073$	
Número de Prandtl	$Pr_{\text{agua}} = 3.525$	

Número de Nusselt	$Nu_{\text{agua}} := 5.33$	
Coeficiente Global de Transferencia de Calor (U_o)	$U_o = 37.898$	$\left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right)$
Calor Transferido por el Intercambiador	$Q = 2.47 \times 10^4$	(W)
Efectividad del Intercambiador	$\epsilon_1 = 95.195$	%
Caída de Presión en el Intercambiador	$P_{\text{perdida}} = 4.979 \times 10^{-4}$	(PSI)
Motor		
Volumen de aire necesario para la combustión:	$v_1 = 833.798$	(m^3)
Ciclo Diesel		
Compresión		
Temperatura en la cámara	$T_2 = 153.047$	($^\circ C$)
Presión en la cámara	$P_2 = 1.637.401$	(PSI)
Adición de calor		
Presión en la cámara	$P_3 = 637.401$	(PSI)
Temperatura en la cámara	$T_2 := 153.047$	($^\circ C$)
Volumen necesario	$v_2 := 64.138$	(m^3)
Expansión		
Temperatura en la Expansión	$T_3 = 688.714$	($^\circ C$)
Temperatura a la Salida	$T_4 = 451.032$	($^\circ C$)
Calor a la entrada del Proceso:	$Q_{\text{in}} = 4.834 \times 10^5$	(KJ)
Calor de salida del Proceso:	$Q_{\text{out}} = 2.553 \times 10^5$	(KJ)
Trabajo neto	$W_{\text{neto}} = 2.281 \times 10^5$	(KJ)
Eficiencia Térmica	$\eta = 47.181$	(%)

Pérdida de Energía debido a la fricción en la tubería:

Caudal de Succión	$Q_{\text{succion}} = 35$	(glm)
Presión de Salida del Motor	$P_{\text{sal_agua}} = 3$	(PSI)
Temperatura de entrada a la bomba y al motor	$T_{\text{sal_agua}} = 23$	(°C)
Velocidad de succión	$v_{\text{succion}} = 0.697$	$\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$
Número de Reynolds	$Re_1 = 6.91 \times 10^5$	
Presión con la que llega al radiador	$PA = 5.027 \times 10^4$	(Pa)
Potencia que utiliza la bomba	$P = 211.602$	(W)
NPSH Disponible	$NPSHA = 10.715$	(m)
NPSH Requerido	$NPSHR = 5.149$	(m)

Circuito del Aceite

Radiador

Flujo Másico del Agua:	$m_{\text{agua}} = 1.542$	$\left(\frac{\text{Kg}}{\text{s}}\right)$
Caudal de Aire:	$C_{\text{aire}} = 25.078$	$\left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)$
Velocidad Máxima del Aire:	$V_{\text{máx}} = 7.385$	$\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$
Temperatura de Salida del Aire del Radiador:	$T_{\text{sal_aire7}} = 21.071$	(°C)
Flujo Másico del Aire:	$m_{\text{aire}} = 29.88$	$\left(\frac{\text{Kg}}{\text{s}}\right)$
Diferencia Media Logarítmica de Temperatura (DMLT _{cc}):	$DMLT_{\text{cc}} = 6.776$	(°C)
Corrección de la Diferencia Media Logarítmica de Temperatura (DMLT):	$DMLT = 6.776$	(°C)

Cálculo de los Coeficientes de Transferencia de Calor (h_i , h_o)

Coeficiente de Convección Externo (h_o):

Diámetro Hidráulico:	$D_h = 9.13 \times 10^{-3}$	(m)
Número de Reynolds:	$Re_{aire} = 4.431 \times 10^3$	
Número de Prandtl:	$Pr_{aire} = 0.708$	
Número de Nusselt	$Nu_{aire} = 20.408$	
Coeficiente de Convección Externo:	$h_o = 57.628$	$\left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$

Cálculo del Coeficiente de Convección Interno (h_i):

Número de Reynolds	$Re_{agua} = 111.719$	
Número de Prandtl:	$Pr_{agua} = 5.767$	
Número de Nusselt	$Nu_{agua} := 5.33$	
Coeficiente de Convección Interno:	$h_i = 109.034$	$\left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right)$
Coeficiente Total de Transferencia de Calor	$U_o = 37.28$	$\left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right)$
Calor Transferido por el Intercambiador:	$Q_1 = 1.049 \times 10^4$	(W)
Efectividad del Intercambiador:	$\epsilon_1 = 50$	%
Caída de Presión en el Intercambiador:	$P_{perdida} = 7.297 \times 10^{-4}$	(PSI)

Intercambiador de Calor para el Aceite

Flujo másico del aceite:	$m_{aceite} = 0.65$	$\left(\frac{Kg}{s} \right)$
Velocidad del Aceite en el Intercambiador:	$v_{aceite} = 0.051$	$\left(\frac{m}{s} \right)$
Flujo Másico del Agua en el Intercambiador de Calor:	$m_{inter_agua} = 0.227$	$\left(\frac{Kg}{s} \right)$

Velocidad del Agua en el interior del Intercambiador: $v_{inter_agua} = 6.939 \times 10^{-3}$ $\left(\frac{m}{s}\right)$

Cálculo de los Coeficientes de Transferencia de Calor

Coeficiente de Convección Interno (hi): $hi_{aceite} = 3.918 \times 10^3$ $\left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}\right)$

Número de Reynolds: $Re_{aceite} = 1.441 \times 10^4$

Número de Prandtl: $Pr_{aceite} = 725.075$

Número de Nusselt: $Nu_{aceite} = 446.894$

Coeficiente de Convección Externo (ho): $ho_{agua} = 72.819$ $\left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}\right)$

Diámetro Hidráulico: $Dh_{inter} = 1.82$ (m)

Número de Reynolds: $Re_{inter_agua} = 1.487 \times 10^4$

Número de Prandtl: $Pr_{inter_agua} = 5.767$

Número de Nusselt: $Nu_{inter_agua} = 216.171$

Coeficiente Global de Transferencia de Calor (Uo): $Uo_{inter} = 67.382$ $\left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}\right)$

Diferencia Media Logarítmica de Temperatura (DMLT_inter): $DMLT_{inter} = 42.246$ ($^\circ C$)

Corrección de la Diferencia Media Logarítmica de Temperatura del (DMLT_inter): $DMLT_{inter_1} = 42.246$ ($^\circ C$)

Calor Transferido por el Intercambiador: $Q_{inter} = 8.983 \times 10^3$ (W)

Efectividad del Intercambiador: $\epsilon_2 = 10.753$ %

Caída de Presión en el Intercambiador: $P_{perdida_inter} = 2.804 \times 10^{-4}$ (PSI)

Pérdidas de Energía debido a la fricción en la tubería:

Área de succión de la Bomba: $A_{succion} = 2.028 \times 10^{-3}$ (m^2)

Velocidad de succión de la Bomba:	$v_{\text{succion}} = 1.244$	$\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$
Potencia que utiliza la bomba:	$P = 827.681$	(W)
Cabeza de Succión Positiva Neta Admisible (NPHSA):	$NPSHA = 34.563$	(m)
Cabeza de Succión Positiva Neta Requerida (NPHSR):	$NPSHR = 17.704$	(m)

Datos del Sistema de Refrigeración Nuevo.

Sistema de Tuberías, Accesorios, y Bomba Centrífuga:

Tramo 1: Radiador

Presión a la que llega a la bomba centrífuga	$PB = 4.568$	(PSI)
--	--------------	-------

Tramo 2: Entrada a la Bomba Centrífuga

Presión a la que llega a la bomba centrífuga	$PC = 4.568$	(PSI)
--	--------------	-------

Tramo 3: Salida de la Bomba de Agua - Entrada al Intercambiador de Calor para el Aceite.

Presión a la que sale de la Bomba Centrífuga	$PE = 29.29$	(PSI)
--	--------------	-------

Velocidad a la que sale de la Bomba Centrífuga	$\underline{VE} := VD = 2.4$	$\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$
--	------------------------------	--

Tramo 4: Salida del Intercambiador - Entrada al Motor

Presión de entrada al motor	$\underline{PH} := PE = 29.29$	(PSI)
-----------------------------	--------------------------------	-------

Velocidad de ingreso al motor	$\underline{VH} := VD = 2.4$	$\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$
-------------------------------	------------------------------	--

Tramo 5: Entrada del Motor-Salida del motor.

Perdida de presión provocada por el motor	$Perdida_{\text{motor}} = 22.287$	(PSI)
---	-----------------------------------	-------

Selección de la Bomba Centrífuga:

Caudal de Salida de la Bomba	$\underline{Csal_agua_bomba} := 35$	(GLM)
------------------------------	---------------------------------------	-------

Temperatura de Entrada a la Bomba	$\underline{Ten_bomba} := 22$	(°C)
-----------------------------------	--------------------------------	------

Pérdida de Aspiración	$Per_{asp} := 4.85$	(m)
Pérdidas de Carga en la Aspiración	$Pca := 1.221$	(m)
Pérdida de Impulsión	$Per_{imp} := 23.272$	(m)
Pérdidas de Carga en la Impulsión	$Pci := 15.23$	(m)
Altura de Aspiración	$H_{asp} := 1.42$	(m)
Altura de Impulsión	$H_{imp} := 16.232$	(m)
Porcentaje de Altura de Seguridad	$H_{\%} := 0.88$	(m)
Altura Manométrica Total	$Hm := 18.535$	(m)
NPSH Disponible	$NPSH_{disponible} := 3.449$	(m)
NPSH Requerido	$NPSH_{requerido} := 2.94$	(m)

Espesor de la Tubería:

Espesor para la tubería de 1 1/2 plg.	$t := 0.065$	(plg)
Espesor para la tubería de 2 plg	$t1 := 0.065$	(plg)

Análisis Térmico del Radiador:

Área del Intercambiador:	$A_{intercambiador} = 1.8$	(m^2)
Caudal de Aire:	$C_{aire} = 10.8$	$(\frac{m^3}{s})$
Velocidad Máxima del Aire:	$V_{m\acute{a}x} = 8.571$	$(\frac{m}{s})$
Temperatura Final de Salida del Aire de Radiador:	$T_{sal_aire_radiador} = 61.332$	(°C)
Flujo Másico del Aire:	$m_{aire} = 12.052$	$(\frac{Kg}{s})$
Diferencia Media Logarítmica de Temperatura (DMLT _{cc}):	$DMLT_{cc} = 6.64$	(°C)
Corrección de la Diferencia Media Logarítmica de Temperatura (DMLT):	$DMLT = 3.386$	(°C)

Cálculo de los Coeficientes de Transferencia de Calor (hi, ho)

Coeficiente de Convección Externo (ho):	$h_o = 229.305$	$\left(\frac{W}{m^2 \cdot K}\right)$
Cálculo del Diámetro Hidráulico:	$D_h = 1.427 \times 10^{-3}$	(m)
Número de Reynolds:	$Re_{aire} = 714.853$	
Número de Nusselt:	$Nu_{aire} = 11.986$	
Coeficiente de Convección Interno (hi):	$h_i = 118.862$	$\left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}\right)$
Número de Reynolds:	$Re_{agua} = 183.047$	
Número de Prandtl:	$Pr_{agua} = 3.595$	
Número de Nusselt:	$Nu_{agua} := 6.29$	
Coeficiente Total de Transferencia de Calor (Uo):	$U_o = 76.487$	$\left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}\right)$
Calor Transferido por el Radiador:	$Q = 2.093 \times 10^4$	(W)
Efectividad del Radiador:	$\epsilon_1 = 96.491$	%
Caída de Presión en el Radiador:	$P_{perdida} = 4.821 \times 10^{-4}$	(PSI)

Análisis Térmico del Intercambiador de Calor:

Flujo másico del aceite:	$m_{aceite} = 0.647$	$\left(\frac{Kg}{s}\right)$
Velocidad del aceite en la tubería:	$v_{aceite} = 0.051$	$\left(\frac{m}{s}\right)$
Flujo Másico del Agua en el Intercambiador de Calor:	$m_{inter_agua} = 0.408$	$\left(\frac{Kg}{s}\right)$
Velocidad del Agua en el interior del Intercambiador:	$v_{inter_agua} = 0.012$	$\left(\frac{m}{s}\right)$

Cálculo de los Coeficientes de Transferencia de Calor

Coeficiente de Convección Interno (hi):	$hi_{aceite} = 4.162 \times 10^3$	$\left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right)$
Número de Reynolds:	$Re_{aceite} = 1.767 \times 10^4$	
Número de Prandtl:	$Pr_{aceite} = 595.4$	
Número de Nusselt:	$Nu_{aceite} = 474.749$	
Coeficiente de Convección Externa (ho):	$ho_{agua} = 122.675$	$\left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right)$
Diámetro Hidráulico:	$Dh_{inter} = 1.82$	(m)
Número de Reynolds	$Re_{inter_agua} = 2.584 \times 10^4$	
Número de Prandtl:	$Pr_{inter_agua} = 5.98$	
Número de Nusselt:	$Nu_{inter_agua} = 365.367$	
Coeficiente Global de Transferencia de Calor (Uo_inter):	$Uo_{inter} = 107.997$	$\left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right)$
Diferencia Media Logarítmica de Temperatura (DMLT_inter):	$DMLT_{inter} = 48.993$	(°C)
Corrección de la Diferencia Media Logarítmica de Temperatura del (DMLT_inter_1):	$DMLT_{inter_1} = 48.993$	(°C)
Calor Transferido por el Intercambiador:	$Q_{inter} = 1.67 \times 10^4$	(W)
Efectividad del Intercambiador:	$\epsilon_2 = 17.241$	%
Caída de Presión en el Intercambiador:	$P_{perdida_inter} = 2.686 \times 10^{-4}$	(PSI)

4.3 SELECCIÓN DE PARTES CONSTITUTIVAS DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN OPTIMIZADO.

TABLA 4.13 Materiales Utilizados en el Circuito de Agua del Motor

MATERIALES UTILIZADOS		
CIRCUITO DE AGUA DEL MOTOR		
ORD.	CANT.	DESCRIPCIÓN
1	1	<p>Radiador</p> <p>Marca: KUHLEFABRIR LANGERER & REICH GMBH & COIKG</p> <p>Tipo: Contraflujo</p> <p>Características del Panel de Radiador</p> <p>Dimensiones de la tubería: 3mmx14mm</p> <p>Número total de tubos: 808</p> <p>Espesor de los tubos:0.13 mm.</p> <p>Material de los tubos: Bronce aleación 70/30 Cu/Zn</p> <p>Número total de placas: 441</p> <p>Dimensiones de las placas: 1265 mm. X 77 mm.</p> <p>Espesor de placas: 0.06 mm.</p> <p>Material de las placas: Bronce aleación 70/30 Cu/Zn</p> <p>Paso Longitudinal entre tubos (ST): 15 mm.</p> <p>Paso transversal entre tubos.(SL): 10 mm.</p> <p>Número de Filas: 5</p>
		
2	1	<p>Intercambiador de Calor de Aceite</p> <p>Marca: KUHLEFABRIR</p>

FIGURA 4.23 Radiador Nuevo

LANGERER & REICH
 GMBH & COIKG
 Tipo: Contraflujo
 Número de Tubos: 76
 Diámetro de Tubos: 5/8 plg.
 Cédula: 16
 Espesor: 1.25 mm
 Diámetro Exterior: 15.87 mm
 Diámetro Interior: 14.62 mm
 Número de Pasos en los Tubos: 2
 Datos de la Coraza:
 Diámetro de la Coraza: 10 plg.
 Cédula: 14
 Longitud de la Coraza: 80 cm



FIGURA 4.24 Intercambiador De Calor

3 1 Motor de Combustión Interna
 Marca: BAZÁN M.A.N. (Factoría de Cartagena España)
 Tipo: R8V-16/18T N: 191007-191014
 Año:1970

	POTENCIA	VELOCIDAD	TEMPERATURA
	(CV)	(RPM)	(°C)
NOMINAL	510	1600	36
CONTRATADA	434	1400	36



FIGURA 4.25 Motos BÁZAN M.A.N.

4

1

Bomba Centrífuga.

Marca: Goulds Pumps

Tipo: 1½ x 2 x 8 Flujo Axial

Características del Motor Eléctrico:

Marca: US Electrical Motors

Modelo: 0875-4566

RPM: 1730

Frecuencia: 60 (Hz)

Potencia: 1½ (Hp)

Voltaje: 460

Amperaje:3.5



FIGURA 4.26 Bomba de Agua

5

2

Tubería

Diámetro Nominal (plg)	Material	Cédula SCH	Espesor (plg)	Longitud Tubería (m)
Ø 1½	SA 53 Gr B	40	0.145	6
Ø 2	SA 53 Gr B	40	0.145	6

6

2

Brida Soldable Ø=1½ plg. 150 Lbs.

7

5

Bridas Soldables Ø=2 plg. 150 Lbs.

8	4	Termómetros de Mercurio, Máx. 100 °C										
9	2	Manómetros con Mascarilla de Glicerina, Máx. 100 PSI										
10	3	Tubería de Neopreno Diámetro Interior 2 plg										
12	6	Abrazaderas Industriales Diámetro 2 plg.										
13	1	Lamina de Empaque Industrial (1.20mx1m), Espesor 5mm, Temperatura Máxima 120°C										
14	1	Caja de Electrodo E6011 5/32 plg										
15	1	Caja de Electrodo E7018 5/32 plg.										
16	1	Válvula de compuerta Ø= 2 plg.										
17	1	Válvula Fisher Ø=2 plg.										
18	2	Tee 2 plg. SCH 40										
19	1	Universal 2plg.										
20	8	Codo 90° de 2plg, SCH 40, Radio Largo										
21	4	Codos 90° de 1½ plg, SCH 40, Radio Largo										
22	2	Codos 45° de 2 plg, SCH 40										
23	3	Wendoles Soldable, Rosca Interna de ½", SCH 40										
24	24	Pernos de Acero al Carbono de M19x1.5X80mm										
25	3 m	Perfil UPN 120.										
26	1.5 m	Perfil UPN 200										
27	1	Plancha de Acero al Carbono (500X300X4mm).										
CIRCUITO DE ACEITE DEL MOTOR												
28	6 m	Tubería										
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Ø Nominal (plg)</th> <th style="text-align: center;">Material</th> <th style="text-align: center;">Cédula SCH</th> <th style="text-align: center;">Espesor (plg)</th> <th style="text-align: center;">Longitud Tubería (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Ø 1½</td> <td style="text-align: center;">SA 53 Gr B</td> <td style="text-align: center;">40</td> <td style="text-align: center;">0.145</td> <td style="text-align: center;">6</td> </tr> </tbody> </table>	Ø Nominal (plg)	Material	Cédula SCH	Espesor (plg)	Longitud Tubería (m)	Ø 1½	SA 53 Gr B	40	0.145	6
		Ø Nominal (plg)	Material	Cédula SCH	Espesor (plg)	Longitud Tubería (m)						
Ø 1½	SA 53 Gr B	40	0.145	6								
29	7	Codos 90° de 1½ plg, SCH 40, Radio Largo										
30	2	Brida Soldable Ø=1½ plg. 150 Lbs.										
31	2	Wendoles Soldable, Rosca Interna de ½", SCH 40										
32	1	Manómetros con Mascarilla de Glicerina, Máx. 100 PSI										
33	1	Termómetros de Mercurio, Máx. 100 °C										
34	8	Pernos de Acero al Carbono de M19x1.5X80mm (con tuerca)										
35	8	Pernos de Acero al Carbono de M19x1.5X35mm										

4.3.1 JUSTIFICACIÓN

El Poliducto Q-A-R se caracteriza por la eficiencia de sus equipos y operaciones, el empeño en el trabajo que se realiza a cada uno de estos. Los equipos que se manejan en esta planta cuenta con repuestos originales, si en caso extremo no se tenga algún tipo de repuesto se investiga si existe en stock en alguna de las otras estaciones, para de esta manera trasladarla y cumplir con el trabajo requerido.

Se debe indicar que los materiales (tubería, codos, manómetros, etc.) utilizados en este nuevo Rediseño son nuevos en su totalidad, debido a que los elementos existentes se encontraban corroídos, fisurados, y en un mal estado. Todos estos materiales fueron adquiridos por el departamento de Bodega de la Estación “El Beaterio”.

Los equipos utilizados en este trabajo fueron reparados por Técnicos de la Estación y con nuestra ayuda.

La Bomba Centrífuga calculada para esta actividad fue trasladada y reparada desde la Estación “Santo Domingo”, debido a que en la Estación “El Beaterio” no existía en stock; mejorando de esta manera la eficiencia en la reutilización y mantenimiento de equipos.

El Radiador Antiguo que se encontraba instalado cumplía con los requerimientos de transferencia de Calor que exigía el Motor en ese momento. Realizando el Rediseño del Sistema de Refrigeración se puede comprobar que se puede utilizar el Radiador Original del Motor que se encuentra en la Bodega de la Estación “El Beaterio”. Por esta razón los radiadores fueron cambiados. Este Radiador tuvo que ser reparado para ponerlo en funcionamiento. El panel del radiador se encontraba quebrado, lleno de impurezas, por lo que se tomo la decisión de construir uno nuevo, para este trabajo se contrato una empresa dedicada a este tipo de trabajos. Con este

cambio de panel se obtuvo una mejora en la transferencia de calor. Obteniendo como resultado final un Radiador de impecables condiciones para su funcionamiento.

4.4 PLANOS CONSTRUCTIVOS.

(Ver Anexo E)

CAPÍTULO V

MONTAJE Y CALIBRACIÓN.

5.1 MONTAJE Y CALIBRACIÓN DE LAS PARTES CONSTITUTIVAS DEL MOTOR BAZÁN M.A.N.

Una vez que se ha finalizado las acciones de mantenimiento tanto preventivas como recuperativas, se procede al armado del motor, con piezas nuevas (repuestos), revisadas (reutilizables) y recuperadas, se especificará las medidas de las mismas, las holguras existentes para evitar el peligro de agarrotamiento y la fuerza de torque aplicada con las que son armadas sus partes constitutivas.

CIGÜEÑAL

Antes del montaje del cigüeñal se verifica/comprueba con un micrómetro las medidas rectificadas en sus muñones que se resumen en la siguiente tabla de datos.

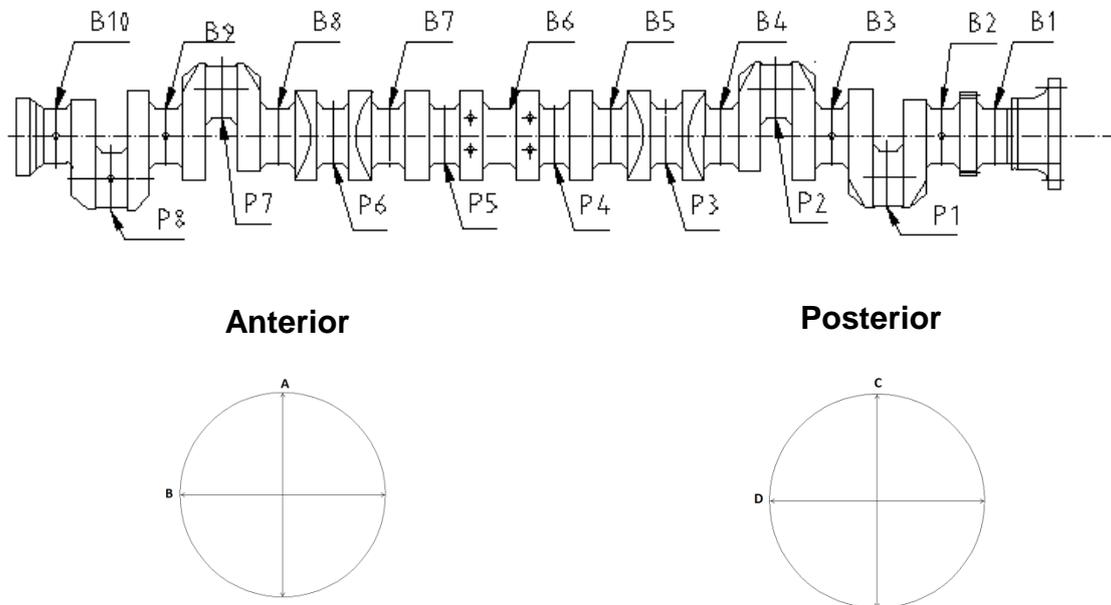


FIGURA 5.1 Cigüeñal del Motor

TABLA 5.1 Dimensiones del Cigüeñal

CIGÜEÑAL									
Muñones de Bancada(mm)					Muñones de Biela (mm)				
	A	B	C	D		A	B	C	D
B1	108,92	108,93	108,93	108,93	P1	108,90	108,90	108,91	108,90
B2	108,93	108,93	108,92	108,93	P2	108,90	108,90	108,90	108,90
B3	108,93	108,93	108,93	108,93	P3	108,90	108,90	108,90	108,91
B4	108,93	108,93	108,93	108,93	P4	108,90	108,90	108,90	108,90
B5	108,92	108,93	108,93	108,93	P5	108,90	108,90	108,90	108,90
B6	108,91	108,92	108,90	108,91	P6	108,90	108,89	108,89	108,89
B7	108,90	108,91	108,90	108,91	P7	108,91	108,90	108,91	108,91
B8	108,91	108,90	108,90	108,90	P8	108,90	108,90	108,90	108,89
B9	108,90	108,91	108,90	108,91					
B10	108,90	108,90	108,90	108,90					

Se procede a colocar el cigüeñal en el bloque para realizar las medidas con el plastigage, este es un elemento que permite la verificación rápida y precisa de la holgura de cojinetes. Son tiras finas que al ser aplastadas se ensanchan en cierto grado. Para los motores diesel el plastigage es de color rojo, su rango de holgura es de 0,051 a 0,125 mm. La holgura en la que debe trabajar el cigüeñal de este motor debe estar entre 0,076 y 0,102 mm.

En los muñones de apoyo se procede a colocar partes de plastigage, se arma el juego de bancada y se da el par de apriete desde 50, 150, 250, hasta 300 lb-ft. Retiramos los candados de bancada y se verifica el ancho del plastigage con la tabla de tolerancias provista en su envoltura.



FIGURA 5.2 Calibración con Plastigage

A continuación se resumen los datos obtenidos con el plastigage.

TABLA 5.2 Datos Obtenidos con el Plastigage en el Cigüeñal

Holgura Cigüeñal-bloque (mm)	
B1	0,076
B2	0,102
B3	0,076
B4	0,102
B5	0,102
B6	0,102
B7	0,102
B8	0,102
B9	0,102
B10	0,102

Cuando se ha finalizado las mediciones, se procede a limpiar los residuos del plastigage, se arma los juegos de bancada y se da el torque desde 50, 150, 250, 300 hasta 320 lb-ft, que es la especificación del manual del motor, esto se lo realiza en cruz y del centro hacia afuera.

El juego axial del cigüeñal es la holgura que se deja en sentido del eje, el mismo que debe estar entre 0,05 hasta 0,15 mm recomendados por el manual de manejo del motor. Para medir este juego se procede a colocar el comparador de reloj en uno de los extremos del cigüeñal y con la ayuda de una barra se mueve en dirección de la polea al volante y viceversa; el resultado que se obtiene es de 0,07 mm, siendo este un valor admisible.



FIGURA 5.3 Calibración Juego Axial

Para armar el cárter de aceite se coloca la alcachofa y el empaque, se alista los pernos los mismos que se asentaran con un torque de 50 lb-ft desde el centro hacia sus extremos y en cruz, al terminar este proceso el motor se encuentra listo para dar la vuelta y seguir con su armado.

BIELAS

En los muñones de biela se coloca partes de plastigage y lubricante, se arma la biela dando par de apriete de 50, 100, 150 lb-ft. Luego se verifica el ancho resultante con la tabla de tolerancia descrita en la envoltura. Los datos obtenidos se resumen en la siguiente tabla.

TABLA 5.3 Holgura entre el Cigüeñal y la Biela

Holgura cigüeñal-biela (mm)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
	0,076	0,076	0,076	0,076	0,076	0,076	0,076	0,076

Se limpia los residuos del plastigage, y se procede a su montaje definitivo puesto que los resultados obtenidos son admisibles, para lo cual es necesario que tanto el muñón de biela como los cojinetes de biela estén lubricados para un mejor desplazamiento entre ellos.

El torque final para el tornillo de biela en el montaje es desde 50, 100, 150, hasta 170 lb-ft, se recomienda que al final comprobar la fuerza de torque. Después de esto se procederá a colocar las llaves de bloqueo dando la seguridad a los tornillos en caso de fallas o sobrecarga para que este no se dispare o afloje.

CAMISAS

La colocación de las camisas tiene que ir precedida de una prueba preliminar, que consiste en la introducción de la camisa sin los anillos de goma, con el fin de comprobar si la camisa no se deja ensamblar ligeramente y sin agarre. Además hay que comprobar si el collar se asienta todo por igual, ya que un descanso insuficiente significa siempre peligro de agriete de la pestaña de la camisa. Por tratarse de camisas nuevas las que se van a instalar, se verifica su estado, puesto que pueden tener errores de fabricación, las medidas son tomadas en tres zonas y en dos posiciones.

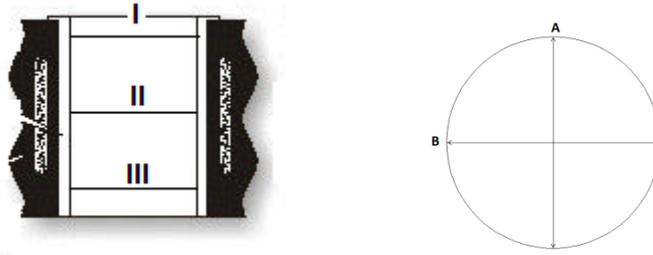


FIGURA 5.4 Camisas-Calibración

Tabla 5.4 Dimensiones de las Camisas

		CAMISAS (mm)			
		Ø Nominal	I	II	III
1	A	160,00	159,94	159,95	159,95
	B	160,00	159,95	159,96	159,95
2	A	160,00	159,96	159,96	159,95
	B	160,00	159,96	159,96	159,95
3	A	160,00	159,96	159,96	159,96
	B	160,00	159,97	159,96	159,96
4	A	160,00	159,97	159,97	159,96
	B	160,00	159,97	159,96	159,97
5	A	160,00	159,96	159,96	159,96
	B	160,00	159,96	159,96	159,96
6	A	160,00	159,97	159,96	159,96
	B	160,00	159,96	159,97	159,95
7	A	160,00	159,96	159,96	159,96
	B	160,00	159,96	159,96	159,96
8	A	160,00	159,95	159,96	159,96
	B	160,00	159,97	159,96	159,95

La colocación de las camisas también debe cumplir cierta condición como es su resalte con respecto del bloque, puesto que de esto dependerá tener la misma relación de compresión en cada cámara de combustión. Para este proceso llevamos a cabo la medición con el calibrador de láminas en cada una de los cilindros obteniendo los siguientes resultados resumidos en la tabla.

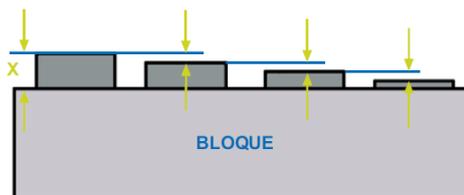


FIGURA 5.5 Calibración de la altura de la camisa

TABLA 5.5 Datos de la Altura en las Camisas

ALTURA DE CAMISAS RESPECTO AL BLOQUE.				
Nº	X _o (mm)	LAM. CAL	X _f (MM)	FIGURA
1	0,08		0,08	
2	0,02	+0,10	0,12	
3	0,10		0,10	
4	0,05	+0,10	0,15	
5	0,12		0,12	
6	0,11		0,11	
7	0,15		0,15	
8	0,13		0,13	

FIGURA 5.6 Laminas de Calibración

El objetivo de este procedimiento es dejar a todas las camisas con la misma altura, por lo que se toma con referencia el valor más alto, y se calibra a los demás cilindros con láminas de calibración en forma de anillo. Con se puede observar los datos en la tabla anterior, los valores mas críticos son el cilindro 2 y 4, por este motivo se procede a colocar las láminas de 0,10 mm, puesto que esta es la lámina de menos denominación con la que contábamos el stock de bodega del Poliducto.

PISTONES

Entre el cilindro y el pistón debe existir una holgura de deslizamiento, esta es compensada con los anillos montados, que son los que tocan las paredes del cilindro creando un empaque cuando el pistón baja y un vacío en la parte superior provocando una succión de aire (aspiración) en el tiempo de admisión. El pistón tiene 5 ranuras en las cuales se instalan un anillo específico en cada uno.

Los 2 primeros anillos son de compresión, los cuales evitan que la fuerza de la explosión de la mezcla escape a través de la holgura entre el pistón y las paredes del cilindro hacia dentro del motor, evitando perdida de potencia. El siguiente anillo es de aceite, el cual actúa para evitar que el aceite del motor se pase a la cámara de combustión contaminando la mezcla y emitiendo humo blanco por el escape. Los últimos dos anillos son los rascadores los cuales son los encargados de limpiar los residuos de la combustión que se adhieren a las paredes del cilindro.

Los anillos instalados en los pistones son nuevos, pero se debe comprobar la holgura existente entre ellos, puesto que pueden existir fallas de fabricación, o el momento de instalar se los puede abrir demasiado y no recuperar su estado inicial.

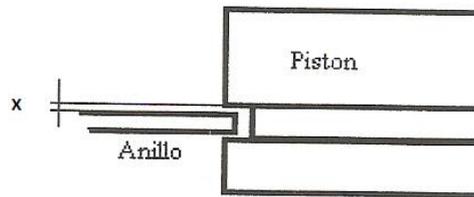


FIGURA 5.7 Huelgo Pistón-Anillos

TABLA 5.6 Datos de Huelgo Pistón-Anillos

HUELGO ENTRE PISTON Y ANILLOS "X" (mm)					
Nº	I COMPRESIÓN	II COMPRESIÓN	ACEITE	I RASCADOR	II RASCADOR
1	0,19	0,15	0,05	0,04	0,05
2	0,13	0,13	0,05	0,05	0,05
3	0,14	0,12	0,05	0,04	0,04
4	0,13	0,10	0,05	0,05	0,05
5	0,12	0,11	0,04	0,04	0,04
6	0,14	0,10	0,04	0,04	0,05
7	0,15	0,12	0,04	0,05	0,04
8	0,14	0,12	0,04	0,04	0,04

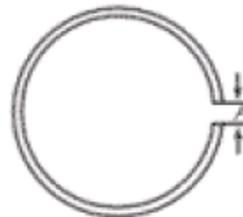


FIGURA 5.8 Huelgo de Anillos

Tabla 5.7 Datos de Huelgo de Anillos

Nº	I COMPRESIÓN	II COMPRESIÓN	ACEITE	I RASCADOR	II RASCADOR
1	0,71	0,75	1,04	1,05	1,10
2	0,75	0,74	10,2	1,08	1,08
3	0,74	0,74	1,03	1,07	1,08
4	0,72	0,71	1,02	1,10	1,10
5	0,71	0,71	1,02	1,09	1,08
6	0,72	0,73	1,03	1,10	1,09
7	0,73	0,73	1,04	1,10	1,10
8	0,73	0,74	1,02	1,09	1,09

Es importante no confundir el orden de los anillos, ni ponerlos de cabeza, tienen unas letras impresas en la parte superior que indican el tipo de anillos que es y estas deben ir la inscripción siempre hacia arriba.

CULATAS

La calibración de las válvulas es un factor importante para disminuir las pérdidas de potencia en la cámara de combustión. Los balancines deben alinear como se muestra en la figura, al estar un poco desfasada hace rotar la válvula en cada acción, esto es importante para conservar lubricada la guía de la misma válvula y evitar daños. El espacio que queda entre el ajustador y la válvula se debe calibrar cada 500 horas de trabajo, esto se hace interponiendo un calibrador de láminas de 0,03 mm (valor especificado en el manual) y girando el ajustador hasta conseguir el huelgo deseado.



FIGURA 5.9 Calibración de los Balancines

Este proceso se realiza cuando las válvulas de admisión y escape están cerradas, es decir, cuando en el cilindro empieza la etapa de compresión, la forma de comprobar esto, es verificar el cruce de válvulas en el cilindro opuesto ya que este se encuentra iniciando la etapa de escape.

PROCESO DE DESMONTAJE DEL MOTOR BAZÁN M.A.N. QUE SE ENCUENTRA EN LÍNEA

1. Al motor que se encuentra en servicio para el bombeo de productos limpios hacia la Ciudad de Ambato se procede a su desmontaje para lo cual toca abrir la válvula de paso del cárter de aceite para permitir su evacuado, y de la misma forma se hace con la válvula del sistema de refrigeración.



FIGURA 5.10 Desarmado de los componentes del Motor

2. Las guías del motor son retiradas, sus pernos de anclaje son destornillados y retirados.
3. Ordenar y verificar que se impida el paso de energía eléctrica que alimenta los diferentes accesorios acoplados al motor.
4. Las conexiones eléctricas del motor se retiran con la ayuda del personal de área de mantenimiento eléctrico.
5. Es recomendable cerrar las válvulas de paso correspondientes al del agua, al del aire comprimido y al del combustible para evitar fugas o derrames.
6. Con la ayuda de desarmadores se procede a retirar las bandas del ventilador.
7. Se desmonta el turbocompresor, el mofle de escape y el de admisión.
8. Se desacopla las tuberías del cárter de aceite, las del aire comprimido para el arranque del motor, las del combustible y la tubería del aceite al intercambiador de calor.

9. Se retira los pernos del volante y se procede a desacoplar el embrague del motor.



FIGURA 5.11 Desarmado del Volante de Inercia

10. Se verifica que el motor no tenga conexiones eléctricas o a tuberías para proceder a su desmontaje. Con la ayuda del tecele eléctrico el motor es alzado y transportado hacia las afueras del galpón de los equipos.



FIGURA 5.12 Desmontaje del Motor

11. Se realiza la limpieza del patín con detergente industrial y con agua a presión, con el objetivo de retirar los residuos de aceite, grasa, polvo. En las bases del patín donde se asienta el motor se pasa lija N° 100 para retirar la oxidación y una vez finalizada la limpieza se coloca aceite para asentar el motor recuperado.



FIGURA 5.13 Limpieza de la Base del Motor

PROCESO DE MONTAJE DEL MOTOR BAZAN M.A.N OVERHAULEADO

1. Al motor reparado y recuperado es trasladado desde el taller hasta las afueras del galpón con la ayuda de un montacargas. Después lo transportamos hasta el patín con el tecele eléctrico.



FIGURA 5.14 Traslado del Motor

2. Una vez que el motor se encuentra en el patín se procede a colocar sus guías y pernos de anclaje.
3. Se procede a realizar las conexiones eléctricas, del aceite del cárter, del combustible, y se coloca las tuberías del aire comprimido para el arranque.
4. Se monta el turbocargador conjuntamente con el mofle de escape y el de admisión, se arma la tubería de combustible.

5. Para asegurar la toma de datos se realiza cambio de termómetros y manómetros en el sistema.
6. Como la bomba de inyección se encuentra reparada, se procede a realizar su montaje en el motor.
7. Se arma las tuberías del motor como son las de aceite y combustible.
8. De la misma forma se procede a colocar las bandas para comunicar la polea del cigüeñal con la polea del ventilador.
9. Se arma el embrague y su acopla al volante del motor.
10. Antes de encender al motor se debe verificar que los elementos del motor se encuentren conectados, de la misma forma con las tuberías.
11. Se llena al motor con 27 galones de aceite SAE 40 PDV.
12. Al sistema de refrigeración se llena con agua, es necesario purgarlo, para retirar cualquier partícula de aire.
13. Para el sistema de combustible es necesario abrir la llave de paso de su tubería, purgar en el filtro y la bomba de inyección de combustible para retirar el aire de las tuberías del sistema.
14. Se recomienda limpiar el motor, puesto que puede existir derrames de aceite o combustible antes de su encendido.
15. Se enciende la prelubricación y se verifican posibles fugas en las conexiones, si estas existen se deben corregir inmediatamente.
16. Cuando el motor ha pasado las pruebas de funcionamiento en vacío (sin carga) se procede a realizar su limpieza general y pintado.
17. Para el proceso de pintado, primero se coloca removedor de pintura en el patín, embrague, multiplicador de velocidad y bomba, después se limpian los residuos con espátula.



FIGURA 5.15 Remoción de la Pintura Antigua

18. Para terminar de retirar la pintura y los residuos del removedor, se procede a limpiar con agua presurizada todos los elementos.



FIGURA 5.16 Limpieza con agua después de la Remoción de la Pintura

19. Se recuerda que el motor ya se encuentra fondeado, por lo que se procede a pintar con fondo poliuretano el patín, embrague, multiplicador y bomba.



FIGURA 5.17 Fondeado del Patín, embrague, etc.

20. Después de 24 horas, una vez que el fondo ha secado, se procede a pintar el grupo 601 con el motor recuperado con pintura poliuretana color Beige.



FIGURA 5.18 Motor con color Beige

21. Las líneas de tubería se procede a pintar según el código de colores para las estaciones. Azul para aire comprimido, verde para agua, celeste para líneas eléctricas, durazno para el aceite, café para el combustible. Amarillo y negro para guardas de protección.



FIGURA 5.19 Pintura de las líneas eléctricas, de aceite, y de agua.

5.2 MONTAJE Y CALIBRACIÓN DE LAS PARTES CONSTITUTIVAS DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN OPTIMIZADO

DESMONTAJE DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

1. Primero se procede al desmontaje del sistema de refrigeración que se encuentra instalado, se drenan las tuberías tanto de agua como las de aceite.
2. Se desacopla las bridas de las tuberías de agua y aceite, el intercambiador de calor de aceite-agua, el termostato, los termómetros, los manómetros; y se procede a retirar completamente las tuberías.
3. Para el desmontaje del intercambiador de calor, se procede a retirar los pernos de sus abrazaderas que los sujetaban a la carcasa del ventilador.
4. Antes de realizar el desmontaje del radiador se retira las guías de su base y se destornillan sus pernos de anclaje.

5. Con la ayuda del tecele eléctrico se procede al desmontaje del radiador, el mismo que es llevado hacia las afueras del galpón para su posterior traslado a la bodega del Poliducto.



FIGURA 5. 20 Desmontaje del Antigo Radiador

6. Se desmonta la bomba de agua del motor, puesto que el nuevo sistema cuenta con una bomba que funcionará conjuntamente con un motor eléctrico.
7. Antes de proceder al montaje se recomienda revisar el patín del grupo 601, para verificar que todos los elementos del sistema de refrigeración han sido retirados.

MONTAJE DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DISEÑADO Y CONSTRUIDO.

1. Es necesario e importante realizar una limpieza del bastidor con detergente industrial y abundante agua a presión para los derrames de aceite que pueden haberse producido, con la finalidad de eliminar agentes hidrocarbúricos ya que se van a realizar trabajos de soldadura SMAW y Oxicorte. Para estos trabajos en caliente se cuenta con el apoyo del personal especializado del Cuerpo de Ingenieros y la supervisión del Departamento de Seguridad Industrial de la Estación El Beaterio.
2. Se cortan los perfiles en C de las dimensiones necesarias para las bases de la bomba de agua y el motor eléctrico, se procede a soldarlas al patín del grupo diesel 601.
3. Para la realización de los orificios de los pernos de anclaje ($\varnothing=19\text{mm}$) de la bomba y motor, se procede a montar al conjunto para realizar las marcas, después se pasa las respectivas brocas con la ayuda del taladro de mano.



FIGURA 5.21 Base de la bomba

4. También, para la base del intercambiador de calor aceite-agua se procede a soldar una plancha de acero al patín, y de igual forma se realiza los orificios para los pernos de anclaje.



FIGURA 5.22 Ubicación de la Base del Intercambiador

5. Al panel del radiador nuevo se lo arma a la carcasa conjuntamente con el ventilador, su eje y polea. Cuando se encuentra listo es trasladado desde el taller hasta las afueras del galpón, con la ayuda del tecele eléctrico es llevado hasta el patín del grupo diesel 601.

6. Para la base de la carcasa del ventilador y del radiador se procede a soldar perfiles en UPN al patín, antes de esto se los ubica, centra y se realiza los orificios para los pernos de anclaje.



FIGURA 5.23 Proceso de Soldadura de perfiles UPN al patín.

7. Se procede a soldar la tubería de aceite y agua siguiendo el diseño de los planos del Capítulo anterior.



FIGURA 5.24 Proceso de Soldadura- Tubería de Aceite

8. El termostato del circuito de agua es limpiado, con el objetivo de retirar la sedimentación de óxido.
9. Cuando se ha terminado con la construcción de la tubería de agua y aceite se procede a armar los circuitos, se colocan el termostato, los termómetros, manómetros y se colocan la bandas de las poleas del ventilador.

10. Se abre la válvula de paso del agua para llenar el circuito, se debe estar atento para identificar fugas en el sistema de refrigeración.
11. Para el circuito de aceite se prende la prelubricación, después se lee el nivel de aceite del cárter y si es necesario se completa los galones, esto también nos permitirá verificar si existen fugas en el sistema.
12. Una vez que el sistema se encuentra listo para el funcionamiento del motor, se debe realizar una limpieza del área de trabajo para retirar los residuos provocados por los trabajos realizados.
13. Se recomienda realizar pruebas de funcionamiento sin carga.
14. Cuando el sistema de refrigeración ha pasado las pruebas de funcionamiento, se procede a fondear con fondo poliuretano a las tuberías, a las bases de la bomba – motor eléctrico, del intercambiador de calor agua-aceite, de la carcasa del ventilador y del panel del radiador.



FIGURA 5. 25 Fondeado del Radiador

15. Después del secado del fondo se procede a pintar todos los elementos con pintura poliuretano color beige, y a las tuberías con el color correspondiente al código de colores (Verde Esmeralda).



FIGURA 5.26 Grupo 601

5.3 MONTAJE Y CALIBRACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO.

1. Verificar, limpiar y si es necesario cambiar los cables de alimentación de Energía Eléctrica de cada uno de los sensores (Termocuplas, Woodward Electrónico, etc.), antes de instalarlos.
2. Verificar en la sala de Operaciones que no exista alimentación de Energía Eléctrica.
3. Verificar si las bujías de precalentamiento se encuentran en buen estado. Para esto procedemos a probar con corriente Directa. En caso que la bujía de precalentamiento o su cable de alimentación no funcione, se procederá a su respectivo remplazo.



FIGURA 5.27 Ubicación de las Bujías de Precalentamiento

4. Comprobar que las Termocuplas no tengan ningún tipo de avería. Limpiar de cualquier tipo de incrustación, o impureza que pueda tener.

Verificado cada una de las termocuplas proceder a instalarlas.



FIGURA 5. 28 Ubicación de los Termocuplas

5. Verifique si existe continuidad en el cable de alimentación del sensor óptico

inductivo que mide las revoluciones del motor. En caso que se encuentre deteriorado cambie por uno nuevo. El sensor debe ser tratado delicadamente ya que es un dispositivo altamente sensible.

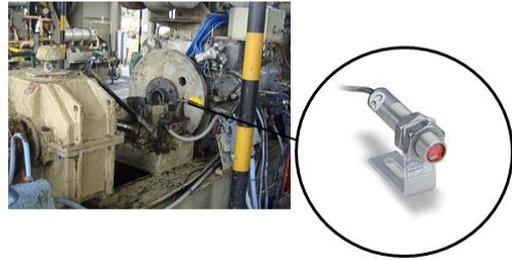


FIGURA 5.29 Ubicación del Sensor óptico Inductivo

Calibre el sensor perpendicularmente con la corona dentada, a 1mm de separación.

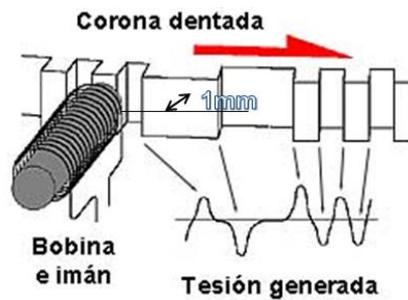


FIGURA 5.30 Calibración del Sensor

6. Se arma el sensor de la palanca del embrague con su respectivo soporte.

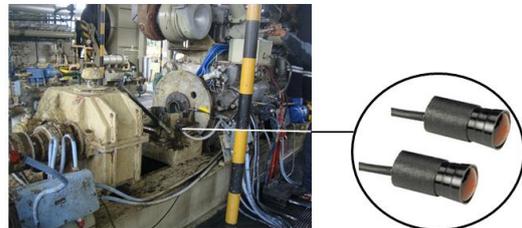


FIGURA 5.31 Ubicación del Sensor del Embrague

7. Se arma el Woodward Electrónico (controlador electrónico) verificando su cable de alimentación



FIGURA 5.32 Woodward Electrónico

8. Armar las conexiones del tablero de control de los sensores. Limpiar los contactores con el “Líquido limpia contactores”.



FIGURA 5.33 Tablero de Control de Sensores

9. Para poder calibrar los sensores y verificar su funcionamiento se deberá acudir a la sala de Operaciones, donde se encuentra el sistema operativo. Este tipo de modificaciones lo debe realizar el supervisor de mantenimiento electrónico.

CAPÍTULO VI

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

6.1 PRUEBAS EN VACÍO (SIN CARGA)

Antes de arrancar el motor BAZÁN M.A.N. se debe verificar ciertos parámetros de funcionamiento como son:

1. El volante de inercia debe girar libre y suavemente aplicando una fuerza manual con la ayuda de una palanca.
2. Abrir la válvula de paso de la línea de combustible y comprobar su suministro a la bomba de inyección directa. Verificar las líneas de retorno de combustible ya que estas deben estar abierta antes y durante el funcionamiento del motor, para evitar altas presiones.
3. Si los compresores se han cargado hasta 360 psi y válvula de paso del aire comprimido para el arranque se encuentra abierta.
4. Que las bujías de precalentamiento se encuentran encendidas, y el agua del bloque del motor se encuentra en 40 °C.
5. Encender la pre-lubricación y medir el nivel de aceite en el cárter. Mantener el nivel de aceite entre el MAX y MIN en la varilla de nivel.
6. Verificar que el circuito de agua del sistema de refrigeración se encuentre lleno.
7. Inspeccionar el área de trabajo, que se encuentre libre de piezas o herramientas y cerciórese de que están despejadas las áreas alrededor de las partes rotativas.
8. Para evitar un agarrotamiento entre las piezas del motor se procede a arrancar el motor manualmente. Primero se pulsa el botón de encendido y después de

5 min se pulsa el botón de apagado, con esto se consigue hacer girar al cigüeñal y sus elementos asociados.

Cuando se arranca un motor por primera vez, uno recuperado o uno que haya estado almacenado por algún tiempo, se recomienda estar atento para detener el motor si se produce sobre velocidad, si el manómetro del aceite no marca la presión o el motor eléctrico de la bomba de agua no se enciende para pulsar el botón de parada urgente.

Para ayudar al encendido de motor se rocía éter en el mofle de admisión que lo conducirá hasta la cámara de combustión, ya que este producto enciende a menor temperatura que el diesel y sumado la alta relación de compresión posibilita el arranque.

Se solicita a la sala de operaciones prender el motor del grupo 601 por medio del sistema computarizado, si no enciende después de 30 segundos de la orden se pulsará el botón de parada urgente. Una vez que se ha arrancado motor se lo deja en ralentí a 800 rpm y se procede a verificar fugas de aceite, agua y combustible en cada uno de los sistemas, en caso de ser necesario se apaga el motor y se corrigen las fallas o fugas encontradas para volver a encender más tarde el motor.

Es indispensable que antes de que el motor empiece a bombear producto, se lo mantenga en ralentí por 50 horas, durante este tiempo se debe monitorear las variables del motor, las mismas que se resumen en la siguiente tabla.

TABLA 6.1 Datos del Motor en ralentí

MOTOR BAZÁN M.A.N. EN RALENTÍ																							
PRODUCTO A BOMBEAR:						-----						CAUDAL DE BOMBEO:				-----						GPH	
		INTERCAMBIADOR DE CALOR ACEITE-AGUA				RADIADOR		MOFLE DE ADMISIÓN	MOTOR														
		TEMP. ACEITE (°C)		TEMP. AGUA (°C)		TEMP. DE AGUA (°C)			TEMP. (°C)	PRESIÓN ACEITE (PSI)	AGUA				CULATAS								
		IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN			IN	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	1	2	3	4	5	6
800	11:00	22	20	20	21	46	26	22	120	26	46	30	5	330	341	324	245	341	343	348	329		
800	13:00	68	63	30	24	74	36	21	80	36	74	30	3	325	348	321	237	315	335	338	322		
800	15:00	74	68	30	28	75	40	22	65	40	75	30	3	323	339	318	234	316	336	343	319		
800	8:00	70	66	30	26	74	36	21	65	36	74	30	5	324	316	326	234	321	329	342	324		
800	10:00	72	66	30	25	74	36	22	65	36	74	30	3	325	345	421	242	317	341	341	321		
800	12:00	72	68	34	26	74	40	22	65	40	74	30	3	328	347	398	239	319	398	342	326		
800	14:00	74	68	34	26	74	40	22	65	40	74	30	3	326	336	390	241	317	340	345	320		

*Es necesario aclarar que el primer dato de esta tabla fue realizado a los pocos minutos de encendido el motor, por ello tiene estos valores fuera de rango en cada uno de los parámetros.

*Se recuerda que el sistema de refrigeración no ha sido modificado en la toma de estos datos.

*Los valores de Temperatura en la Culata 4, se encuentra diferente al resto de datos debido a un problema con su sensor de medición.

6.2 PRUEBAS CON CARGA (BOMBEO)

Cuando el motor a pasado el tiempo de ralenti y sus variables están dentro de lo aceptable se puede decir que el motor esta listo para entrar en línea, pero antes de esto se recomienda las siguientes actividades:

1. Verificar si existen fugas en las líneas de combustible, aceite o agua.
2. Calibrar nuevamente las alturas de las válvulas de admisión y escape de cada una de las culatas,
3. Realizar cambio de aceite.
4. Limpiar el filtro de laminillas y el filtro ciclónico.
5. Cambiar el papel filtrante.
6. Limpiar el área de trabajo.

6.2.1 TOMA DE DATOS

A continuación se presentan las tablas con las variables del motor. Para poder identificar y comparar los resultados al motor Diesel M.A.N. que se encontraba bombeando se le llamará "Motor Antiguo", y al motor que se ha recuperado en el desarrollo de este proyecto lo llamaremos "Motor Recuperado".

Los datos que se resumen son los obtenidos con sus respectivos sistemas de refrigeración. Los valores de las tablas del Motor Antiguo fueron obtenidos mientras este se encontraba funcionando y el Motor Recuperado se encontraba en su proceso de Overhaul

TABLA 6.2 Datos de campo del Motor Antigo – Gasolina

DATOS DE CAMPO DEL MOTOR ANTIGUO																					
PRODUCTO A BOMBEAR:				GASOLINA					CAUDAL DE BOMBEO:				23300				GPH				
		INTERCAMBIADOR DE CALOR ACEITE-AGUA				RADIADOR		MOOFLE DE ADMISIÓN	MOTOR												
		TEMP. ACEITE (°C)		TEMP. AGUA (°C)		TEMP. DE AGUA (°C)		TEM. (°C)	PRESIÓN ACEITE (PSI)	AGUA				CULATAS							
		IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	IN	TEMP. (°C)		PRESIÓN (PSI)		TEMPERATURA (°C)							
RPM	HORA	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	IN	IN	OUT	IN	OUT	1	2	3	4	5	6	7	8
1150	8:00	72	66	22	28	72	21	20	60	34	72	18	6	430	415	453	418	390	414	372	400
1150	9:00	73	66	22	27	72	26	21	60	34	72	22	6	426	420	447	410	401	432	378	421
1150	10:00	74	67	24	30	72	30	22	60	36	72	22	6	414	419	439	399	418	444	376	438
1150	11:00	74	66	24	30	74	32	22	62	36	74	22	5	428	423	442	401	423	440	389	440
1150	12:00	74	68	26	32	74	32	22	60	40	74	22	5	422	434	440	409	429	452	385	448
1150	13:00	74	68	26	32	74	36	24	60	40	74	22	5	419	426	432	402	419	447	386	439
1150	14:00	74	67	26	32	74	36	24	62	38	74	20	5	415	429	438	406	427	452	381	445
1150	15:00	74	66	26	32	74	36	24	62	38	74	20	5	420	432	433	398	429	439	384	436
1150	16:00	72	66	26	34	74	36	22	60	36	70	20	5	405	431	459	407	422	445	380	441
1150	17:00	72	66	26	34	74	36	22	60	36	74	20	5	410	426	435	408	425	438	389	439
1150	18:00	72	66	26	34	74	36	22	62	34	70	20	5	421	422	442	414	433	450	386	440
1150	8:00	72	66	24	32	72	34	21	60	34	72	20	5	419	439	415	453	405	431	422	434
1150	9:00	72	66	24	32	74	36	22	60	36	72	20	5	423	442	420	447	410	426	419	426
1150	10:00	74	68	26	34	74	36	22	60	36	74	20	5	434	440	419	439	421	422	415	429
1150	11:00	74	68	26	34	74	36	24	60	36	74	20	5	427	452	419	439	414	439	401	423
1150	12:00	74	68	26	34	74	36	24	60	36	74	20	5	429	439	423	442	432	401	409	429
1150	13:00	74	68	26	34	74	36	22	60	36	74	20	5	422	445	422	442	381	445	405	431
1150	14:00	74	68	26	34	74	36	22	60	36	74	20	5	390	414	439	415	384	436	410	426
1150	15:00	74	68	26	34	74	36	22	60	36	74	20	5	401	432	401	423	380	441	421	422
1150	16:00	74	68	26	34	74	36	21	60	36	74	20	5	418	444	409	429	426	435	408	425
PROMEDIO		73	67	25	32	74	34	22	60	36	73	20	5	419	431	431	420	413	436	396	432

TABLA 6.3 Datos de campo del Motor Antiguo - Diesel

DATOS DE CAMPO DEL MOTOR ANTIGUO																							
PRODUCTO A BOMBEAR:				DIESEL						CAUDAL DE BOMBEO:				21000				GPH					
		INTERCAMBIADOR DE CALOR ACEITE-AGUA				RADIADOR		MOOFLE DE ADMISIÓN		MOTOR													
		TEMP. ACEITE (°C)		TEMP. AGUA (°C)		TEMP. DE AGUA (°C)		TEMP. (°C)		PRESIÓN ACEITE (PSI)		AGUA				CULATAS							
		IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	1	2	3	4	5	6	7	8
1150	7:00	66	33	22	28	70	21	20	60	34	70	18	6	205	213	236	398	414	491	377	425		
1150	8:00	70	64	24	30	70	26	22	60	36	70	22	6	413	424	435	405	414	446	385	429		
1150	9:00	70	66	26	32	72	36	22	60	36	72	22	5	417	426	445	444	426	383	383	438		
1150	10:00	72	68	26	32	72	36	24	62	36	72	20	5	404	418	439	415	434	455	388	442		
1150	11:00	72	66	26	34	74	34	24	60	36	72	20	5	421	426	454	421	433	463	463	395		
1150	12:00	74	68	26	36	74	36	24	60	36	74	20	5	436	406	415	447	445	444	427	420		
1150	13:00	74	68	26	36	74	36	24	60	36	74	20	5	428	426	383	398	439	415	410	425		
1150	14:00	74	68	26	36	74	36	22	60	36	74	20	5	436	434	455	444	427	420	446	442		
1150	15:00	74	68	26	36	74	36	22	60	36	74	20	5	435	433	463	426	454	419	408	395		
1150	12:00	74	68	26	36	74	36	24	60	36	74	20	3	426	420	429	427	420	429	389	420		
1150	13:00	74	68	26	36	74	36	24	60	36	74	20	5	432	425	392	398	425	392	420	425		
1150	14:00	74	68	26	36	74	36	22	60	36	74	20	5	438	386	444	439	398	444	427	420		
1150	15:00	74	68	26	36	74	36	22	60	36	74	20	5	429	389	399	441	401	415	400	425		
1150	16:00	74	68	26	36	74	36	22	60	36	74	20	5	392	420	408	453	407	413	424	402		
1150	8:00	72	68	22	32	70	28	22	66	30	70	20	5	444	427	420	446	419	417	426	423		
1150	9:00	74	68	24	34	72	30	22	62	34	72	20	3	415	385	425	426	420	404	418	415		
1150	10:00	74	68	26	36	74	34	22	60	36	74	20	5	427	420	429	432	425	419	375	429		
1150	11:00	74	68	26	36	74	36	22	60	36	74	20	5	398	425	392	444	427	420	393	438		
1150	12:00	74	68	26	36	74	36	22	60	36	74	20	5	439	398	444	415	428	425	418	442		
1150	13:00	74	68	26	36	74	36	22	60	36	74	20	5	423	439	410	404	405	411	394	429		
PROMEDIO		73	66	25	35	73	34	23	61	36	73	20	5	413	407	416	426	423	426	409	424		

TABLA 6.4 Datos de campo del Motor Recuperado - Gasolina

DATOS DE CAMPO DEL MOTOR RECUPERADO																					
PRODUCTO A BOMBEAR:			GASOLINA						CAUDAL DE BOMBEO:				24130				GPH				
	INTERCAMBIADOR DE CALOR ACEITE-AGUA					RADIADOR		MOOFLE DE ADMISIÓN	PRESIÓN ACEITE (PSI)	MOTOR											
	TEMP. ACEITE (°C)		TEMP. AGUA (°C)			TEMPO. DE AGUA (°C)	TEMP. (°C)			AGUA				CULATAS							
	IN	OUT	IN	OUT	IN			OUT		IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	1	2	3	4	5	6
	1100	9:00	68	54	25	29	65	21	20	80	65	29	24	8	325	340	319	256	340	343	345
1100	10:00	74	64	36	40	70	23	20	68	40	70	28	15	319	327	302	251	331	325	334	331
1100	11:00	76	68	40	44	70	26	24	65	44	70	28	13	324	344	319	240	311	333	338	320
1100	12:00	78	68	40	44	74	30	24	62	44	74	28	13	329	338	320	245	326	337	338	320
1100	13:00	80	70	40	46	74	36	26	62	46	74	28	13	318	337	315	239	313	333	340	319
1100	14:00	80	70	40	46	74	36	26	62	46	74	28	13	316	338	327	249	319	327	302	329
1100	15:00	80	72	40	46	74	36	26	62	46	74	28	12	320	315	323	252	317	327	340	324
1100	7:00	80	70	38	44	70	28	22	80	44	70	28	12	328	329	358	246	239	313	333	358
1100	8:00	80	70	38	44	70	34	22	70	44	70	28	8	320	342	319	278	317	336	342	320
1100	9:00	80	70	40	46	72	32	22	66	46	72	28	8	320	334	342	241	327	240	311	325
1100	10:00	80	72	40	44	74	34	24	62	44	74	28	8	329	338	320	240	311	333	345	327
1100	11:00	80	72	40	46	74	34	24	60	46	74	28	8	331	325	341	269	329	329	313	333
1100	12:00	82	72	42	46	74	36	24	60	46	74	28	8	333	340	319	258	313	333	344	324
1100	13:00	80	72	40	46	74	36	24	60	46	74	28	8	339	338	327	256	319	327	302	251
1100	14:00	80	72	40	44	74	34	24	60	44	74	28	8	327	335	324	253	317	327	338	327
1100	15:00	80	72	40	46	74	36	24	60	46	74	28	8	337	315	351	331	325	313	333	340
1100	10:00	78	68	40	46	74	36	24	60	46	74	28	15	338	327	340	311	333	319	327	302
1100	11:00	80	70	40	46	74	36	24	62	46	74	28	15	315	323	329	269	334	317	327	340
1100	12:00	80	70	40	44	74	36	24	60	44	74	28	12	302	329	329	313	333	326	239	313
1100	13:00	80	70	40	46	74	36	24	60	46	74	28	12	340	324	327	252	251	338	317	336
PROMEDIO		67	59	37	42	69	31	22	61	44	67	26	10	309	316	311	250	303	307	310	306

6.2.2 ANÁLISIS DE DATOS

TABLA 6.5 Intercambiador de Calor Aceite-Agua

INTERCAMBIADOR DE CALOR ACEITE-AGUA "MOTOR ACTUAL"							INTERCAMBIADOR DE CALOR ACEITE-AGUA "MOTOR ANTIGUO"						
ACEITE (°C)			AGUA (°C)				ACEITE (°C)			AGUA (°C)			
IN	OUT	DIFERENCIA DE TEMPERATURAS (°C)	IN	OUT	DIFERENCIA DE TEMPERATURAS (°C)		IN	OUT	DIFERENCIA DE TEMPERATURAS (°C)	IN	OUT	DIFERENCIA DE TEMPERATURAS (°C)	
68	54	14	25	29	4		72	66	6	22	28	6	
74	64	10	36	40	4		73	66	7	22	27	5	
76	68	8	40	44	4		74	67	7	24	30	6	
78	68	10	40	44	4		74	66	8	24	30	6	
80	70	10	40	46	6		74	68	6	26	32	6	
80	70	10	40	46	6		74	68	6	26	32	6	
80	72	8	40	46	6		74	67	7	26	32	6	
80	70	10	38	44	6		74	66	8	26	32	6	
80	70	10	38	44	6		72	66	6	26	34	8	
80	70	10	40	46	6		72	66	6	26	34	8	
80	72	8	40	44	4		72	66	6	26	34	8	
80	72	8	40	46	6		72	66	6	24	32	8	
82	72	10	42	46	4		72	66	6	24	32	8	
80	72	8	40	46	6		74	68	6	26	34	8	
80	72	8	40	44	4		74	68	6	26	34	8	
80	72	8	40	46	6		74	68	6	26	34	8	
78	68	10	40	46	6		74	68	6	26	34	8	
80	70	10	40	46	6		74	68	6	26	34	8	
80	70	10	40	44	4		74	68	6	26	34	8	
80	70	10	40	46	6		74	68	6	26	34	8	

Análisis de la Diferencia de Temperaturas en el Intercambiador de Calor circuito Aceite.

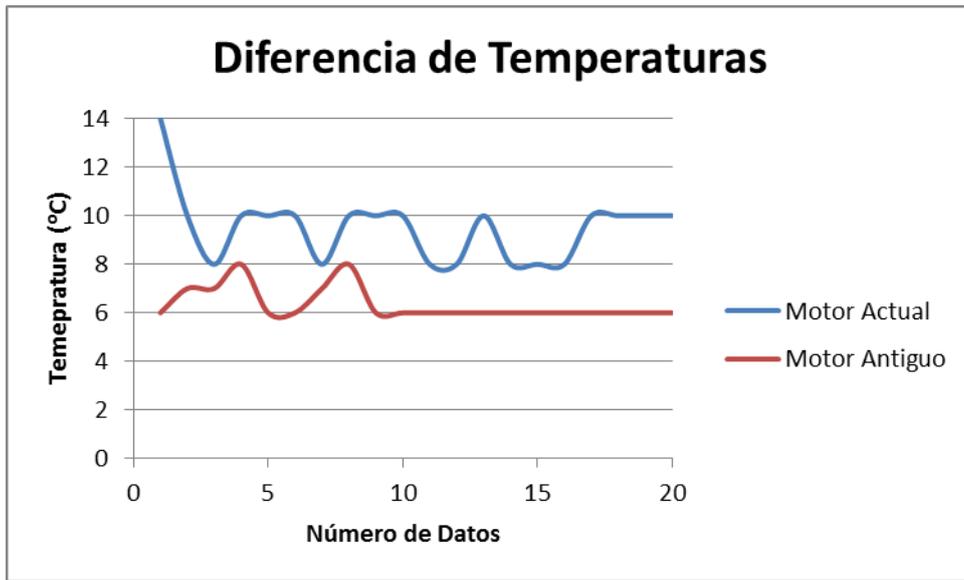


FIGURA 6.1 Diferencia de Temperaturas en el Intercambiador Circuito Aceite

Análisis de la Diferencia de Temperaturas en el Intercambiador de Calor circuito Agua.

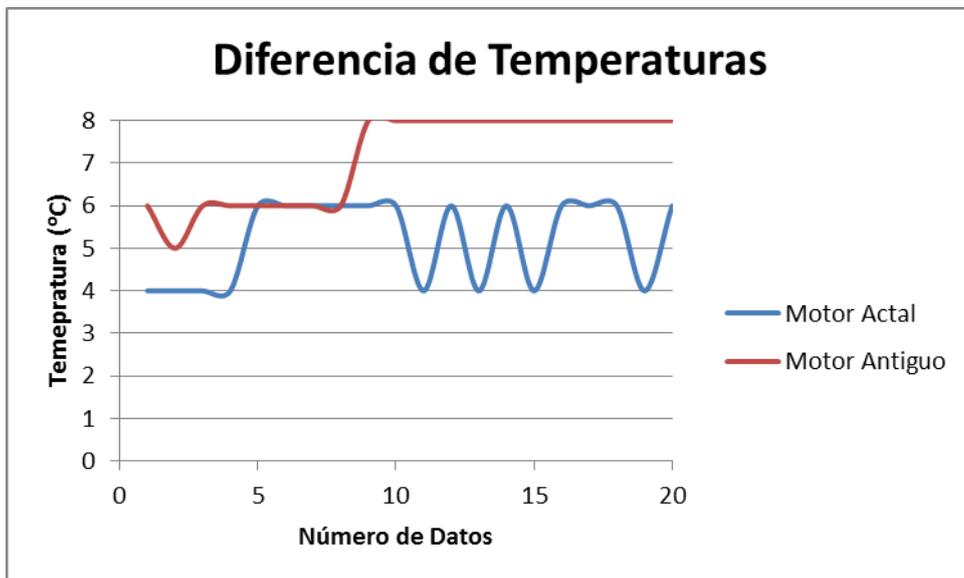


FIGURA 6.2 Diferencia de Temperaturas en el Intercambiador Circuito Agua

Análisis de datos de las Temperaturas en culatas de los motores

TABLA 6.7 Datos de las Temperaturas en las Culatas del Motor Recuperado (Izq.) y Antiguo (Der.)

CULATAS MOTOR RECUPERADO								CULATAS MOTOR ANTIGUO							
TEMPERATURA (°C)								TEMPERATURA (°C)							
1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
309	316	311	250	303	307	310	306	419	431	431	420	413	436	396	432

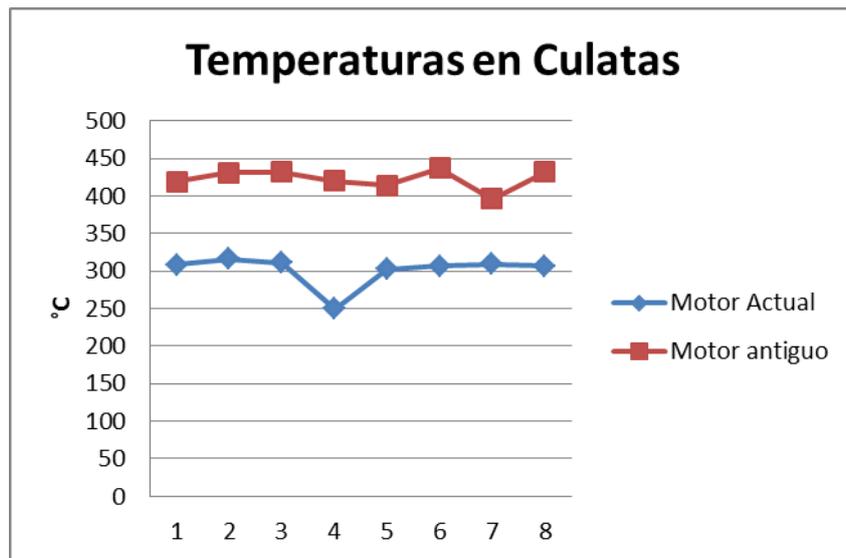


FIGURA 6.4 Temperaturas en Culatas.

6.3 VALIDACIÓN DE LA UTILIDAD DEL MOTOR BAZÁN M.A.N.

La utilidad que representa el Motor Recuperado se verá reflejada en el Bombeo de productos limpios, compararemos el caudal de Bombeo que se realizaba antes y después de su Overhaul. Para poder comparar este parámetro se tendrá que tener en cuenta las mismas condiciones de Potencia, revoluciones y producto bombeado.

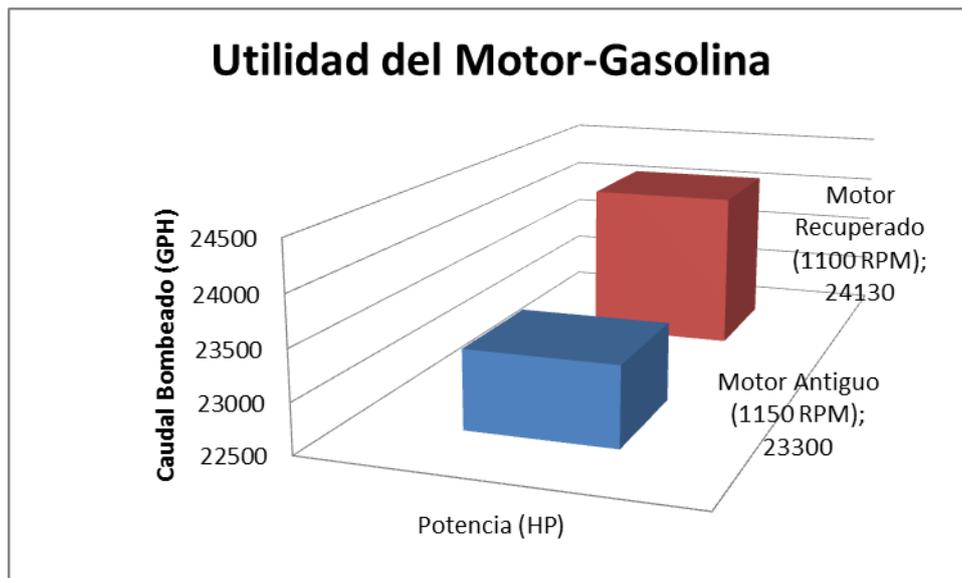


FIGURA 6.5 Utilidad de los Motores cuando se Bombea GASOLINA

Como se puede observar en Figura 6.5, el Caudal Bombeado antes del Overhaul es de 23300[GPH], el actual caudal Bombeado es 24130[GPH]. Con lo que hay una diferencia de 830[Gal]. Se puede ver claramente que hay una mejora en el sistema de bombeo de productos limpios.

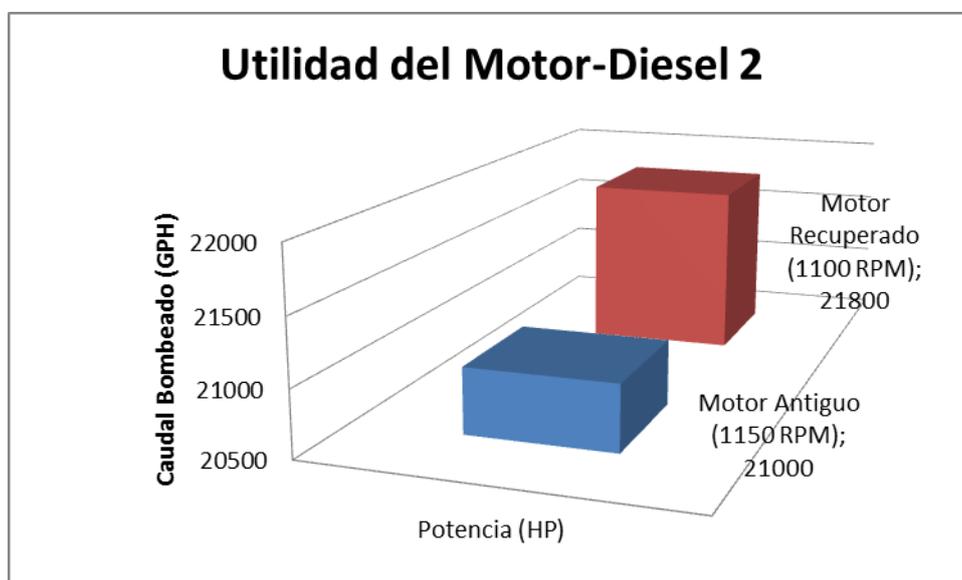


FIGURA 6.6 Utilidad de los Motores cuando se Bombea DIESEL 2

En la Figura 6.6, se observa que el caudal Bombeado con Diesel 2 era de 21000[GPH], en la actualidad es de 21800[GPH], con una diferencia de 800[Gal]. El

aumento que se logra con el Overhaul es muy significativo en el momento de Bombear Diesel 2, debido a que es más denso que la Gasolina.

Cabe recalcar que la velocidad de giro del Motor Recuperado es de 1100 [RPM] y la del Motor Antigo es de 1150[RPM], con lo que se observa que hay una diferencia de revoluciones de 50 [RPM]. Esta diferencia será aprovechada por el Motor Recuperado para aumentar el caudal de Bombeo hasta 22000[GPH] en el Diesel y 24250[GPH] en la Gasolina. Con esto se evidencia la magnitud de la importancia en un Mantenimiento.

**6.4 MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA EL
NUEVO CICLO DE VIDA.**

MOTOR BAZÁN M.A.N.

TIPO: R8V-16/18T



MANUAL DE OPERACIONES

Índice

Capitulo 1	Introducción
Capitulo 2	Precaucione
Capitulo 3	Especificaciones Técnica
Capitulo 4	Mantenimiento
Capitulo 5	Clasificación ABC de Repuestos

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

Sírvase leer y observar la información facilitada en este manual. Con su ayuda podrá evitar accidentes y mantener el motor en perfectas condiciones de funcionamiento.

Este motor ha sido construido exclusivamente para la aplicación que se especifica y solo puede dársele el uso al que está destinado.

Todos los riesgos que comporte serán achacados al usuario.

El empleo de acuerdo con el objeto al que está destinado también comporta el cumplimiento de las condiciones indicadas por el fabricante en cuanto al funcionamiento, mantenimiento y reparaciones.

El motor solo debe ser utilizado, mantenido y reparado por personas que sean conocedoras de estos términos y los riesgos que comportan.

Deben tenerse en cuenta las normas pertinentes para la prevención de accidentes y aquellas otras sobre seguridad e higiene industrial que sean procedentes.

La manipulación de los diferentes sistemas de regulación (Inyección, Depuración, Refrigeración, etc.) pueden influir en el rendimiento del motor y de sus emisiones.

En tal caso no puede garantizarse el cumplimiento de la legislación para la protección del medioambiente.

PLACA DE IDENTIFICACIÓN

El equipo lleva impreso en la placa de identificación el modelo y el número de serie.

Estas informaciones son importantes para que podamos mantener registros de eventuales modificaciones en el material empleado y en las características de su construcción.

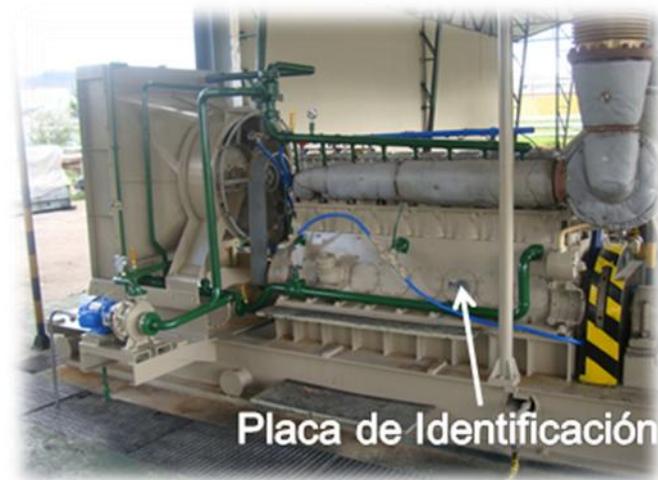
Al solicitar piezas de reposición y servicios de mantenimiento, para una atención rápida y eficiente, es indispensable que se informe el modelo y el número del equipo.

BAZÁN M.A.N.

FACTORIA DE CARTAGENA ESPAÑA
MOTOR DIESEL

Tipo:	N.-	Año:	Potencia (CVs)	Velocidad (RPM)	Temperatura (°C)	Altura Barométrica (mmHg)	Altura Instalación (m)
Nominal							
Contratado							

UBICACIÓN DE LA PLACA DE IDENTIFICACIÓN:



CAPITULO 2: PRECAUCIONES

Esta sección del manual se destina a orientar al operador sobre los cuidados que debe tener al manipular el equipo.

Es importante resaltar que este equipo ha sido cuidadosamente desarrollado para proporcionarle el máximo de rendimiento, con economía, facilidad de manipulación y seguridad.

Para que ello acontezca, esté siempre atento a las informaciones contenidas en los manuales de instrucciones.

ATENCIÓN: Al ignorar las medidas de seguridad, usted estará poniendo a riesgo su vida y la de las personas a su alrededor.

ETIQUETAS DE SEGURIDAD

Alrededor de todo el equipo se encuentran localizadas etiquetas de seguridad que orientan sobre riesgos de averías o de accidentes que pueden ocurrir con el equipo o con el operador durante el trabajo. Antes de manipular el equipo, identifique todas las etiquetas y verifique en estas páginas si ha entendido el significado de cada una.

Conserve las etiquetas en buen estado, limpias y legibles. De haber necesidad, sustitúyalas.



ATENCIÓN: Uso obligado de Gafas, Casco, Gafas, Guantes, Protección Auditiva



ATENCIÓN: No Fumar



ATENCIÓN: Prohibido el acceso a personal no identificado



ATENCIÓN: No encender el equipo sin autorización.



PR-01

ATENCIÓN: Prohibido el paso peatonal



FU-01

ATENCIÓN: Manguera contra incendios



FU-05

ATENCIÓN: Extintor de Fuego



ATENCIÓN: Etiqueta de señalización amarillo y negra.



Etiqueta reflectora (lado derecho)

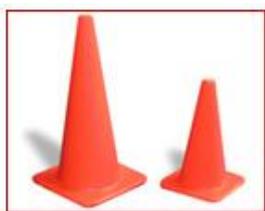
RG: 674077

ATENCIÓN: Etiqueta reflectora (lado derecho)



RG: 379248

ATENCIÓN: Lea el manual de instrucciones antes de hacer cualquier actividad en el equipo.



ATENCIÓN: Conos de Seguridad



ATENCIÓN: Cinta de precaución.

Si necesita realizar alguna actividad encima del motor, verifique si es posible el acceso; caso contrario planifique con la persona a cargo (Técnico Líder, Supervisor, Coordinador, Seguridad Industrial, etc.) para el acceso al sitio indicado.

Si el trabajo se desea realizar en Campo, acuda a Seguridad Industrial (S.I.) para la planificación de dicho trabajo. Si no existiera la persona indicada de S.I. absténgase de realizar cualquier actividad.

Acuda a S.I. para recibir una inducción acerca del Trabajo que va a realizar y de los posibles Problemas y/o Consecuencias que se podría presentar en la planta. Solicitar a la persona encargada el suministro de materiales de Protección Personal (Casco, Guantes, Protección Auditiva, Mascara).

Antes del arranque del motor:

- Verifique los puntos constantes en el manual tales como niveles de aceite, agua del radiador, combustible, etc.;
- Prenda las Bujías de Pre calentamiento mínimo 6 horas antes de encender el motor.
- Prenda la Pre lubricación de Aceite mínimo 1 hora antes de encender el motor
- Si en algún caso el motor no se lograra encender debido a que no se tuvo en cuenta las dos precauciones anteriores, se deberá encender con la ayuda de Éter, el mismo que será manipulado por personal autorizado y en casos muy extremos.

- Verifique que la presión de aire utilizada por el motor este en un rango de 350 - 370 PSI, si no se tuviera esta presión se deberá comunicar al operador encargado para que prenda los compresores y se llene los tanques de almacenamiento de aire.
- El motor debe estar en velocidad de ralentí (800 r.p.m.) aproximadamente 15 minutos.
- A partir de la velocidad de ralentí aumente las revoluciones del Motor Gradualmente (100 en 100) en aproximadamente 10 minutos, hasta lograr la velocidad adecuada.
- Verifique que el motor no se encuentre acoplado hacia el embrague.
- Al hacer la verificación de los componentes del equipo que están en contacto directo con el motor, utilice el equipo de protección adecuado (gafas, guantes, overol, zapatos puntas de acero, casco).
- Verifique el funcionamiento de los componentes y sistema del equipo por medio de la sala de operaciones.
- No use el equipo si hay necesidad de reparación de algún componente vital para el funcionamiento. Arréglo antes;

ATENCIÓN: Evite que se haga cerramientos, muros, etc., que puedan dificultar la ventilación del sitio donde se encuentra instalado el motor. Los gases exhalados por el escape son tóxicos y pueden asfixiar al operador en pocos minutos.

RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD PARA TRANSPORTE

- Si fuera necesario movilizar el equipo (Motor), se deberá hacerlo con la ayuda de un Montacargas (tener en cuenta el tonelaje del Montacargas), el cual debe ser conducido por un personal altamente adiestrado en el manejo de este tipo de vehículos.
- Sujetar el motor con cadenas, sogas, etc.

- Recuerde que el montacargas es un vehículo que solo puede transportar a la persona que lo maneja, y no se puede utilizar como un transporte de personas.



- Las maniobras deben realizarse en lugares seguros, lejos de la presencia de personas, animales o cualquier otra situación que ofrezca riesgos de accidentes personales o materiales.
- No haga maniobras arriesgadas ni frene bruscamente.
- Finalizado la maniobra, estacione el Montacargas con las uñas en el piso, para evitar cualquier accidente.



- Utilice teclas mecánicas, eléctricos para la manipulación del Motor, evite utilizar sus propias fuerzas debido a que podría sufrir algún tipo de lesión grave en su espalda, brazo, piernas, etc.

SEGURIDAD DURANTE LOS SERVICIOS DE MANTENIMIENTO

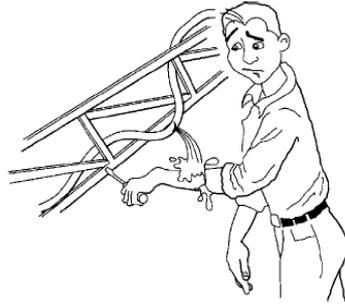
Conocer y cumplir las recomendaciones de este manual disminuyen los costos de mantenimiento y prolongan la durabilidad del equipo.

ATENCIÓN: Para evitar que el Técnico se ensucie debe realizar la limpieza del sitio antes de proceder al Mantenimiento.

- Los servicios de mantenimiento deben ser realizados por profesionales entrenados y las piezas deben ser originales de fábrica.
- Los servicios de mantenimiento deben ser realizados con el equipo parado
- Los filtros y lubricantes deben ser verificados periódicamente y sustituidos en el tiempo recomendado en el manual de instrucciones o siempre que sea necesario. Filtros de aire o de aceite sucios disminuyen el rendimiento del motor y pueden provocar averías más serias.

NOTA: Se debe utilizar los lubricantes y los filtros recomendados en el manual de instrucciones.

- El agua del radiador y los niveles de aceite deben verificarse diariamente con el motor frío.
- Todos los servicios de mantenimiento en tuberías, mangueras hidráulicas deben ser realizados después de la despresurización del circuito.
- Redoble la atención durante ese tipo de mantenimiento, pues lesiones accidentales en la piel provocadas por fluidos hidráulicos deben ser inmediatamente observadas por un médico.
- Utilice siempre gafas, guantes y herramientas adecuadas



- No fume durante los servicios de mantenimiento de piezas y componentes inflamables.
- Limpie inmediatamente los lugares donde fueron derramados combustibles, lubricantes y fluidos.
- Para verificar posibles fugas en tuberías o mangueras use trapo, absorbentes y no las manos.
- Si la iluminación del ambiente dificulta la operación, no use fósforos, encendedor eso cualquier tipo de llama. Podrá provocar un incendio o una explosión.
- Defectos o deficiencias en componentes hidráulicos deben ser inmediatamente reparados.
- Si hay necesidad de mantener el motor en funcionamiento durante los servicios de mantenimiento, permanezca atento a las partes móviles y evite aproximarse a ellas.
- Cuidado con ropa suelta o ancha, pelo largo, pulseras, reloj, etc.

CAPITULO 3: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS



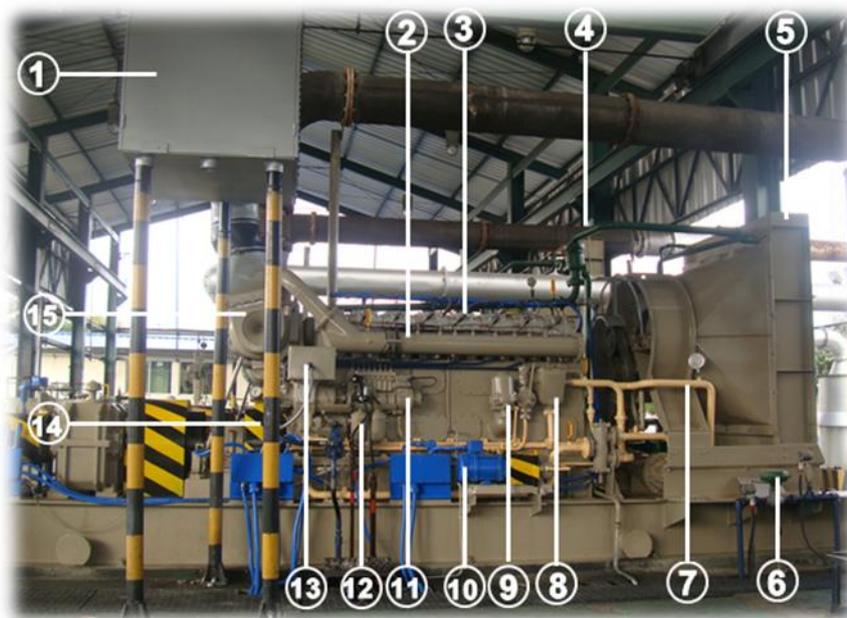
DIMENSIONES:

A=2 m

B=1.30 m

C=76.2 cm

PRESENTACIÓN DEL MOTOR BAZÁN M.A.N.





1. Depurador de Aire
2. Sistema de Admisión de Aire
3. Culatas del Motor
4. Tubería del Sistema de Refrigeración de Agua
5. Radiador
6. Válvula de Control del Aire
7. Tubería de Sistema de Refrigeración de Aceite
8. Filtro de Laminillas
9. Filtro Ciclónico.
10. Motor de Pre lubricación
11. Bomba de Inyección
12. Filtro de Combustible
13. Accionamiento Electrónico del Motor- Woodward
14. Volante de Inercia
15. Turbo Cargador
16. Sistema de Escape
17. Drenaje de Aceite

18. Tubería de Refrigeración del Motor
19. Termocuplas
20. Entrada de Aceite
21. Bomba Centrífuga
22. Tubería de Refrigeración – Salida de la Bomba Centrífuga
23. Tubería de entrada de Agua al Radiador.
24. Panel del Radiador.

CARACTERÍSTICAS

Marca	BAZÁN M.A.N.
Tipo	R8V – 16/18T
Año	1970
Número y Disposición de los Cilindros	8 en Línea
Velocidad de Rotación	1500 [RPM]
Potencia	500 [HP]
Torsión	1751 [Lb-ft]
Ciclo	Diesel 4 tiempos
Relación de Compresión	13:1
Cilindrada Total	28950 [c.c.]
Diámetro del Cilindro	160 [mm]
Carrera del émbolo	180 [mm]
Distancia desde el eje del cigüeñal a la base del motor	90 [mm]
Diámetro del árbol formado por el cigüeñal	110 [mm]
Diámetro de los muñones de los codos del cigüeñal	110 [mm]
Longitud de las bielas	360 [mm]
Número de Válvula de admisión por cilindro	2
Número de Válvula de escape por cilindro	2
Motores de 8 cilindros, de marcha a la izquierda	1-3-7-5-8-6-2-4

Temperatura de los gases de escape (a la Salida de las culatas)	470 [°C]
Refrigeración	Liquido
Temp. de Agua - Entrada	30 [°C]
Temp. de Agua - Salida	77 [°C]
Radiador	
Temperatura de Entrada	77 [°C]
Temperatura de Salida	22 [°C]
Intercambiador de Aceite	
Temperatura de Entrada	22 [°C]
Temperatura de Salida	30 [°C]
Volumen Necesario de Aceite.	27 [Gal.]
Temperatura de Entrada del Aire	20 [°C]
Velocidad del Aire – Entrada al Radiador	6 m/s
Consumo de Aire	898 kg/h
Consumo de Combustible	22.25 gal/h
Potencia Media Efectiva	10.51 [Kg/cm ²]
Rendimiento Térmico	41.32 %
Rendimiento Mecánico	98.62%
Rendimiento Volumétrico	66.08%

CAPITULO 4: MANTENIMIENTO

MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA EL NUEVO CICLO DE VIDA

Mantenimiento Periódico

Las siguientes actividades de mantenimiento serán realizadas por los señores operadores cada 5 días en sus cambios de turno y/o antes de encender los grupos diesel para el bombeo de productos limpios.

1. Verificar si hay pérdida de líquidos.
2. Verificar la medida de aceite del motor.
3. Verificar el nivel de combustible en los tanques.
4. Verificar si hay piezas pequeñas sueltas.
5. Limpiar la suciedad del motor.

De aquí en adelante las actividades serán realizadas por el personal calificado del Departamento de Mantenimiento Electromecánico del Poliducto Q-A-R.

Mantenimiento Preventivo 500 horas

	Estación:		Nº Orden de Trabajo			
	Nº Equipo:					
	Modelo:					
Descripción del trabajo:			Mantenimiento 500 horas			
Responsable:	Personal					
Calificación del trabajo:	Programado	Horas de funcionamiento				
Intervención		Fecha	Hora	Tipo de trabajo (TT)		
Parada motor				<input type="checkbox"/> Cambio <input type="checkbox"/> Revisión <input type="checkbox"/> Limpieza <input type="checkbox"/> Control <input type="checkbox"/> Ajuste <input type="checkbox"/> Engrase		
Puesta en marcha						
Prueba de funcionamiento						
Nº	Operación	TT	Si	No	Observación.	
1	Limpiar el filtro ciclónico de aceite	<input type="radio"/>				
2	Cambio del papel filtrante.	<input type="checkbox"/>				
3	Limpieza del filtro de laminillas.	<input type="radio"/>				
4	Inspeccionar si existen fugas de combustible y/o aceite.					
5	Cambiar de filtros de combustible.	<input type="checkbox"/>				
6	Cambiar de aceite del motor.	<input type="checkbox"/>				
7	Limpiar y ordenar el área de trabajo.	<input type="radio"/>				
Firma de responsabilidad:		Nombre	Rol		Firma	

Mantenimiento Preventivo 2000 horas

	Planta:		Nº Orden de Trabajo		
	Nº Equipo:				
	Modelo:				
Descripción del trabajo:		Mantenimiento 2000 horas			
Responsable:	Personal				
Calificación del trabajo:	Programado	Horas de funcionamiento			
Intervención	Fecha	Hora	Tipo de trabajo (TT) <input type="checkbox"/> Cambio <input type="checkbox"/> Revisión <input type="checkbox"/> Limpieza <input type="checkbox"/> Control <input type="checkbox"/> Ajuste <input type="checkbox"/> Engrase		
Parada motor					
Puesta en marcha					
Prueba de funcionamiento					
Nº	Operación	TT	Si	No	Observación.
1	Limpiar el filtro ciclónico de aceite	<input type="radio"/>			
2	Cambio del papel filtrante.	<input type="checkbox"/>			
3	Limpieza del filtro de laminillas.	<input type="radio"/>			
4	Inspeccionar si existen fugas de combustible y/o aceite.				
5	Cambiar de filtros de combustible.	<input type="checkbox"/>			
6	Cambiar de aceite del motor.	<input type="checkbox"/>			
7	Verificación de los inyectores				
8	Cambio de toberas	<input type="checkbox"/>			
9	Calibrar inyectores				
10	Calibración de válvulas de admisión y escape				
11	Controlar y corregir las fugas del circuito de agua y aceite.				
12	Verificar el estado de las bujías de precalentamiento.				
13	Verificar el funcionamiento del termostato de agua.				
14	Verificar el funcionamiento del termostato de aceite.				
15	Verificar el funcionamiento de la bomba de agua y motor eléctrico.				
16	Limpiar y ordenar el área de trabajo.	<input type="radio"/>			
17					
Firma de responsabilidad:		Nombre	Rol	Firma	

Mantenimiento Preventivo 6000 horas

	Planta:		Nº Orden de Trabajo		
	Nº Equipo:				
	Modelo:				
Descripción del trabajo:		Mantenimiento 6000 horas			
Responsable:	Personal				
Calificación del trabajo:	Programado	Horas de funcionamiento			
Intervención	Fecha	Hora	Tipo de trabajo (TT)		
Parada motor			▽ Cambio ▼ Revisión		
Puesta en marcha			○ Limpieza ● Control		
Prueba de funcionamiento			□ Ajuste ■ Engrase		
Nº	Operación	TT	Si	No	Observación.
1	Limpiar el filtro ciclónico de aceite	○			
2	Cambio del papel filtrante.	▽			
3	Limpieza del filtro de laminillas.	○			
4	Inspeccionar si existen fugas de combustible y/o aceite.				
5	Cambiar de filtros de combustible.	▽			
6	Cambiar de aceite del motor.	▽			
7	Limpiar las válvulas de aire de arranque	○			
8	Lubricar las válvulas de aire de arranque				
9	Limpiar las culatas	▽			
10	Asentar válvulas de admisión y escape				
11	Asentar el cono de mechero				
12	Inspeccionar los cilindros.	▼			
13	Limpiar los mecheros, tubos de agua, cono, tornillo de presión, tornillo de ajuste	▽			
14	Engrase de mechero, tonillo de presión y tornillo de ajuste.	■			
15	Pruebas hidrostáticas de las culatas				
16	Calibrar inyectores				
17	Cambio de empaques en las culatas	▽			
18	Calibración de válvulas de admisión y escape				
19	Controlar y corregir las fugas del circuito de agua y aceite.				
20	Inspeccionar el estado de las bujías de precalentamiento.	▼			
21	Engrase de los rodamientos del eje del ventilador.				
22	Revisar el torque de los pernos de las culatas	□			
23	Revisar el apriete en las tapas laterales del motor	□			
24	Verificar el funcionamiento del termostato de agua.				
25	Verificar el funcionamiento del termostato de				

	aceite.				
26	Verificar el funcionamiento de la bomba de agua y motor eléctrico.				
27	Verificar el funcionamiento del turbo cargador.				
28	Verificar el estado de las bandas de las poleas del ventilador.				
29	Limpiar y ordenar el área de trabajo.	0			
	El motor queda en funcionamiento dentro de sus parámetros.				
Firma de responsabilidad:		Nombre	Rol		Firma

Mantenimiento Preventivo 12000 horas

	Planta:		Nº Orden de Trabajo
	Nº Equipo:		
	Modelo:		
Descripción del trabajo:		Mantenimiento 24000 horas	
Responsable:	Personal		
Calificación del trabajo:	Programado	Horas de funcionamiento	
Intervención	Fecha	Hora	Tipo de trabajo (TT)
Parada motor			▽ Cambio ▼ Revisión
Puesta en marcha			○ Limpieza ● Control
Prueba de funcionamiento			□ Ajuste ■ Engrase
Nº	Operación	TT	Si No Observación.
1	Limpiar el filtro ciclónico de aceite	○	
2	Cambio del papel filtrante.	▽	
3	Limpieza del filtro de laminillas.	○	
4	Inspeccionar si existen fugas de combustible y/o aceite.		
5	Cambiar de filtros de combustible.	▽	
6	Cambiar de aceite del motor.	▽	
7	Cambiar filtros del depurador de aire	▽	
8	Limpiar las válvulas de aire de arranque	○	
9	Lubricar las válvulas de aire de arranque		
10	Limpiar las culatas	▽	
11	Asentar válvulas de admisión y escape		
12	Asentar el cono de mechero		
13	Inspeccionar los cilindros.	▼	
14	Limpiar los mecheros, tubos de agua, cono, tornillo de presión, tornillo de ajuste	▽	
15	Engrase de mechero, tonillo de presión y tornillo de ajuste.	■	
16	Pruebas hidrostáticas de las culatas		
17	Calibrar inyectores		
18	Cambio de empaques en las culatas	▽	
19	Controlar la altura de los cilindros.	●	
20	Cambiar los anillos de goma de los cilindros	▽	
21	Inspeccionar los pistones	▼	
22	Inspeccionar las bielas	▼	
23	Inspeccionar los bulones		
24	Controlar cojinetes de bulón y de biela	●	
25	Controlar los anillos de pistón	●	
26	Inspeccionar los muñones de biela del cigüeñal.	▼	
27	Inspeccionar el árbol de levas	▼	
28	Inspeccionar los taques y varillas.	▼	
29	Calibración de válvulas de admisión y escape		

30	Controlar y corregir las fugas del circuito de agua y aceite.	●			
31	Inspeccionar el estado de las bujías de precalentamiento.	▼			
32	Engrase de los rodamientos del eje del ventilador.				
33	Revisar el torque de los pernos de las culatas	<input type="checkbox"/>			
34	Revisar el apriete en las tapas laterales del motor	<input type="checkbox"/>			
35	Revisar el torque en los tornillos de biela.	<input type="checkbox"/>			
36	Verificar el funcionamiento del termostato de agua.				
37	Verificar el funcionamiento del termostato de aceite.				
38	Verificar el funcionamiento de la bomba de agua y motor eléctrico.				
39	Verificar el funcionamiento del turbo cargador.				
40	Verificar el estado de las bandas de las poleas del ventilador.				
41	Verificar el estado del intercambiador de calor agua-aceite.				
42	Verificar el funcionamiento de la bomba de inyección de combustible.				
43	Limpiar y ordenar el área de trabajo.	○			
	Se recomienda tomar una muestra de aceite para su posterior análisis, se debe hacer con el motor en marcha.				
	Se recomienda tomar una muestra de agua del sistema de refrigeración de alta temperatura para su posterior análisis, se debe realizar con el motor en marcha.				
	El motor queda en funcionamiento dentro de sus parámetros.				
Firma de responsabilidad:		Nombre	Rol	Firma	

Mantenimiento Preventivo 24000 horas

	Planta:		Nº Orden de Trabajo		
	Nº Equipo:				
	Modelo:				
Descripción del trabajo:		Mantenimiento 24000 horas			
Responsable:	Personal				
Calificación del trabajo:	Programado	Horas de funcionamiento			
Intervención	Fecha	Hora	Tipo de trabajo (TT)		
Parada motor			▽ Cambio ▼ Revisión		
Puesta en marcha			○ Limpieza ● Control		
Prueba de funcionamiento			□ Ajuste ■ Engrase		
Nº	Operación	TT	Si	No	Observación.
1	Limpiar el filtro ciclónico de aceite	○			
2	Cambio del papel filtrante.	▽			
3	Limpieza del filtro de laminillas.	○			
4	Inspeccionar si existen fugas de combustible y/o aceite.				
5	Cambiar de filtros de combustible.	▽			
6	Cambiar de aceite del motor.	▽			
7	Cambiar filtros del depurador de aire	▽			
8	Cambiar las válvulas de aire de arranque	▽			
9	Limpiar las culatas	○			
10	Asentar válvulas de admisión y escape				
11	Asentar el cono de mechero				
12	Inspeccionar los cilindros.	▼			
13	Limpiar los mecheros, tubos de agua, cono, tornillo de presión, tornillo de ajuste	○			
14	Engrase de mechero, tonillo de presión y tornillo de ajuste.	■			
15	Pruebas hidrostáticas de las culatas				
16	Cambio de toberas				
17	Calibrar inyectores				
18	Cambio de empaques en las culatas	▽			
19	Controlar la altura de los cilindros.	●			
20	Inspeccionar los cilindros: desgaste, conicidad, ovalamiento				
21	Cambiar los anillos de goma de los cilindros	▽			
22	Inspeccionar los pistones	▼			
23	Cambiar los anillos de pintón	▽			
24	Verificar las faldas de pistones	●			
25	Inspeccionar las bielas	▼			
26	Cambiar los bulones	▽			
27	Cambiar cojinetes de bulón y de biela	▽			
28	Verificar la longitud de los pernos de cierre de las bielas	●			

29	Inspeccionar los muñones del cigüeñal.	▼			
30	Deflexión del cigüeñal				
31	Rectificar el cigüeñal				
32	Verificar el juego axial del cigüeñal.	●			
33	Limpieza del bloque y control de los asientos de las camisas	○			
34	Limpieza de la alcachofa	○			
35	Limpieza del cárter de aceite	○			
36	Cambio de empaques del bloque	▽			
37	Inspeccionar juego de engranes.	▼			
38	Revisar las levas de admisión y escape	▼			
39	Cambio los taques y varillas.	▼			
40	Inspeccionar mofle de admisión	▼			
41	Inspeccionar mofle de escape	▼			
42	Inspeccionar depurador de aire	▼			
43	Inspeccionar la bomba de engranes de aceite	▼			
44	Inspeccionar las tuberías de combustible	▼			
45	Calibración de válvulas de admisión y escape				
46		●			
47	Inspeccionar el estado de las bujías de precalentamiento.	▼			
48	Cambio de los rodamientos del eje del ventilador.	▽			
49	Inspección del ventilador	▼			
50	Baquetear los paneles del radiador				
51	Revisar el torque de los espárragos del cigüeñal.	□			
52	Revisar el torque de los pernos de las culatas	□			
53	Revisar el apriete en las tapas laterales del motor	□			
54	Revisar el torque en los tornillos de biela.	□			
55	Inspeccionar el termostato de agua.	▼			
56	Inspeccionar el termostato de aceite.	▼			
57	Inspeccionar la bomba de agua y motor eléctrico.	▼			
58	Inspeccionar el turbo cargador.	▼			
59	Verificar el estado de las bandas de las poleas del ventilador.				
60	Inspeccionar el intercambiador de calor agua-aceite.	▼			
61	Inspeccionar la bomba de inyección de combustible.	▼			
62	Calibrar la bomba de inyección				
63	Controlar y corregir las fugas del circuito de agua y aceite.				
64	Limpiar y ordenar el área de trabajo.	○			
	Se recomienda tomar una muestra de aceite para su posterior análisis, se debe hacer con el motor en marcha.				
	Se recomienda tomar una muestra de agua del sistema de refrigeración de alta temperatura para su posterior análisis, se debe realizar con el motor en marcha.				

	El motor queda en funcionamiento dentro de sus parámetros.				
Firma de responsabilidad:	Nombre	Rol		Firma	

CAPITULO 5: CLASIFICACIÓN ABC DE REPUESTOS

En toda empresa, se hace necesaria una discriminación de artículos con el fin de determinar de entre todos ellos cuáles son los que, por sus características, precisan un control más riguroso.

Evidentemente, existirá un pequeño número de productos que tengan un alto costo unitario en comparación con el resto, y de los que normalmente habrá menor existencia. Es en estos productos en los que el control debe ser más riguroso. Pero no sólo es el costo unitario la variable que debe tenerse en cuenta para realizar la discriminación, ya que productos de pequeño costo pero con un fuerte volumen de demanda pueden hacer que se paralice el mantenimiento

Cuando se ordenan los artículos según magnitudes decrecientes acumuladas de su valor anual, puede observarse que existe diferentes maneras de agrupar, como se muestra a continuación:

Tabla 6.8 Jerarquía de Repuestos

Jerarquía\TIV ²¹ -Q ²²	60-10	75-15	80-20	Adquisición
A	60-10	75-15	80-20	Departamento Financiero
B	30-40	20-30	15-30	Departamento de Mantenimiento
C	10-60	5-65	5-50	Líderes de proyecto
Total	100-100	100-100	100-100	

Para este caso se tomará en cuenta la columna de 75-15, que nos indica aproximadamente un 15% de los artículos representan alrededor del 75% del valor anual total de bodega. El siguiente 30% de artículos otro 20% de valor anual. El último 65% de artículos sólo representa, por lo general, un 5%.

Esto da lugar a una clasificación de los artículos, que por realizarse tradicionalmente en tres grupos, se denomina ABC. Los artículos en el grupo A son los que representan

²¹ Porcentaje del Costo Anual del Inventario

²² Porcentaje de la cantidad total de los ítems.

un mayor costo anual para la empresa, mientras que los del C son los de menor importancia.

Como norma general, puede decirse que los dos primeros grupos deben ser objeto de un control de existencias sistemático, con incluso una mayor frecuencia para los artículos del grupo A. Por el contrario, en la clase C se suele establecer un sistema más sencillo en el que quizá sea suficiente con un sistema de revisión periódica.

Para la administración de los ítems, tomar en cuenta la siguiente tabla.

Tabla 6.9 Administración de Repuestos

	A	B	C
Costo de Uso	Alto	Medio	Bajo
Valor Total del Inventario (%)	Grande	Moderado	Pequeño
Cantidad (%)	Bajo	Medio	Alto
Gestión de Tiempo	Estrecho	Mínimo	Ahorro
Conteo Físico	Semanalmente	Mensualmente	Anualmente
Previsión	Comités de previsión	Proyección de tendencia Simple	Comprador de mejor estimación

Tabla 6.10 Repuestos Demandado Anualmente

	Repuestos	Valor Unitario	Volumen Demandado	Valor Anual	% Ordenado- Descendente	% Acumulado	
1	Guía de válvula	93,26	32	2984,32	25,04	25,04	A
2	Empaquetadura de Grafito	67,65	20	1353,00	11,35	36,39	
3	Anillo asiento de válvula	65,38	16	1046,08	8,78	45,17	
4	Esparrago de culatas	25,46	32	814,72	6,84	52,01	
5	Placa de resorte de válvula	25,14	32	804,48	6,75	58,76	
6	Válvula de Arranque	787,42	1	787,42	6,61	65,37	
7	Bujías de Pre calentamiento	741,93	1	741,93	6,23	71,60	
8	Papel filtrante	35,00	20	700,00	5,87	77,47	B
9	Resorte exterior de válvula	13,98	32	447,36	3,75	81,22	
10	Manómetros con glicerina	87,03	5	435,15	3,65	84,87	
11	Resorte interior de válvula	11,35	32	363,20	3,05	87,92	
12	Termómetros (0-100 °C)	58,11	5	290,55	2,44	90,36	
13	Cono de válvula	114,29	2	228,58	1,92	92,28	
14	Rodamiento radial de bolas con protección	45,58	5	227,90	1,91	94,19	
15	Filtros de Combustible	3,06	70	214,20	1,80	95,99	C
16	Atornillamiento angular	15,08	10	150,80	1,27	97,26	
17	Mitad de Cono	5,47	16	87,52	0,73	97,99	
18	Válvula de globo de 2 plg.	11,72	5	58,60	0,49	98,48	
19	Tornillo cabeza hexagonal ½x2½ plg.	0,42	100	42,00	0,35	98,83	
20	o`ring	2,38	15	35,70	0,30	99,13	
21	Válvula de globo de ¾ plg.	7,08	5	35,40	0,30	99,43	
22	Anillos de Cobre	0,13	200	26,00	0,22	99,65	
23	Abrazaderas metálicas industriales	1,75	15	26,25	0,22	99,87	

24	Bomba manual de Combustible	4,39	2	8,78	0,07	99,94
25	Arandela de presión	0,03	200	6,00	0,06	100,00
			TOTAL	11915,94	100	

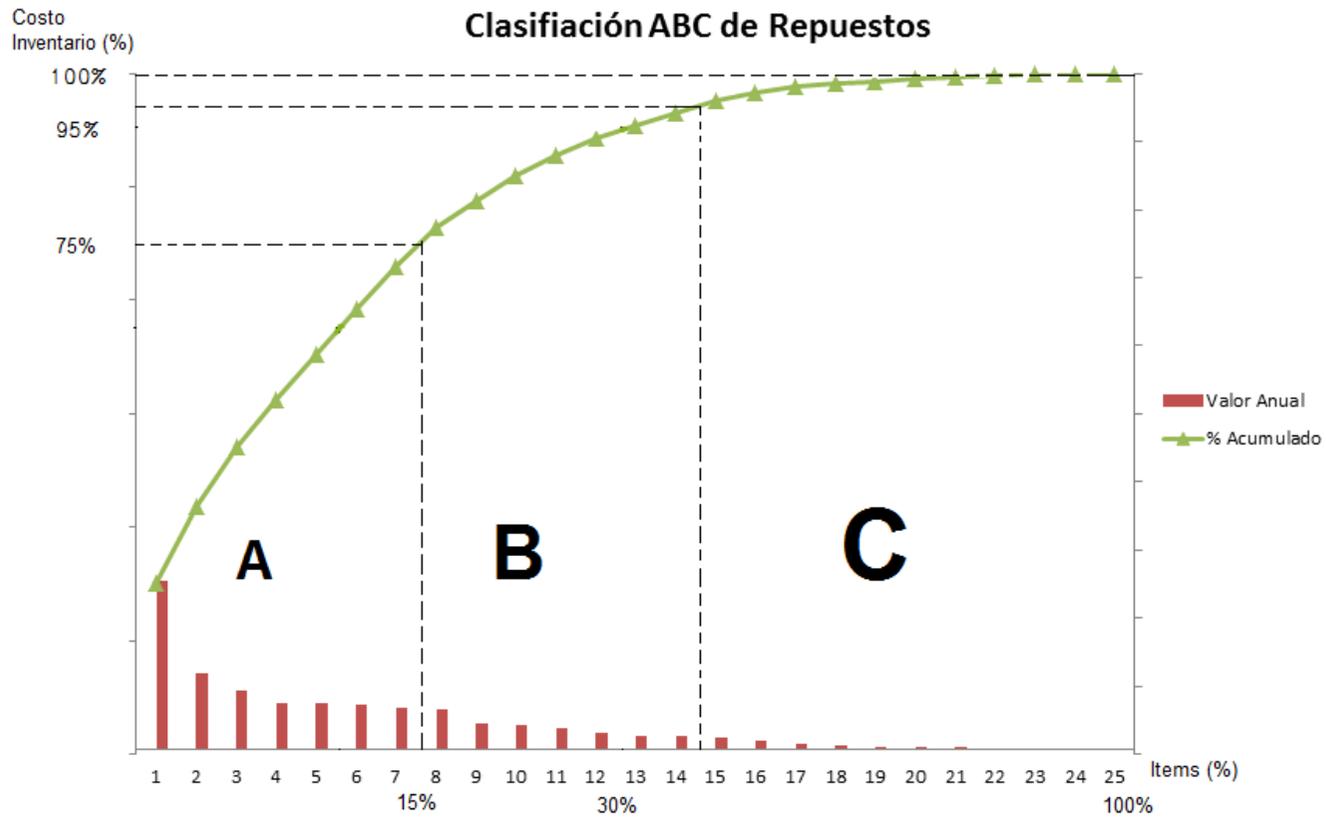


FIGURA 6.7 Diagrama de Pareto para los repuestos

CAPÍTULO VII

ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

El mantenimiento del Motor BAZÁN M.A.N. con la aplicación de reingeniería y montaje de un nuevo sistema de refrigeración, se fundamenta en la necesidad de mejorar el bombeo de productos limpios. Para todas estas actividades la empresa debe realizar una inversión, la misma que debe ser recuperada. A continuación se detallara el costo total del proyecto, su rentabilidad y tiempo de recuperación del capital.

7.1 ANÁLISIS ECONÓMICO

El objetivo de este análisis, es ordenar y sistematizar la información de los costos de mantenimiento, mano de obra, reingeniería, materiales y repuestos, etc., para de esta manera obtener el valor total de la inversión.

7.1.1 COSTO DEL OVERHAUL DEL MOTOR

Los valores de cada uno de los repuestos vienen incluido el valor de IVA.

1. COSTOS DIRECTOS

TABLA 7.1 Mano de Obra Directa Contratada

MANO DE OBRA DIRECTA			
CAN.	DESCRIPCIÓN	P. UNITA	P. TOTAL
1	SERVICIO DE INSTALACIÓN DE ASILAMIENTO TÉRMICO PARA MOFLE DE ESCAPE	1523,23	1523,23
1	REPARACIÓN DE LA BOMBA DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE	2227,92	2227,92
1	SERVICIO DE RECTIFICACIÓN DE CIGÜEÑAL	1056,64	1056,64
1	SERVICIO DE CEPILLADO DE LAS CARAS DE LAS CULATAS	1130,00	1130,00
1	CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA DE FILTRACIÓN (DEPURADOR DE AIRE)	7895,83	7895,83
18	CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE FILTROS PARA EL DEPURADOR	75,27	1354,86
	TOTAL		15188,48

TABLA 7.2 Mano de Obra Directa EP PETROECUADOR

HONORARIOS PROFESIONALES					
Nº	NOMBRE	CARGO	HORAS	V. HORA	TOTAL
1	INGENIERO MECÁNICO (EMPRESA)	SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	1250	\$ 15	18750
2	INGENIERO MECÁNICO (EMPRESA)	TÉCNICO LÍDER	1250	\$ 10	12500
				TOTAL	31250

TABLA 7.3 Mano de Obra Directa Tesistas

HONORARIOS A ESTUDIANTES					
Nº	NOMBRE	CARGO	HORAS	VALOR/HORA	TOTAL
1	GABRIELA MACHADO	TESISTA	625	3,5	2187,5
2	ALFREDO ORELLANA	TESISTA	625	3,5	2187,5
				TOTAL	4375

TABLA 7.4 Materiales Directos

LISTA DE MATERIALES DIRECTOS PARA EL MOTOR					
STOCK DE BODEGA DEL TERMINAL "EL BEATERIO"					
Nº	MEC	CAN.	DESCRIPCIÓN	P. UNIT.	P. TOTAL
1	409120332	6	TERMOELEMENTO	300,68	1.804,08
2	409110542	1	BALANCÍN DE DISTRIBUCIÓN PARA ESCAPE	166,51	166,51
3	409110543	1	BALANCÍN DE DISTRIBUCIÓN PARA ADMISIÓN	198,38	198,38
4	409110544	16	EJE DE BALANCÍN	229,04	3.664,64
5	409110541	1	PALANCA INTERMEDIA	368,98	368,98
6	409110705	10	O´RING (EJE DE BALANCÍN)	2,38	23,80
7	409110506	36	GUÍA DE VÁLVULA	93,26	3.357,36
8	409110507	32	CONO DE VÁLVULA	114,29	3.657,28
9	409110501	40	MITAD DE CONO	5,47	218,80
10	409110502	40	PLACA DE RESORTE DE VÁLVULA	25,14	1.005,60
11	409110503	40	RESORTE INTERIOR PARA VÁLVULA	11,35	454,00
12	409110504	40	RESORTE EXTERIOR PARA VÁLVULA	13,98	559,20
13	409110424	11	ANILLO ASIENTO DE VÁLVULA	65,38	719,18
14	409110203	10	ANILLO DE ACEITE	46,70	467,00
15	409110205	8	BULÓN	112,35	898,76
16	409110208	14	ANILLO RASCADOR DE ACEITE	28,11	393,47

17	409110209	7	ANILLO DE COMPRESIÓN	40,64	284,48
18	409110206	16	ANILLO DE SEGURIDAD DEL BULÓN	0,87	13,88
19	409198020	2	BUJE DE COJINETE	455,69	911,38
20	409198345	4	ANILLO SOPORTE	123,26	493,04
21	409104105	9	COJINETE DE BANCADA Ø 109,00 mm	1,05	9,45
22	409104109	1	COJINETE CENTRAL DE BANCADA Ø 109,00 mm	2,25	2,25
23	409110311	8	COJINETE DE BIELA Ø 1g09,00 mm	2,25	18,00
24	409104094	9	COJINETE DE LEVAS	1,30	11,70
25	409111739	6	BOMBA UNITARIA DE INYECCIÓN	178,72	1.072,32
26	409105001	1	ÁRBOL DE LEVAS	3827,19	3.827,19
27	409198355	3	TUERCA DE CIERRE	79,01	237,04
28	409198330	3	ANILLO DE LABERINTO	197,91	593,73
29	409120731	1	MANGUERA FLEXIBLE DE ACEITE	161,20	161,20
30	409152021	4	ANILLO DE JUNTA	0,47	1,88
31	409152024	1	ENGRANAJES ACOPLADOS DOBLE	661,75	661,75
32	409111411	8	CAMISA DE CILINDRO	803,88	6.431,04
33	409104082	8	BOCÍN GUÍA DE PASO DE AGUA	0,57	4,57
34	409104043	8	PASO DE AGUA DE REFRIGERACIÓN	5,73	45,84
35	409104006	1	RETENEDOR	23,53	23,53
36	409104026	1	COJINETE PARA PROLONGACIÓN DE CIGÜEÑAL	569,01	569,01
37	409104014	1	ANILLO DE JUNTA BRIDA	1,97	1,97
38	409104031	1	TORNILLO HUECO	1,97	1,97
39	409104030	2	JUNTA	0,19	0,38
40	409104073	33	ESPARRAGO PARA CULATA	25,46	840,18
41	409104084	12	ANILLO DE CIERRE	0,14	1,72
42	409110525	8	ANILLO DE JUNTA DE CULATA	1,82	14,52
43	409110526	8	JUNTA	0,35	2,83
44	409104067	1	ANILLO DE BUNA	0,60	0,60
45	409110728	8	DISCO DE JUNTA	6,45	51,58
46	409110800	8	VÁLVULA DE ARRANQUE	787,42	6.299,36
47	409110807	8	JUNTA	0,29	2,35
48	409110914	8	JUNTA ANILLO DE COBRE	0,35	2,78
49	409110907	1	JUNTA	3,53	3,53
50	409152005	1	EMPAQUETADURA GRAFITADO	67,65	67,65
51	409111660	1	MANGUITO DE ACERO	0,28	0,28
52	409111664	2	EMPAQUE PARA GOVERNOR	2,43	4,86
53	409120711	1	TUBO DE DESCARGA	2,02	2,02
54	420433750	2	RODAMIENTO RADIAL DE BOLAS	4,75	9,50
55	409120501	4	CAÑERÍA DE COMBUSTIBLE	3,38	13,52
56	409120728	1	CAÑERÍA DE ENTRADA DE ACEITE	1,24	1,24

57	409111728	1	RETENEDOR	0,28	0,28
58	409111732	1	MANGUITO	0,17	0,17
59	409120741	1	CAÑERÍA DE ACEITE	0,24	0,24
60	409104032	1	CAÑERÍA CON TUERCA Y ANILLO	0,22	0,22
61	409134223	1	CENTRÍFUGA DE CHORRO LIBRE	910,41	910,41
62	409100001	1	BUJÍA DE ENCENDIDO	741,93	741,93
63	409111674	1	VARIADOR DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE	3999,59	3.999,59
64	409135010	4	FILTRO DE COMBUSTIBLE	3,06	12,24
65	409166701	1	BOMBA MANUAL DE ACEITE	604,30	604,30
66	409104044	8	ANILLO DE JUNTA	11,10	88,80
67	409104083	8	ANILLO DE JUNTA	5,06	40,48
68	409110408	16	ANILLO DE SILICÓN PARA CAMISA	2,85	45,60
69	409111410	2	ANILLO DE JUNTA 175X3,5 mm	17,42	34,84
70	420426420	1	RODAMIENTO RADIAL DE BOLAS CON PROTECCIÓN	45,58	45,58
71	420435900	2	RODAMIENTO RADIAL OSCILATORIO	5,61	11,22
72	420415160	4	RODAMIENTO DE BOLAS	9,53	38,11
73	409198115	8	ANILLO DE COBRE	0,13	1,06
74	409120409	2	ATORNILLAMIENTO ANGULAR	15,08	30,17
75	420417530	2	RODAMIENTO	3,00	6,00
76	409111700	1	BOMBA MANUAL DE COMBUSTIBLE	4,39	4,39
77	409111733	1	BOMBA MANUAL DE PRESIÓN DE COMBUSTIBLE	129,93	129,93
78	409120614	7	TERMÓMETRO	58,11	406,74
79	502856080	1	MANÓMETRO	27,00	27,00
80	502927110	3	MANÓMETRO CON GLICERINA	87,03	261,09
81	056053569	38	PERNO CABEZA HEXAGONAL M10X30	0,10	3,80
82	057550028	38	ARANDELA DE PRESIÓN	0,03	1,14
83	057550028	38	ARANDELA DE PRESIÓN	0,03	1,14
84	534773735	1	LUBRICANTE DE RINES Y CAJAS (GAL)	26,39	26,39
85	052927110	10	TORNILLO CABEZA HEX. 1/2INX 2-1/2IN	0,42	4,20
86	057551911	10	ARANDELA HELICOIDAL DE PRESIÓN	0,02	0,20
87	056043715	20	TORNILLO CABEZA HEX. 1/2INX 2-1/2IN	0,42	8,40
88	057550036	32	ARANDELA DE PRESIÓN 9/16IN	0,04	1,28
89	-----	1	PINTURA POLIURETANA	610,00	610,00
				TOTAL	48.750,08

2. COSTOS INDIRECTOS

TABLA 7.5 Materiales Indirectos

LISTA DE MATERIALES INDIRECTOS					
Nº	MEC	CAN.	DESCRIPCIÓN	P. UNITA	P. TOTAL
1	220525100	10	LIJA Nº 100	0,28	2,80
2	220525150	10	LIJA Nº 150	0,22	2,20
3	220525180	10	LIJA Nº 180	0,24	2,38
4	220525220	10	LIJA Nº 220	0,24	2,44
5	22055240	10	LIJA Nº 240	0,27	2,67
6	220525320	10	LIJA Nº 320	0,21	2,10
7	220525360	10	LIJA Nº 360	0,21	2,10
8	220546060	10	LIJA Nº 60	0,38	3,80
9	932070135	160	CABO DE POLIPROPILENO	0,20	31,73
10	262265326	5	CINTA PARA AISLAMIENTO ELÉCTRICO	3,17	15,85
11	696810065	26	FRANELA SIN PELUSA (ft)	2,30	59,80
12	221561128	4	BROCHA PARA PINTAR 2IN	0,42	1,68
13	221562110	3	PINCEL Nº 10	0,16	0,48
14	221562112	3	PINCEL Nº 12	0,23	0,69
15	806168010	8	REMOVEDOR DE PINTURA (GAL)	10,40	83,17
16	224370200	3	ESPÁTULA DE ACERO DE 2 IN	0,41	1,22
17	221211012	2	HOJA DE SIERRA RECTA	1,10	2,19
18	309894125	5	TEFLÓN BLANCO PARA HIDROCARBUROS	17,49	87,45
19		440	GASOLINA BASE (GAL)	0,70	308,00
20	530218011	1	ÉTER SPRAY	3,39	3,39
				TOTAL	616,14

7.1.2 COSTOS DE LA REINGENIERÍA DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.

3. COSTOS DIRECTOS

TABLA 7.6 Mano de Obra Directa Contratado

MANO DE OBRA DIRECTA-MOTOR			
CAN.	DESCRIPCIÓN	P. UNITA	P. TOTAL
1	SERVICIO DE FABRICACIÓN Y CAMBIO DE UN PANEL DEL RADIADOR	5100,00	5100,00
		TOTAL	5100,00

TABLA 7.7 Mano de Obra Directa Especializado

HONORARIOS MANO DE OBRA INDIRECTA					
Nº	NOMBRE	CARGO	HORAS	V. HORA	TOTAL
1	TÉCNICO (CUERPO DE INGENIEROS)	SOLDADOR CALIFICADO API	80	7,00	560
2	TÉCNICO (CUERPO DE INGENIEROS)	AYUDANTE DE SOLDADURA	80	4,00	320
				TOTAL	880

TABLA 7.8 Mano de Obra Directa Tesista

HONORARIOS A ESTUDIANTES					
Nº	NOMBRE	CARGO	HORAS	VALOR/HORA	TOTAL
1	GABRIELA MACHADO	TESISTA	625	3,5	2187,5
2	ALFREDO ORELLANA	TESISTA	625	3,5	2187,5
				TOTAL	4375

TABLA 7.9 Materiales Directos

MATERIALES DIRECTOS PARA EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN					
Nº	MEC	CAN.	DESCRIPCIÓN	P. UNITA	P. TOTAL
1	150783180	20	TUBERÍA DE 2IN ACERO AL CARBÓN SCH 40 (ft)	2,15	43,00
2	074570053	2	TEE REDUCTORA 2IN X 1-1/2IN ACERO AL CARBÓN	11,74	23,48
3	072363024	5	BRIDA CON CUELLO SOLDABLE DE 2IN SCH 40	8,97	44,86
4	071788048	15	CODO SOLDABLE DE 2IN ACERO AL CARBÓN	2,41	36,15
5	074450048	4	TEE SOLDABLE DE 2IN ACERO AL CARBÓN	8,40	33,60
6	081708054	2	VÁLVULA DE GLOBO DE 2 IN	11,72	23,44
7	790108350	10	ABRAZADERA METÁLICA 3-1/4IN	1,75	17,50
8	790108300	10	ABRAZADERA METÁLICA 2-1/4IN	1,00	10,00
9	151422051	20	TUBERÍA DE 1-1/2IN ACERO AL CARBÓN SCH 40 (ft)	1,25	24,92
10	072365018	3	BRIDA CON CUELLO SOLDABLE DE 1-1/2IN SCH 40	0,19	0,57
11	071788030	4	CODO 90 SOLDABLE DE 1IN ACERO AL CARBÓN	5,56	22,24
12	071782048	4	CODO 45 SOLDABLE DE 2IN SCH40	4,00	16,00
13	070620036	2	TAPA GALVANIZADA DE 1IN	0,50	1,00
14	070620054	2	TAPÓN ROSCADO DE ACERO GALVANIZADO DE 2 IN	1,69	3,38
15	070413018	1	BUSHING REDUCTOR DE ACERO DE 1/2INX3/8IN SCH 45	0,42	0,42
16	070413019	1	BUSHING REDUCTOR DE ACERO	1,49	1,49

			DE 1/2INX1/4IN SCH 40		
17	790108400	4	ABRAZADERA METÁLICA	1,99	7,96
18	074431024	1	TEE RECTA DE ACERO GALVANIZADO 3/4IN	1,70	1,70
19	072720161	1	NEPLO ROSCADO DE ACERO GALVANIZADO 3/4X 1-1/2IN	1,85	1,85
20	-----	1	SELLOS MECÁNICOS PARA BOMBA CENTRÍFUGA	2970,50	2970,50
21	073920050	1	REDUCCIÓN DE ACERO GALVANIZADO DE 2INX1IN	2,40	2,40
22	070438035	1	BOCÍN ROSCADO 1INX3/4IN	0,55	0,55
23	070178042	2	CODOS DE 90 SOLDABLE DE 1-1/2IN	0,09	0,18
24	080504024	1	VÁLVULA DE BOLA DE 3/4 IN	7,08	7,08
				TOTAL	3294,27

TABLA 7.10 Costo Total del Proyecto

COSTOS TOTALES	
OVERHAUL	USD
COSTOS DIRECTOS	99563,56
COSTOS INDIRECTOS	616,14
SUB TOTAL	100179,71
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	USD
COSTOS DIRECTOS	13649,27
COSTOS INDIRECTOS	0
SUB TOTAL	13649,27
TOTAL	113828,98

7.1.3 FINANCIAMIENTO

TABLA 7.11 Financiamiento del Proyecto

RUBRO	FUENTES DE FINANCIAMIENTO				
	INVERSIÓN	PROPIOS (TESISTAS)	%	EMPRESA	%
OVERHAUL					
COSTOS DIRECTOS	99563,56	8383	8,42	91180,56	91,58
COSTOS INDIRECTOS	616,14	0		616,14	100
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN					
COSTOS DIRECTOS	13649,27	1150	8,42	12499,27	91,58

7.2 ANÁLISIS FINANCIERO

En el desarrollo del Análisis financiero es necesario determinar la depreciación del proyecto, para lo cual se utiliza el método de depreciación directa.

Para este método se toma en cuenta la depreciación de maquinaria en 10 años, por lo tanto.

$$\text{Depreciación} = \frac{\text{Valor Contable Revalorizado} - \text{Valor Residual}}{\text{Años de Vida Útil}}$$

$$\text{Depreciación} = \frac{350000 - 35000 \text{ USD}}{10 \text{ años}} = 31500 \text{ USD/AÑO}$$

$$\text{Depreciación} = 1797,95 \text{ USD}/500h$$

La recuperación de la inversión en el proyecto se dará por la utilización del Motor recuperado para el bombeo de productos limpios hacia la ciudad de Ambato. En el desarrollo de este análisis se utilizarán los datos del Diesel, puesto que es el producto más comercializado y es el fluido que se bombea con mayor dificultad por sus propiedades químicas.

En la siguiente tabla se resumen los valores del caudal de bombeo del Poliducto, en un tiempo de 500 horas que es relativo al primer mantenimiento de los Grupos Diesel, el valor total de galones bombeados en el tiempo de 500 horas, el valor unitario de ganancia por cada galón bombeado según el Decreto Ejecutivo 338, y el valor total por los galones bombeados.

TABLA 7.12 Datos del Bombeo de Diesel

Producto	Caudal (Gal/h)	Tiempo (h)	Galones Bomb.	Valor Uni.	Valor Total
Diesel	21800	500	10.900.000	\$0,13	\$1,417,000

7.2.1 TIEMPO DE RETORNO

Para determinar el tiempo de retorno de la inversión es necesario realizar el flujo de caja, el mismo que será analizado en 500 horas de bombeo del motor.

FLUJO DE CAJA			
	0 HORAS	500 HORAS	
Ventas			1.417.000,00
(-)Costos Fijos			(89.702,05)
Sueldos		61.191,60	
Combustible		23.332,50	
Aceite		1.080,00	
Servicios Básicos		2.300,00	
Depreciación		1.797,95	
(-)Costos Variables			(2.600,00)
Repuestos		2.600,00	
Utilidad Antes de impuestos			1.324.697,95
Impuestos			(662.348,98)
(-) 3% Participación Trabajadores		39.740,94	
(-) 12% Proyectos de Inversión Social		158.963,75	
(-) 25% Impuestos a la Renta		331.174,49	
(-) 10% Reserva Legal		132.469,80	
Utilidad Neta			662.348,98
Inversión			
Reparación de la Maquinaria	113.828,98		
Depreciación		1.797,95	
Capital de Trabajo			
Flujo Neto	113.828,98		664.146,92

$$TR = \frac{INVERSION\ NETA\ EN\ EFECTIVO}{FLUJO\ NETO\ EFECTIVO}$$

$$TR = \frac{113828,98}{664146,92}$$

$$TR = 0,17(h)$$

$$TR = 10,28\ min$$

El tiempo de recuperación de la inversión del proyecto es de aproximadamente 10 minutos con 17 segundos de bombeo, pero se recuerda que la función del Poliducto

Q-A-R termina una vez que el producto llega a la ciudad de Ambato y es almacenado satisfactoriamente.

Durante este tiempo se bombea 3735 galones de Diesel, los mismos que aproximadamente llegan en 57 horas con 19 minutos a la Estación Reductora Ambato, siendo este nuestro tiempo de retorno.

7.2.2 VALOR ACTUAL NETO (VAN)

El Valor Actual Neto consiste en determinar el valor actual de los flujos de caja que se esperan en el transcurso de la inversión, tanto de los flujos de caja como las salidas de capital. Si el VAN es mayor a cero, quiere decir que la inversión deja ganancias. Si es igual a cero, entonces se está en el punto de equilibrio y no se producirán pérdidas ni ganancias. Si el VAN es menor que cero, quiere decir que la inversión va a dar como resultado pérdidas.

Con los datos obtenidos y con una inversión de 113828,98 USD y según las estimaciones efectuadas, que ha proporcionado un rendimiento durante las 500 horas de producción de 664146,92 USD. La tasa de descuento que se utiliza para el cálculo del VAN es de 3,5%, Regulación N° 009-2010, establecida por el Banco Central del Ecuador, donde se estipula esta tasa de interés pasiva efectiva máxima para inversiones en empresas publicas.

$$VAN = F \left(\frac{1}{1+i} \right)^n$$

$$VAN = 113828,98 \left(\frac{1}{1 + 0.00000405} \right)^{500}$$

$$VAN = 113598,71$$

7.2.3 TASA DE INTERÉS DE RETORNO (TIR)

La Tasa de Interés de Retorno se utiliza para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión. Para ello, la TIR se compara con una tasa mínima o tasa de descuento, el coste de oportunidad de la inversión. Si la tasa de rendimiento del proyecto (expresada por la TIR) supera la tasa mínima, se acepta la inversión; en caso contrario, se rechaza. La Tasa de Rendimiento debe ocurrir en intervalos regulares, en este caso será para 500 horas de bombeo de productos por el grupo diesel. Si el T.I.R. es superior a la tasa de descuento la inversión será rentable.

$$TIR = \left(\frac{\text{Flujo de caja}}{\text{Inversión}} - 1 \right) * 100\%$$

$$TIR = \left(\frac{664146,92}{113828,98} - 1 \right) * 100\%$$

$$TIR = 483,46\%$$

7.3 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

TABLA 7.13 Análisis de Sensibilidad

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD (EN USD)						
	NORMAL		FAVORABLE		DESFAVORABLE	
	Subtotales	Totales	Subtotales	Totales	Subtotales	Totales
Ventas generadas para 500 horas		1.417.000,00		1.466.595,00		1.367.405,00
(-)Costos Fijos		(119.404,10)		(119.404,10)		(119.404,10)
Sueldos	61.191,60		61.191,60		61.191,60	
Combustible	23.332,50		23.332,50		23.332,50	
Aceite	1.080,00		1.080,00		1.080,00	
Servicios Básicos	2.300,00		2.300,00		2.300,00	
Depreciación	31.500,00		31.500,00		31.500,00	
(-)Costos Variables		(2.600,00)		(2.600,00)		
Repuestos	2.600,00					
Utilidad Antes de impuestos		1.294.995,90		1.344.590,90		1.248.000,90
Impuestos		(647.497,95)		(672.295,45)		(624.000,45)
(-) 3% Participación Trabajadores	38.849,88		40.337,73		37.440,03	
(-) 12% Proyectos de Inversión Social	155.399,51		161.350,91		149.760,11	
(-) 25% Impuestos a la Renta	323.748,98		336.147,73		312.000,23	
(-) 10% Reserva Legal	129.499,59		134.459,09		124.800,09	
Utilidad Neta		647.497,95		672.295,45		624.000,45
Inversión						
Reparación de la Maquinaria						
Depreciación	31.500,00				31.500,00	
Capital de Trabajo						
Flujo Neto		678.997,95		2.689.181,80		655.500,45

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

- El motor Bazán M.A.N. se encuentra recuperado, mediante un mantenimiento de cuarto y quinto escalón; y en funcionamiento para el bombeo de combustibles hacia la ciudad de Ambato perteneciente al Poliducto Quito Ambato Riobamba, el cual se encontraba en línea muerta.
- Con la recuperación del Motor Bazán M.A.N. y el rediseño de su sistema de refrigeración se ha logrado recopilar la mayor cantidad de información vinculado a las diferentes actividades de mantenimiento, datos, valores de repuestos y servicios que conlleva realizar el mantenimiento de uno de los motores diesel del Poliducto Quito Ambato Riobamba, que antes no existía
- Mediante el mantenimiento del motor se ha podido realizar la comprobación y validación de dimensiones, holguras, tolerancias, etc., de cada uno de los elementos constitutivos del motor. De esta manera hemos obtenido una secuencia apropiada para las acciones de mantenimiento correctivo, las mismas que se reflejan en el capítulo tres.
- Se ha determinado que la disponibilidad del equipo aumentado de un 75% a un 93%, y que además el motor cuenta con una vida útil de veinticuatro mil horas equivalente a diez años de funcionamiento.
- La descripción de las actividades de mantenimiento para el nuevo ciclo de vida del motor se detalla en el manual de mantenimiento que se encuentra en el capítulo cinco.

- Se ha diseñado la mejor propuesta para el nuevo sistema de refrigeración del motor. Teniendo como resultado un solo circuito de enfriamiento, el cual permite enfriar tanto agua del motor como del aceite del mismo. Logrando de esta manera mantener las temperaturas de operación sin problemas de calentamiento.
- Con el Mantenimiento del Motor BAZÁN M.A.N (Motor Recuperado) y la Reingeniería del Sistema de Refrigeración, se ha logrado que el grupo pueda Bombear productos limpios con el aumento en el caudal de Diesel y Gasolina de 21000 a 21800 [GPH] y 23300 a 24130 [GPH] respectivamente.
- Mediante el Rediseño del Sistema de Refrigeración se ha obtenido los siguientes resultados:

Sistema\Eficiencia	Antes	Después
Radiador	72.35%	96.49%
Intercambiador de Calor (Aceite)	11.96%	17.24%

- Con la Reingeniería del Sistema de Refrigeración se ha logrado reutilizar el radiador original del Motor Recuperado, dando paso a una mejora en la transferencia de calor en los paneles del radiador, ahorrando espacio físico, y mejorando la eficiencia del sistema.
- El estudio Económico y Financiero permite describir la inversión y el financiamiento que se ha dado a este proyecto. Describiendo de esta manera que el tiempo de recuperación de la inversión es rápida.

8.2 RECOMENDACIONES

- Antes de la manipulación del Motor, es necesario revisar a profundidad el manual de mantenimiento y operaciones que se encuentra en el Capítulo 6 de este documento.
- La adquisición de repuestos de mayor uso para el mantenimiento, como son los repuestos de la clase A del Diagrama de Pareto del capítulo seis, que representan el 75% del valor anual de la empresa y el 20% de los repuestos en bodega; deben ser eficaces y oportunas, considerando si dichos repuestos se encuentran en el mercado nacional o extranjero.
- Considerar el Rendimiento Térmico del Radiador e Intercambiador de Calor, la Potencia del Motor, las revoluciones y capacidad de Caudal de la Bomba acoplada al Motor, para posibles modificaciones del sistema de tubería a hacia la ciudad de Ambato.
- Ejecutar las actividades de Mantenimiento de los Motores Diesel, considerando tiempos de funcionamiento y operación, disponibilidad de repuestos y personal técnico para la ejecución de las diferentes actividades.
- Capacitar al personal técnico nuevo en las actividades de mantenimiento del motor con el objetivo de evitar posibles fallas en el futuro.
- Con el desarrollo de este proyecto de tesis se ve reflejada la importancia de continuar difundiendo los conocimientos sólidos en las áreas de Mantenimiento Industrial, Transferencia de Calor y Motores de Combustión Interna.
- Se recomienda a la Carrera de Ingeniería Mecánica mantener y fortalecer las relaciones interinstitucionales con esta y otra empresa que apoya con proyectos vinculados con las áreas de estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- MOTT, Robert; MECÁNICA DE FLUIDOS APLICADA; Cuarta Edición; México 1996.
- INCROPERA-WITT; FUNDAMENTOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR; Cuarta Edición; México 1999.
- CARNICER- MAINAR; BOMBAS CENTRÍFUGAS; Primera Edición, España 2001.
- CENGEL-BOLES; TERMODINÁMICA; Quinta Edición; México 2002
- MEGYESY, Eugene; PRESURE VESSEL HANDBOOK; Décima Segunda Edición.
- CHAÍN SAPAG Nassir; PROYECTOS DE INVERSIÓN FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN; Primera Edición; México 2007.
- NTE INEN-EN 13460:2010 MANTENIMIENTO DOCUMENTOS PARA EL MANTENIMIENTO.
- Documentos de Mantenimiento 500 Horas Poliducto Quito Ambato Riobamba.
- Documentos de Mantenimiento 2000 Horas Poliducto Quito Ambato Riobamba.
- Documentos de Mantenimiento 6000 Horas Poliducto Quito Ambato Riobamba.
- Documentos de Mantenimiento 12000 Horas Poliducto Quito Ambato Riobamba.
- Documentos de Mantenimiento 24000 Horas Poliducto Quito Ambato Riobamba.
- Manual de Mantenimiento Motor BAZÁN M.A.N; Tipo R8V – 16/18T, Año 1970.
- Manual de Repuestos Motor BAZÁN M.A.N; Tipo R8V – 16/18T, Año 1970.

TERMINOLOGÍA

- **SISTEMA:** Conjunto de elementos vinculados entre sí para poder realizar un proceso.
- **ELEMENTO:** Todo y cualquier parte que forma parte de un sistema.
- **FALLA:** Daño que impide el buen funcionamiento de la maquinaria o sistema.
- **DEFECTO:** Suceso que ocurre en un elemento, pero no impide el funcionamiento del sistema.
- **DESGASTE:** Proceso en el que existe pérdida de material del elemento debido a una acción mecánica.
- **DISPONIBILIDAD:** Porcentaje de tiempo de buen funcionamiento de un elemento.
- **FIABILIDAD:** Es la probabilidad de que funcione sin fallos durante un tiempo (t) determinado, en unas condiciones ambientales dadas.
- **MANTENIBILIDAD:** Es la probabilidad de que, después del fallo, sea reparado en un tiempo dado.
- **PARADA:** Suspensión temporal del elemento o sistema, debido a una falla.
- **REPARACIÓN:** Solución a una falla o avería para que el elemento este en estado operativo.
- **MEJORA:** Pasar de un estado a otro de mayor desempeño de la máquina o elemento.
- **ISOENTRÓPICA:** Proceso en el cual la entropía se mantiene constante

ANEXOS

ANEXO A

Valores Representativos del Coeficiente Global de Transferencia de Calor

ANEXO B

Diagrama de Moody

ANEXO C

Presión de Vapor del Agua

ANEXO D

Diagramas de Funcionamiento de la Bomba Centrífuga 1½x2x8

ANEXO E

PLANOS CONSTRUCTIVOS