

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

DISEÑO E INSTALACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE: COMBUSTIBLE, ACEITE, VAPOR, AIRE, AGUA, MONTAJE Y PUESTA EN OPERACIÓN DE UNA UNIDAD TERMOELÉCTRICA DE 1.9 MW. EN LA CENTRAL DE GUANGOPOLO TERMOPICHINCHA

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

JAVIER LASLUIZA NAVARRETE

DIRECTOR: Ing. ERNESTO SORIA

CODIRECTOR: Ing. ALEXIS ORTIZ

Sangolquí, 2006 – Agosto

CERTIFICACION DE LA ELABORACION DEL PROYECTO

El proyecto “DISEÑO E INSTALACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE: COMBUSTIBLE, ACEITE, VAPOR, AIRE, AGUA, MONTAJE Y PUESTA EN OPERACIÓN DE UNA UNIDAD TERMOELECTRICA DE 1.9 MW. EN LA CENTRAL DE GUANGOPOLO – TERMOPICHINCHA” fue realizado en su totalidad por Javier Lasluiza Navarrete, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

Ing. Ernesto Soria

DIRECTOR

Ing. Alexis Ortiz

CODIRECTOR

Sangolquí, 2006 – 08 - 10

LEGALIZACION DEL PROYECTO

“DISEÑO E INSTALACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE: COMBUSTIBLE, ACEITE, VAPOR, AIRE, AGUA, MONTAJE Y PUESTA EN OPERACIÓN DE UNA UNIDAD TERMoeLECTRICA DE 1.9 MW. EN LA CENTRAL DE GUANGOPOLO – TERMOPICHINCHA”

ELABORADO POR:

Javier Lasluiza Navarrete

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

COORDINADOR DE CARRERA

Sangolquí, 2006 – 08 - 10

DEDICATORIA

Dedico este proyecto y el título obtenido a mis padres, hijas, esposa y hermanos, que con su incondicional apoyo, ejemplo, amor y paciencia me ayudaron a la finalización de una etapa muy importante en mi vida, pero principalmente de una manera muy especial a Dios por haberme bendecido en todo momento de mi vida con: unos padres únicos, unas hijas dulces, una esposa amorosa y unos hermanos generosos.

Javier.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a mis Padres, por su total entrega, sacrificio y apoyo mostrado en todo momento de mi vida y en el alcance de mi meta.

Gracias a los señores profesores: Ingeniero Ernesto Soria, Director del Proyecto e Ingeniero Alexis Ortiz, Codirector del mismo, por su gran colaboración al trabajo realizado.

Gracias a los señores: Ingeniero Manuel Salazar, Vicepresidente Técnico, e Ingeniero Eduardo Aguilera, Jefe de Mantenimiento de la Central Térmica de Guangopolo y al personal de Mecánicos y Producción, por su colaboración en la realización de mi proyecto de grado.

Javier.

RESUMEN

El proyecto se basa en el diseño e instalación de los sistemas de alimentación de: combustible, aceite, vapor, aire, agua, montaje y puesta en operación de una unidad termoeléctrica Wärtsilä Diesel es un conjunto motor generador de tipo marino, el generador es impulsado por el motor, gira 900 rpm, consta 8 cilindros en línea y de simple acción, con turbocargador y enfriadores de aire. El grupo generador a instalarse fue adquirido por TERMOPICHINCHA a la Agencia de Garantías de Depósitos (AGD), el equipo posee todos los sistemas necesarios para almacenar y acondicionar el combustible, así como las instalaciones para control, mando y protecciones de sus componentes electromecánicos.

La ejecución de este proyecto permite incrementar la potencia instalada de la central en 1.92 MW., dando un total de 33.1 MW. y se dispone de una fuente adicional para alimentar los servicios auxiliares de la central en caso de emergencia. Por lo indicado, es prioridad nacional dar el impulso necesario para poner en operación las centrales de generación que se hallan en construcción o que están concesionadas y buscar soluciones emergentes para incrementar la capacidad instalada, pues en el mejor de los casos las nuevas centrales entrarían en operación a partir de finales del año 2007.

El montaje del grupo generador se inició con la construcción de las bases de hormigón para el motor y los sistemas auxiliares de alimentación, seguidamente se instaló toda la tubería de alimentación de agua desmineralizada para el funcionamiento del circuito de enfriamiento. Se instaló el sistema de alimentación de combustible liviano y pesado, en el caso de la tubería de combustible pesado se le adicionó una tubería acompañante de vapor, se realizó todos los cálculos para determinar el espesor del aislamiento para dicha tubería. Se instaló además una bomba de recolección de residuos. Para el sistema de alimentación de vapor se diseñó y construyó un múltiple de vapor para distribuir a los módulos y tuberías que lo requieren. Para el abastecimiento de aire comprimido de

arranque se instaló un compresor adicional, para elevar la presión y se calculó las pérdidas en accesorios y tubería para verificar la caída de presión en el sistema.

Al igual que para los sistemas de alimentación mecánicos, para la instalación de los sistemas auxiliares eléctricos y para acoplarse con el sistema eléctrico actual , se instaló localmente, varios equipos como son: transformador de elevación, transformadores de medición y protección, tableros para medición, control y protecciones, interruptor de potencia, cables eléctricos, motores eléctricos, cables de fuerza y control y otros accesorios, requiriendo disponer también de especificaciones técnicas para su adquisición. El sistema eléctrico de una unidad de generación tiene un papel muy importante en su funcionamiento, control y protección y por lo tanto requiere cumplir con muchas exigencias para un funcionamiento óptimo y que está de acuerdo con el medio en el que trabaja.

Las instalaciones de alimentación fueron diseñadas en forma tal que puedan resistir las condiciones ambientales y climáticas más adversas, ya sea debidas a causas internas o externas, tales como viento, tempestades, lluvia, variaciones de temperatura, que sean predominantes en el emplazamiento de las obras.

Previo al inicio de toda actividad importante, es necesario elaborar un cronograma de ejecución de las obras a realizarse. Para el caso de un montaje electromecánico, debe considerarse las facilidades de que se disponga, el equipo, herramientas, personal disponible, suministro de los materiales misceláneos, condiciones ambientales, disponibilidad de recursos económicos, etc.

Toda instalación que requiera ponerse en operación, debe seguir un procedimiento, el mismo que debe estar escrito y disponible en el sitio mismo y ser actualizado cuando se realicen modificaciones en las instalaciones. Este procedimiento debe comprender todas las instalaciones electromecánicas y el cumplimiento de las normas de seguridad. La falta de cumplimiento de los procedimientos y condiciones de operación de los equipos, puede ocasionar serios daños a las personas e instalaciones.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL ROYECTO	ii
LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
INDICE DE CONTENIDOS	vii
RESUMEN	xxvii
CAPITULO 1	
GENERALIDADES	1
1.1 INTRODUCCION	1
1.2 ANTECEDENTES	2
1.3 DEFINICION DEL PROBLEMA	3
1.4 OBJETIVOS	4
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	4
1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	4
1.5 ALCANCE	4
CAPITULO 2	
MARCO DE REFERENCIA	5
2.1 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS OPERATIVOS DE UNA PLANA TERMOELÉCTRICA CON MOTORES DIESEL	
2.1.1 SISTEMA DE COMBUSTIBLE	6
2.1.1.1 Sistema Diesel	6
2.1.1.2 Sistema Bunker	8
2.1.1.3 Sistema Cieno	10
2.1.2 SISTEMA DE LUBRICACION	12
2.1.2.1 Etapas del proceso de lubricación del aceite Shell	13
2.1.2.2 Etapas del proceso de lubricación del aceite Texaco	14
2.1.2.3 División del sistema de lubricación en la planta termoeléctrica	15
2.1.2.3.1 Sistema de lubricación de cilindros	15
2.1.2.3.2 Sistema de lubricación del motor para el arranque y funcionamiento.....	15

2.1.2.3.3 Sistema de lubricación y calentamiento de aceite de sistema	16
2.1.2.3.4 Sistema de lubricación del turbocargador	16
2.1.2.3.5 Sistema de lubricación del mecanismo de distribución	17
2.1.3 SISTEMA DE CONTROL ELECTRICO	18
2.1.3.1 Daño a las unidades por protección inadecuada	19
2.1.3.2 Índice de confiabilidad Central Térmica de Guangopolo	19
2.1.3.3 Irregularidades en el funcionamiento de los sistemas de generación termoeléctrica	20
2.1.3.4 Evaluación preliminar de los parámetros de funcionamiento	23
2.1.3.4.1 Situación actual	23
2.1.3.5 Características del generador de los motores MAN	25
2.1.3.6 Proceso de transmisión de la energía producida	25
2.1.3.6.1 Sincronización y entrada de los motores en paralelo	26
2.1.4 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	27
2.1.4.1 Sistema de captación y clarificación de agua cruda	28
2.1.4.2 Sistema de obtención de agua desmineralizada	29
2.1.4.3 Sistema de agua de enfriamiento	30
2.1.5 SISTEMA DE PURIFICACION	31
2.1.5.1 Sistema de purificación del aceite del motor	31
2.1.6 SISTEMA DE MANTENIMIENTO	32
2.1.6.1 Expectativa de vida de los motores principales de la Central Guangopolo...	32
2.1.6.2 Breve descripción de los mantenimientos realizados en la Central de Guangopolo	33
2.1.6.2.1 Mantenimiento mayor u overhaul	33
2.1.6.2.2 Mantenimiento de válvulas	33
2.1.6.2.3 Mantenimiento del turbocragador	33
2.1.6.3 Proceso para realizar un trabajo de mantenimiento	34
2.1.6.3.1 Flujograma de la solicitud de trabajo	34
2.1.6.3.2 Flujograma de control de ordenes de trabajo	35
2.2 DESCRIPCION DE LOS MOTORES DE COMBUSTION INTERNA	36
2.2.1 DESCRIPCION DEL MOTOR MITSUBISHI MAN V940/54	37
2.2.2 CARACTERISTICAS GENERALES	39
2.2.3 DESCRIPCIÓN DE LAS CENTRALES DE TIPO DE COMBUSTIÓN	

INTERNA	40
2.2.3.1 Esquema de una central de tipo de combustión interna	40
2.2.3.2 Sistema de arranque	41
2.2.3.3 Sistema de parada del motor	41
2.2.3.4 Sistema de regulador de velocidad	41
2.2.3.5 Sistema de enfriamiento	41
2.2.3.6 Sistema de calentamiento	42
2.2.3.7 Sistema de escape de humo	42
2.2.3.8 Sistema de ventilación	42

CAPITULO 3

CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA	43
3.1 DISEÑO E INSTALACION DE LOS SISTEMAS DE ALIMENTACION	43
3.1.1 INSTALACIÓN DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE	69
3.1.1.1 Sistema de alimentación de combustible	69
3.1.1.2 Aislamiento térmico de tuberías con acompañamiento de vapor	69
3.1.1.3 Desarrollo	70
3.1.1.4 Metodología de cálculo	72
3.1.1.5 Cálculo del espesor del aislamiento	78
3.1.2 INSTALACIÓN DE ALIMENTACIÓN DE ACEITE	85
3.1.2.1 Sistema de alimentación de aceite	85
3.1.2.2 Propósito de la lubricación	90
3.1.2.3 Aditivos	90
3.1.2.4 Circuito de aceite	91
3.1.3 INSTALACIÓN DE ALIMENTACIÓN DE VAPOR	92
3.1.3.1 Diseño de la red de alimentación de vapor	92
3.1.3.2 Dimensionamiento de tuberías de vapor	95
3.1.4 INSTALACIÓN DE LA BOMBA DE CIENO	97
3.1.4.1 Proceso de diseño para la determinación de la bomba de cieno	97
3.1.4.2 Datos preestablecidos de diseño	98
3.1.5 INSTALACIÓN DE ALIMENTACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO	102
3.1.5.1 Tubería principal	103
3.1.5.2 Tuberías secundarias.....	103

3.1.5.3 Tuberías de servicio	105
3.1.5.4 Usos del aire comprimido	105
3.1.5.5 Consideraciones para el diseño de líneas de presión	105
3.1.5.6 Cálculo de pérdidas en el circuito de aire	106
3.1.5.6.1 Análisis del consumo de aire comprimido	107
3.1.5.6.2 Análisis de pérdidas	108
3.1.5.6.3 Cálculo de caídas de presión en el circuito	109
3.1.5.7 Configuración	113
3.1.5.8 Diseño de la red de alimentación	113
3.1.5.9 Mantenimiento de las instalaciones	115
3.1.6 INSTALACIÓN DE LA RED DE ALIMENTACIÓN DE AGUA	116
3.1.6.1 Circuitos de agua	118
3.1.7 PLANOS TÉCNICOS	118
3.1.8 CODO PARA LA SALIDA DE LOS GASES DE ESCAPE	119
3.1.8.1 Construcción de un codo para la salida de los gases de escape del turbocargador	119
3.2 INSTALACIONES ELECTRICAS	124
3.2.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA EL DISEÑO DE LOS SISTEMAS ELECTRICOS	127
3.2.2 TABLEROS DE OPERACIÓN Y CONTROL	127
3.2.2.1 Equipo para interior	128
3.2.2.1.1 En salas secas	128
3.2.2.1.2 En salas húmedas	128
3.2.2.2 Equipos para intemperie	128
3.2.2.3 Verificación	128
3.2.2.4 Tableros, armarios, cuadros de distribución	129
3.2.2.4.1 Construcción	129
3.2.2.4.2 Cableado interno, bornes	129
3.2.2.5 Identificación de aparatos, regletas de bornes, cableado, etcétera	131
3.2.2.6 Conmutadores de control y de instrumentos	131
3.2.2.7 Interruptores termo-magnéticos – (mccb)	131
3.2.2.8 Contactos eléctricos	131
3.2.2.9 Relés auxiliares	132

3.2.2.10 Botones de presión y lámparas indicadoras	132
3.2.2.11 Dúctos eléctricos, accesorios, cajas alambrados	133
3.2.2.12 Motores eléctricos	133
3.2.3 TABLERO DE ALTA TENSIÓN	134
3.2.3.1 Especificaciones técnicas del tablero de alta tensión	134
3.2.4 INTERRUPTOR DE POTENCIA	135
3.2.5 INSTALACIÓN DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA A 440 V	135
3.2.6 PLANOS TÉCNICOS	140
3.3 INTERCONEXIÓN CON LA RED	140
3.3.1 INSTALACIÓN DE LOS TRANSFORMADORES	141
3.3.1.1 Especificaciones técnicas para el transformador de potencia	141
3.3.1.2 Normas	141
3.3.1.3 Características constructivas	142
3.3.1.3.1 General	142
3.3.1.3.2 Tanques, tapas y acoplamientos	144
3.3.1.3.3 Base	145
3.3.1.3.4 Núcleo	146
3.3.1.3.5 Devanados	146
3.3.1.3.6 Aisladores pasatapas (bushings) y cajas terminales	147
3.3.1.3.7 Radiadores	148
3.3.1.3.8 Sistema de preservación de aceite	148
3.3.1.3.9 Aceite para el transformador	148
3.3.1.3.10 Accesorios para el transformador	149
3.3.1.3.11 Instrumentos indicadores	149
3.3.1.3.12 Placas de identificación	149
3.3.1.4 Transformadores de corriente y voltaje	150
3.3.1.4.1 Transformador de corriente	150
3.3.1.4.2 Transformador de voltaje	150
3.3.1.4.3 Normas	150
3.3.1.4.4 Pruebas de rutina	151
3.3.2 INSTALACIÓN DEL GENERADOR	152
3.3.2.1 Cables de fuerza y control	153
3.3.2.1.1 Características constructivas	153

3.3.2.1.2 Pruebas	154
3.3.2.1.3 Características técnicas	154
3.3.3 INSTALACIÓN DE PROTECCIONES	155
3.3.3.1 Relés de protección y auxiliares	155
3.3.3.1.1 Características generales	155
3.3.3.1.2 Relé 1	156
3.3.3.1.3 Relé 2	156
3.3.3.2 Alarmas	156
3.3.3.3 Luces indicadoras	157
3.3.3.4 Estructuras	157
3.3.3.5 Puesta a tierra	158
3.3.3.6 Iluminación, tomacorrientes, calefactores	158
3.3.3.7 Alambrado y conexionado	159
3.3.3.8 Barras mímicas y símbolos para los equipos	160
3.3.3.9 Placas de identificación	160
3.3.3.10 Pruebas e inspección en el sitio	160
3.3.3.11 Baterías y cargador de baterías	161
3.3.4 PLANOS TÉCNICOS	164

CAPITULO 4

MONTAJE Y PUESTA EN OPERACIÓN DE LA UNIDAD	165
4.1 CRONOGRAMA	165
4.2 MONTAJE DEL MOTOR	167
4.2.1 REQUERIMIENTOS GENERALES	167
4.2.2 INSTRUCCIONES PARA EL ALINEAMIENTO DEL GRUPO GENERADOR DIESEL SOBRE LOS ACOPLES FLEXIBLES (AMORTIGUADORES DE VIBRACIÓN)	167
4.2.3 POSICIONAMIENTO Y ALINEAMIENTO DEL MOTOR-GENERADOR SOBRE LOS PATINES	168
4.3 MONTAJE DEL GENERADOR	169
4.4 MONTAJE DEL TRANSFORMADOR	170
4.5 PUESTA EN OPERACIÓN	171

4.5.1 MOTOR DIESEL	173
4.5.2 AUXILIARES	173
4.5.3 GENERADOR	174
4.5.4 SISTEMA DE CONTROL ELECTRICO	174
4.5.5 DESCRIPCIÓN Y OPERACIÓN DEL MOTOR DIESEL Y OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS AUXILIARES	175
4.5.5.1 Operación del motor diesel	175
4.5.5.2 Acciones de pre-arranque para la operación	176
4.5.5.3 Arranque del motor	178
4.5.6 MANTENIMIENTO GENERAL DEL EQUIPO	179
4.5.6.1 Lista de actividades del mantenimiento realizado.....	179
4.5.6.2 ACTIVIDADES A REALIZARSE POR HORAS DE OPERACIÓN DEL GRUPO GENERADOR WARTSILA DESPUES DEL MANTENIMIENTO GENERAL	181
4.5.7 PRUEBAS ESTATICAS	183
4.5.7.1 Deflexión y alineamiento del eje del cigüeñal	183
4.5.7.1.1 Introducción	183
4.5.7.1.2 Detección del problema y corrección de las dificultades	184
4.5.7.2 Pruebas de rutina en piezas fundidas y forjadas	188
4.5.7.3 Pruebas en chapas y soldaduras	189
4.5.7.4 Pruebas hidrostáticas	189
4.5.7.5 Controles dimensionales	190
4.5.7.6 Controles de las superficies	190
4.5.7.7 Pruebas estáticas del generador	190
4.5.7.8 Pruebas de los tableros de control, medición y protecciones	191
4.5.7.9 Pruebas de los tableros de comando de los equipos auxiliares, bombas y motores	193
4.5.7.10 Pruebas de los cables de fuerza, puntas terminales y cables de control ...	193
4.5.7.11 Energización del tablero metal clad de 6600 V, mado de elevación y barras de 440 V	193
4.5.7.12 Energización del autotransformador de 120 kVA, 380/440 V y pruebas de los auxiliares	194
4.5.7.13 Pruebas en sitio del trasformador	194

4.5.8 PRUEBAS DINÁMICAS	195
4.5.9 CÁLCULO DE RENDIMIENTOS	206
4.5.9.1 Cálculo del rendimiento del grupo generador	206
4.5.9.2 Eficiencia térmica	207
4.5.10 AJUSTES	208
4.5.10.1 Pruebas de funcionamiento	208
4.5.10.2 Calibración de Instrumentos	209
4.5.10.3 Pruebas de ensamblado	209
CAPTITULO 5	
ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO	211
5.1 ANÁLISIS ECONÓMICO	211
5.1.1 CONSIDERACIONES REALIZADAS	211
5.2 ANÁLISIS FINANCIERO	215
5.3 RESULTADOS OBTENIDOS	217
CAPITULO 6	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	227
6.1 CONCLUSIONES	227
6.2 RECOMENDACIONES	229
BIBLIOGRAFIA	231

CAPITULO 1

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

El presente proyecto se basa en el diseño e instalación de los sistemas de alimentación de: combustible, aceite, vapor, aire, agua, montaje y puesta en operación de una unidad termoeléctrica de 1.92 MW. en la Central Térmica de Guangopolo – TERMOPICHINCHA S.A.

La unidad a instalarse consta básicamente de un generador eléctrico accionado por un motor de combustión interna que usa como combustible primario bunker, esta unidad fue adquirida por TERMOPICHINCHA a la Agencia de Garantías de Depósitos (AGD), el equipo posee todos los sistemas necesarios para almacenar y acondicionar el combustible, así como las instalaciones para control, mando y protecciones de sus componentes electromecánicos.

Para el procedimiento de montaje se realizarán trabajos de diseño y construcción de obras civiles, como son la casa de máquinas, canaletas, bases para el motor y auxiliares, diseño para la instalación y acoplamiento de los sistemas auxiliares, la instalación de los tableros de control, protección, medición y acoplamiento al sistema eléctrico existente.

Para el efecto de puesta a punto se deberá realizar previamente un mantenimiento general (overhaul) del equipo.

Por cuanto la unidad y sus módulos auxiliares trabajan con 440 V, se instalará un autotransformador de 380 V a 440 V, y para la salida de potencia se instalará un transformador de elevación de 2500 KVA para acoplarse con los otros generadores en la barra de 6600 voltios. Esta instalación deberá contar con los respectivos elementos de seccionamiento y protección.

Todos los sistemas de aprovisionamiento y conducción de combustible, aire para el arranque, purificación de aceite para lubricación, agua para el sistema de enfriamiento, etc. deberán diseñarse y construirse expresamente para acoplarse a las instalaciones existentes, puesto que las presiones de trabajo son diferentes.

La ejecución de este proyecto permitirá incrementar la potencia instalada de la central en 1.92 MW., dando un total de 33.1 MW. y se dispondrá de una fuente adicional para alimentar los servicios auxiliares de la central en caso de emergencia.

1.2 ANTECEDENTES

TERMOPICHINCHA cuenta con una potencia total instalada de 82.2 MW, de la cual 31.2 MW corresponden a la Central Térmica Guangopolo y 51 MW a la Central Térmica Santa Rosa¹.

La energía producida en las dos centrales de generación, es transportada por el Sistema Nacional de Transmisión y comercializada en el Mercado Eléctrico Mayorista.

La planta de Guangopolo tiene una potencia instalada de 31.2 MW, para lo que cuenta con 6 motores de combustión interna acopladas a su respectivo generador de 5.2 MW cada uno. Los motores utilizan combustible bunker y/o residuo de petróleo para su operación normal, mientras que para los arranques y paradas se emplea diesel.

El voltaje de generación es de 6.6 kV, el mismo que es elevado a 138 kV y mediante una línea de transmisión se conecta al Sistema Nacional de Transmisión en la Subestación Vicentina y se entrega así la energía eléctrica al Mercado Eléctrico Mayorista.

¹ Ref. 10 Pág. 35

Para la ejecución del proyecto se utilizará la dirección técnica y supervisión de ingenieros eléctricos y mecánicos, mano de obra, materiales y recursos disponibles en TERMOPICHINCHA S.A. Otros equipos y materiales que se requieran deberán ser adquiridos oportunamente. El proyecto estará liderado por TERMOPICHINCHA. S.A. y la propiedad intelectual le corresponde a la misma compañía.

1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El desarrollo y progreso de un país dependen básicamente de la disponibilidad de fuentes de energía y en general el grado de su desarrollo se mide por el consumo de energía eléctrica.

Si bien el Ecuador presentó una disminución del consumo de energía eléctrica por la crisis económica que se presentó en los años 1998-2000, en los tres últimos años la demanda de energía eléctrica está incrementándose con tasas del orden del 5% y ha podido ser satisfecha gracias a la compra de energía a Colombia y a que los estiajes no han sido muy prolongados, pues todos los proyectos para incrementar la capacidad instalada de centrales generadoras en el país están retrasados.

A pesar de que los valores de capacidad instalada en generación hidráulica y térmica son superiores a la demanda máxima, en realidad nunca ha estado completamente disponible esa capacidad, ya sea por problemas técnicos y falta de recursos económicos para combustibles y repuestos en las centrales térmicas, o por los estiajes en el caso de las centrales hidráulicas.

Por lo indicado, es prioridad nacional dar el impulso necesario para poner en operación las centrales de generación que se hallan en construcción o que están concesionadas y buscar soluciones emergentes para incrementar la capacidad instalada, pues en el mejor de los casos las nuevas centrales entrarían en operación a partir de finales del año 2007.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e instalar todos los sistemas de alimentación de combustible, aceite, aire, agua para el sistema de enfriamiento, para acoplarse a las instalaciones existentes, puesto que trabajan a diferentes presiones.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Incrementar la capacidad instalada con un aumento de potencia de 1.92 MW al Mercado Eléctrico Mayorista.
- Disponer de una fuente adicional para servicios auxiliares de la central en caso de emergencia.
- Mejorar la utilización de la infraestructura, instalaciones y servicios auxiliares existentes.

1.5 ALCANCE

- Diseñar e instalar los sistemas de alimentación de: combustible, aceite, vapor, aire y agua.
- Montaje y la puesta en operación de la unidad termoeléctrica.
- Incrementar la capacidad instalada utilizando parte de las instalaciones existentes, sin incrementar el personal técnico y administrativo para su operación y estando ya adquirido el equipo a un precio conveniente, el logro del proyecto será reflejado básicamente por el tiempo de ejecución y puesta en servicio.

CAPITULO 2

MARCO DE REFERENCIA

2.1 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS OPERATIVOS DE UNA PLANTA TERMOELÉCTRICA CON MOTORES DIESEL.

En este capítulo se describe las instalaciones de la compañía de Generación Termoeléctrica Pichincha TERMOPICHINCHA S. A

- FLUJOGRAMA DE LOS SISTEMAS DE LA CENTRAL TERMICA GUANGOPOLO²

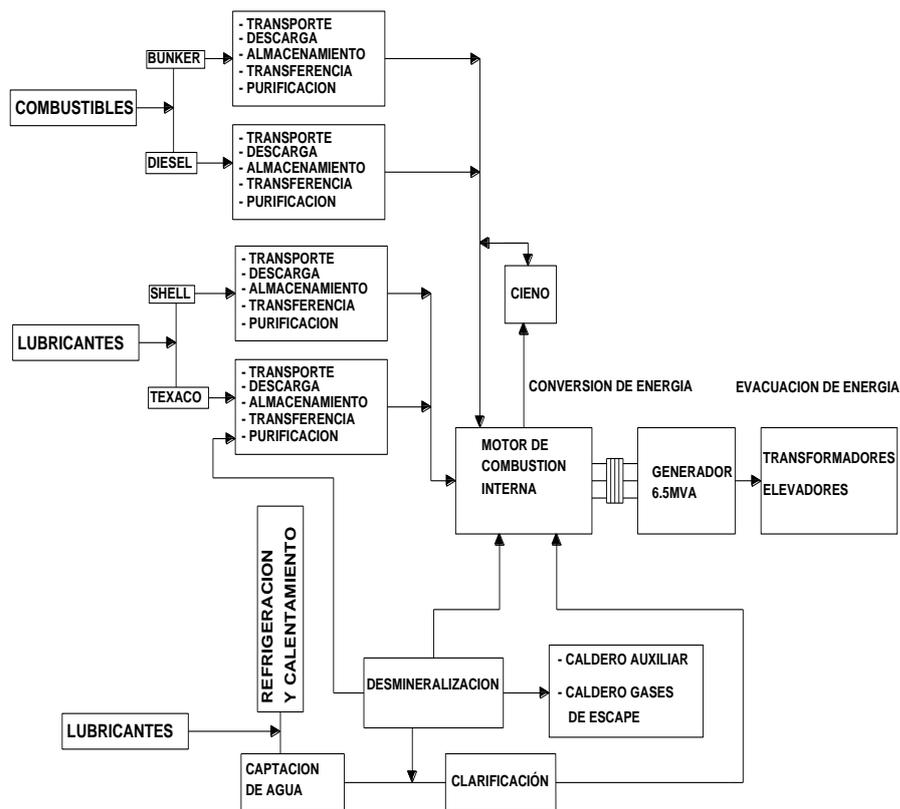


Figura 2.1: Diagrama de los Sistemas de la Central Térmica Guangopolo.

² Fuente: Departamento de Mantenimiento, Central Térmica de Guangopolo.

2.1.1 SISTEMA DE COMBUSTIBLE

El sistema de aceite combustible se divide en tres subsistemas: el sistema de aceite diesel usado principalmente para arranque, parada y carga ligera del motor; el sistema de bunker "C" y el sistema de tratamiento de pasta aguada o denominado cieno.

2.1.1.1 Sistema Diesel

En el anexo No. 2 se puede observar el diagrama de transferencia de diesel.

Las 2 unidades de tanques de almacenamiento con capacidad de 100000 galones cada una, están instaladas en el patio de tanques, a una distancia de 300 metros desde la central termoeléctrica y se abastecen desde el camión cisterna por medio de una bomba de descarga. A continuación de la bomba se encuentran el separador de aire y el flujómetro y luego el filtro. La cantidad de combustible recibido desde el camión cisterna, se mide mediante el flujómetro y se confirma pesando al tanquero antes y después de la descarga en una balanza.

La descarga del combustible proveniente de la Refinería de Shushufindi se realiza desde el camión cisterna por medio de dos bombas hasta los tanques de almacenamiento para diesel.

Las dos unidades de bombas de descarga instaladas se pueden conmutar mediante una válvula de comunicación.

Los arranques y paradas de la bomba de traslado de aceite se comandan por medio del control de nivel del tanque intermedio de aceite diesel, instalado en el patio de tanques adyacente al edificio de la central de fuerza.

El diesel es bombeado desde los tanques de almacenamiento principales, hacia el tanque intermedio para diesel, a través de la línea de transferencia de diesel. Cabe mencionar que el tanque intermedio está equipado en su interior con medidores de nivel, los mismos que controlan el accionamiento de la válvula automática de la línea de transferencia según el nivel del tanque intermedio sea alto o bajo.

Para realizar la limpieza de los filtros, existen tuberías tipo “by pass”. Se cuenta también con interruptores de nivel para dar señales de alarma en el tablero de control.

El aceite diesel se alimenta desde el tanque de servicio, instalado en el tejado de la cámara de máquinas auxiliares, por medio de la bomba que está directamente conectada a la purificadora, en la cual la pasta aguada es eliminada. Ya que el filtro está instalado a la entrada del purificador, cada vez que se para la purificadora debe obligatoriamente limpiarse el filtro.

La planta dispone de tres purificadoras de diesel, las cuales entran en funcionamiento según el número de motores que entren o salgan de operación, esto es según los arranques o paradas de los motores ó también en el caso de falta de búnker la planta trabaja con diesel. Esta última consideración no es usual. El objetivo de la purificación del combustible es el separar el agua y eliminar las impurezas.

Una vez purificado el combustible, se lo bombea al tanque de servicio de diesel ubicado en la terraza de la casa de máquinas y luego por gravedad se lo distribuye a los motores, pasando previamente por un flujómetro electrónico y una bomba³.

³ Ref: 10 Pág. 23

2.1.1.2 Sistema Bunker

En el anexo No. 3 se puede observar el circuito de transferencia de bunker.

El combustible (residuo de petróleo) proveniente de la Refinería de Shushufindi es descargado desde el camión cisterna por medio de bombas de descarga.

El combustible es almacenado en dos tanques con capacidad de 400000 galones cada uno, localizados en el patio de tanques a 300 metros de la planta. Los tanques están equipados en su interior con intercambiadores de calor, los cuales sirven para calentar el búnker y facilitar así su transporte. Se encuentran también instalados mecanismos de medición del nivel del combustible y válvulas de purga y de seguridad.

En el circuito de descarga pasa por una bomba, seguidamente un filtro y luego por el flujómetro a la salida de la misma. Con este flujómetro se mide la cantidad de combustible recibida desde el camión cisterna.

Las bombas de descarga están instaladas con una válvula de comunicación entre sí, de manera que es posible conmutar su operación de acuerdo a las necesidades. Los arranques y paradas de la bomba de traslado de bunker "C" se realizan por medio del control de nivel del tanque intermedio de bunker "C", instalada en el patio de tanques adyacentes al edificio de la central de fuerza.

Para efectuar la limpieza y mantenimiento y flujómetro, existen líneas de desvío del combustible "by pass". El tanque intermedio está equipado con contactos para dar señales de alarma en el tablero de control por alto o bajo nivel de combustible.

Desde el tanque intermedio de búnker el combustible pasa a la fase de purificación. La planta dispone de cuatro purificadoras de búnker, las cuales

entran en funcionamiento según sea el número de motores en operación. El objetivo de la purificación del combustible es el separar el agua y eliminar las impurezas.

El circuito de bunker "C" alimenta al tanque de servicio instalado en el tejado de la cámara de máquinas auxiliares, por medio de la bomba con purificadora, luego de que la pasta aguada ha sido eliminada por acción de las cuatro purificadoras.

A la entrada de la purificadora están instalados el filtro, la válvula reguladora de presión y el calentador. La válvula reguladora de presión controla la presión de bunker que ingresa al purificador. El calentador mediante el uso de vapor, incrementa la temperatura del combustible a 92° C, con el fin de permitir la separación de la pasta aguada.

En el tanque de servicio de bunker "C", se encuentra el interruptor de nivel con la alarma de bajo nivel de bunker, la misma que tiene el anunciador en el tablero de control.

Cuando hay exceso de combustible en el tanque diario, éste regresa por gravedad al tanque intermedio, por la tubería de retorno.

Las temperaturas de diseño de la línea de bunker "C" son más de 45°C en la entrada de la bomba, 55° C a la salida del tanque intermedio, 85°C en la salida del calentador y 70° C en la salida del tanque de servicio. Es posible ajustar las temperaturas de diseño mediante la válvula reguladora de vapor según las propiedades del bunker "C".

Se opera con combustible diesel o bunker "C", según las condiciones de operación, mediante válvula de conmutación en la entrada del calentador.

Para el arranque de los motores ha de suministrarse un combustible liviano, limpio y poco viscoso, con lo que se evitará dificultades en el arranque, humos con mucho hollín y obstrucciones por carbonilla en las puntas de los inyectores,

sobre todo durante los primeros minutos de operación en vacío y a bajas revoluciones.

Un combustible muy viscoso o con exceso de parafinas se solidifica con facilidad en las tuberías a bajas temperaturas, situación que no permite el arranque o lo dificulta.

Cuando el motor ha alcanzado condiciones de operación normal, esto es presiones y temperaturas de lubricación, agua de refrigeración, y se haya conseguido que la temperatura del combustible pesado, corresponda a la viscosidad adecuada para una correcta operación, se efectuará el cambio respectivo.

El combustible pesado es en realidad una mezcla de aceites combustibles destilados, con residuos de destilación o del cracking del petróleo.

La mezcla debe mantenerse homogénea y establece incluso después de un almacenaje largo y no debe tener un efecto corrosivo sobre los elementos del sistema de inyección del motor.

El residuo que es nuestro combustible no puede trabajar a una temperatura mayor de 120° C y la empresa se ha visto obligada a mezclar este residuo con un 6% de diesel para acercarse a los valores de viscosidad adecuados para una buena operación de los motores⁴.

2.1.1.3 Sistema Cieno

El Cieno que se recolecta de los purificadores de diesel o búnker y del cuarto de lavado de filtros, se traslada desde el pozo de cieno dentro de la cámara de purificadoras al tanque de almacenamiento de cieno, el mismo que se ubica adyacente al edificio de la planta, mediante la activación de la bomba

⁴ Fuente: Departamento de Mantenimiento, Central Térmica de Guangopolo.

de traslado de cieno, la misma que está comandada mediante el control de nivel del tanque de almacenamiento.

El nivel del tanque de almacenamiento se controla periódicamente y cuando se acumula una cantidad determinada, se transporta al camión cisterna mediante una bomba con control manual.

En el pozo de cieno, charca de desagüe y tanque de almacenamiento, están instalados calentadores de vapor con válvulas reguladoras, que permiten elevar la temperatura a valores adecuados para el funcionamiento de la bomba.

Cuando se utiliza el búnker, la temperatura de calentamiento para descargar el cieno debe ser 50° C.

El filtro tipo "Y" que está instalado a la entrada de la bomba de descarga de cieno, debe estar limpio necesariamente antes de operar la bomba. El cieno que se acumula en la parte inferior del pozo, de la charca de desagüe y del tanque de almacenamiento, debe limpiarse periódicamente.

El tanque alimentador de cieno deberá ser estacionario, en cuyo interior se lleva a cabo la separación de aceite y agua. Para su desagüe debe abrirse suficientemente la válvula de drenaje instalada en el fondo del mismo.

Los desechos de la purificación (CIENO) son trasladados al pozo de cieno y posteriormente bombeados al tanque de almacenamiento, cuya capacidad es de 200000 galones, divididos en cinco compartimientos donde se separan por densidad los diferentes desechos para obtener un cieno libre de agua e impurezas sólidas y poder venderlo. El CIENO es la mezcla de combustible, agua, carbones, impurezas sólidas, aceites, etc.

2.1.2 SISTEMA DE LUBRICACIÓN

Los sistemas de lubricación en los motores al igual que en todas las máquinas merecen atenciones particulares, dependiendo las partes o equipos a lubricar, de las condiciones físicas de funcionamiento, de los contaminantes que cada máquina deba soportar y de otras características particulares.

Sin embargo, la característica común es que una buena lubricación, es garantía de conservación y confiabilidad de equipos y maquinaria en general. Es de tal importancia este aspecto, que en muchos países existen ingenieros de lubricación para controlar y ejecutar esta función.

Un sistema de lubricación esta integrado por los siguientes elementos: bomba de circulación, enfriadores, filtros primarios, filtros secundarios y colectores de aceite; además en varias instalaciones se puede encontrar sistemas de purificación que incluyen calentadores de aceite.

Especialmente en motores de mediana y baja velocidad, se pueden encontrar varios sistemas de lubricación independientes para las diferentes partes del motor, así por ejemplo: aceite para lubricación del sistema principal, para lubricación de cilindros, para las válvulas y balancines, para los turbocargadores, para el regulador de velocidad, para los reductores de velocidad, entre otros.

Actualmente dos firmas de aceites lubricantes proveen sus servicios a la Central Térmica Guangopolo, estas son: TEXACO Y SHELL.

El aceite SHELL, lubrica la unidad No. 6, para lo cual utiliza el aceite ARGINA XL40 para el sistema completo y para los cilindros. El aceite TEXACO, lubrica cinco unidades de generación y en el futuro al nuevo motor WARTSILA DIESEL, utilizando aceite TARO 40 XL40, para la lubricación de los cilindros y aceite TARO 20 DPX40, para la lubricación del sistema y válvulas.

2.1.2.1 Etapas del proceso de lubricación del aceite Shell

En el anexo No. 4: se encuentra el diagrama del circuito de lubricación (aceite de sistema y de cilindros) del aceite SHELL.

Existen dos etapas que son: la descarga y almacenamiento; para la descarga existen dos líneas para cada tanque, por medio de las cuales los camiones cisterna bombean el aceite hasta los tanques de almacenamiento de propiedad de SHELL que tienen una capacidad de 5000 galones cada uno.

La transferencia y almacenamiento en el tanque intermedio, se realiza a través de bombas desde los tanques de almacenamiento, a través de la línea de transferencia de aceite SHELL hasta los tanques intermedios, cuya capacidad es de 4000 galones.

La transferencia al tanque de servicio ubicado en el tercer piso desde el tanque de almacenamiento intermedio, es a través de una bomba automática accionada por condiciones de nivel, se envía el aceite hasta el tanque de servicio de aceite de cilindros, que tiene una capacidad para 264 galones, del cual se distribuye al motor No. 6 por gravedad.

La alimentación del aceite de sistema es a través de una bomba la cual envía el aceite desde el tanque de almacenamiento intermedio, hasta el tanque de suministro del motor No. 6, con el fin de mantener el nivel de aceite necesario para la operación de la unidad.

Desde el tanque de suministro, por medio de dos bombas, se alimenta al motor haciendo circular primeramente el aceite por un intercambiador de calor, para eliminar el calor adquirido en el ciclo de lubricación y después pasa por filtros y el purificador, donde se elimina el agua y carbón, manteniendo al aceite en condiciones adecuadas para la lubricación. En el anexo No. 4 se puede observar el circuito de lubricación de aceite Shell.

2.1.2.2 Etapas del proceso de lubricación del aceite Texaco

En el anexo No. 5 se puede observar el circuito de lubricación con aceite Texaco.

Existen dos etapas: la descarga y almacenamiento; para la descarga existen dos tanques de almacenamiento de aceite, uno para aceite de sistema con una capacidad de 4000 galones y otro compartido para aceite de cilindros y reserva de aceite de sistema, con capacidad de 2200 galones para cada compartimiento. La descarga se efectúa directamente bombeando desde el camión cisterna hasta el tanque de almacenamiento.

La transferencia al tanque de servicio ubicado en el tercer piso, se realiza bombeando el aceite desde el tanque de almacenamiento hasta el tanque de servicio de aceite de cilindros con capacidad para 320 galones, de los cuales se distribuye por gravedad a los motores No. 1, 2, 3, 4, 6 y en el futuro al motor WARTSILA DIESEL.

La alimentación del aceite de sistema, se realiza mediante el bombeo del aceite desde el tanque de almacenamiento intermedio hasta los tanques de suministro de los motores No. 1, 2, 3, 4, 6 manteniendo así el nivel de aceite adecuado para la operación de las unidades.

Desde el tanque de suministro por medio de dos bombas se alimentan a los motores, haciendo circular primeramente el aceite por un intercambiador para eliminar calor adquirido en el ciclo de lubricación, y luego pasarlo por los filtros y purificadores, en donde se elimina agua y carbón, manteniendo las condiciones adecuadas del aceite.

2.1.2.3 División del sistema de lubricación en la planta termoeléctrica

El Sistema de lubricación principal se subdivide en seis sistemas⁵:

- Sistema de lubricación de cilindros.
- Sistema de lubricación del motor para el arranque y funcionamiento.
- Sistema de lubricación y calentamiento de aceite de sistema.
- Sistema de lubricación del turbocargador.
- Sistema de lubricación del mecanismo de distribución.

2.1.2.3.1 Sistema de lubricación de cilindros.

La alimentación al tanque de almacenamiento de aceite de cilindro, instalado en el patio adyacente al edificio de la planta, se realiza por medio de la bomba de descarga desde el camión cisterna. En este trayecto se encuentran instalados el filtro, la bomba y el flujómetro, en ese orden.

La bomba de traslado de aceite de cilindro arranca y para por medio del control de nivel del tanque de servicio de aceite de cilindro, que se encuentra en la terraza de la cámara de máquinas auxiliares. Cuando ha sobrepasado el nivel de rebosamiento, el aceite regresa al tanque de almacenamiento. El aceite continúa su recorrido descendiendo por gravedad desde el tanque de servicio hasta el lubricador de cilindros del motor. A la entrada del lubricador se encuentra un filtro que debe limpiarse periódicamente.

2.1.2.3.2 Sistema de lubricación del motor para el arranque y funcionamiento.

La alimentación al tanque de sumidero de aceite lubricante y al tanque de aceite lubricante del mecanismo de distribución de cada motor, se lleva a cabo mediante la operación de la bomba de traslado de aceite de sistema de motor,

⁵ Ref. 10 Pág 56

debiendo estar abierta la válvula principal de la tubería maestra y la válvula de admisión de la parte superior del tanque.

El aceite de sistema del motor se aspira desde el tanque por medio de las dos bombas de aceite lubricante de arranque y parada. La temperatura del aceite es regulada por medio del enfriador de aceite lubricante, mediante el intercambio térmico con el sistema secundario de agua. El aceite que sale por la válvula termostática de aceite lubricante para turbo alimentador, entra en el motor a través del prefiltro y el filtro principal.

El aceite pasa por el filtro de re-baldeo y regresa al tanque sumidero. En la entrada del motor están instalados los interruptores de presión, que sirven para controlar la presión en el momento de arranque. El aceite de sistema una vez que ha circulado por el motor, regresa al tanque desde el fondo del bastidor del motor.

2.1.2.3.3 Sistema de lubricación y calentamiento de aceite de sistema

En el caso de que el aceite de sistema no circule normalmente debido a que la temperatura del aceite dentro del tanque es baja y su viscosidad es alta, antes del arranque en condiciones del motor en frío, se requiere mediante el sistema de purificación de aceite, calentar el mismo hasta que la temperatura permita una circulación normal del aceite.

2.1.2.3.4 Sistema de lubricación del turbocargador

Debido a la alta velocidad de funcionamiento del turbo alimentador, para este sistema se usa aceite de turbina SAE 30, a diferencia del aceite de sistema y mecanismo de distribución. El tanque es de tipo cúbico y tiene una capacidad de sólo 500 litros debido a que el consumo de aceite es bajo y por lo tanto el mismo se abastece periódicamente desde un tambor. Para evitar el rebosamiento se debe observar el indicador de nivel de aceite instalado en el tanque y además el suministro de aceite al tanque debe llevarse a cabo cuando

el motor está en operación, ya que el interior del tanque se presuriza ligeramente cuando el motor está en esta condición.

Mientras se está arrancando el motor, el aceite es aspirado desde la bomba de sumidero del tanque, llenando el sistema y recirculando. Después de arrancar el motor, el aceite se aspira desde el tanque por la bomba y se lo enfría por medio de circulación de agua en el intercambiador de calor o enfriador.

En la entrada del turbo alimentador se instalan los interruptores de presión y el indicador de presión, los mismos que se usan para regular la presión en el rango de 1.4 – 1.6 kg/cm² por medio de la válvula reguladora de presión instalada a la entrada del turbo alimentador⁶. Así mismo el aceite que recircula por el turbo, pasa por el visor de nivel de la salida, permitiendo verificar si el caudal de aceite es normal o no.

Por otra parte, el separador de aceite instalado en el tubo de descarga para aire de sellado del turbo alimentador, sirve para separar y recoger el aceite, que ha manera de partículas, está contenido en el aire de sellado. Este aceite regresa al tanque de aceite lubricante para el turbo alimentador.

2.1.2.3.5 Sistema de lubricación del mecanismo de distribución

El aceite aspirado desde el tanque de aceite lubricante de mecanismo de distribución, lubrica este sistema y otras partes del motor, pasando siempre a través de un filtro y una válvula reguladora de presión.

El filtro de entrada la bomba es del tipo “Y”, y requiere de mantenimiento normal cuando se para el motor. En la entrada al motor están instalados el interruptor y el medidor de presión.

⁶ Ref. 10 Pág. 85

2.1.3 SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICO

En el anexo No. 6 se puede apreciar la conexión de las unidades de generación actuales.

El proceso de conversión de energía es el siguiente: El combustible luego de pasar por el circuito de alimentación antes mencionado, ingresa al motor, donde la energía calórica de éste es transformada en energía mecánica. El resto de subprocesos descritos anteriormente complementan el proceso de Conversión de Energía. Al motor se encuentra acoplado el generador, el cual transforma la energía mecánica en energía eléctrica.

El Sistema de control eléctrico está diseñado para garantizar una adecuada operación y protección de una unidad termoeléctrica, pues eléctricamente se controla y monitorea todas las protecciones, estados de operación, condiciones, mandos, señalización y alarmas de todos los componentes de la unidad, de ahí que para una operación segura del equipo se requiere disponer de un sistema de control y protecciones eléctricas adecuado y en buen estado de funcionamiento, pues el suministro de energía eléctrica exige entregar un producto de calidad esto es con niveles de voltaje adecuados, libre de fluctuaciones y frecuencia constante, asegurando además la continuidad y confiabilidad del servicio.

Un sistema de control eléctrico funciona adecuadamente, cuando los equipos del sistema trabajan dentro de los rangos de frecuencia, corriente y voltaje para los que fueron diseñados.

Para la interconexión con la red eléctrica del Sistema Nacional de Transmisión, se requiere que las instalaciones eléctricas sean seguras y disponer de un sistema de protecciones debidamente calibrado y coordinado.

La finalidad de un sistema de protección es preservar la continuidad de servicio que proporciona un sistema de potencia, así como también de

minimizar los daños que puedan ocasionarse por fallas en los componentes del mismo. Para lograrlo, los elementos de protección deben actuar en el menor tiempo posible, para separar y aislar el equipo dañado del resto del sistema.

Una falla en estado operativo es aquella que pone en riesgo inmediato al equipo y a la continuidad de servicio de la carga en el sistema. Se produce cuando un equipo en particular o todo el sistema operan fuera de los valores de diseño.

2.1.3.1 Daño a las unidades por protección inadecuada

Una protección inadecuada puede ocasionar serios problemas a las unidades de generación, así como también a los equipos instalados en el patio de maniobras. A continuación se detallan los costos de reposición de equipos y tiempos de ejecución estimados.

2.1.3.2 Índices de confiabilidad Central Térmica de Guangopolo

El índice de confiabilidad de las unidades de generación y de cualquier equipo se calcula tomando en cuenta la probabilidad de falla del mismo.

La probabilidad de falla se define como la relación entre el tiempo en el que un equipo se encuentra fuera de funcionamiento por falla y el tiempo en el que se encuentra en servicio más el tiempo que estuvo fuera por falla.

Esta relación se conoce como índice FOR (Forced Outage Rate), tasa de salida forzada⁷.

$$FOR = \frac{\text{Tiempo fuera por falla}}{(\text{Tiempo en servicio} + \text{Tiempo fuera por falla})} \quad 2.1$$

⁷ Fuente: Departamento de Mantenimiento, Central Térmica de Guangopolo.

De esta manera, el índice de confiabilidad resulta de restar la unidad menos la probabilidad de falla (ec. 2.1).

$$R = 1 - FOR$$
$$R_{[\%]} = (1 - FOR) * 100$$
2.2

De acuerdo a estos conceptos, se presenta a continuación en la tabla 2.1, las horas de operación, las horas de parada por falla y el índice de confiabilidad para cada una de las unidades de la Central Térmica de Guangopolo a lo largo del los años 2000 al 2004.

2.1.3.3 Irregularidades en el funcionamiento de los sistemas de generación termoeléctrica

Durante la operación del motor y sus auxiliares se pueden presentar irregularidades en su normal funcionamiento, estas deben ser determinadas para poder definir la naturaleza de las mismas, las cuales pueden ser debido a errores en la operación o a causas de desorden técnico. Dado el caso no se debe volver a arrancar el motor antes de haber determinado o eliminado la causa de la irregularidad.

La Central Térmica de Guangopolo desde el año 2000, lleva a cabo un registro histórico de los daños más significativos en todas sus unidades. Esta información es de suma importancia ya que mediante esta se podrá establecer las fallas comunes más importantes, así como también tomar las medidas necesarias para prevenir daños mayores.

A continuación se presenta una compilación de desórdenes y errores más comunes en la tabla 2.1, para de esta manera poder corregirlas.

Tabla 2.1: Información Histórica de fallas en la Central Térmica Guangopolo.

INFORMACIÓN HISTÓRICA DE MOTORES DE LA CENTRAL TÉRMICA GUANGOPOLO						
	Horas totales	horas último overhaul	Fecha Overhaul	Cantidad Overhalls	Fecha	Daños Significativos
MOTOR 1	71.351,70	8.726,70	05/12/2003	8	24/01/2002	DESMONTAJE CAB. BIELA #1
					10/10/2002	ALTA TEMP COJ #5 DESMONT. CABEZOTE Y PIST
					02/01/2004	CAMBIO CAMISA #8 POR DAÑO ASIENTO ANILLO
					24/11/2004	REVISIÓN DE CAMISA #7 POR FUGA AGUA
					25/04/2005	CAMBIO DE CAMISA #8 POR ROTURA
					21/05/2005	CAMBIO DE CAMISA # 11POR ROTURA
MOTOR 2	67.995,10	10.476,10	09/05/2005	9	07/08/2000	CAMBIO CABEZOTE #15 ASIENTO VÁLV ARRANQUE
					14/02/2001	SOLDADURA BLOCK CILINDROS 10 Y 18
					29/11/2004	REVISIÓN DE CABEZOTE #18 POR CALENT. TUB. ADMIS
					29/03/2005	CAMBIO DE PISTON Y CILINDRO POR DAÑO RINES
MOTOR 3	70.940,20	4.996,60	02/08/2004	8	15/11/2000	CAMBIO DE CABEZOTE #14, DAÑO VÁLVULA 28
					19/11/2003	RUPTURA DE CAMISAS #10
					08/02/2005	FALLA TURBO CONTRA EXPLOSIÓN
MOTOR 4	69.491,10	5.776,10	07/06/2004	8	05/11/2000	CAMBIO DE CAMISA POR DAÑO EN ANILLO "O"
					12/12/2000	CAMBIO DE CABEZA DE BIELA Y COJINETE #4, MTTO. VÁLVULAS
					22/05/2001	CAMBIO DE CABEZOTE #16
					27/06/2001	REVISIÓN DEL TURBO POR CONTRAEXPLOSIONES
					21/05/2003	MTTO. CORRECTIVO TURBO CARGADOR DAÑO POR VÁLV ESCAPE #28
					25/10/2003	MTTO. CORRECTIVO TURBO CARGADOR DAÑO POR VÁLVULA ESCAPE #6
MOTOR 5	68.844,60	269,20	03/03/2005	9	07/09/2001	SINIESTRO POR SOBREVELOCIDAD
MOTOR 6	68.956,00	10.209,50	04/08/2003	8	17/08/2000	ROTURA DE CAMISA # 16
					28/03/2001	ROTURA DE CAMISA # 2
					11/04/2001	ROTURA DE CAMISA 1
					06/10/2003	RUPTURA DE CAMISA #14
					10/11/2003	DAÑO CABEZOTE #5 POR VÁL. ADMISIÓN
					29/12/2003	RUPTURA DE CAMISA #14
				03/06/2004	SINIESTRO TURBO DAÑO DESDE EL COMPRESOR	

Fuente: Central Térmica Guangopolo- Departamento de Producción y Operación.

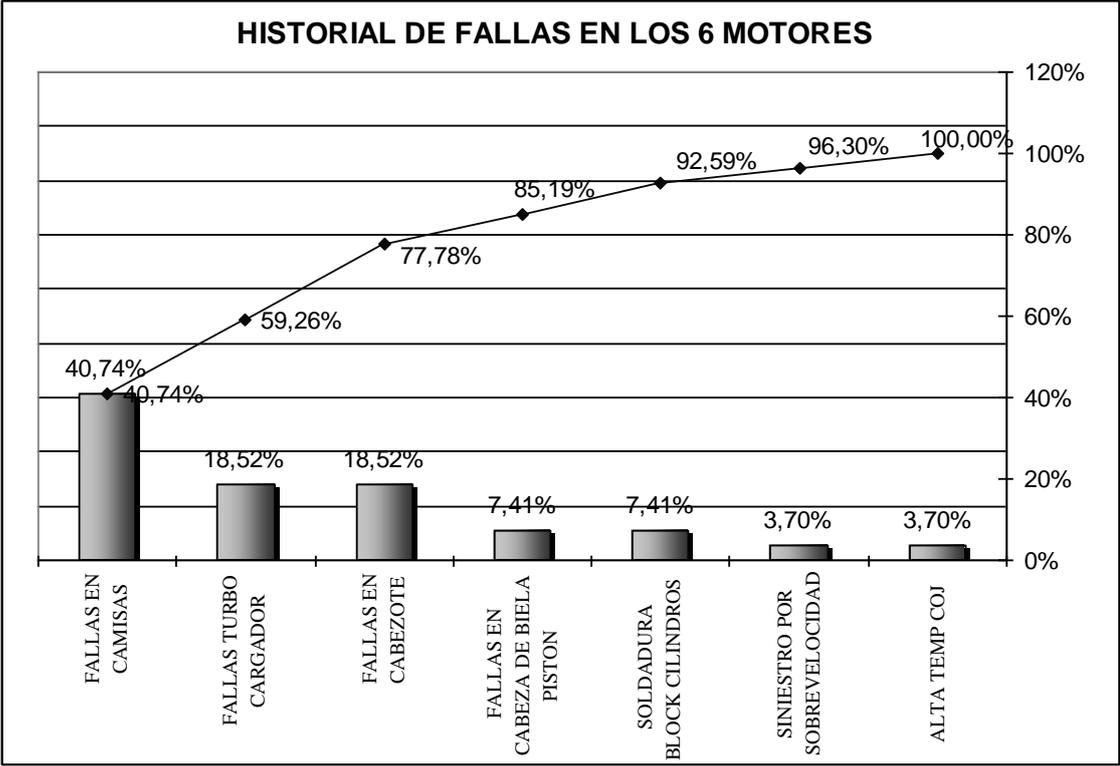


Figura 2.2: Diagrama de Pareto para historial de fallas en los 6 motores.

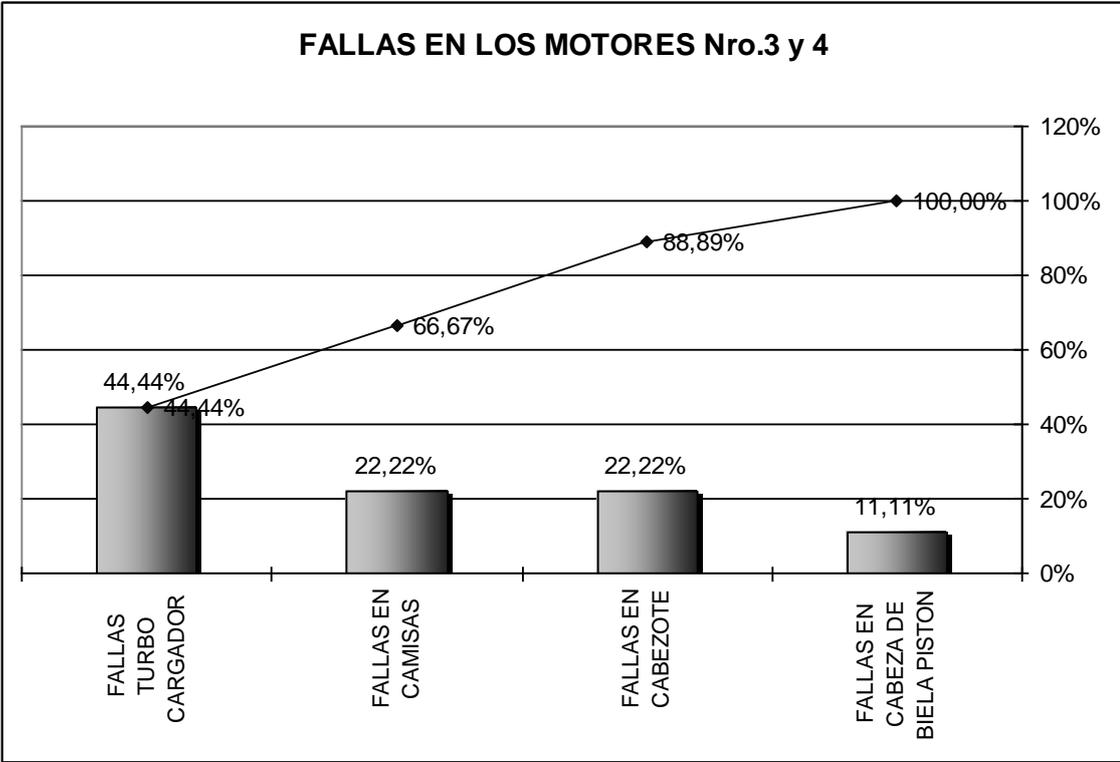


Figura 2.3: Diagrama de Pareto para fallas en los motores 3 y 4.

2.1.3.4 Evaluación preliminar de los parámetros de funcionamiento

2.1.3.4.1 Situación actual

Actualmente la Planta pertenece a la empresa TERMOPICHINCHA S.A., que es una Compañía Anónima de derecho privado, cuyo objeto fundamental es la producción de energía eléctrica a través de dos Centrales de Generación: la Central Térmica “Santa Rosa” y “la Central Térmica de Guangopolo.

En la Central Térmica de Guangopolo, la generación es por medio de motores de combustión interna, donde cada motor funciona normalmente con combustible Bunker, mientras que para el arranque y parada se utiliza combustible diesel.

La energía generada en la Central Térmica de Guangopolo, es llevada al Sistema Nacional Interconectado y comercializada en el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM), dicha institución esta encargada de regular y supervisar toda la red de transporte eléctrico del país por medio de leyes y estructuras aplicadas por el CENACE, el cual es el responsable a su vez de la coordinación técnica y de la Administración del MEM, así como por el abastecimiento de energía al mercado, al menor costo posible por medio de un despacho diario económico de todas las empresas generadoras del país.

El costo del combustible representa el 57% del costo variable de producción, el mismo que es adquirido directamente a PETROCOMERCIAL⁸.

El aceite lubricante representa el 15% del costo variable total, por lo que se están estudiando y aplicando técnicas para reducir este consumo.

En período de estiaje de las centrales hidroeléctricas, esta central opera para cubrir la demanda base del país y el resto del tiempo es programado para cubrir la demanda en horas pico y por requerimientos de energía reactiva.

⁸ Fuente: Departamento de Mantenimiento, Central Térmica de Guangopolo.

Los mantenimientos se realizan bajo un cronograma establecido por el fabricante entre 2500 a 3000 horas, se realiza en secuencia el mantenimiento menor y a las 10000 horas, turbo cargador y mantenimiento mayor (overhaul), delimitando así los calendarios de parada de las unidades, incurriendo los mantenimientos en época de lluvia dejando la máquina lista para la operación en estiaje, cuando la planta genera más y donde además el ingreso económico es mayor que en todo el año⁹.

A continuación se resumen los principales índices operativos de la Central Térmica de Guangopolo desde el año 2000, para efectos de evaluar el comportamiento de la actividad operativa de esta central en este período.

Tabla 2.2: Índices Técnicos de la Central Térmica Guangopolo.

CENTRAL TERMICA GUANGOPOLO						
Años		2000	2001	2002	2003	2004
POTENCIA REMUNERABLE						
POTENCIA	(MW)	20.98	21.06	24.35	29.34	27.1
PRODUCCION Y CONSUMO						
ENERGÍA BRUTA	(MWh)	84300	123872	107332	125515	181756
BUNKER	(gal)	4674101	6974951	5848626	6842907	9645840
DIESEL	(gal)	319655	345295	368356	538810	1074947
INDICES						
FACTOR DE PLANTA	(%)	32.5	47.7	41.3	48.3	70
CONFIABILIDAD	(%)	84.1	88.7	96.1	96.9	98.1
RENDIMIENTO	(KWh/gal)	16.88	16.92	17.26	17.00	16.95
DSPONIBILIDAD	(%)	-	-	92.0	86.6	88.8

Fuente: Datos Obtenidos Central Térmica de Guangopolo.

⁹ Fuente: Departamento de Mantenimiento, Central Térmica de Guangopolo.

2.1.3.5 Características del generador de los motores Man

Tabla 2.3: Características del Generador de los Motores MAN.

GENERADOR C.A. SIN ESCOBILLAS			
MARCA: MEIDEN			
TIPO	EK – AF	OPERACIÓN	CONTINUA
POTENCIA DE SALIDA	6500 KVA	Nº DE FASES	3
VELOCIDAD	400 rpm	Nº DE POLOS	18
FRECUENCIA	60 Hz	FACTOR DE POTENCIA	0.80
VOLTAJE	6600 V	CORRIENTE	569 A
VOLTAJE DE EXITACION	84.0 V	CORRIENTE DE EXITACION	422 A
CLASE DE AISLAMIENTO	B	TEMPERATURA AMBIENTE	40 °C

Fuente: Departamento de Mantenimiento, Central Térmica de Guangopolo.

2.1.3.6 Proceso de transmisión de la energía producida

Como se puede apreciar en el Diagrama Unificar, anexo No. 6, para entregar la energía generada por la Central de Guangopolo al MEM, se requiere elevar el voltaje de la barra de generación de 6.6 kV a 138 kV., para lo cual se dispone de una subestación de elevación provista con dos transformadores de 20 MVA; 6.6/138 kV con sus respectivos equipos de seccionamiento, control y protección. Cada transformador está conectado a tres unidades de generación. De la barra de 138 kV la energía producida por la

central, se transmite al Sistema Nacional Interconectado mediante la línea de transmisión a 138 kV que va a la Subestación Vicentina.

También se dispone de dos transformadores de reducción de 1.5 MVA 6.6 kV a 380 V. para alimentar los servicios auxiliares de la Central.

2.1.3.6.1 Sincronización y entrada de los motores en paralelo

Las unidades de generación para conectarse a la barra de 6.6 kV, deben ser sincronizadas o lo que es lo mismo, tienen que trabajar conectadas en paralelo con el Sistema Nacional de Transmisión y entre ellas. Esto significa que para sincronizarse deben cumplir eléctricamente ciertas condiciones indispensables, estas son: estar en secuencia de fases, esto es que cada una de las tres fases de las unidades deben conectarse a las fases equivalentes de las otras unidades y a las del Sistema Nacional de Transmisión (fase A con fase A, fase B con fase B y fase C con fase C); los voltajes deben tener la misma magnitud y la frecuencia debe también tener el mismo valor.

Finalmente, mediante un instrumento llamado “Sincronoscopio”, se verifican las condiciones de igualdad de voltaje y frecuencia de la unidad que va a entrar en paralelo (Entrante) con la barra (Rodante) y cuando el desplazamiento angular de los voltajes de la misma fase es cero (esta condición se verifica con las lámparas del sincronoscopio, las cuales se apagan en esta condición), se procede a conectar a la barra, la unidad entrante mediante el cierre del interruptor respectivo¹⁰.

En la operación de sincronización o entrada en paralelo, las condiciones antes mencionadas se pueden conseguir así:

- Para igualar la frecuencia, la cual está relacionada con la velocidad de giro de la unidad, se varía el número de revoluciones de la unidad entrante, mediante maniobras en el regulador de velocidad.

¹⁰ Ref. 10 Pág 157

- Para igualar los valores de voltaje, se acciona el potenciómetro de ajuste de voltaje.

Actualmente las maniobras de sincronización se realizan en forma automática.

2.1.4 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

En el anexo No. 7 se puede observar el circuito de enfriamiento.

Todos los motores de combustión interna requieren de refrigeración para su funcionamiento, dependiendo del tamaño del motor, el lugar de la instalación, la altura sobre el nivel del mar del sitio de instalación, el diseño y el número de motores instalados, se diseñan varios sistemas de refrigeración, así se tienen:

- Refrigeradores por aire.
- Refrigeradores por agua.
- Radiadores con doble circuito de agua.
- Torres de enfriamiento.
- Esquemas de refrigeración combinados.
- Refrigeradores por gas hidrógeno.

Los sistemas de enfriamiento en un motor – generador son:

- Sistema de enfriamiento del aceite lubricante.
- Sistema de enfriamiento del agua.
- Sistema de enfriamiento del generador.

Con excepción del enfriamiento del generador que se realiza con aire, mediante un ventilador accionado por el mismo eje del rotor del generador, los otros sistemas son enfriados por agua, la cual en el circuito de enfriamiento entra a una torre de enfriamiento equipada con ventiladores accionados por motores eléctricos y bombas de recirculación.

Todo este sistema se basa en el enfriamiento mediante el agua. A continuación se describe el proceso de captación, tratamiento y distribución del agua.

2.1.4.1 Sistema de captación y clarificación del agua cruda

En el anexo No. 8 se puede observar el circuito de tratamiento del agua.

La captación del agua se realiza directamente por gravedad desde el reservorio de la Empresa Eléctrica Quito (piscina N° 2) y se controla mediante una válvula de compuerta.

El agua así captada se almacena en el estanque de captación de agua cruda, cuya capacidad es de 63 m³. En el ingreso al estanque existe una rejilla que impide el paso de materiales sólidos y otras impurezas.

Para el tratamiento del agua cruda, mediante dos bombas que funcionan en forma alternada, se conduce el agua al estanque de tratamiento, el mismo que se halla conformado por 6 tanques intercomunicados entre sí, en los cuales se lleva a cabo el proceso de clarificación por decantación de los sólidos.

En el tanque de agua cruda, cuya capacidad es de 14 m³, se adiciona hipoclorito de sodio al 10% con el fin de eliminar las bacterias existentes.

Este químico se bombea directamente desde un tanque de almacenamiento de 500 litros de capacidad, ubicado en el cuarto de tratamiento de agua.

En el tanque mezclador, cuya capacidad es de 14m³, se adiciona policloruro de aluminio, bombeado desde un tanque de 3m³ de capacidad, ubicado también en el cuarto de tratamiento de agua. La mezcla se realiza mediante un agitador motorizado para aglutinar las impurezas del agua.

En el tanque floculador, que tiene una capacidad de 36 m^3 , por acción de un agitador se separan las impurezas del agua.

Los tanques de sedimentación, cuya capacidad es de 145 m^3 c/u, se los utiliza para la sedimentación de las impurezas existentes en el agua. En este estanque se reduce la velocidad del agua por medio de una pared perforada que evita la turbulencia y favorece la sedimentación.

En el tanque intermedio, de capacidad aproximada de 72 m^3 , una parte del agua es purificada y se envía al subproceso de agua desmineralizada y la otra parte se envía al estanque de la torre de enfriamiento.

2.1.4.2 Sistema de obtención de agua desmineralizada

En el anexo No. 9 se puede observar el circuito de obtención de agua desmineralizada.

Una vez que el agua llega al tanque intermedio, una parte de la misma se destina a este subproceso.

Por medio de dos bombas que funcionan alternadamente, se envía el agua desde el tanque de agua clarificada hasta el estanque de filtración, cuya capacidad es de 7 m^3 , pasando el agua por dos filtros, uno de antracita con el fin de retirar las impurezas que hayan quedado y otro de carbón activado para eliminar el cloro residual.

La desmineralización se realiza llevando el agua cristalina por medio de dos bombas desde el estanque de filtración, hasta la torre catiónica de capacidad de 7 m^3 para separar los cationes. En esta torre se produce CO_2 , por lo que es necesario pasar el agua seguidamente por una torre descarbonizadora para eliminar el CO_2 ; a continuación se bombea el agua a una torre aniónica con el fin de separar los aniones, hasta llegar al Tanque de Agua Pura con capacidad

de 30 m³. Aquí es necesario realizar la regeneración de las resinas, para lo que se hace circular en contra flujo ácido sulfúrico al 25% en la torre catiónica y sosa cáustica al 25% en la torre aniónica.

El ácido sulfúrico se almacena en un tanque con una capacidad de 5.8m³, del cual se abastece mediante una bomba al tanque intermedio y por medio de gravedad se alimenta al tanque de mezcla, cuya capacidad es de 400 litros, el mismo que posee un intercambiador de calor que utiliza como fluido de absorción de calor, agua cristalina bombeada desde el estanque de filtración; además posee un agitador que se encarga de mezclar el ácido sulfúrico con agua descarbonizada para obtener ácido sulfúrico al 25%.

La sosa cáustica se almacena en un tanque con una capacidad de 12.18m³, desde el que se abastece por medio de una bomba al tanque de servicio de sosa cáustica al 25%, cuya capacidad es de 200 litros, el mismo que posee un agitador para mezclar la sosa cáustica con agua que es tomada a la salida de la torre de descarbonización y bombeada hasta un tanque de servicio donde se prepara la mezcla.

2.1.4.3 Sistema de agua de enfriamiento

El agua que ha circulado por la torre de enfriamiento y el agua que viene directamente del estanque intermedio para compensar la pérdida de agua durante el proceso de enfriamiento, es almacenada en el estanque de la torre de enfriamiento que tiene una capacidad de 495 m³.

En este estanque se adiciona ácido sulfúrico bactericida, hipoclorito de sodio y un inhibidor de corrosión de sistema abierto, con el fin de bajar la concentración alcalina del agua y eliminar bacterias.

Para la circulación del agua de enfriamiento se utilizan tres bombas con una capacidad de 1900 m³/h, abasteciendo todos los sistemas de los intercambiadores de calor del aceite de sistema, agua de camisas de cilindro,

aceite de turbo alimentador, agua de válvulas y aire de admisión de cada una de las seis unidades, logrando así mantener temperaturas normales de operación.

2.1.5 SISTEMA DE PURIFICACIÓN

2.1.5.1 Sistema de purificación del aceite del motor

El sistema de purificación en general consiste en la purificación del combustible, aceite y agua.

El de los dos primeros se lo realiza mediante las respectivas purificadoras y filtros, mientras que el de agua se lo realiza como se explicó en el sistema de enfriamiento y obtención del agua clarificada y desmineralizada.

Cuando el motor se pone en marcha, los residuos de combustión (carbón, cieno, etc.) y el contenido de agua que se engendra en el cilindro, se mezclan en el aceite de sistema y se acumulan en el fondo del tanque.

El aceite contaminado se aspira desde el fondo del tanque por medio de la bomba de purificador y se hecha al calentador.

El aceite calentado ingresa al purificador por medio de la bomba de aspiración, en donde se separan continuamente la pasta aguada y el agua y se limpia el aceite de sistema, que luego ingresará nuevamente al circuito de lubricación del motor.

Los filtros del circuito de purificación deben limpiarse necesariamente cuando se para el purificador.

El cieno y el agua separados por el purificador se depositan en el pozo de cieno del primer piso¹¹.

2.1.6 SISTEMA DE MANTENIMIENTO

Todo equipo que está en funcionamiento y más aún las máquinas rotativas de combustión interna, sufren desgastes propios por rozamiento especialmente y en otras partes del sistema por acumulación de los residuos de la combustión, de los sistemas de lubricación y enfriamiento, etc.

En una central térmica, a más de los motores de combustión y sus sistemas auxiliares de combustible, aceite, aire y agua, se tienen los equipos eléctricos de generación, transformación, transmisión de corriente, seccionamiento, control y protección, que también sufren desgastes propios por su operación y otros por acción del medio ambiente y otros agentes externos.

Teniendo tantos sistemas en una central de generación, el mantenimiento, especialmente el preventivo, juega un papel muy importante para garantizar la calidad del producto y la confiabilidad y continuidad del servicio, pues el sistema de mantenimiento debe tender a optimizar los recursos mejorando la eficiencia de estos trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo, lo cual también va acompañado de la disponibilidad de recursos y repuestos¹².

2.1.6.1 Expectativa de vida de los motores principales de la Central Guangopolo

¹¹ Ref. 10. Pág 204

¹² Fuente: Departamento de Mantenimiento, Central Térmica de Guangopolo.

Según la Real Academia de Ciencias, el período de vida útil para máquinas de mediana velocidad, es de alrededor de 80000 a 120000 horas de trabajo.

De acuerdo a la experiencia y a las condiciones actuales de operación, mantenimiento y conservación, el personal técnico de TERMOPICHINCHA, aspira que los motores alcancen las 140000 horas de trabajo. El promedio actual de operación de los grupos es de 66000 horas.

2.1.6.2 Breve descripción de los mantenimientos realizados en la Central Guangopolo

2.1.6.2.1 Mantenimiento mayor u overhaul

El período entre cada overhaul es de un año y medio con un promedio de 10000 horas de trabajo.

El mantenimiento se lo realiza según el cronograma respectivo y aprobado por el CENACE para el año en curso y consiste básicamente en desarmar, limpiar, verificar las dimensiones de todas las piezas sujetas a desgaste, reutilizar las partes cuyas tolerancias no sobrepasen los límites recomendados por el fabricante y sustituir las excesivamente gastadas.

2.1.6.2.2 Mantenimiento de válvulas

El período entre cada mantenimiento de válvulas es de 5 a 8 meses, con un promedio de 3500 a 4000 horas de trabajo.

El mantenimiento se lo realiza según el cronograma aprobado por el CENACE y consiste básicamente en limpiar, desmontar válvulas de escape, válvulas de arranque, inyectores de combustible y válvulas de seguridad, e instalar todo lo anterior, previamente rehabilitados si las tolerancias no sobrepasan los límites recomendados por el fabricante y por nuevos cuando han excedido su desgaste.

2.1.6.2.3 Mantenimiento de turbo cargador

El ciclo de cada mantenimiento es el mismo que el de las válvulas.

El trabajo consiste en desarmar, limpiar, desmontar, verificar las dimensiones de todas las piezas sujetas a desgaste, reutilizar las partes cuyas tolerancias no sobrepasen los límites recomendados por el fabricante y sustituir las excesivamente gastadas.

El sistema de mantenimiento está basado en una serie de actividades:

- Organizar las actividades de mantenimiento que no están incluidas en los programas, ya sea por fallas de los equipos o por decisiones posteriores a la programación.
- Organizar la ejecución de los trabajos y obtener la información para la administración del mantenimiento.
- Controlar tanto el trabajo como de los costos de mantenimiento.
- Preparar informes que evalúen la carga y la cantidad de trabajo.
- Suministrar información para crear un historial para cada equipo, un archivo técnico y un control de materiales y repuestos empleados.
- Controlar los ingresos a bodega de materiales.

2.1.6.3 Proceso para realizar un trabajo de mantenimiento

El proceso consta básicamente de lo siguiente:

- Diseño de solicitud de trabajo.
- Implementación de la solicitud de trabajo.

2.1.6.3.1 Flujograma de la solicitud de trabajo

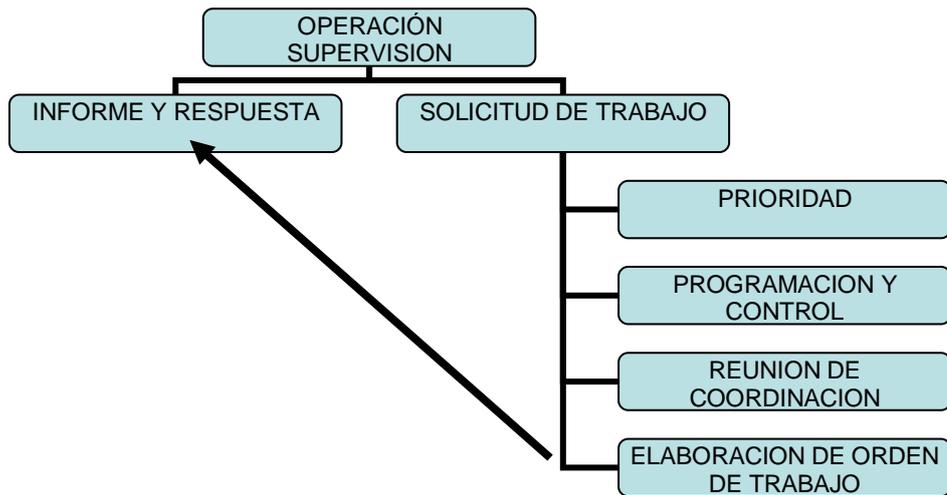


Figura 2.4: Flujograma de la Solicitud de Trabajo.

- Diseño de la orden de trabajo.
- Implementación de la orden de trabajo.

2.1.6.3.2 Flujograma de control de ordenes de trabajo

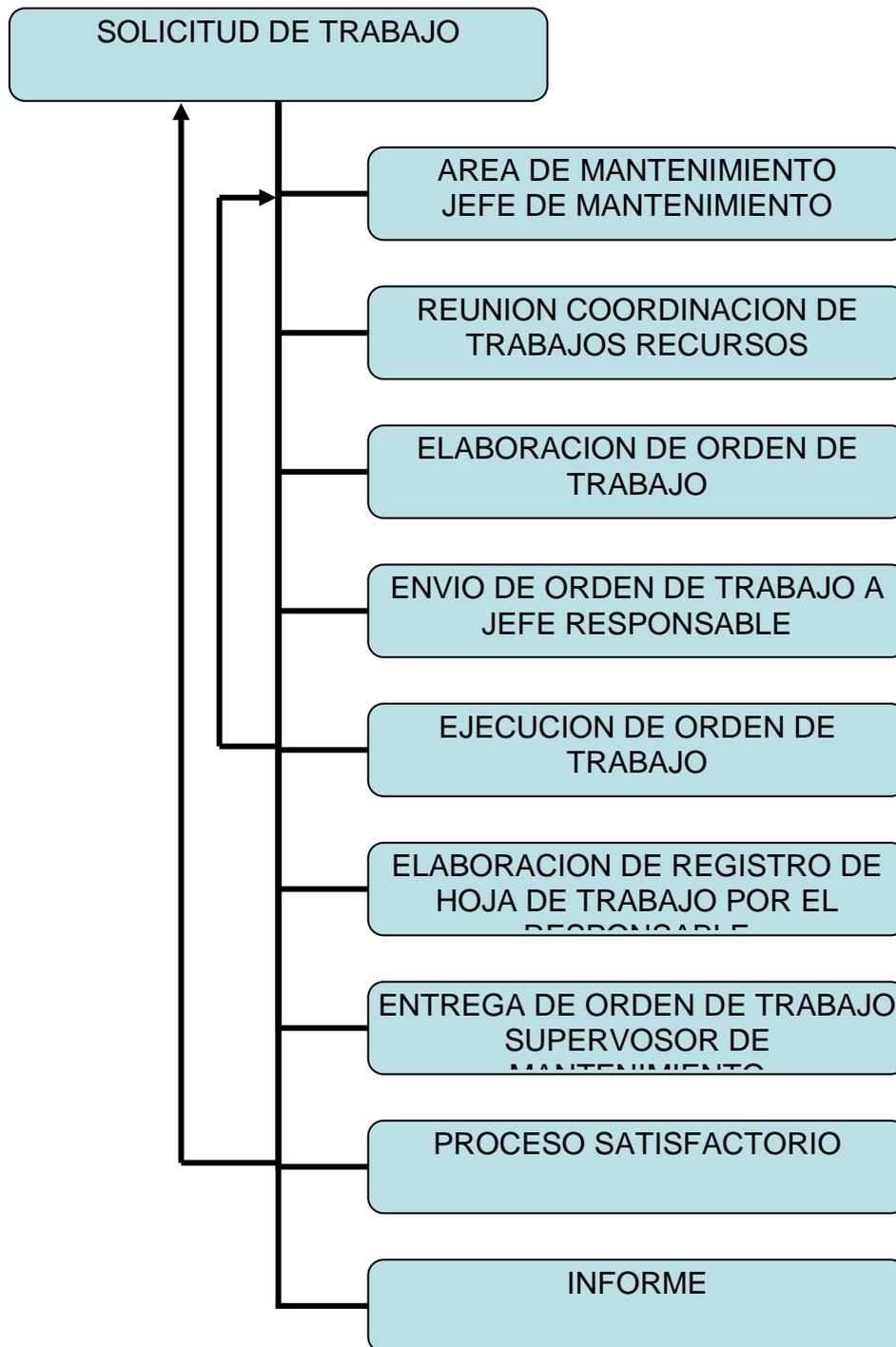


Figura 2.5: Flujograma de la Solicitud de Trabajo.

- Control de Mantenimiento
- Área Mecánica asesorada por el Jefe de Mantenimiento y el Supervisor de Mantenimiento.
- Área Eléctrica y Electrónica.
- Área Química, asesorada por Jefe de Laboratorio.

- Seguimiento de compras efectuadas.
- Elaboración de datos por compras por caja chica.
- Elaboración de datos por compras con Solicitud a Bodega.
- Elaboración de órdenes de trabajo para actividades planificadas y con lista de materiales a necesitarse.
- Informes diarios de trabajos realizadas en el día laborable.
- Trabajos pendientes, trabajos en ejecución.

Anexo No. 10: Formato de Solicitud de Trabajo.

Anexo No. 11: Formato de Orden de Trabajo.

2.2 DESCRIPCIÓN DE LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA DE LA TERMOELÉCTRICA

Los motores son fabricados por MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES del Japón, pero con licencia de MAN dueña de la patente. Son motores de diseño antiguo y su período de vida útil es aproximadamente de 80000 a 120000 horas de operación.

La central cuenta con un sistema de refrigeración de doble circuito de agua; uno de circuito cerrado, que utiliza agua pura para refrigerar el motor e inyectores y el segundo de circuito abierto, usado para refrigerar los aceites lubricantes y el agua de refrigeración del motor mediante intercambiadores de calor. Para la refrigeración del agua del circuito secundario se ha construido una torre de refrigeración.

Se cuenta además con un sistema de recuperación de calor instalado a la salida de los gases de escape de cada motor, con lo que la central puede disponer de vapor suficiente para el tratamiento del combustible pesado y sus labores de limpieza. Son motores con ciclos de cuatro carreras, tipo V

enfriados por agua, tipo de émbolo de tronco, motor diesel turboalimentado con enfriador de aire

2.2.1 DESCRIPCIÓN DEL MOTOR MITSUBISHI MAN V9 40/54

Tabla 2.4: Características del Motor Mitsubishi .

FABRICANTE:	MITSUBISHI – MAN
MODELO:	V9V 40/54 TURBOALIMENTADO
CAPACIDAD:	7314 P.S. = 5200 KW
RENDIMIENTO:	17 Kwh/gal
RADIO DE COMPRESION:	1: 12.12 CILINDRO PRINCIPAL 1: 12.43 CILINDRO SECUNDARIO
TEMPERATURA DE ESCAPE:	391° C
AIRE DE ENTRADA:	16° C
ARRANQUE:	POR AIRE COMPRIMIDO
COMBUSTIBLE:	BUNKER – RESIDUO – DIESEL
PROTECCIONES:	Falla de arranque, parada de emergencia, baja presión de aceite lubricante, baja presión de aceite de turbo alimentador, alta temperatura de agua de cilindro, alta temperatura de aceite lubricante, alta temperatura de cojinetes de motor, parada.
COMBUSTIBLE DE TRABAJO:	BUNKER – RESIDUO
COMBUSTIBLE DE ARRANQUE Y PARADA MOTOR:	DIESEL

Tabla 2.4: Características del Motor Mitsubishi. (Continuación)

TIPO:	DESIGNACION DE CILINDROS EN V
PRINCIPIO	4 TIEMPOS

TERMODINAMICO:	
DIAMETRO INTERIOR DE CILINDRO (cm):	40
CARRERA DEL PISTON (cm):	54
Nro. CILINDROS:	18
INCLINACION DE CILINDROS:	22.5°
Nro. VALVULAS DE ESCAPE:	2 POR CILINDRO
Nro. VALVULAS DE ADMISION:	2 POR CILINDRO
Nro. MAXIMO RPM EN OPERACIÓN:	400 RPM
DIMENSIONES.-	
EMBOLO BIELA:	3330mm
LONGITUD DE BIELA MAESTRA:	1310mm
LONGITUD DE BIELA SECUNDARIA:	1310mm
DIAMETRO CILINDRO:	400mm
ORDEN DE ENCENDIDO.-	
1 – 11 – 2 – 13 – 4 – 15 – 6 – 17 – 8 – 18 – 9 – 16 – 7 – 14 – 5 – 12 – 3 – 10	

Fuente: Datos Obtenidos Central Térmica de Guangopolo.

2.2.2 CARACTERISTICAS GENERALES

- Capacidad de la sobrecarga 10% (1 hora por cada 12 horas).
- Velocidad media del émbolo 7.2 m/s.

- Presión efectiva media neta 13.5 Kg. /cm².
- Dirección de rotación, en el sentido de las agujas del reloj, viendo el rotor desde el lado de acoplamiento (lado generador).
- Peso del motor 110 toneladas.

El motor está acoplado rígidamente a un generador sincrónico, que girando a la misma velocidad genera 5200 kW de potencia a la salida del generador. El motor esta construido por tres piezas principales: Bancada o bastidor, soporte, puente de los dos blocks de cilindros y las dos hileras de blocks de cilindros, todas las partes están sujetas por pernos y selladas con empaque líquido o juntas de caucho. Se halla equipado con un solo turbocargador y dos enfriadores utilizados para mantener una temperatura del aire de carga a no más de 50⁰C a la entrada de los cilindros.

Los motores son lubricados por tres circuitos independientes:

Circuito principal, con aceite grado SAE 40 y TBN 20, para lubricar el cigüeñal y sus cojinetes, árbol de levas, tren de engranes de distribución, incluyendo el cojinete de pedestal del generador. Con el mismo aceite pero en circuito independiente se lubrican los balancines y válvulas. Con aceite grado SAE 40 y TBN 40, se lubrican los cilindros, mediante bombas individuales de pistón que impulsan el lubricante a los cilindros a una presión de 80 kg/cm². El sitio de lubricación esta dispuesto a la altura de los anillos 1 y 2 cuando el pistón se halla en el punto muerto inferior, con lo que se asegura una eficaz distribución para neutralizar los ácidos producidos por la combustión y lubricar todo el cilindro en su tramo de trabajo.

Además, el turbocargador tiene un circuito de lubricación independiente, con aceite mineral sin aditivos básicos. El motor esta equipado para su control con un regulador óleo – mecánico automático tipo UG – 40. Se trata de un regulador de velocidad variable con torque de salida de 40 lb – pie.

2.2.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE LAS CENTRALES DE TIPO DE COMBUSTIÓN INTERNA

Las centrales de tipo combustión interna cuentan con motores de combustión interna, donde se aprovecha la expansión de los gases de combustión para obtener la energía mecánica, que es transformada en energía eléctrica en el generador.

2.2.3.1 Esquema de una central de tipo combustión interna

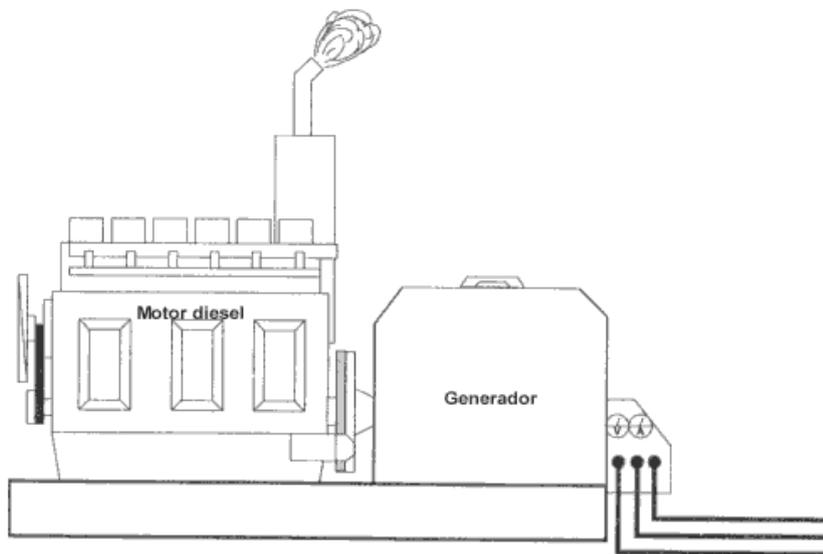


Figura 2.6: Grupo generador – motor.

2.2.3.2 Sistema de arranque

Se basa en el arranque por aire comprimido, que puede accionarse manualmente desde un lado del motor y arranque por comando a distancia desde el tablero del motor¹³.

2.2.3.3 Sistema de parada del motor

Para manual en el lado del motor y para mediante el botón de contacto de comando a distancia. También está disponible la parada de emergencia automática por el accionamiento de otros dispositivos protectores.

2.2.3.4 Sistema regulador de velocidad

Dotado de un regulador automático de velocidad y también con mando manual en el lado de motor.

2.2.3.5 Sistema de enfriamiento

Caracterizado por tener:

- Ser propio del motor, turbina alimentador y válvula de escape: agua fresca.
- Válvula de inyección de combustible: agua fresca.
- Enfriador de aire y enfriador de aceite lubricante: agua secundaria.
- Enfriador de aceite lubricante para turbina alimentador: agua secundaria.
- Enfriador de agua de cilindros y enfriador de agua de válvulas de combustibles: agua secundaria.

2.2.3.6 Sistema de calentamiento

¹³ Ref. 10. Pág 203

Los sistemas de aceite de combustible y de aceite lubricante se calientan por medio del vapor. El vapor requerido para consumo se genera en la caldera de gases de escape y si faltará vapor se lo puede generar con el caldero auxiliar.

2.2.3.7 Sistema de escape de humo

Es independiente por motor.

2.2.3.8 Sistema de ventilación

Es natural alrededor del motor y por dentro con ventiladores.

CAPITULO 3

CARACTERIZACION DEL SISTEMA

3.1 DISEÑO E INSTALACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN

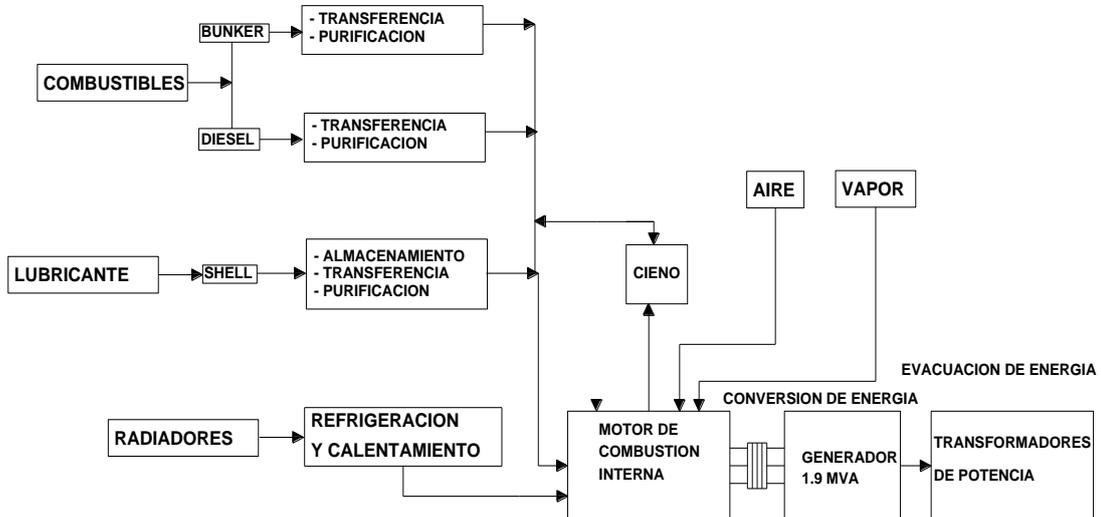


Figura 3.1: Diagrama de los Sistemas Grupo Wartsila.

Los equipos principales y accesorios que corresponden a la parte mecánica de la unidad termoeléctrica son los siguientes¹⁴:

- Motor Principal:
Marca: STORK-WÄRTSILÄ DIESEL
Modelo: 8SW28
Número de serie: 80295
Potencia: 1920KW -2572.8HP-
Velocidad de giro: 900 rpm.
Año adquisición: 1995/julio
Combustible: Bunker/Diesel
- Auxiliares:

La unidad cuenta con todos los equipos auxiliares necesarios para operar con combustible diesel y bunker. Dispone de sistema de tratamiento de combustible, sistema de purificación de aceite lubricante, sistema de aire

¹⁴ Ref. 11 Manual 1. Pág. 7

comprimido para el arranque, sistema de refrigeración de agua y aceite, sistema de recuperación de condensado, sistema de almacenamiento de diesel y bunker con calentamiento y aislamiento en el caso del bunker, y sistema de recolección de desechos de combustible.

Tabla 3.1: Unidades a instalarse en el montaje de grupo generador Wärtsilä Diesel 8SW280.

DENOMINACION	NOMBRE DEL EQUIPO	
U 672	BOOSTER MODULE	MODULO BOOSTER DE COMBUSTIBLE (D/B)
U 541	NOZZLE TEMP. MODULO	MODULO ENFRIADOR DE INYECTORES
U 696	FUEL OIL RETURN MODULE	MODULO RECOLECTOR DE RESIDUOSN DE COMBUSTIBLE
U 711	LUB OIL RETURN MODULE	MODULO DE PURIFICACION DE ACEITE
U 831	STARTING AIR COMPRESSOR ELECTRIC DRIVE	COMPRESOR ELECTRICO PARA EL SISTEMA DE ARRANQUE
V 811	AIR VESSEL	RECIPIENTE DE AIRE
U 694	HFO RINGMAIN MODULE	BOMBA DE SUMINISTRO DE BUNKER / 3er PISO
U 634	LFO RINGMAIN MODULE	BOMBA DE SUMINISTRO DE DIESEL / 3er PISO
E 511 / 591	COOLING WATER RADIATOR	RADIADORES DE BAJA Y ALTA TEMPERATURA
U 512	HIGH TEMP C.W.	MODULO DE

	PREHEATING MODULE	PRECALENTAMIENTO DE AGUA
--	----------------------	-----------------------------

- Especificaciones técnicas generales para el diseño de los sistemas de alimentación.

- General:

Por cuanto para la instalación del grupo termoeléctrico y sus sistemas auxiliares, para acoplarse con el sistema eléctrico actual, se requiere adquirir y o fabricar localmente, varios equipos como son: Transformador de potencia, transformadores de medición y protección, tableros para medición, control y protección, interruptor de potencia, cables eléctricos, motores eléctricos, cables de fuerza y control, materiales varios y accesorios para el montaje electromecánico, como son: soportes metálicos tuberías, bridas, válvulas, tanques de almacenamiento, y otros accesorios; se requiere disponer de especificaciones técnicas, ya sea para adquirirlos mediante contratos con proveedores, o fabricarlos en sitio.

Estas Especificaciones Técnicas Generales establecen los requisitos para el diseño, fabricación, pruebas, embalaje, transporte y almacenamiento de la parte mecánica, de equipos eléctricos y de los otros materiales y accesorios mencionados en el párrafo anterior.

- Consideraciones para el diseño

a) Normas

Se emplearán las siguientes normas para todo material, equipo, mano de obra, ensayos y pruebas¹⁵.

AEIC Association of Edison Illuminating Companies

¹⁵ Normas y Consideraciones para el diseño TRANSELECTRIC S.A

ANSI	American National Standard Institute
ASHRAE	American Society of Heating Refrigerating And Air Conditioning Engineers
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ASS	American Safety Standards
ASTM	American Society for Testing and Materials
AWS	American Welding Society
IEC	International Electrotechnical Commission
OCITT	Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía
DIN	Deutsche Industrie Normen
EEL	Edison Electric Institute
ISO	International Standard Organization
JEC	Japan Electric Committee
ISA	Instrument Society of America
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ICEA	Insulated Cable Engineers Association
NEMA	National Electrical Manufacturers Association
NFPA	National Fire Protection Association
UTE	Union Technique de l'Electricité
VDE	Verband Deutscher Elektrotechniker
JIS	Japanese Institute of Standards
OCIR	Comité Consultatif International
OCITT	Comité Consultatif International Telegraphique et Telephonique

Se preferirá la utilización de las normas de la IEC para el material, fabricación, pruebas y montaje de los equipos eléctricos

b) Unidades de medida

Las unidades de medida serán las del Sistema Internacional de Unidades.

En la tabla 3.1 se puede observar las unidades de medida

Tabla 3.2: Unidades de Medida.

Magnitud	Unidad	Símbolo
Longitud	Metro	m
Área	Metro cuadrado	m ¹
Volumen	Metro cúbico	m ²
Masa	Kilogramo	kg
Tiempo	Segundo	s
	Minuto	min
	Hora	h
Temperatura	Grados Celcius	°C
Fuerza	Newton	N
	Kilogramo	kg
Energía	Kilovatio-hora	kWh
Potencia	Kilovatio	kW
Presión	Pascal	Pa
	Kilogramo por cm ³	kg/cm ³
Caudal	Metro cúbico por segundo	m ³ /s
	Metro cúbico por hora	m ³ /h
Velocidad	Metro por segundo	m/s
Velocidad de rotación	Revoluciones por minuto	rpm
Tensión	Voltio	V
Corriente	Amperio	A
Resistencia Eléctrica	Ohmio	Ohm
Capacidad	Faradio	F
Inductancia	Henrio	H
Frecuencia	Hertzio	Hz
Nivel de ruido	Bel	B

Fuente: Sistema de Unidades de medida.

Siempre que sea necesario, se utilizarán múltiplos y submúltiplos de las unidades.

c) Aspectos constructivos y funcionales

- Requisitos generales

- Ambiente y Clima

Las instalaciones de alimentación serán diseñadas en forma tal que puedan resistir las condiciones ambientales y climáticas más adversas, ya sea debidas a causas internas o externas, tales como viento, tempestades, lluvia, variaciones de temperatura, que sean predominantes en el emplazamiento de las obras.

- Sismos

En particular, todas las instalaciones deberán contar con dispositivos apropiados a prueba de sismos, y serán diseñadas sobre las hipótesis indicadas a continuación:

Aceleración horizontal y vertical	0.33 x 9.8 m/s ²
Frecuencia de las ondas sísmicas	1 - 10 Hz
Duración máxima del sismo	3 min.

- Facilidades para el trabajo

Las instalaciones de alimentación deberán estar diseñadas para facilitar su transporte, montaje, desmontaje, inspección, pruebas, funcionamiento, mantenimiento y eventuales reparaciones. Todos los componentes metálicos deben identificarse, ya sea en alto o bajo relieve.

- Condiciones transitorias

Todas las instalaciones de alimentación deberán estar proyectadas para asegurar su funcionamiento satisfactorio en caso de variaciones de presión o carga que puedan presentarse en el sistema durante su funcionamiento, incluyendo condiciones debidas a sincronización defectuosa, fluctuaciones de corriente y cortocircuitos.

- Seguridad del personal

El diseño de las instalaciones debe comportar, razonablemente, todo tipo de precauciones y provisiones para la seguridad del personal ocupado en el funcionamiento y mantenimiento del equipo, y en cualquier trabajo que le pueda concernir, y deberá estar conforme con todas las normas y códigos de seguridad vigentes en el Ecuador.

- Vibraciones

Al diseñar las instalaciones de alimentación se tomarán las medidas necesarias para minimizar las vibraciones y ruidos.

- Condensación

Cubículos, tableros de control y operación, pabellones, armarios y otros compartimentos cerrados estarán adecuadamente ventilados para minimizar la condensación.

Se suministrarán calentadores complementarios a éste propósito, donde sea necesario. Todas las aberturas de ventilación estarán provistas de pantallas de metal anticorrosivo.

- Humedad y agua

Todo el material para exteriores, incluidos los aisladores tipo “bushing” y accesorios, estarán diseñados de forma tal que el agua no pueda acumularse en parte alguna. Todos los cojinetes expuestos a la intemperie estarán dotados de sumideros y trampas de agua, a fin de que ninguna humedad pueda filtrarse hacia el interior por los ejes.

- Corrosión y oxidación

Las partes inferiores de todos los módulos de alimentación, depósitos, tanques o reservorios deberán estar protegidos de manera apropiada para evitar toda corrosión.

Todas las partes de hierro de las estructuras y soportes instalados a la intemperie deberán ser galvanizadas, salvo lo eventualmente prescrito en las Especificaciones Técnicas Particulares.

- Lubricación

Deberán preverse medios para una fácil lubricación de todos los cojinetes y de cualquier mecanismo o piezas móviles. Los accesos para la lubricación deberán estar claramente señalados.

- Protección contra animales

El equipo será diseñado de forma tal que se eviten daños causados por aves, roedores u otros animales. Todas las aberturas deberán ser a prueba de alimañas.

d) Factores de seguridad

Las instalaciones de alimentación deberán diseñarse para asegurar el uso satisfactorio en su servicio bajo las más severas condiciones posibles.

En el diseño de las instalaciones de alimentación se aplicarán rigurosos factores de seguridad, en particular en la construcción de piezas o componentes sometidos a cargas cíclicas, vibraciones, impactos o choques.

En condiciones de funcionamiento normal y en condiciones especiales la tensión mecánica respectiva en los materiales no debe exceder los valores siguientes, salvo lo diferentemente prescrito en las Especificaciones Técnicas del Equipo.

- Componentes bajo carga estática: 50% del límite elástico.
- Componentes bajo cargas dinámicas cíclicas y piezas rotatorias: 30% del límite elástico.
- Componentes bajo presiones hidrostáticas de prueba: 70% del límite elástico (durante las pruebas).
- Hierro fundido bajo tensión: 10% de la carga máxima de ruptura
- Carga máxima unitaria debida a la máxima velocidad de embalamiento de todos los componentes rotatorios: 67% del límite elástico.
- El esfuerzo máximo por carga máxima normal y esfuerzos sísmicos: 133% de los esfuerzos permisibles anteriores.

e) Fundaciones

Se determina y detalla todas las cargas, relacionadas con los equipos, que deberán ser transmitidas a las fundaciones. Se dimensionará y se realizará la disposición de los suministros, anclas y/o pernos de anclaje que servirán para la sujeción de los equipos a las fundaciones. Se proporcionará las cargas de dimensionamiento que cada una de las anclas o pernos de anclaje transmitirá a la fundación.

Se deberá proporcionar, todas las indicaciones relativas a disposición y dimensiones de huecos para anclas de fundación, espacios libres, ductos, pasos de tuberías, cables, barras, etcétera.

f) Intercambiabilidad y normalización

Todos los equipos, partes y elementos de fabricación en serie serán preferiblemente normalizados en todo el equipo.

Estos equipos, partes y elementos, sin tener un carácter limitativo serán los siguientes:

- motores
- bombas
- bridas
- pernos
- válvulas
- verificadores, sondas
- instrumentos eléctricos y medidores
- medidores de flujo
- bornes y tableros de bornes
- relés primarios, secundarios y auxiliares
- contactores, fusibles, interruptores y similares
- dispositivos e interruptores de control
- lámparas, bombillas, casquillos, enchufes
- pulsadores, etcétera
- lubricantes
- aceite para transformadores

g) Requisitos para materiales y fabricación

- Calidad de materiales

Todos los materiales empleados en la fabricación del equipo serán nuevos y de primera calidad, exentos de defectos e imperfecciones y, en los casos en que se especifique un tipo o una clase de material, serán conforme al tipo o clase especificados.

- Aprobación de materiales

El material que se intente incorporar al equipo será sujeto a la aprobación de TERMOPICHINCHA S.A. El material que se instale o utilice sin esta aprobación corre el riesgo de ser rechazado.

- Calidad de ejecución

Todos los trabajos serán ejecutados de manera cuidadosa y según las mejores y más modernas prácticas utilizadas en la manufactura de equipos de calidad superior.

Todos los trabajos serán ejecutados por personal calificado en sus respectivas especialidades.

- Piezas reemplazables

Las piezas reemplazables deben ser fabricadas con precisión según las dimensiones establecidas en los planos de manera que todas las piezas de recambio fabricadas “según planos” puedan ser montadas sin ninguna dificultad.

- Partes homólogas

Las partes homólogas y piezas de repuesto deben ser intercambiables sin que sea necesario ningún ajuste.

Los agujeros para los pernos estarán situados de manera precisa y serán taladrados según patrones o plantillas de precisión.

- Conformidad con los planos

El equipo será fabricado de manera que exista un perfecto acuerdo y una correspondencia unívoca entre el equipo y el plano correspondiente.

- Rectificación de superficies

Todos los trabajos deben ser ejecutados de manera que las superficies semielaboradas adyacentes puedan adaptarse sin ninguna dificultad.

- Maquinado de las superficies

El pulido de las superficies de todas las piezas y de los componentes debe efectuarse según los requisitos de resistencia, ajuste y funcionamiento. En los planos de fabricación se indicarán, con los símbolos correspondientes, las superficies que deben terminarse a máquina.

- Tolerancias, ajustes

Los grados de ajuste y las tolerancias deben ser indicadas en los planos, siempre que estas indicaciones sean necesarias.

- Normas de materiales

Los materiales que no estén específicamente diseñados, estarán conforme a la última edición o revisión de las siguientes normas o equivalentes aprobadas.

El cobre y el aluminio utilizados como conductores eléctricos deben ser de tipo electrolítico y conforme a las normas ASTM o DIN respectivas.

- Piezas de fundición de acero	ASTM A27, Grado 65-35 .
- Hierro fundido	ASTM A 48, Clase 35
- Perfiles y barra de acero	ASTM A373
- Chapa de acero (para partes so-	ASTM A283, Grado B
- Acero forjado para ejes, fustes, etc.	ASTM A668, Clase D.
- Acero forjado para engranajes	ASTM A272, Clase 1
- Bridas de acero al carbono forjado	ASTM A181, Grado (20 kg/cm ²)
- Bridas de acero al carbono forjado	ASTM A105, Grado 1 (+ 20 kg/cm ²)
- Acero para pernos y tornillos	ASTM A307, Grado B
- Acero para tuercas	ASTM A143, Aleación 2A
- Bronce para cojinetes, casquillos.	ASTM B22, Aleación B
- Bronce para engranajes	ASTM B148, Aleación 8 B-Ht
- Bronce para partes sometidas	ASTM B150, Aleación 1
- Bronce para pernos y pequeños	ASTM B139, Aleación C

- Bronce en aleación con aluminio ASTM B150, Aleación 2 -
 - Tubos de acero ASTM A53, Grado A
 - Tubos de acero inoxidable ASTM A269, Grado TP 303
 - Tubos de acero galvanizado ASTM A120
 - Tubos de cobre ASTM B42
 - Revestimiento electrolítico de ASTM A165 cadmio en acero
 - Revestimiento electrolítico de ASTM A166, Tipo DS cromo en acero
- h) Tratamiento de las superficies

- Limpieza de las superficies

Es fundamental que se preparen adecuadamente las superficies antes de aplicar la imprimación y la capa de pintura. Esta preparación comprenderá la limpieza, pulido, el secado u otras operaciones necesarias para garantizar la aplicación de la imprimación y de la pintura sobre una superficie apropiada.

- Textura de las capas

Cada capa debe estar exenta de gotas, agujeros finos, ondas, pliegues, hundimientos y rastros de pincel innecesarios y debe estar seca antes de la aplicación de la siguiente capa.

- Chorro de arena

Para quitar la herrumbre y las escamas de laminación (mill scale) del acero estructural, de las chapas, de la tubería u otras superficies de acero, así como de otras partes en las que se pueda aplicar el chorro de arena, se aplicará éste método hasta el metal desnudo según la norma Sa-3 de SIS 05.59.00 (Sveriges Standar Diserings Kommission) u otras normas equivalentes aprobadas. La rugosidad media de la superficie después del chorro debe ser de 50 mill aproximadamente.

Las partes que no puedan ser limpiadas con chorro de arena lo serán mediante útiles o máquinas herramientas al mayor grado posible, según las normas antes mencionadas u otras equivalentes aprobadas.

- Antioxidante

Las superficies limpiadas por chorro de arena serán recubiertas inmediatamente con la pintura de imprimación. En caso contrario, la superficie será inmediatamente recubierta con una protección “de taller” antioxidante de secado rápido. A las partes tratadas manualmente o por máquinas se les aplicará el mismo producto inmediatamente después de la limpieza.

- Superficies externas

Todas las superficies externas de los tableros, transformadores, tuberías, bridas, etc. y de sus accesorios, serán limpiados mediante chorros de arena hasta que se obtenga una superficie metálica limpia. Inmediatamente después serán recubiertas por lo menos con tres capas de imprimación de aluminio con base de caucho clorado/resina sintética (espesor de las tres capas: 0.09mm: tolerancia inferior igual a cero).

La mano final debe consistir en dos manos de caucho clorado/resina sintética. El espesor mínimo de las cinco capas será de 0.15mm con una tolerancia inferior igual a cero.

- Superficies en contacto con el agua

A menos que en los requerimientos especificados de cada equipo, no se indique otra cosa, todas las superficies en contacto con el agua deben ser limpiadas con chorro de arena y liberadas de herrumbre, películas, escamas y otras impurezas hasta que se obtenga una superficie metálica completamente limpia.

Entonces se cubrirán inmediatamente todas las superficies con tres capas de imprimación de minio con base de caucho clorado/resina sintética (espesor mínimo de las tres capas: 0.09 mm. Tolerancia inferior igual a cero).

Antes de la aplicación de la última mano (dos capas) a base de caucho clorado/resina sintética, se eliminarán los restos de aceite y de grasa de todas las superficies (mediante un detergente diluyente a base de trementina) y se repararán las partes deterioradas.

El espesor mínimo de las cinco capas será de 0.15mm con una tolerancia inferior igual a cero.

- Superficies bañadas por aceite

Las superficies bañadas por aceite serán tratadas y pintadas como se estipula para superficies exteriores, a excepción de las dos últimas capas, en las cuales se utilizará un barniz resistente al aceite.

- Piezas fundidas

En lo que respecta a las piezas, se picarán y eliminarán las zonas porosas, las imperfecciones, las incrustaciones de arena, hasta obtener un metal sano. A continuación se reacondicionarán estas zonas mediante soldadura eléctrica, con electrodos que corresponden al metal de base.

- Partes brillantes

Las partes y superficies que quedan brillantes durante el servicio deben ser protegidas contra la corrosión mediante una capa de barniz anticorrosivo fácil de quitar.

- Construcciones auxiliares de acero

Las construcciones auxiliares de acero, (bastidores de aparatos, soportes, etcétera) serán tratadas con chorro de arena hasta que se obtenga una superficie metálica limpia. Inmediatamente después se aplicarán tres capas de minio a base de caucho clorado/resina sintética, seguidas de dos capas de acabado con el mismo producto.

El espesor mínimo de las cinco capas debe ser de 0.15mm con una tolerancia inferior igual a cero.

i) Soldaduras

- Preparación de soldaduras

Las piezas y perfiles que deban unirse con soldadura tienen que ser preparadas según las dimensiones requeridas, con sus bordes cortados con precisión, con soplete, o con máquina; en forma apropiada para el tipo de soldadura y con el fin de obtener una penetración completa.

- Biseles

Los biseles de preparación deben presentar un aspecto limpio y regular debiendo procederse a su esmerilado si fuese necesario.

Las superficies de las piezas y perfiles que deben soldarse deben estar exentas de herrumbre, grasa y otras sustancias extrañas, a una distancia mínima de 25mm del borde por soldar.

- Procedimiento de soldadura

Todas las soldaduras deben ser efectuadas por arco eléctrico, mediante un procedimiento por lo menos equivalente a lo requerido en la última edición del "Standard Qualification Procedure" de la American Welding Society o bien a las normas DIN correspondientes.

- Cordones

Los cordones de soldadura deben presentar un aspecto regular, sin depresiones, escorias, porosidades ni ranuras o surcos laterales.

- Esfuerzos residuales

A excepción de los componentes de menor importancia, componentes donde los esfuerzos no tienen significación y de las piezas específicamente exentas de la atenuación de esfuerzos residuales, todos los elementos a soldar deben ser diseñados, fabricados y verificados según la “Boiler and Unfired Pressure Vessel Code”, Sección VIII del código ASME, y relajados de los esfuerzos residuales como un todo antes del acabado final.

- Equipo de soldadura

Todos los equipos de soldadura que quieran utilizar en la obra, tales como grupos electrógenos, transformadores, cables, electrodos, serán de calidad reconocida y aptos para el fin perseguido.

- Lubricación

Todas las partes móviles deben ser eficientemente lubricadas ya sea por aceite o grasa u otro medio apropiado.

- Boquillas y pistolas

Se proveerán boquillas uniformizadas y normalizadas para aceite y para inyección de grasa suficientemente amplias y en puntos de fácil acceso.

j) Aceite y demás lubricantes

El aceite, así como los demás lubricantes necesarios deben poderse obtener fácilmente en el Ecuador. El proveedor buscará y logrará dentro de lo posible, una normalización de todos los aceites y grasas empleados.

En el suministro se incluirá el primer relleno de aceite de lubricación y de grasa para todos los equipos suministrados (servomotores, receptores de presión, cojinetes, etcétera) más una reserva de diez (10%) por ciento de la cantidad total neta requerida. Esta norma es aplicable también para todos los aceites de la limpieza interior.

k) tuberías, bridas y juntas

- Presión

Todas las tuberías, bridas, juntas y conexiones, tienen que ser fabricadas con el fin que puedan soportar la máxima presión que se pueda presentar en el sistema.

Las tuberías con presión interna, ya sea de agua, aire o aceite, estarán exentas de costuras. Toda tubería que tenga un diámetro interior de 50mm o más debe ser de acero, si no se especifica lo contrario. Si las Especificaciones Técnicas Particulares no lo prescriben, los materiales para tubería de un diámetro menor a 50mm serán sometidas a aprobación de TERMOPICHINCHA S.A.

- Bridas

Todas las conexiones y juntas de tubos, accesorios y válvulas de un diámetro interior de 50mm o más, serán construidas provistas de bridas, siempre que en las Especificaciones Técnicas Particulares no se indique lo contrario. Todas las bridas deben ser maquinadas de modo que las cabezas de los pernos, arandelas y tuercas asistan perfectamente.

Todos los tubos deben ser de espesor uniforme; las dimensiones y el taladro de las bridas tienen que ser conforme a las normas DIN siempre que sea posible.

- Juntas

Antes de que las juntas sean atornilladas, deberán colocarse o suspenderse y alinearse todos los tubos de forma que las bridas estén paralelas. Cuando se junten los tubos no se permitirán curvaturas, excepto en los casos en que esto sea necesario especialmente con el fin de relajar los esfuerzos producidos por la expansión (cuellos de cisne). Todas las superficies correspondientes a juntas metálicas y todas las móviles, de desgaste o de fricción deberán ser trabajadas a máquina o pulidas. Podrán ser utilizadas bridas ciegas (tapas o maquinadas) solamente cuando ha sido maquinada la brida de acierto correspondiente. Los espaciamientos de los pernos y los materiales de empaquetadura deberán haber sido aprobados.

- Expedición de tubos

Todos los tubos destinados a circuitos de aceite serán limpiados y provistos de bridas provisionales u obturadas antes de ser embalados y expedidos.

- Fijaciones de los tubos

Los soportes, marcos, barras de suspensión y sostenes para soportar o impedir el movimiento de los tubos, así como sus fijaciones estarán incluidos en el suministro. Siempre que sea posible, se soportarán los tubos y accesorios en las bridas o cerca de ellas.

- Desmontaje de los tubos

Los soportes y las barras de suspensión serán fabricadas y estarán dispuestas de manera que cada tubo pueda ser desmontado sin perturbar a los demás.

- Collares para tubos

Los tubos de gran diámetro que atraviesen techos y muros de sostén estarán provistos de collares de fijación soldados para ser incrustados en el hormigón, salvo acuerdo diferente.

- Revestimiento de los tubos de agua

Todos los tubos de agua deben ser protegidos exteriormente contra la condensación mediante una envoltura, revestimiento o pintura anticorrosión probada.

I) Válvulas

- Tipos

Todas las válvulas de un diámetro nominal de más de 50mm para presiones superiores a 6 kg/cm^2 , serán de acero forjado o fundido. Las válvulas para la misma presión pero de un diámetro nominal de 50mm o menos podrán ser de bronce.

Las válvulas para presiones de menos de 6 kg/cm^2 pueden ser de hierro fundido o de bronce. Las válvulas para agua de un diámetro nominal superior a 50mm serán del tipo de vástago exterior ascendente. Las válvulas para aceite serán del tipo de vástago no ascendente.

- Empaquetaduras y asientos

Todas las partes de las válvulas sujetas al desgaste deberán ser destornilladas y fabricados con materiales no corrosibles. Sus dispositivos, empaquetaduras y asientos deben ser de proporciones amplias y con materiales que pueden garantizar que durante el funcionamiento del sistema no se produzca escoriación o sobrecarga, incluso cuando la válvula esté abierta parcialmente.

- Circuito de desviación (by-pass)

Las válvulas de aislamiento deben permitir la abertura y el cierre contra la presión total no equilibrada, incluido el cierre contra la descarga libre. En caso necesario deberán tener un circuito de desviación (by-pass) para satisfacer esa condición.

- Volantes de maniobra

Todas las válvulas serán provistas de volantes de maniobra de amplias dimensiones y, en caso necesario, de vástagos extensibles y/o piñones reductores para que en todas las condiciones de funcionamiento la válvula pueda ser accionada fácilmente por un solo hombre.

- Sentido de cierre

Todas las válvulas deberán cerrarse con rotación del volante de izquierda a derecha, en el sentido de las agujas del reloj.

La dirección de cierre estará indicada en el volante.

- Bloqueo

Las válvulas de grandes dimensiones tendrán dispositivos de bloqueo en cada posición externa.

II) Soportes

Todos los soportes, marcos, barras de suspensión y sostenes necesarias para soportar o fijar las válvulas estarán incluidos en el suministro y serán completados en la obra por el Contratista.

- m) Tornillos, pernos y tuercas

Todos los pernos, pasadores, tornillos y tuercas tendrán rosca normalizada y serán fabricados con acero de alta calidad.

Todos los pernos, pasadores, tuercas y tornillos serán de tamaño normalizados (incluidas las arandelas) y estarán protegidos contra la corrosión o bien serán de acero inoxidable si así lo indican las Especificaciones Técnicas. Las tuercas de tornillos o pernos serán hexagonales con facetas rectificadas.

n) Ajustes

Las tuercas, los pernos y los tornillos que pudieran aflojarse durante el funcionamiento serán ajustadas en posición firme, con medios aprobados por TERMOPICHINCHA S.A.

- Identificación de pernos

En la tabla 3.3 se puede apreciar el grado de dureza de los pernos más comunes.

Tabla 3.3: Grado de dureza de los pernos.

Grado de Dureza	 SAE 2	 SAE 5	 SAE 7	 SAE 8
Marcas	Sin Marcas	3 líneas	5 líneas	6 líneas
Material	Acero al carbono	Acero al carbono	Acero al carbono templado	Acero al carbono templado
Capacidad de Tensión Mínima	74 libras por pulgada	120 libras por pulgada	133 libras por pulgada	150 libras por pulgada

Fuente: Catalogo de productos IVAN BOHMAN C.A

- Empaquetaduras

Cuando se utilicen empaquetaduras de caucho o análogas en contacto con asientos metálicos, la composición y naturaleza de las partes en contacto deberán ser tales que no se produzcan adherencias, bloqueo o rozamientos indebidos.

La impregnación con grasa, grafito, etcétera, de cuerdas de cáñamo, o asbesto u otras destinadas a servir como empaquetaduras, debe ser durable y estable con el tiempo y apropiadas para las condiciones locales de manera que no se produzca el escurrimiento de la materia de impregnación o de la adherencia, bloqueo o rozamientos indebidos entre las partes en contacto.

ñ) bombas

Todas las bombas que deban utilizarse en el sistema serán de marca reconocida y de tipo que se adapte a su función.

Serán suministradas con todos los accesorios y con motores eléctricos adecuados con el fin de garantizar un servicio continuo y seguro en todas las condiciones de funcionamiento del sistema respectivo.

o) Especificación técnica del aislamiento térmico de las tuberías de vapor y combustible

- Aislamiento térmico para tuberías

Se utiliza lana de vidrio rígida, preformada en forma de medias cañas para aislar tuberías calientes y frías, con temperaturas entre -84°C (-120°F) y 454°C (850°F) y con diámetro nominal desde ½" hasta 12 pulgadas.

- Usos

Para aislar sistemas de tuberías que lo requieren, incluyendo las tuberías de transporte de combustible, vapor, calefacción, enfriamiento.

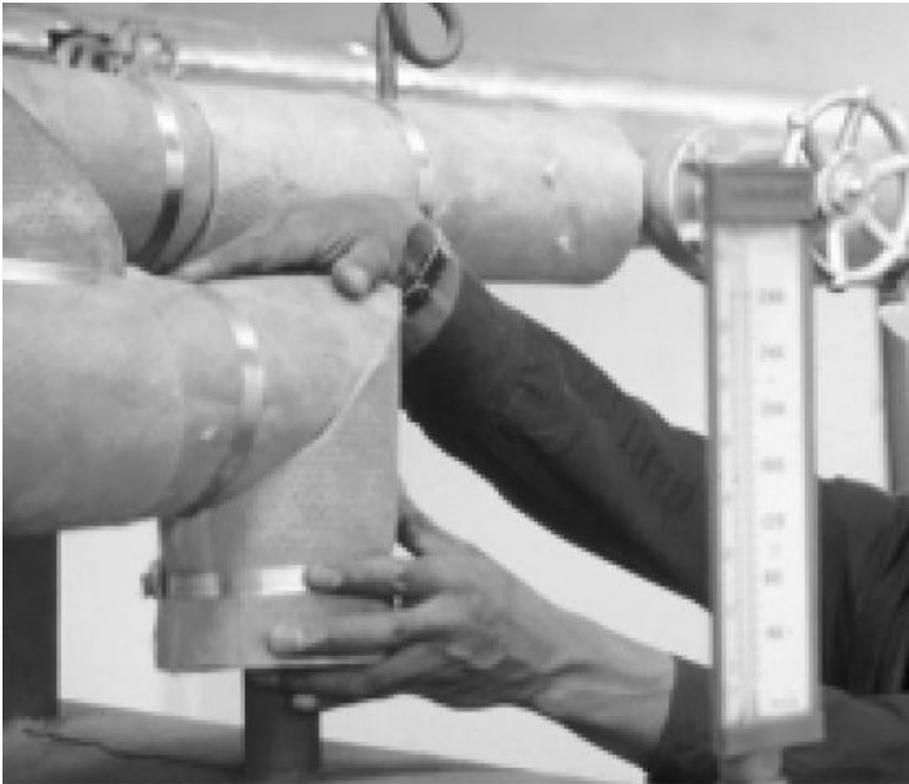


Figura: 3.2: Aislamiento de tuberías.

- **Especificaciones¹⁶**

Conductividad Térmica

$K = 0.034 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$ a 24°C o sea $(0.24 \text{ BTU. pulg/hr. pie}^2. ^\circ\text{F}$ a $75 ^\circ\text{F}$ de temperatura promedio

Absorción de la humedad

Absorbe máximo 0.2% en volumen en 96 horas a 49°C

Corrosión

¹⁶ http://www.ciselco.com/contenido/productos/aislamiento_termico.htm

Ninguna evidencia sobre metales

Empaque Cajas de cartón

CONDUCTIVIDAD TERMICA (ASTM C 335-69)

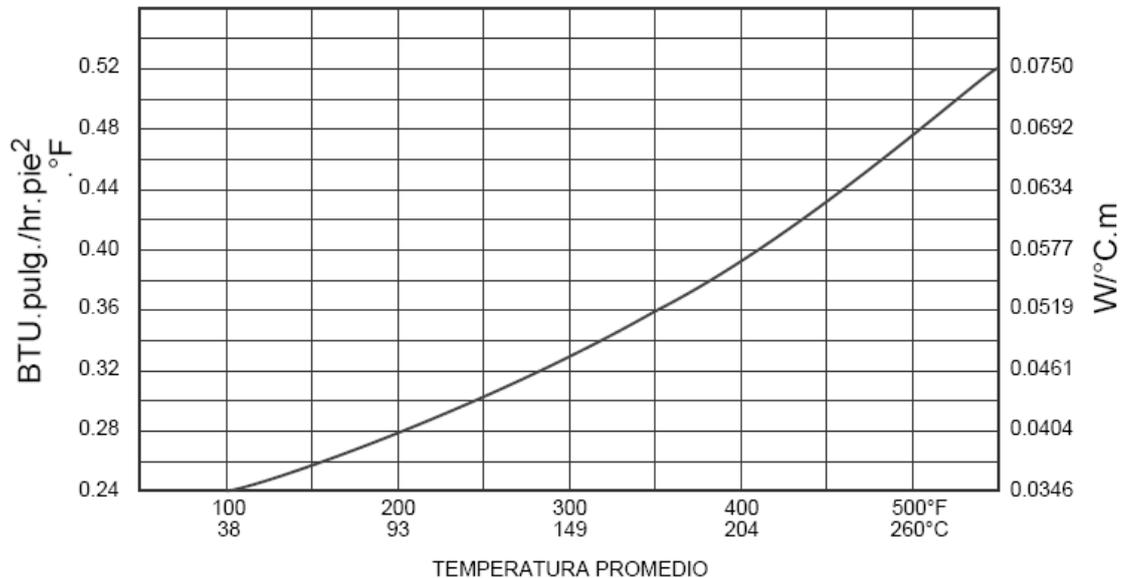


Figura 3.3: Conductividad térmica en función de la temperatura promedio de la tubería de transporte.

p) Recomendaciones generales para la instalación

- Cuando se requiere un espesor de aislamiento mayor a 2", éste se logra con una sola cañuela de fabricación especial, agrupando o "anidando" cañuela sobre cañuela siguiendo las recomendaciones de la Tabla de Anidados
- La red en lo posible deberá ser completamente aislada incluyendo todos sus accesorios.
- El sistema de tuberías que va a ser aislado deberá revisarse perfectamente en lo que se refiere a instalación (codos, tees, válvulas, trampas de vapor etc.), previendo que quede suficiente espacio para colocar el aislamiento.

- La red de tuberías deberá someterse a pruebas hidrostáticas o cualquier otro tipo de prueba que se ajuste a las exigencias de temperatura o presión con que trabajará el sistema en condiciones normales.
- Se recomienda que antes de instalar el aislamiento se limpien todas las superficies y se pinten con una pintura anticorrosiva adecuada a la temperatura. Estando seca la pintura protectora se procede a la colocación del aislamiento. Sea a temperaturas bajas o altas, para preservar las propiedades aislantes de la cañuelas se debe evitar que se moje o se contamine con líquidos o sólidos extraños.

q) Instalación

- La aplicación del aislamiento sobre la tubería puede ser en una o varias capas. En la mayoría de las instalaciones se utiliza una sola capa, sin embargo pueden requerirse varias capas para el montaje de un aislamiento en tuberías grandes, o con temperaturas demasiado altas o bajas.
- Se colocan las secciones que conforman la cañuela sobre la tubería y se amarran con alambre, cinta o bandas metálicas. Cuando se apliquen varias capas, cada capa debe asegurarse antes que la siguiente sea aplicada, colocándolas en forma escalonada, en zig-zag, para así aumentar la eficiencia térmica al reducir el flujo de calor en las uniones. Si se usa alambre, se debe ajustar lo suficiente pero sin causar la deformación del aislamiento y tener la precaución de doblar hacia adentro el nudo de amarrar.
- En aplicaciones en frío el aislamiento debe sellarse a intervalos de 12 pies para prevenir la posible migración de vapor de agua a través del sistema si ocurre un daño en la barrera de vapor. No deben quedar espacios vacíos entre las cañuelas contiguas.

- Toda interrupción del sistema de aislamiento debe sellarse con masilla o con un sistema sellante a prueba de humedad.

Anexo No. 12: Plano de ubicación de los módulos auxiliares en la Central de Guangopolo.

Anexo No. 13: Número de descripción de los módulos y equipos auxiliares.

3.1.1 INSTALACIÓN DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE

3.1.1.1 Sistema de alimentación de combustible

En el diagrama No. 16 se encuentra el circuito de alimentación de combustible.

El sistema de alimentación de combustible para el Grupo Generador Wärtsilä Diesel 8SW280 comienza con la instalación de las unidades de transferencia (U.634, U. 694).

Todas las líneas de alimentación estarán debidamente aisladas térmicamente con recubrimiento de lana de vidrio y sobrepuesta una plancha corrugada de aluminio remachada.

Se procede a realizar el cálculo del espesor del aislamiento térmico para la tubería de transporte de combustible.

3.1.1.2 Aislamiento térmico de tuberías con acompañamiento de vapor

Existen casos en los cuales un aislamiento térmico convencional no es suficiente para mantener el régimen térmico necesario de la tubería aislada, en tales casos, además del aislamiento térmico, se utiliza un calentamiento complementario de dicha tubería, para nuestro caso la tubería de bunker.

Este calentamiento se utiliza fundamentalmente en tuberías para el transporte a distancias considerables de una sustancia con temperatura dada o con una viscosidad tal que luego de interrumpida la circulación ésta se incrementa considerablemente.

La problemática actual del mantenimiento de un nivel de temperatura y, por lo tanto, de viscosidades para garantizar un bombeo adecuado del bunker y en especial de luego de la parada de las instalaciones, puede ser resuelto a partir de este tipo de construcción aislante para la tubería principal, la cual consiste en suministrar un calentamiento adicional con la ayuda de una tubería acompañante de vapor dispuesta a lo largo de toda la tubería y forradas ambas con material aislante, de manera tal que se forme una cavidad termo aislada.

El sistema formado, desde el punto de vista de intercambio de calor, presenta sus particularidades y no puede ser tratado adecuadamente por el método tradicional por la determinación del espesor del aislamiento.

3.1.1.3 Desarrollo

Para nuestro caso, la temperatura del bunker que se trasiega deberá permanecer invariable, tanto durante la circulación de éste, como durante la parada.

El cumplimiento de tal condición sólo es posible por la compensación de la pérdida de calor de la tubería de transporte a partir de la absorción de calor proveniente de la tubería acompañante.

Esta condición o exigencia constituye la base para el cálculo del espesor de aislamiento.

La tubería de transporte, por lo general se calienta con la ayuda de una o dos tuberías acompañantes.

Si se utiliza una, ésta se dispone debajo de la tubería principal, formando una cavidad termo aislada con un ángulo selectivo de calentamiento.

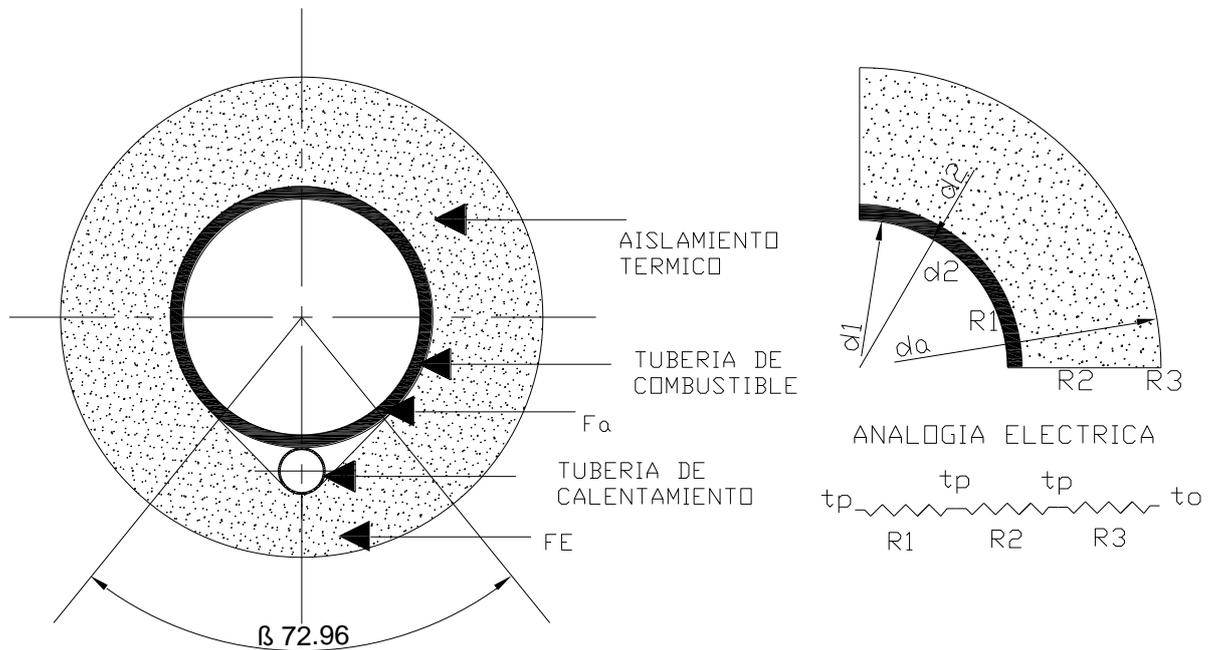


Figura 3.4: Esquema de una tubería de combustible con tubería de acompañamiento de vapor.

El portador de calor en el caso de las tuberías acompañantes lo constituyen el vapor saturado con presión entre 0.2 y 1 MPa, y el diámetro de esta tubería va desde 5 a 50 mm.

La tubería que se calienta se debe aislar conjuntamente con la tubería acompañante para formar una cavidad termo aislada. Esta cavidad termo aislada se monta a partir de materiales flexibles, se aumenta la eficacia de la obra se coloca una envoltura de papel folio de aluminio.

En nuestro sistema, la tubería se calienta, tanto por radiación directa de la tubería acompañante, como por convección durante el contorno del aire caliente que se encuentra en el interior de la cavidad.

El denominado ángulo selectivo de calentamiento¹⁷ (β) es el que determina la magnitud de la superficie de intercambio de calor entre ambas tuberías.

3.1.1.4 Metodología de cálculo

Para la deducción de la metodología de cálculo, se parte de un balance de calor, el cuál considera que el calor proveniente de la tubería acompañante de vapor se gasta en el calentamiento de la tubería principal y en las pérdidas de calor al medio exterior.

La pérdida de calor hacia el medio exterior por unidad de longitud de la tubería principal será igual a:

$$q_L^{TP} = \frac{\theta}{360} * \frac{t_p - t_o}{R_L} = \frac{\theta}{360} * \frac{t_p - t_o}{R_{L1} + R_{L2} + R_{L3}}; \left(\frac{W}{m} \right) \quad 18$$

3.1

Donde:

θ : Ángulo formado por la parte de la tubería sobre la cual se dispone el asilamiento (en grados).

t_p : Temperatura a la cual debe mantenerse el producto en la tubería principal (°C).

t_o : Temperatura de cálculo para el aire ambiente (°C).

R_L : Resistencia térmica lineal total (m°C/W).

R_{L1} : Resistencia térmica lineal desde el producto hasta la pared de la tubería (m°C/W).

R_{L2} : Resistencia térmica lineal de la capa de aislamiento (m°C/W).

R_{L3} : Resistencia térmica lineal de la capa de aislamiento desde la superficie exterior del aislamiento al aire ambiente (m°C/W).

La cantidad de calor por unidad de longitud que recibe la tubería desde el aire en el interior de la cavidad puede denominarse como:

¹⁷ Ref. 12 Pág161

¹⁸ Ref. 12 Pág163

$$q_L^A = \frac{\beta}{360} * \alpha_A * \pi * d_2 * (t_1 - t_p); \left(\frac{W}{m}\right)^{19} \quad 3.2$$

Donde:

β : Ángulo formado por la parte de la tubería que se calienta por el aire en el interior de la cavidad (en grados).

α_A : Coeficiente de transmisión superficial de calor desde el aire en el interior de la cavidad a la tubería calentada (W/m²°C).

d_2 : Diámetro exterior de la tubería principal (m).

t_1 : Temperatura del aire en el interior de la cavidad termo aislada (°C)

Puesto que q_L tiene la propiedad de ser constante y del propio análisis del problema, podemos plantear que:

$$q_L^{TP} = q_L^A$$

$$\frac{\theta}{360} * \frac{t_p - t_o}{R_L} = \frac{\beta}{360} * \alpha_A * \pi * d_2 * (t_1 - t_p)$$

De donde:

$$R_L = \frac{\theta}{\beta} * \frac{t_p - t_o}{\alpha_A * \pi * d_2 * (t_1 - t_p)} \quad 20$$

Recordando que: $R_L = R_{L1} + R_{L2} + R_{L3}$

Y sustituyendo a las resistencias individuales según su definición tenemos:

$$R_L = \frac{1}{\pi * d_1 * \alpha_1} + \frac{1}{2 * \lambda_a * \pi} * \ln \frac{d_a}{d_2} + \frac{1}{\pi * d_a * \alpha_2} \quad 21$$

Donde:

¹⁹ Ref. 12 Pág163

²⁰ Ref. 12 Pág163

²¹ Ref. 12 Pág163

- d_1 : Diámetro interior de la tubería principal (m).
 d_2 : Diámetro exterior de la tubería principal (m).
 d_a : Diámetro exterior de la capa de aislamiento (m).
 α_1 : Coeficiente de transmisión superficial del calor desde el fluido hasta la superficie interior de la tubería principal ($W/m^2\text{°C}$).
 α_2 : Coeficiente de transmisión superficial del calor desde la superficie del aislamiento hacia el medio exterior ($W/m^2\text{°C}$).
 λ_a : Coeficiente de conductividad térmica del material aislante térmico ($W/m\text{°C}$).

Sustituyendo a las ecuaciones, e introduciendo un coeficiente para considerar las pérdidas por apoyo igual a 1.25 y despejando, obtenemos:

$$\ln \frac{d_a}{d_2} = 2 * \lambda_a * \pi \left[\frac{\theta}{\beta} * \frac{1.25 * (t_p - t_o)}{\alpha_A * \pi * d_2 * (t_1 - t_p)} - \left(\frac{1}{\pi * d_1 * \alpha_1} + \frac{1}{\pi * d_a * \alpha_2} \right) \right]$$

Y como normalmente la resistencia interior: $\frac{1}{\pi * d_1 * \alpha_1}$ se

desprecia, se obtiene:

$$\ln \frac{d_a}{d_2} = 2 * \lambda_a * \pi \left[\frac{\theta}{\beta} * \frac{1.25 * (t_p - t_o)}{\alpha_A * \pi * d_2 * (t_1 - t_p)} - \frac{1}{\pi * d_a * \alpha_2} \right]$$

Se puede considerar que la magnitud R_{L3} es pequeña en comparación con R_L , por lo que se puede calcular de forma aproximada a través del cálculo de:

$$d_a = d_2 + 2 * \delta_a$$

$$\delta_a = \frac{d_2}{2} * \left(\frac{d_a}{d_2} - 1 \right)$$

A partir de un valor dado para el espesor δ_a , para los materiales en forma de guata como lana de vidrio y otros similares, tiene lugar durante su colocación, cierta compactación, por lo que se recomienda calcular a partir del espesor

calculado, el espesor que deberá tener el material antes de su colocación, de la forma siguiente:

$$\delta_o = \delta_a * K_C * \frac{d_2 + \delta_a}{d_2 + 2 * \delta_a} \quad 22$$

3.3

Para los materiales más comunes el coeficiente de compactación K_C tiene el valor de 1.6 para la lana de vidrio²³.

Para la solución de este problema se debe determinar la temperatura del aire en el interior de la cavidad (t_1), la cual se determina de la ecuación de balance de acuerdo con la cual todo calor desprendido por la tubería acompañante, se gasta en el calentamiento de la tubería principal y en la pérdida hacia el medio exterior.

La cantidad de calor desprendido por unidad de longitud de tubería acompañante es igual a:

$$q_L^{AC} = \frac{F_{AC}}{R_{AC}} * (t_{AC} - t_1) \quad 24$$

3.4

Donde:

F_{AC} : Superficie de la tubería acompañante por unidad de longitud (m^2/m).

R_{AC} : Resistencia térmica desde la tubería acompañante al aire en el interior de la cavidad termo aislada ($m^2\text{°C}/W$).

t_{ac} : Temperatura del vapor acompañante (°C).

La cantidad de calor por unidad de longitud que se absorbe por la tubería principal es igual a:

²² Ref. 12 Pág163

²³ http://www.ciselco.com/contenido/productos/aislamiento_térmico.htm

²⁴ Ref. 12 Pág163

$$q_L^A = \frac{F_A}{R_A} * (t_1 - t_p) \quad 25$$

3.5

Donde:

F_A : Superficie de cálculo de la tubería principal por unidad de longitud (m^2/m).

R_A : Resistencia térmica desde el aire en el interior de la cavidad termo aislada a la tubería calentada ($m^2\text{°C}/m$).

La cantidad de calor por unidad de longitud que se pierde al medio exterior es:

$$q_L^E = 1.25 \frac{F_E}{R_E} * (t_1 - t_o) \quad 26$$

3.6

Donde:

F_E : Área de la parte restante de la superficie de la insolación por unidad de longitud (m^2/m).

R_E : Resistencia térmica total desde al aire en el interior de la cavidad termo aislada, a través de la insolación y hacia el aire exterior ($m^2\text{°C}/m$)

1.25: Coeficiente que considera la influencia de los soportes y otras pérdidas.

Puesto que:

$$q_L^{AC} = q_L^A + q_L^E$$

Tenemos:

²⁵ Ref. 12 Pág164

²⁶ Ref. 12 Pág164

$$\frac{F_{AC}}{R_{AC}} * (t_{AC} - t_1) = \frac{F_A}{R_A} * (t_1 - t_p) + 1.25 * \frac{F_E}{R_E} * (t_1 - t_o)$$

$$t_1 = \frac{\frac{F_{AC}}{R_{AC}} * t_{AC} + \frac{F_A}{R_A} * t_p + 1.25 * \frac{F_E}{R_E} * t_o}{\frac{F_{AC}}{R_{AC}} + \frac{F_A}{R_A} + 1.25 * \frac{F_E}{R_E}}$$

$$R_{AC} = \frac{1}{\alpha_{AC}}; \quad R_A = \frac{1}{\alpha_A}$$

Siendo α_A el coeficiente de transmisión superficial del calor desde la tubería acompañante al aire en el interior de la cavidad termo aislada, el cual se toma de la tabla I (ver anexo No. 27) y el denotado valor de α_A se toma de la tabla II (ver anexo No. 27). Estos valores pueden ser calculados para la convección por expresiones convencionales; sin embargo el uso de las referidas tablas representa la ventaja de que en éstas se escoge el valor del coeficiente a partir de la temperatura del vapor calefactor, obviando las dificultades que aparecen al ser la temperatura de la superficie exterior una incógnita en los cálculos del espesor del aislamiento a precisar con un cálculo iterativo.

En el caso de la resistencia R_E , ésta se determina como si se tratase de una pared plana en la cual el valor de δ_A se asume de forma aproximada y se desprecia además la resistencia de la capa protectora del aislamiento:

$$R_E = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_A}{\lambda_A} + \frac{1}{\alpha_2} \quad 27$$

3.7

Donde:

α_1 : Coeficiente de transmisión superficial del calor desde el aire en el interior de la cavidad termo aislada a la superficie interior de la misma ($W/m^2\text{°C}$), el cual se recomienda tomar igual a $12 W/m^2\text{°C}$.

²⁷ Ref. 12 Pág164

α_2 : Coeficiente denotado anteriormente, el cual se toma de la tabla III (ver anexo No. 27).

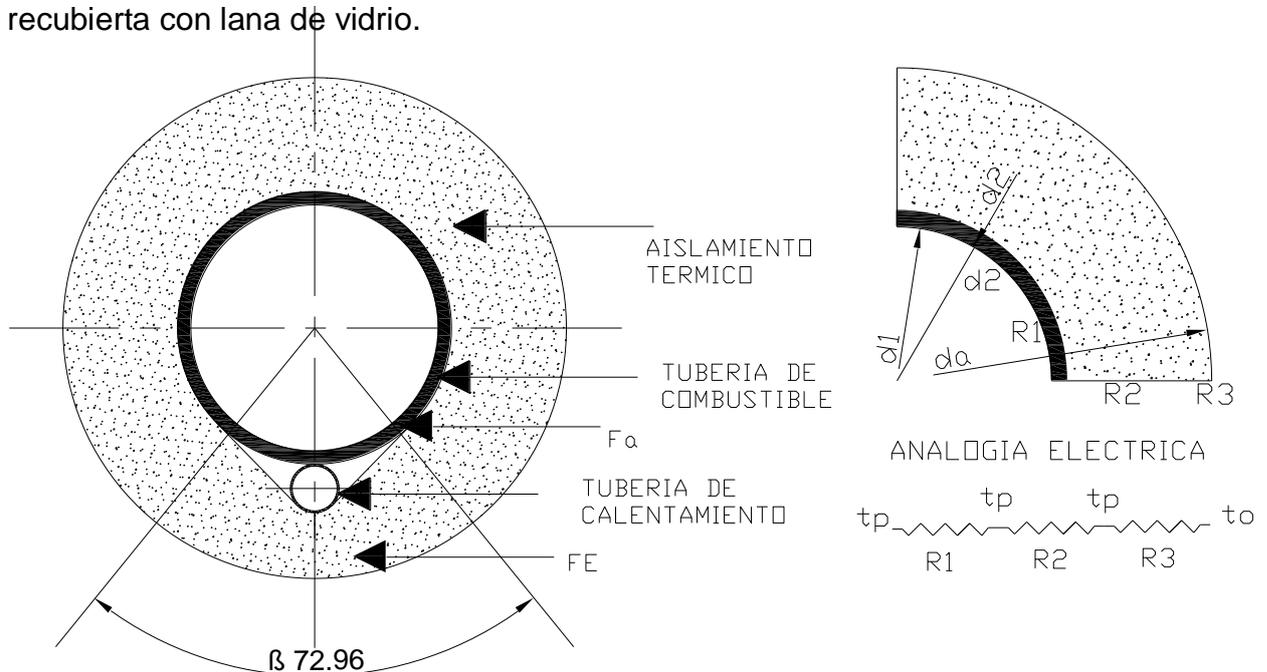
El coeficiente λ_A , es función del material utilizado y en el cálculo se toma su valor medio debido a que hay zonas a diferentes temperaturas para los casos de la tubería principal y la acompañante.

Los valores de los ángulos θ y β , y las magnitudes m , F_{AC} , F_A y F_E se determinan con la ayuda de las expresiones expuestas en las tablas IV y V. del anexo No. 27.

3.1.1.5 Cálculo del espesor del aislamiento

CALCULO DEL ESPESOR DEL AISLAMIENTO EN LA TUBERÍA DE COMBUSTIBLE

La tubería de combustible estará acompañada de vapor para su calentamiento, y recubierta con lana de vidrio.



$d1 := 0.03$ (m) Diámetro interior de la tubería principal.

$d2 := 0.04$ (m) Diámetro exterior de la tubería principal.

$dAC := 0.007$ (m) Diámetro de la tubería de vapor.

$\alpha_2 := \frac{1}{360} \frac{d2 - dAC}{dAC} \left(\frac{180}{\pi} \right)$ Coeficiente de transmisión superficial del calor desde el fluido hasta la superficie interior de la tubería principal. Se desprecia la resistencia interior.

Tuberías horizontales para α_2 , con velocidad del viento igual a 5 (m/s), entonces:

$$\alpha_2 := 20 \left(\frac{W}{m^2 \cdot C} \right)$$

Coefficiente de transmisión superficial de calor desde la superficie exterior del aislamiento hacia el aire exterior. Este valor se toma de la tabla III, para una velocidad del viento de 5 m/s.

$$\lambda_a := 0.035 \left(\frac{W}{m \cdot C} \right)$$

Coefficiente de conductividad térmica del material aislante térmico, este valor se toma de la tabla de conductividad del libro de Holman.

$$t_{AC} := 162 \left(C^\circ \right)$$

Temperatura del vapor acompañante.

$$t_p := 110 \left(C^\circ \right)$$

Temperatura a la cual debe mantenerse el producto en la tubería principal.

$$t_o := 25 \left(C^\circ \right)$$

Temperatura ambiente.

$$t_1 := 15$$

$$\left(C^\circ \right)$$

Temperatura del aire en el interior de la cavidad termostática.

$$\alpha_{A1} := 14.5 \left(\frac{W}{m^2 \cdot C} \right)$$

Valor tomado de la tabla II, Coeficiente superficial del calor desde el aire en el interior de la cavidad a la tubería.

$$R_L := \left(\frac{\theta}{\text{Beta}} \right) \cdot \left[\frac{t_p - t_o}{\alpha_{A1} \cdot \pi \cdot d_2 \cdot (t_1 - t_p)} \right]$$

$$R_L = 3.567$$

$$\left(\frac{mC}{W} \right)$$

Resistencia térmica lineal total.

Entonces:

$$d_a := 1$$

Diámetro exterior de la capa de aislamiento.

Given

$$R_L = \left(\frac{1}{\pi \cdot d_1 \cdot \alpha_1} \right) + \left(\frac{1}{2 \cdot \lambda_a \cdot \pi} \right) \cdot \left(\ln \left(\frac{d_a}{d_2} \right) \right) + \left(\frac{1}{\pi \cdot d_a \cdot \alpha_2} \right)$$

$$\text{Find}(d_a) = 0.079$$

(m)

Diámetro exterior de la capa de aislamiento, considerando R1.

Comprobación del valor de $\alpha_{A1} = \alpha_A$.

$$\alpha_A := 1 \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{C}} \right) \quad \text{Coeficiente de transmisión superficial del calor desde el aire en el interior de la cavidad a la tubería calentada.}$$

Given

$$\frac{\theta}{360} \cdot \frac{t_p - t_o}{RL} = \frac{\text{Beta}}{360} \cdot (\alpha_A) \cdot \pi \cdot d_2 \cdot (t_1 - t_p)$$

$$\text{Find}(\alpha_A) = 14.5 \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{C}} \right) \quad \alpha_A := 14.5 \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{C}} \right) \quad \text{Cantidad de calor por unidad de longitud que recibe la tubería desde el aire en el interior de la cavidad.}$$

$$q_{LA} := \frac{\text{Beta}}{360} \cdot \alpha_{A1} \cdot \pi \cdot d_2 \cdot (t_1 - t_p) \quad q_{LA} = 19.001 \left(\frac{\text{W}}{\text{m}} \right) \quad \text{Pérdida de calor hacia el medio exterior por unidad de longitud de tubería principal.}$$

$$q_{LTP} := \frac{\theta}{360} \cdot \frac{t_p - t_o}{RL} \quad q_{LTP} = 19.001 \left(\frac{\text{W}}{\text{m}} \right) \quad \text{Pérdida de calor hacia el medio exterior por unidad de longitud de tubería principal.}$$

Puesto de q_L tiene la propiedad de ser constante, y del propio análisis del problema, se puede plantear que: $q_{LTP} = q_{LA}$.

Determinación de diámetro exterior del aislamiento = d_a .

$$d_a := 1$$

Debido a que el aislamiento tiene forma de guata, el espesor real será:

Given

$$K_{qm} \left(\frac{d_a}{d_2} \right) \in 2 \cdot \lambda_a \cdot \pi \cdot \left[\frac{\text{Coeficiente de compactación}}{\text{Beta} \cdot \alpha_{A1} \cdot \pi \cdot d_2 \cdot (t_1 - t_p)} \right] \text{ para la lana de vidrio}$$

$$\delta_o := \delta_a \cdot K_c \cdot \frac{d_2 + \delta_a}{d_2 + 2 \cdot \delta_a} \quad \delta_o = 0.041 \quad (\text{m})$$

De acuerdo a la tabla I, al interpolarse α_{AC} equivale a.

Esesor del aislamiento, nótese que trabajamos con lana de vidrio:

$$\alpha_{AC} := 23.3 \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{C}} \right)$$

$$\delta_a := \left(\frac{d_2}{2} \right) \cdot \left[\left(\frac{d_a}{d_2} \right) - 1 \right] \quad \delta_a = 0.038 \quad (\text{m})$$

$$R_{AC} := \frac{1}{\alpha_{AC}} \quad R_{AC} = 0.043 \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{C}}{\text{W}} \right) \quad \text{Resistencia térmica desde la tubería acompañante al aire en el interior de la cavidad termostática.}$$

$$F_{AC} := \pi \cdot d_{AC} \quad F_{AC} = 0.024 \left(\frac{\text{m}^2}{\text{m}} \right) \quad \text{Superficie de la tubería acompañante por unidad de longitud.}$$

$$q_{LAC} := \frac{\text{Beta} \cdot F_{AC} \cdot (t_1 - t_p)}{\sqrt{(\text{Beta} \cdot \alpha_{AC} \cdot 0.01) \cdot (d_{AC} + 0.01)}} \quad q_{LAC} = 0.024 \left(\frac{\text{W}}{\text{m}} \right) \quad \text{Cantidad de calor por unidad de longitud de tubería acompañante.}$$

Coeficiente de transmisión superficial del calor desde la tubería acompañante al aire en el interior de la cavidad.

$$q_{LE} := q_{LAC} - q_{LA} \quad q_{LE} = -17.354 \left(\frac{W}{m} \right) \quad \text{Cantidad de calor por unidad longitud que se pierde al medio exterior.}$$

Coeficiente de conductividad térmica, es función del material utilizado y en el cálculo utilizado se toma su valor medio debido a que hay zonas a diferentes temperaturas para los casos de la tubería principal acompañante.

$$\lambda_A := 0.03 \epsilon \left(\frac{W}{m^2 \cdot C} \right)$$

En el caso de RE, este se determina como si se tratase de una pared plana en la cual el valor de δ_A se asume de forma aproximada y se desprecia además la capa protectora del aislamiento.

$$\delta_A := -1$$

Given

$$q_{LE} = 1.25 \left[\frac{\frac{\text{Beta}}{360} \cdot \pi \cdot (d_{AC} + 2 \cdot \delta_A + 0.02) + 2 \cdot m}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_A}{\lambda_A} + \frac{1}{\alpha_2}} \right] \cdot (t_1 - t_o)$$

$$\text{Find}(\delta_A) = -0.019 \left(\frac{W}{m^2 \cdot C} \right)$$

$$\delta_A := 0.019 \quad (m)$$

$$FE := \left[\frac{\text{Beta}}{360} \cdot \pi \cdot (d_{AC} + 2 \cdot \delta_A + 0.02) + 2 \cdot m \right] \quad FE = 0.089 \left(\frac{m^2}{m} \right) \quad \text{Área de la parte restante de la superficie de insulación por unidad de longitud.}$$

$$RE := \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_A}{\lambda_A} + \frac{1}{\alpha_2} \quad RE = 0.661 \left(\frac{m^2 \cdot C}{W} \right) \quad \text{Resistencia térmica total desde el aire en el interior de la cavidad termostática, a través de la insulación y hacia el aire exterior.}$$

$$t_1 := \left(\frac{\frac{F_{AC}}{R_{AC}} \cdot t_{AC} + \frac{F_A}{R_A} \cdot t_p + 1.25 \frac{FE}{RE} \cdot t_o}{\frac{F_{AC}}{R_{AC}} + \frac{F_A}{R_A} + 1.25 \frac{FE}{RE}} \right) \quad t_1 = 159 \quad C \quad \text{Temperatura del aire en el interior de la cavidad termostática.}$$

Con el nuevo valor de t_1 se realiza un nuevo cálculo para el espesor del aislamiento y se obtiene un espesor de: 41 mm antes de compactar.

Las unidades bombean el combustible, desde los tanques diarios con una tubería de 40mm de diámetro, a una temperatura de 97 °C, hacia el módulo booster (U. 672), a una presión 3.5 bares. El módulo booster puede trabajar hasta 6 bar de presión²⁸.

El sistema de bombas de transferencia trabaja a una potencia de 1.0 kW. Tiene una capacidad de presión de 5 bares y una velocidad de 1092 rpm y un flujo de transferencia de 20.0 Lt/min²⁹.

El circuito de combustible está dotado de un sistema de regulación de presión, el mismo que brinda seguridad al momento de aumento de presión. Si la presión excede de 3.5 bares, estas válvulas se abren y el combustible retorna al tanque diario, a través de una tubería de 32 mm de diámetro.

El sistema de regulación de presión está constituido por dos válvulas, las cuales están conectadas en paralelo; sólo una funciona normalmente y la otra opera en casos de avería de la primera. Las válvulas reguladoras de presión tienen un “by pass”, el mismo que es utilizado cuando se realiza mantenimiento a las mismas.

Seguidamente el combustible ingresa al módulo booster pasa por unos filtros a una temperatura de 76 °C, luego ingresa al tanque mezclador, el cual cumple un función muy importante, pues mediante sensores programados realiza el control de la temperatura de calentamiento del combustible mediante dos calentadores que trabajan en paralelo, manteniendo de esta forma la viscosidad, que para el grupo está entre 15 a 17 cSt. a 110 °C³⁰.

Luego de esto, el combustible pasa por una bomba de engranes, la cuál eleva la presión de 3.5 bares a 6 bares; la bomba tiene una potencia de 0.86 kW y trabaja a una velocidad de 1128 rpm; la temperatura en la tubería se

²⁸ Ref. 11 Manual 3. Pág 23

²⁹ Ref. 11 Manual 3. Pág 24

³⁰ Ref. 11 Manual 3. Pág 27

mantiene mediante un serpentín. Finalmente el combustible ingresa al motor mediante una tubería flexible, previamente pasando por los filtros separadores.

Cuando hay un exceso de combustible en el módulo booster, el combustible retorna hacia el tanque intermedio. Cuando el exceso de combustible se presenta en el motor, retorna al tanque mezclador del módulo booster y luego se lo envía al tanque intermedio, dependiendo del flujo requerido.

Los residuos de combustible del módulo booster que salen del filtro principal, se dirigen hacia el módulo de recolección de residuos (U. 696), por una tubería de Ø 50mm.

El módulo de recolección de residuos (U. 696) funciona mediante una bomba de engranes que trabaja a una presión de 3.0 bares, con un volumen de 6.0 Lt/min, una potencia de 0.42 kW y una velocidad de 1644 rpm; transfiere el residuo de combustible previamente calentándolo hacia el tanque de recolección de desechos, denominado API #1³¹.

Las unidades U. 672 y U. 696 necesitan aire de control para su funcionamiento al igual que vapor para el calentamiento, además tienen drenajes de condensado que se deposita en la fosa junto al motor.

En el sistema de alimentación de combustible se interconectó las tuberías de transporte y transferencia de combustible, se realizaron pruebas de fugas en las conexiones, se realizó un mantenimiento a las bombas y válvulas de combustible, se procedió al montaje de las bombas de transferencia y del módulo mezclador de combustible, en este se recalibró su viscosímetro para las condiciones de nuestro combustible de operación.

Para las pruebas de fugas se conectó una bomba con diesel, la misma que recirculó el combustible por todo el circuito.

³¹ Ref. 11 Manual 3. Pág 28

Después de haber corregido las fugas en la tubería se procedió a realizar el recubrimiento con el aislamiento térmico (lana de vidrio).

El cálculo del espesor de la lana vidrio para las tuberías de combustible se lo realizó en el numeral 3.1.1.5

Anexo No. 16: Diagrama del Sistema de alimentación de combustible.

Anexo No. 22: Diagrama del sistema de enfriamiento de inyectores de combustible.

3.1.2 INSTALACIÓN DE ALIMENTACIÓN DE ACEITE

3.1.2.1 Sistema de alimentación de aceite

En el diagrama No. 17 está en sistema de alimentación de aceite con sus respectivas conexiones.

El sistema de alimentación de aceite consta de una tanque de almacenamiento principal, una purificadora y la tubería de transporte; para instalar este sistema se procedió a ubicar el tanque de almacenamiento principal de 4000 galones, el tanque está dotado de su respectivo nivel y válvulas de alimentación y descarga.

En segundo lugar se instaló el módulo de purificación o llamado también purificadora de aceite, este módulo elimina el agua y carbón del aceite lubricante, mediante un proceso en el cual a través de la fuerza centrífuga y unos platos de gravedad se desaloja todo el desecho mediante lavados con agua desmineralizada. El aceite luego de pasar por el proceso de purificación, nuevamente ingresa al motor.

Para la instalación de la purificadora se construyó una fundación de cemento, se ancló y niveló la purificadora y posteriormente se realizó un mantenimiento, cambiando empaques y rodamientos de la bomba, se limpió sus platos, bola filtros y mangueras de succión y descarga.

Para el funcionamiento de este circuito se interconectó con tubería de hierro negro sus diámetros son especificados por el fabricante y las distancias son cortas lo que significa que no existen pérdidas considerables de presión ni en accesorios, puesto que existe un retorno del exceso al tanque principal.

La capacidad del tanque del motor es de 700 galones³², y está ubicado sobre los patines de soporte del motor.

El aceite ya utilizado sale del carter a través de una válvula, luego ingresa a la purificadora por una tubería de Ø 40mm; esta tubería tiene a su vez una válvula que permite desalojar el aceite del carter para la limpieza del mismo, el cual se lo dirige hacia la fosa de desechos.

El aceite utilizado por el motor recircula a través de la purificadora, en la cual se realiza el proceso de purificación mediante una bomba de 4 kW de potencia y de 1730 rpm de velocidad³³.

Finalmente, el aceite es transportado hacia el motor nuevamente, mediante una tubería de Ø 32mm, e ingresa al carter para el proceso de lubricación.

El sistema de alimentación de aceite se inicia con el ingreso de aceite mineral 20DP40, es decir SAE 40 y TBN 20, desde el tanque de almacenamiento de 4.000 galones hacia el tanque del motor; el aceite es succionado por la bomba y se dirige hacia una galería ubicada dentro del block. Este conducto tiene pasajes conectados a las bancadas del cigüeñal.

³² Ref. 11 Manual 5. Pág 14

³³ Ref. 11 Manual 3. Pág 16

Luego, el aceite continúa por un pasaje en el interior del cigüeñal, hasta alcanzar los puños de biela.

Desde la galería principal, también se hace llegar aceite lubricante a los descansos del eje de levas.

El flujo de aceite hacia los descansos y puños del cigüeñal debe ser constante. Para ello se utiliza una bomba de aceite que suministra el caudal suficiente para realizar la lubricación necesaria.

El rendimiento de la bomba de lubricantes se controla midiendo el caudal que desplaza. Como la bomba gira relacionada con el motor, entonces a mayor velocidad, mayor es el caudal.

Para controlar esta variación constante de presión, se utiliza una válvula reguladora de presión. Esta válvula está formada por un émbolo y un resorte y se abre cuando el caudal de aceite suministrado genera presión suficiente para comprimir el resorte. Esto permite que parte del caudal derive se hacia el tubo de succión de la bomba de aceite.

La válvula es regulable y permite establecer la presión mínima y máxima del lubricante, dentro del circuito de lubricación. Para aumentar la presión de aceite de lubricación, se requiere desmontar el perno de sujeción de la válvula y quitar las golillas de regulación. De esta manera el émbolo recorre una distancia mayor (comprimiendo el resorte), antes de comenzar a destapar el pasaje por donde deriva el aceite.

El sistema de lubricación del motor esta integrado por los siguientes elementos: bomba de circulación, enfriadores, filtros primarios, filtros secundarios y colectores de aceite; además en varias instalaciones se puede encontrar sistemas de purificación que incluyen calentadores de aceite³⁴.

³⁴ Ref. 11 Manual 3. Pág 32

En el motor, se puede encontrar varios sistemas de lubricación independientes para las diferentes partes del motor, así por ejemplo: aceite para lubricación del sistema principal, para lubricación de cilindros, para las válvulas y balancines, para los turbocargadores, para el regulador de velocidad, para los reductores de velocidad, entre otros.

El aceite 2040 (TBN 20 Y SAE 40), sirve para lubricar el cigüeñal y sus cojinetes, árbol de levas, tren de engranes de distribución, incluyendo el cojinete de pedestal del generador.

Con el mismo aceite se lubrican los balancines y válvulas; para el turbocargador el circuito es independiente y se usa aceite mineral como es el aceite TEXACO REGAL 68, con aditivos inhibidores contra la oxidación, herrumbre y antiespumantes; tiene excelentes características a baja temperatura y un bajo punto de congelación. Es un lubricante para turbinas de gas, especialmente concebido para soportar altas temperaturas y que también puede ser empleado en turbinas de vapor. Por esta razón es el producto ideal para la lubricación de ciclos combinados con un circuito de lubricación único.

Está fabricado a partir de bases especiales sometidas a un hidrot ratamiento severo y un paquete de aditivos de alta tecnología libre de cenizas, que proporciona excepcional estabilidad a la oxidación y protección anti-corrosión y anti-desgaste.

Las ventaja es que tiene una gran estabilidad a la oxidación, lo cual garantiza una prolongada vida en servicio bajo las peores condiciones de carga y temperatura.

El aceite Regal 68 tiene gran resistencia a la formación de lodos y depósitos así como de productos ácidos derivados de la oxidación, lo cual evita la aparición de depósitos pegajosos en las válvulas y protege los rodamientos. Tiene excepcionales propiedades para separar el agua y una alta resistencia a la aparición de espuma, así como gran facilidad para liberar el aire atrapado en el aceite.

Se recomienda para la lubricación de turbinas de gas y vapor, con o sin reductor. Está especialmente recomendado para su aplicación en turbinas de alto rendimiento, en las que la temperatura del aceite en el depósito supera los 100°C y la temperatura del gas en contacto con los rodamientos supera los 400°C.

Además, sus propiedades lo hacen adecuado para la lubricación de compresores de aire, sistemas de baño o circulación para la lubricación de rodamientos, cajas de engranajes, bombas de engranajes y de vacío, motores eléctricos y sistemas hidráulicos de carga moderada.

A continuación podemos apreciar las características de los aceites.

Tabla 3.4: Características de los aceites.

CARACTERISTICA	REGAL 68	20DP40
Grado de viscosidad	68	40
Código	EP	43023
Número base, mg KOH/g	0.1	20
Densidad en 15 °C , Kg/l	0.862	0.90
Punto de inflamación, COC, ° C	250	240
Punto de escurrimiento, °C	-15	-18
Cenizas sulfatadas (%)	4	2.5
Viscosidad cinemática a 40 °C	68 (cSt)	135 (cSt)
Viscosidad cinemática a 100 °C	10 (cSt)	14 (cSt)
Índice de viscosidad	110	100

3.1.2.2 Propósito de la lubricación

- Reducir la fricción al iniciar o mantener el movimiento entre superficies en contacto.
- Minimizar el desgaste de piezas en contacto por disminución del coeficiente de rozamiento.
- Mantener y controlar dentro de límites razonables, el desarrollo de temperaturas que aparecen, contribuyendo en un 25% al mejoramiento del equilibrio térmico.
- Limpiar las zonas recorridas por el lubricante.
- Sellar el huelgo que queda entre las piezas en contacto.
- Proteger las piezas en contacto contra la oxidación y los agentes exteriores.
- Evitar pérdidas en la economía empresarial: pérdidas de tiempo, pérdidas de la producción, pérdida de material y pérdidas de energía.

3.1.2.3 Aditivos

Las propiedades originales de los lubricantes no son suficientes para dar un máximo rendimiento en todas las circunstancias de empleo, por ello se han desarrollado una serie de productos que se adicionan a los lubricantes originales, mejorando las propiedades físicas y químicas requeridas.

Los principales aditivos son:

- Inhibidores

- Detergentes, que mejoran el mantenimiento en suspensión de las partículas de combustión.
- Antioxidantes, anticorrosivos

- Mejoradores
 - Del índice de viscosidad
 - Del punto de congelación
 - Antiespumantes
 - De extrema presión

- Acondicionadores de superficie
 - Grafito coloidal – Gran untuosidad
 - Bisulfuro de Molibdeno

3.1.2.4 Circuito de aceite

En las tuberías de aceite se deben limpiar cuidadosamente las superficies externas y decapar por baño ácido las superficies internas. Se debe aplicar a las superficies externas tres capas de caucho clorado/resina sintética y a continuación dos capas suplementarias con el mismo producto. El espesor mínimo de las cinco capas debe ser de 0.15mm con una tolerancia inferior igual a cero.³⁵

En el diagrama No. 17 está en sistema de alimentación de aceite con sus respectivas conexiones.

³⁵ Ref. 11 Manual 3. Pág 57

Anexo No. 17: Diagrama del Sistema de alimentación de aceite.

3.1.3 INSTALACIÓN DE ALIMENTACIÓN DE VAPOR

En el anexo No. 18 se puede observar el circuito de alimentación y reducción de vapor.

Para el diseño de la alimentación de vapor, se parte del sistema de obtención de vapor desde los calderos de gases de escape de cada unidad, existen 6 calderos de vapor o llamados economizadores, uno en cada motor, estos producen vapor y abastecen a toda la planta trabajan a una presión de 7 bares y a una temperatura máxima de 170 °C,³⁶ pero la central también cuenta con un caldero auxiliar utilizado para el momento de arranque de los grupos o en caso de emergencia. Para el motor WÄRTSILÄ , el abastecimiento de vapor se lo hace mediante un múltiple de vapor, el cuál proporciona vapor a los siguientes módulos: módulo booster de combustible, módulo de purificación del aceite, módulo de recolección de residuos, módulo de calentamiento de inyectores y al módulo de calentamiento de agua de cilindros. El múltiple de vapor cuenta con una válvula principal a la entrada de la derivación de la línea principal, la presión de vapor a la entrada de los módulos principales es regulada por un sistema de regulación de presión.

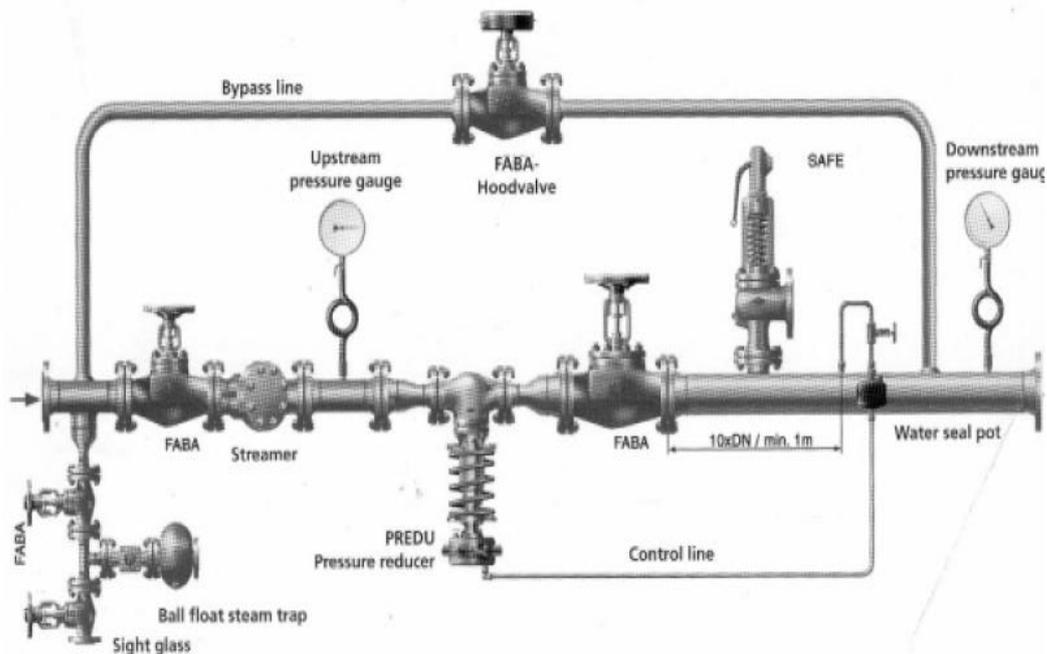
3.1.3.1 Diseño de la red de alimentación de vapor

- Gracias a la propiedades sobresalientes de transferencia de calor, el vapor es ampliamente usado como un medio de energía.

³⁶ Ref. 10 Manual 4. Pág 18

- Es importante diseñar circuitos de vapor eficientes que eviten desperdicios de vapor y condensado y la energía contenida en él, para lo cual es importante la selección adecuada de los diferentes componentes y accesorios del sistema.
- Debemos considerar el recuperar el 100% del vapor y condensado de la línea mediante un buen diseño del sistema de recuperación de condensado y vapor.

La presión de la línea principal de vapor está en el orden de 7 bar A 165 °C, la presión necesaria para los módulos del grupo generador es de 4 bar a 150 °C.³⁷ El sistema de reducción de presión se instalará a la salida de la válvula principal. A continuación detallamos los componentes de un sistema de reducción de presión. El control de presión del actuador se realiza a través de una válvula de control especial, conocida como reductor de presión. En la figura siguiente se puede observar una diagrama de un sistema de reducción de la presión de vapor.



³⁷ Ref. 11 Manual 4. Pág 8

Figura 3.5: Circuito de reducción de presión de vapor.

Para operar un reductor de presión en una instalación de vapor es necesario una cantidad de válvulas auxiliares y de monitoreo.

El término “Estación Reductora de Presión de Vapor” incorpora todos los componentes necesarios así como el sistema de tubería. La figura 3.4 muestra el diseño y el interfaz de las partes restantes del sistema.

Dos ramales de tubería pueden ser apreciados, es decir, la línea principal, dividida en la línea de presión de entrada y la línea de presión de salida así como una línea de bypass. Inicialmente, el vapor fluye a través del válvula de parada y strainer en la línea de presión de entrada antes que llegue al componente principal, el reductor de presión.

La siguiente reducción es el reductor de presión, que fluye a través del válvula de parada posterior en la línea de presión de salida a la estación de salida con la válvula de seguridad conectada directamente a esta sección.

La dimensión de la línea principal depende del máximo permisible del ratio de flujo. Debido a la baja densidad del vapor, el diámetro nominal de salida del reductor de presión debe ser mayor que el de entrada.

La salida de vapor del caldero hacia la línea principal es de \varnothing 150mm, de ahí se deriva hacia el sistema de reducción de vapor y luego al múltiple de vapor por una tubería de \varnothing 25mm; de esta tubería sale vapor hacia los módulos por una tubería común de \varnothing 40mm y a una presión de 5 bares y 150 °C.

Las líneas de alimentación hacia los módulos de calentamiento de inyectores (U. 541), de agua de precalentamiento (U. 512), módulo booster (U. 672), purificación de aceite (U. 711) y para la unidad recolectora de residuos de combustible, son de 15 mm de diámetro.

Todas las líneas de alimentación están dotadas de una válvula al ingreso y están debidamente aisladas con lana de vidrio y recubiertas por una plancha corrugada de aluminio; luego que el vapor ingresa a los módulos, el exceso es desalojado como condensado, para lo cual se construyó una tubería de 40mm de diámetro a manera de múltiple. La tubería de condensado desemboca en la fosa de cieno junto al motor.

En el montaje de esta unidad no se instaló el caldero de gases de escape, por cuanto el vapor suministrado por los demás calderos de la planta abastece a e los requerimientos de los módulos auxiliares de este grupo generador.

3.1.3.2 Dimensionado de tuberías de vapor

Para el análisis de pérdidas de presión, se procedió a utilizar el gráfico de pérdida de carga de la figura 3.5, en primer lugar se ingresa con la temperatura de vapor de la línea principal, seguidamente nos dirigimos hacia en la línea de la presión de ingreso del vapor, continuamos y nos dirigimos hacia el caudal de vapor, finalmente nos ubicamos en el diámetro de la tubería y obtenemos el valor de pérdida de carga del vapor; a continuación se calcula el valor de pérdida de carga para cada tramo del circuito.

El vapor ingresa al múltiple que tiene una tubería de 40mm de diámetro y de ahí se deriva para cada módulo, el caudal de vapor es de 295 kg/h, la presión es de 4 bar y la temperatura es de 150 °C³⁸., ingresando al gráfico con estos valores, el valor de la pérdida es de 1.0 bar/100m.

La tubería de ingreso a cada módulo es de 15mm de diámetro, se ingresa con los mismos parámetro puesto que la distancia es corta y el valor de pérdida de presión es de 18 bar/100m de tubería.

³⁸ Ref. 11 Manual 4. Pág 15

Determinada la pérdida de presión en la tubería se procede a ceterar las válvulas reguladoras de presión en 5 bar, para abastecer la demanda vapor en los módulos auxiliares.

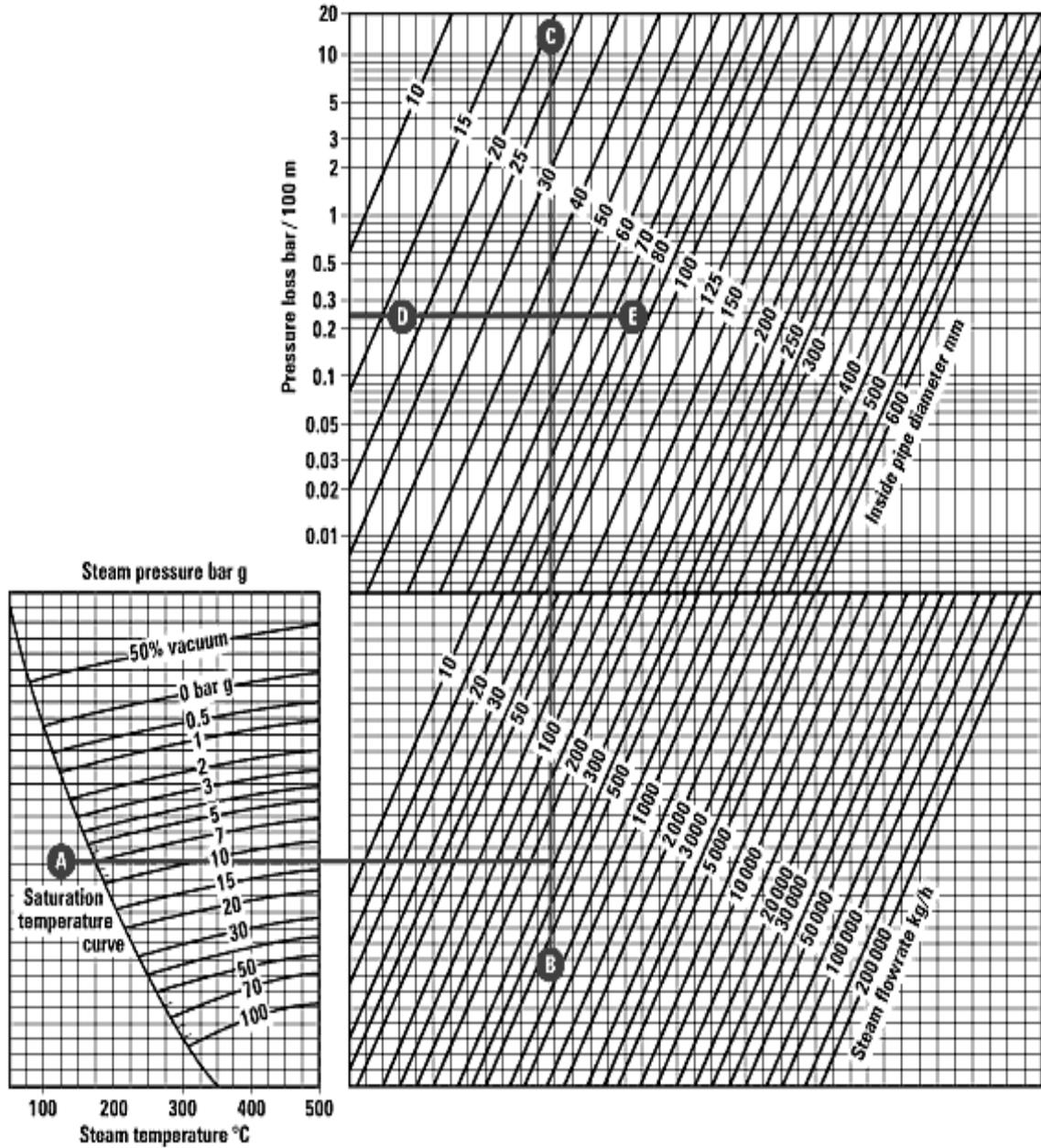


Figura 3.6: Gráfico de pérdida de carga en tuberías de vapor.

Anexo No. 18: Diagrama del Sistema de alimentación de vapor.

3.1.4 INSTALACIÓN DE LA BOMBA DE CIENO

Todos los sistemas y sus respectivos módulos tienen bandejas de drenajes, estos drenajes están conectados a red de tuberías que se dirigen a una fosa común de igual forma todo el condensado de las tuberías de vapor ingresa a la misma a demás los desechos arrojados por la purificadora de aceite son de igual forma enviados a dicha fosa; es por lo cual se debe de instalar una bomba para desalojar los desechos, estos desechos deben ser trasladados al tanque API # 1.

El diseño de la tubería de transporte y la selección de la bomba respectiva se muestran a continuación.

3.1.4.1 Proceso de diseño para la determinación de bomba de cieno

Proceso de diseño para la determinación de la bomba centrífuga para el bombeo de desechos de combustible del grupo generador Wärtsilä Diesel.

El la siguiente figura se observa el esquema de un a bomba centrífuga

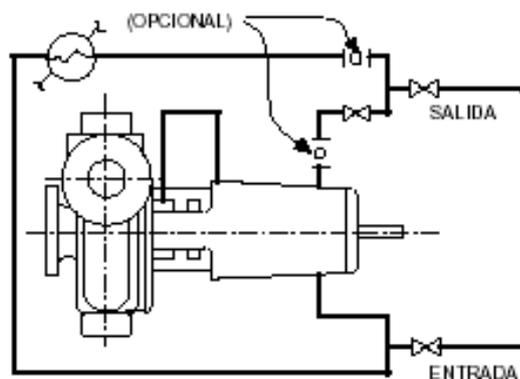


Figura 3.7: Esquema de una bomba centrífuga.

En la figura 3.6 se puede observar el circuito de tubería de desalojo de desechos desde la fosa de cieno.

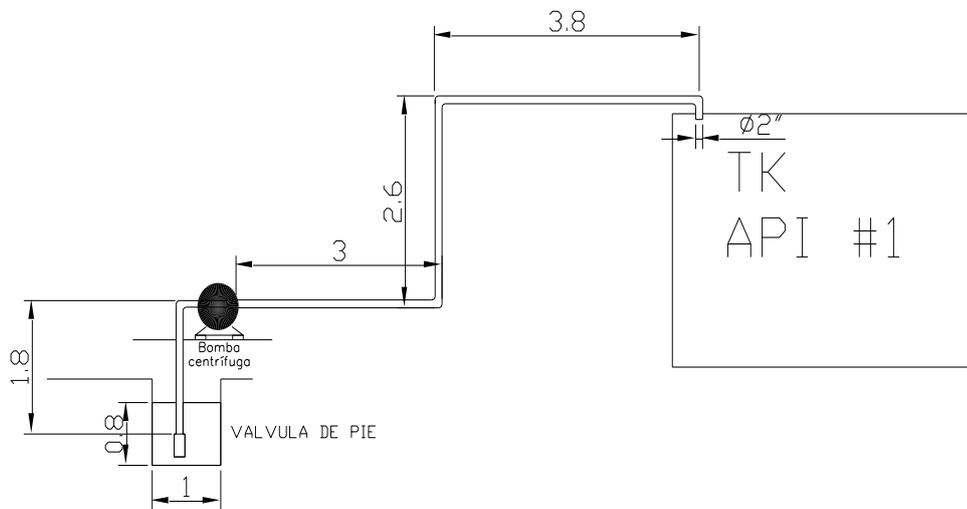


Figura 3.8: Diagrama del circuito de la tubería de desalojo de desechos.

3.1.4.2 Datos preestablecidos de diseño

$h_s := 1.8$ (m) Altura de succión.

$H_i := 2.6$ (m) Altura de impulsión.

$dt := 0.0508$ (m) Diámetro de la tubería de succión y de impulsión (2 ").

$T := 50$ (°C) Temperatura del cieno (desecho de combustible).

$\rho := 940$ $\left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right)$ Densidad del cieno (desecho de combustible a 50 (°C).) dato entregado por el laboratorio de la Central de Guangopolo.

$\mu := 5.36 \cdot 10^{-5}$ $\left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}}\right)$ Dato entregado por el laboratorio de la Central de Guangopolo.

$$u := u_c \cdot \rho$$

$$\mu := 0.05038 \cdot \left(\frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} \right) \quad \text{Viscosidad dinámica del combustible a 50 (°C).}$$

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

$$A_t := \pi \cdot \frac{d_t^2}{4} \quad \text{Área de la sección transversal de la tubería} \quad 3.8$$

$$A_t = 2.027 \times 10^{-3} \quad (\text{m}^2)$$

$$V_{ta} := 0.8 \quad (\text{m}^3) \quad \text{Volumen del tanque de abastecimiento}$$

$$t := \frac{1}{12} \quad (\text{h}) \quad \text{Tiempo en que se vacía el tanque}$$

$$Q := \frac{V_{ta}}{t} \quad \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) \quad 3.9$$

$$Q = 9.6 \quad \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) \quad \text{Caudal de vaciado}$$

$$V_p := \frac{Q}{A_t \cdot 3600}$$

$$V_p = 1.316 \quad \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right) \quad \text{Velocidad promedio con la que circula el agua por la tubería}$$

Determinación del número de Reynolds:

3.10

$$N_r := \frac{V_p \cdot d_t \cdot \rho}{\mu} \quad N_r = 1246.95 \quad \text{Entonces es flujo laminar}$$

Con el valor de N_r , procedemos a determinar las pérdidas por fricción en la tubería, tanto en la succión como en la impulsión, determinando primero el factor de fricción en el diagrama de Moody, el cual para nuestro caso fue: $f = 0.042$.

$$f := 0.042$$

$$L_s := h_s \quad L_s = 1.8 \quad (\text{m})$$

$$L_i := 9.6 \quad (\text{m})$$

$$h_{fs} := f \cdot \frac{L_s}{dt} \cdot \frac{V_p^2}{2 \cdot g} \quad h_{fs} = 0.131 \text{ (m)} \quad \text{Pérdidas en la succión} \quad 3.11$$

$$h_{fi} := f \cdot \frac{L_i}{dt} \cdot \frac{V_p^2}{2 \cdot g} \quad h_{fi} = 0.7 \text{ (m)} \quad \text{Pérdidas en la impulsión} \quad 3.12$$

$$h_{lf} := h_{fs} + h_{fi} \quad h_{lf} = 0.832 \text{ (m)} \quad \text{Pérdidas por fricción, (menores)}$$

Pérdidas por accesorios o perdidas mayores

Se utilizó accesorios para tubería de cédula 40, de 2 pulgadas de diámetro, sabiendo que el factor de fricción en este tipo de accesorios es:

$f_a = 0.019$ (Pag. 3-119 / Ingersoll - Dresser pumps).

Además se determina en las tablas correspondientes el coeficiente de resistencia K, según los accesorios que vamos a utilizar, y estos son:

Válvula de pie $K_{vp} = 8$
 Codo a 90 grados $K_{co} = 0.57$

En base a esto determinamos las pérdidas unitarias de cada accesorio:

$$f_a := 0.019$$

$$K_{vp} := 8$$

$$K_{co} := 0.57$$

$$L_{vp} := K_{vp} \cdot \frac{dt}{f_a} \quad L_{vp} = 21.389 \text{ (m)} \quad \text{Pérdida unitaria por válvula de pie (longitud equivalente).} \quad 3.13$$

$$L_{co} := K_{co} \cdot \frac{dt}{f_a} \quad L_{co} = 1.524 \text{ (m)} \quad \text{Pérdida unitaria por codo (longitud equivalente).} \quad 3.14$$

Las pérdidas en accesorios es igual a:

$$h_{la} := (1 \cdot L_{vp}) + (4 \cdot L_{co}) \quad \text{Pérdida por accesorios en el circuito de la bomba.} \quad 3.15$$

$$h_{la} = 27.485 \text{ (m)}$$

Cálculo de la cabeza total del sistema CTS:

La cabeza total del sistema, es igual a la suma de la cabeza de succión, más la cabeza de impulsión.

$$CTS = C_s + C_i \quad 3.16$$

Las que a su vez se dividen en:

$$C_s = C_{se} + C_{ss} + C_{sf} \quad 3.17$$

C_{se} = H_s = Cabeza de succión estática.
C_{ss} = Cabeza de succión de superficie.
C_{sf} = Cabeza de succión por fricción.

$$C_i = C_{ie} + C_{is} + C_{if} \quad 3.18$$

C_{ie} = H_i = Cabeza de impulsión estática.
C_{is} = Cabeza de impulsión de superficie.
C_{if} = Cabeza de impulsión por fricción.

$$C_{sf} + C_{if} = h_{lfs} + h_{lfi} + h_{la}$$

Cabe anotar que tanto el recipiente de succión como el de descarga son abiertos, entonces se encuentran a presión atmosférica, razón por la cual los valores de C_{ss}, y C_{is}, son iguales a cero.

Entonces:

$$CTS = h_s + H_i + h_{lfs} + h_{lfi} + h_{la}$$

$$CTS = 32.717 \quad (m)$$

Una vez determinada la cabeza total del sistema, vamos a las tablas específicas de cada bomba y en base al valor de cabeza total de bombeo y el caudal a bombearse requerido, seleccionamos la más adecuada para nuestro propósito.

Para nuestro diseño se utilizará una bomba centrífuga de las siguientes características:

Marca = EBARA PUNP
Altura de bombeo = 40 m
Velocidad = 1750 rpm
Capacidad = 12 m³/h
Potencia = 5 HP
Trifásica 380 V
Amperaje 7.4 A
Cos φ = 0.8

3.1.5 INSTALACIÓN DE ALIMENTACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO

En el anexo
No. 19 se
puede

observar el circuito de distribución y alimentación del aire comprimido.

El sistema de alimentación de aire comprimido consiste en suministrar aire a la unidad generadora para la puesta en marcha, es decir para el arranque de la unidad; a demás el aire es utilizado para controlar las válvulas solenoides de protección del motor en el caso de sobre velocidad, protección de los asientos de válvulas sin lubricación o en el caso de intentar arrancar el grupo con el girador enganchado. Para el diseño de la red de alimentación de aire comprimido se partió de la interconexión de la línea principal de aire de la planta existente, con el compresor del grupo generador Wäertsilä Diesel 8SW280, el mismo que aumentará la presión del aire requerida para este.

3.1.5.1 Tubería principal

La tubería principal es la línea que sale del conjunto de [compresores](#) y conduce todo el aire que consume la planta. Debe tener la mayor sección posible para evitar pérdidas de [presión](#) y prever futuras derivación de la red con su consecuente aumento de caudal. La [velocidad](#) máxima del aire en la tubería principal es de 8 m/s.

3.1.5.2 Tuberías secundarias

Se derivan de la tubería principal para conectarse con las tuberías de [servicio](#), a través de válvulas. El caudal que por allí circula es el asociado a los elementos alimentados exclusivamente por esta tubería. También en su [diseño](#) se debe prever posibles ampliaciones en el futuro. La [velocidad](#) del aire en ellas no debe superar 8m/s.

De la derivación de aire llega al compresor del grupo generador con una presión de 22 bares. El compresor del grupo tiene una capacidad de 13 m³/h y puede trabajar hasta un presión máxima de 45 bares; consta de 2 cilindros dispuestos en V³⁹.

Mediante el compresor del grupo generador se eleva la presión de 22 bares a 30 bares, que es la presión necesaria para el arranque de esta unidad.

La línea principal se divide en dos líneas, la línea de aire utilizada para el arranque y en la línea de aire que sirve para las protecciones de la unidad, para esta segunda línea se utiliza una válvula reguladora de presión que establece la presión de aire en un valor máximo de 10 bar.

El aire necesario para la operación de la válvulas solenoides del módulo booster de combustible y la purificadora de aceite es de 6 bar⁴⁰ de presión esto se la obtiene mediante un circuito de válvulas reguladoras de presión.

³⁹ Ref. 11 Manual 6. Pág 11

⁴⁰ Ref. 11 Manual 6. Pág 12

La correcta distribución del aire comprimido y un adecuado diseño de las instalaciones neumáticas, previenen las fugas y permite evitar gastos innecesarios.

La red de aire comprimido de la planta cuenta con 7 dispositivos mostrados en la Figura 3.8.

1. Filtro del compresor: Este dispositivo es utilizado para eliminar las impurezas del aire antes de la compresión, con el fin de proteger al compresor y evitar el ingreso de contaminantes al [sistema](#).
2. Compresor (U. 831): Este es el encargado de convertir la energía [mecánica](#), en energía [neumática](#), comprimiendo el aire. La conexión del compresor a la [red](#) debe ser flexible para evitar la transmisión de vibraciones debidas al funcionamiento del mismo.
3. Postenfriador, es el encargado de eliminar gran parte del [agua](#) que se encuentra naturalmente dentro del aire en forma de humedad.
4. Tanque de [almacenamiento](#) (V. 811), con capacidad de 0.25m^3 y una presión máxima de 45 bares, almacena energía neumática y permite el asentamiento de partículas y humedad.
5. Filtros de línea: Se encargan de purificar el aire hasta una [calidad](#) adecuada para el promedio de aplicaciones conectadas a la [red](#).
6. Secadores: Se utilizan para aplicaciones que requieren un aire supremamente seco.
7. Aplicaciones con sus purgas, unidades de [mantenimiento](#) (Filtro, reguladores de [presión](#) y lubricador) y secadores adicionales.

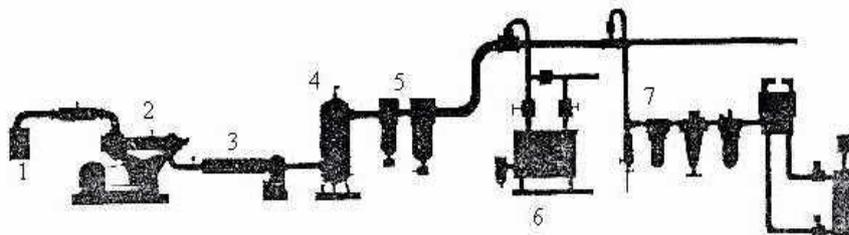


Figura 3.9: Componentes de [una red](#) de aire comprimido.

Los elementos 1, 2, 3, 4 y 5 se ubican en la tubería principal. Su presencia es obligatoria en todas las [redes](#) de aire comprimido. El 6 puede ubicarse en las tuberías secundarias y el 7 se instala en la tubería de [servicio](#) que alimenta las diferentes aplicaciones.

3.1.5.3 Tuberías de servicio

Las tuberías de servicio son las que surten aire a los equipos neumáticos. En sus extremos tienen conectores rápidos y sobre ellas se ubican las unidades de [mantenimiento](#). Debe procurarse no sobrepasar de tres el número de equipos alimentados por una tubería de [servicio](#). Con el fin de evitar obstrucciones, se recomiendan diámetros mayores de 12mm en la tubería. Puesto que generalmente son segmentos cortos las pérdidas son bajas y por tanto la [velocidad](#) del aire en las tuberías de servicio puede llegar hasta 15 m/s.

3.1.5.4 Usos del aire comprimido

En la mayoría de las instalaciones el "Aire Comprimido" se considera como una fuente de energía comparable a la [electricidad](#), el [gas](#) y [el agua](#). En general es utilizado para el manejo de equipos de planta y para [instrumentación](#). En ambos casos la [presión](#) de la red está entre 6 y 7 bares.

3.1.5.5 Consideraciones para el diseño de líneas de presión

En general se deben considerar los siguientes parámetros:

Presión: Se debe estimar la presión a la cual se desea trabajar para establecer el funcionamiento del compresor y de la red. Generalmente una red industrial de aire comprimido tiene presiones de 6 y 7 bares.

Caudal: El caudal de la red deberá ser diseñado con base en la [demanda](#). Los dispositivos neumáticos traen en sus catálogos [métodos](#) para estimar su [consumo](#) y obtener [valores](#).

Pérdida de presión: Los componentes de una red de aire comprimido como codos, T's, cambios de sección, unidades de mantenimiento y otras, se oponen al flujo, generando pérdidas de presión. Garantizar que las pérdidas estén en los [límites](#) permisibles es una labor esencial del diseño. Algunos [valores](#) son mostrados en la Tabla 3.5

Tabla 3.5: Pérdida de presión de algunos dispositivos.

Refrigerador posterior de agua	0.09 bar
Refrigerador posterior de aire	0.09 bar
Secador frigorífico	0.20 bar
Secador absorción	0.30 bar
Separadores cerámicos	0.10 bar
Red de tuberías	0.14 bar
Filtros en general	0.15 bar

Velocidad de circulación: Esta velocidad debe controlarse puesto que su aumento produce mayores pérdidas de presión.

3.1.5.6 Cálculo de pérdidas en el circuito de aire

Todo [movimiento](#) de un fluido por una tubería produce una pérdida de presión debido a su rugosidad y diámetro asociado. La [selección](#) de los diámetros de las tuberías de una red de aire se determina según los [principios](#) de la [mecánica](#) de fluidos y para ello se utilizan [ecuaciones](#) y [diagramas](#). El material mas usado en las tuberías de aire es el [acero](#).

Debe evitarse utilizar tuberías soldadas puesto que aumentan la posibilidad de fugas, mas bien se recomiendan las tuberías estiradas. Actualmente en el

[mercado](#) se encuentra un nuevo tipo de tuberías en [acero](#) anodizado que, aunque mas costosas, tienen una mayor duración que las de [acero](#).

La identificación es una parte importante del mantenimiento. Según la norma UNE 1063 las tuberías que conducen aire comprimido, deben ser pintadas de azul moderado UNE 48 103.

En general la tubería de una red no necesita mantenimiento fuera de la corrección de fugas que se producen, más en las conexiones que en la tubería en sí. En caso que la tubería presente obstrucción por material particulado debe limpiarse o reemplazarse, aunque esto no es común en las [empresas](#).

3.1.5.6.1 Análisis del consumo de aire comprimido

El grupo generador Wartsila Diesel utiliza el aire comprimido con una presión de 30 bar, para el momento de arranque⁴¹.

Además utiliza el aire para el funcionamiento de válvulas solenoides que sirven para las protecciones de sobre velocidad, de lubricación de los asientos de las válvulas de admisión en el motor, y cuando el girador está conectado al volante⁴²; y además se utiliza para el funcionamiento de otras válvulas solenoides en la purificadora de aceite y en el módulo booster de combustible.

En la figura 3.9 se puede observar el circuito de aire comprimido del grupo generador.

⁴¹ Ref. 11 Manual 6. Pág 23

⁴² Ref. 11 Manual 6. Pág 25

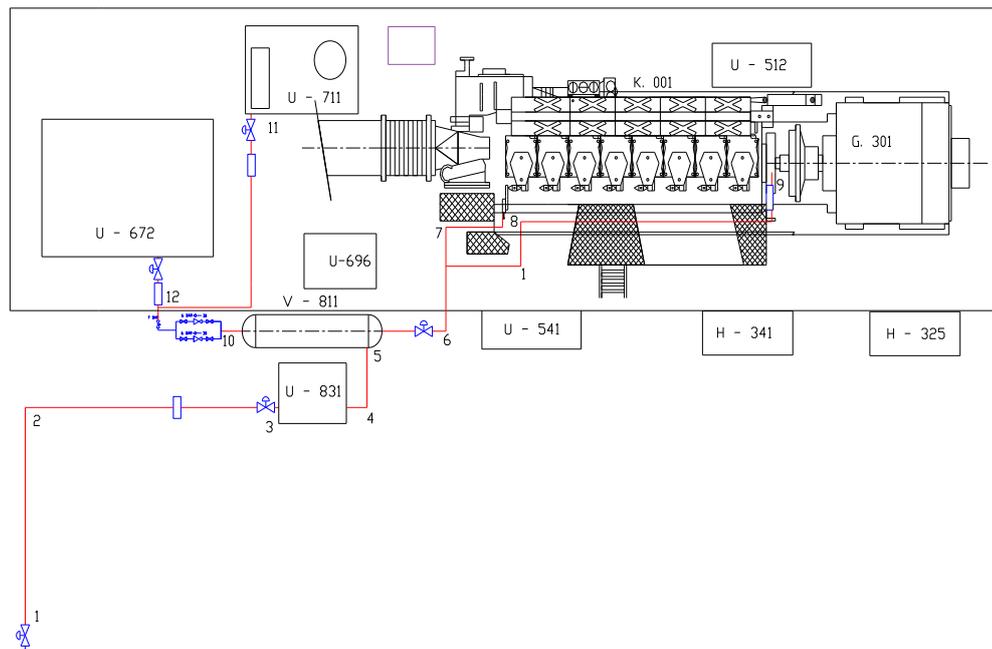


Figura 3.10: Diagrama del circuito de aire del grupo generador.

El consumo viene establecido por la demanda del grupo generador para el arranque se necesita un caudal de 19.92 Lt/sg^{43} y para las protecciones y válvulas selenoides un consumo de 4.16 Lt/sg^{21} , dando un total de demanda de: 24.08 Lt/sg

3.1.5.6.2 Análisis de pérdidas

⁴³ Ref. 11 Manual 6. Pág 31

Antes de determinar las caídas de presión es necesario conocer cuales son

Como se muestra en la figura 3.9, del circuito de aire del grupo generador, la trayectoria de aire comprimido es relativamente corta, el circuito está formado por tubería de diámetro igual a 3/4", por lo que se realizó un cálculo de pérdidas de presión debido a los accesorios para lo que se utilizó el diagrama de caídas de presión; ver (anexo No. 25) que relaciona presión y caudal vs longitud, diámetro y caídas de presión, caídas de presión en forma de longitudes equivalentes de accesorios.

los niveles de caídas de presión aceptables:

- La línea principal y de distribución: 0.07 bar de caída de presión.
- La línea de servicio: 0.03 bar de caída de presión.

3.1.5.6.3 Cálculo de caídas de presión en el circuito

$$\text{DEMANDA} := 24.08 \left(\frac{\text{Lt}}{\text{s}} \right)$$

$$\text{Previsión por fugas} = \text{demanda} * 0.1^{44}$$

$$\text{Pf} := \text{DEMANDA} * 0.1$$

$$\text{Pf} = 2.408 \left(\frac{\text{Lt}}{\text{s}} \right)$$

$$\text{Previsión por expansión} = \text{demanda} * 0.3$$

$$\text{Pe} := \text{DEMANDA} * 0.3$$

$$\text{Pe} = 7.224 \left(\frac{\text{Lt}}{\text{s}} \right)$$

$$\text{Demanda total} = \text{Demanda} + \text{Pf} + \text{Pe}$$

$$\text{DT} := \text{DEMANDA} + \text{Pf} + \text{Pe}$$

$$\text{DT} = 33.712 \left(\frac{\text{Lt}}{\text{s}} \right)$$

⁴⁴ Ref. 2. Pág 78.

Presión para los módulos:

$$P_m = 4.16 + 4.16 \cdot 0.3 + 4.16 \cdot 0.1$$

$$P_m = 5.824 \left(\frac{\text{Lt}}{\text{s}} \right)$$

Distancia de los tramos:

Tramo 1-2 $L = 5\text{ m}$

Elementos:

1 Válvula de compuerta de bola $Le = 0.3\text{ m}$

1 Codo de 90° $Le = 1.2\text{ m}$

$$LT = 5 + 0.3 + 1.2 = 6.5\text{ m}$$

Ingreso con la presión manométrica de 30 bar, el caudal de 33.712 lt/s, la longitud de 6.5 m, diámetro de tubería de $\phi 20\text{ mm}$; y obtenemos un caída de presión de 0.040 bar.

Tramo 2-3 $L = 6\text{ m}$

Elementos:

1 Válvula de compuerta de bola $Le = 0.3\text{ m}$

1 Filtro separador $Le = 3\text{ m}$

$$LT = 6 + 0.3 + 3 = 9.3\text{ m}$$

Ingreso con la presión manométrica de 30 bar, el caudal de 33.712 lt/s, la longitud de 9.3 m, diámetro de tubería de $\phi 20\text{ mm}$; y obtenemos un caída de presión de 0.07 bar.

Tramo 4-5 $L = 1\text{ m}$

Elementos:

1 Codo de 90° $Le = 1.2\text{ m}$

$$LT = 1 + 1.2 = 2.2 \text{ m}$$

Ingreso con la presión manométrica de 30 bar, el caudal de 33.712 lt/s, la longitud de 2.2 m, diámetro de tubería de ϕ 20 mm; y obtenemos un caída de presión de 0.014 bar.

$$\text{Tramo 5-6 } L = 1\text{m}$$

Elementos:

1 Válvula de compuerta de bola $Le = 0.3 \text{ m}$

1 Codo de 90° $Le = 1.2 \text{ m}$

$$LT = 1 + 0.3 + 1.2 = 2.5 \text{ m}$$

Ingreso con la presión manométrica de 30 bar, el caudal de 33.712 lt/s, la longitud de 2.5 m, diámetro de tubería de ϕ 20 mm; y obtenemos un caída de presión de 0.015 bar.

$$\text{Tramo 6-7 } L = 1.5\text{m}$$

Elementos:

2 Codos de 90° $Le = 2.4 \text{ m}$

1 Tee $Le = 0.3 \text{ m}$

$$LT = 1.5 + 2.4 + 0.3 = 4.2 \text{ m}$$

Ingreso con la presión manométrica de 30 bar, el caudal de 33.712 lt/s, la longitud de 4.2 m, diámetro de tubería de ϕ 20 mm; y obtenemos un caída de presión de 0.023 bar.

$$\text{Tramo 7-8 } L = 0.6 \text{ m}$$

Elementos:

1 Filtro $Le = 3 \text{ m}$

1 Codo de 90° $Le = 1.2 \text{ m}$

$$LT = 0.6 + 3 + 1.2 = 4.8 \text{ m}$$

Ingreso con la presión manométrica de 30 bar, el caudal de 33.712 lt/s, la longitud de 4.8 m, diámetro de tubería de ϕ 20 mm; y obtenemos un caída de presión de 0.028 bar.

Tramo 13-9 L = 6m

Elementos:

1 Válvula reguladora de presión Le = 7.5 m

1 Filtro Le = 3 m

3 Codos de 90° Le = 3.6 m

LT = 6 + 7.5 + 3 + 3.6 = 20.1 m

Ingreso con la presión manométrica de 30 bar, el caudal de 33.712 lt/s, la longitud de 20.1 m, diámetro de tubería de ϕ 20 mm; y obtenemos un caída de presión de 0.14 bar.

Tramo 12-15 L = 1.5m

Elementos:

2 Válvula de compuerta de bola Le = 0.6 m

1 Tee Le = 0.3 m

1 Filtro Le = 3 m

LT = 1.5 + 0.6 + 0.3 + 3 = 5.4 m

Ingreso con la presión manométrica de 7.0 bar, el caudal de 5.82 lt/s, la longitud de 5.4 m, diámetro de tubería de ϕ 20 mm; y obtenemos un caída de presión de 0.0025 bar.

Tramo 12-11 L = 3 m

Elementos:

1 Válvula de compuerta de bola Le = 0.3 m

1 Tee Le = 0.3 m

1 Filtro Le = 3 m

1 Codo de 90° Le = 1.2 m

LT = 3 + 0.3 + 0.3 + 3 + 1.2 = 7.8 m

Ingreso con la presión manométrica de 7.0 bar, el caudal de 5.82 lt/s, la longitud de 7.8 m, diámetro de tubería de ϕ 20 mm; y obtenemos un caída de presión de 0.0028 bar

Las perdida de aire para el arranque hasta el ingreso al motor es:0.33 bar; lo que no afecta al motor puesto que el mismo puede arrancar con una presión mínima de 27.5 bar, y para este caso arrancará con 29.6 bar

En el anexo No 25, consta el diagrama de caída de presión que fue utilizado para los cálculos anteriores respectivos.

3.1.5.7 Configuración

Existen varias posibles configuraciones de una red de aire comprimido tal como se [muestra](#) en la Figura 3.10. En una red de aire el factor más esencial de todos es la presencia y [distribución](#) de [agua](#) en la red, puesto que los [datos](#) de pérdidas, velocidad, presión y otros pueden ser calculados matemáticamente sin mayor dificultad. En [cambio](#) las zonas de acumulación de [agua](#) en una red han de ser detectadas por la pericia del ingeniero.

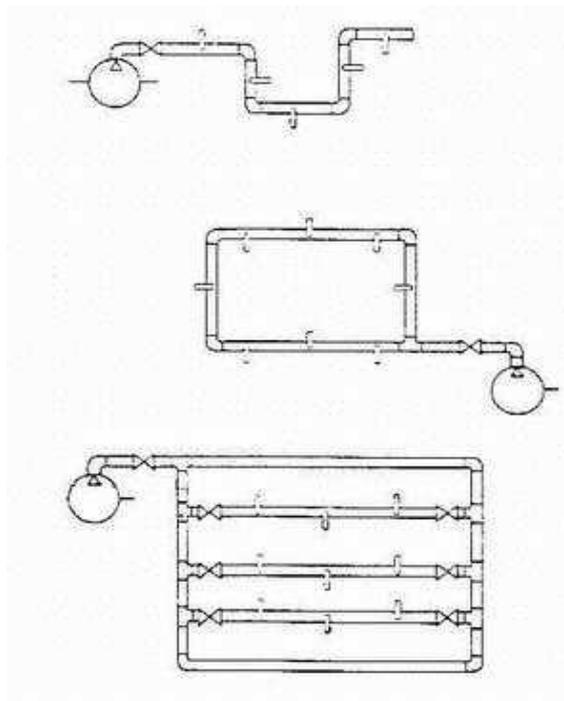


Figura 3.11: Configuración de una red de aire comprimido.

3.1.5.8 Diseño de la red de alimentación

La primera labor de diseño de una red de aire comprimido es levantar u obtener un plano de la planta donde claramente se ubiquen los puntos de [demanda](#) de aire, anotando su consumo y presión requeridas. También se debe identificar el lugar de emplazamiento de la batería de [compresores](#). Es importante realizar una buena labor, puesto que una vez establecida la [distribución](#) esta influirá en las futuras ampliaciones y mantenimiento de la red.

Para el diseño de la red se recomiendan las siguientes observaciones:

- Diseñar la red en base a la [arquitectura](#) del edificio y de los requerimientos de aire.
- Procurar que la tubería sea lo mas recta posible con el fin de disminuir la longitud de tubería, número de codos, T's, y cambios de sección que aumentan la pérdida de presión en el sistema.
- La tubería siempre deber ir instalada aéreamente. Puede sujetarse de techos y paredes. Esto con el fin de facilitar la instalación de accesorios, puntos de drenaje, futuras ampliaciones, fácil inspección y accesibilidad para el mantenimiento. Una tubería enterrada no es práctica, dificulta el mantenimiento e impide la evacuación de condensados.
- La tubería no debe entrar en contacto con los cables eléctricos para evitar [accidentes](#).
- En la instalación de la red deberá tenerse en cuenta cierta [libertad](#) para que la tubería se expanda o contraiga ante variaciones de la [temperatura](#). Si esto no se garantiza es posible que se presenten "combas" con su respectiva acumulación de agua.

- Antes de implementar extensiones o nuevas demandas de aire en la red debe verificarse que los diámetros de la tubería soporten el nuevo caudal.
- Un buen diámetro de la tubería principal evita [problemas](#) ante una ampliación de la red. La línea principal deberá tener una leve inclinación en el sentido de flujo del aire para instalar sitios de evacuación de condensados.
- Para el mantenimiento es esencial que se ubiquen llaves de paso frecuentemente en la red. Con esto se evita detener el suministro de aire en la red cuando se hagan reparaciones de fugas o nuevas instalaciones.
- Todo [cambio](#) brusco de dirección o inclinación es un sitio de acumulación de condensados. Allí se deben ubicar [válvulas](#) de evacuación.

Las conexiones de tuberías de servicio o bajantes deben hacerse desde la parte superior de la tubería secundaria para evitar el descenso de agua por gravedad hasta los equipos neumáticos y su deterioro asociado.

3.1.5.9 Mantenimiento de las instalaciones

Dado que cada instalación o circuito es distinto en función de su diseño, componentes, usos, capacidad, etc, daremos unos consejos generales que mejoren la fiabilidad de una instalación neumática:

- Un diseño adecuado y un dimensionamiento correcto evitará problemas y ahorrará consumo energético. Esto incluye la elección del tipo de compresor, número y volumen de los depósitos de aire comprimido, etc.
- La ubicación del compresor o compresores debe facilitar su refrigeración y una correcta aspiración de aire fresco.
- Llevar un perfecto control del compresor de la instalación, incluyendo comprobaciones de su nivel de aceite y sustituciones periódicas.
- Si el tipo de compresor lleva separadores de aire / aceite, deben ser sustituidos cuando su presión de trabajo sea superior a la indicada. Usar el aceite recomendado por el fabricante.

- Revisar el estado y tensión del sistema de correas de transmisión del motor al compresor (si el modelo las usa).
- Los filtros de entrada de aire al compresor deben ser limpiados y sustituidos de acuerdo a los datos del fabricante y en función de su Plan de Mantenimiento Preventivo.
- Las trampas de drenaje automáticas o manuales deben ser comprobadas de forma habitual.
- Revisar y sustituir los filtros de aire del circuito neumático cuando aumente su presión de trabajo. Como mínimo deben ser revisados a fondo anualmente.
- Comprobar, de ser posible monitoreando de forma continua, la presión y el flujo del aire a presión, así como su filtrado, como garantía de la calidad del aire suministrado a los equipos neumáticos de la instalación, para evitar averías y paradas, reducir gastos y alargar su vida útil.
- Revisar a fondo las fugas del circuito neumático, en especial en Conectores, acoplamientos, extensiones, actuadores neumáticos, válvulas, filtros, medidores de presión y/o caudal neumático, etc. Las fugas de aire a presión en una instalación neumática producen muchos inconvenientes como: derroche energético, calentamiento excesivo de compresores y válvulas, menor duración de sistemas de engrase y filtrado, mayor contaminación y desechos, etc.

Cumplir todas las normas de seguridad de los fabricantes de cada uno de los componentes de la Instalación Neumática, especialmente en cuanto a ubicación, amarre, presión y volumen de trabajo y sistemas contra sobrepresiones, protección de riesgos mecánicos, etc.

Anexo No. 19: Diagrama del Sistema de alimentación de aire.

3.1.6 INSTALACIÓN DE LA RED DE ALIMENTACIÓN DE AGUA

En el anexo No. 20 se puede observar el circuito de alimentación de agua de enfriamiento.

El sistema de alimentación de agua para el grupo generador Wärtsilä está basado en un doble circuito de recirculación mediante un sistema de radiadores de baja y alta temperatura.

La instalación de alimentación de agua para el motor WARTSILA parte de la línea de agua desmineralizada. Esta línea circula en una tubería de 40mm de diámetro y es utilizada para los siguientes propósitos:

- Como agua primaria de enfriamiento de camisas y válvulas de los motores, mediante el ingreso a los radiadores de baja y alta temperatura.
- Como agua primaria de enfriamiento de inyectores.
- Como agua de enfriamiento de los compresores de arranque de los motores.
- Como agua para la producción de vapor en los calderos de gases de escape de los motores y en el caldero auxiliar.

De la tubería de agua desmineralizada que alimenta a purificadoras de bunker, se deriva con un tee y una válvula de paso, una nueva línea de alimentación de Ø 15mm, que ingresa a una tubería de 125mm de diámetro que forma parte del circuito de agua de enfriamiento del motor; el sistema de enfriamiento del motor Wärtsilä esta basado en dos circuitos de radiadores de baja y alta temperatura de enfriamiento, el propósito de este diseño de doble circuito de enfriamiento da una mejor eficiencia al sistema de enfriamiento del motor.

El grupo generador Wärtsila tiene dos bombas de agua, una de baja temperatura y una de alta temperatura; el primer circuito de alta temperatura se inicia con el ingreso de agua a la tubería del motor, pasa por la bomba y, se

dirige al intercambiador de calor del turbocargador, luego al intercambiador de agua de cilindros y finalmente enfría a la carcasa del turbocargador.

Después de haber circulado el agua por este sistema, el agua sale del motor y pasa por una válvula termostática; que permite el recirculamiento del agua si la temperatura está en el rango permisible, caso contrario la válvula se cierra y el agua reingresa nuevamente al circuito de enfriamiento de los radiadores de alta temperatura.

El agua de operación de los radiadores debe ser tratada continuamente, mediante la dosificación de inhibidores de corrosión y sosa cáustica, para evitar la mala calidad del agua y evitar incrustaciones, deterioro de la tubería y paneles de los radiadores. Es por este motivo que se instaló tolvas de dosificación de químicos.

Con el primer circuito de alta temperatura de enfriamiento, se logra bajar la temperatura del turbo cargador, cilindros y carcasa del turbo; en el segundo circuito de baja temperatura de enfriamiento el agua ingresa al motor pasa por una bomba y se dirige al intercambiador de calor del turbocargador y al intercambiador de calor del aceite; de igual forma el agua retorna al motor e ingresa a los radiadores de baja temperatura de enfriamiento. En el sistema de enfriamiento de agua de operación, a base de radiadores de alta y baja temperatura (doble circuito), no se considera las pérdidas de presión y caudal, puesto que es un circuito cerrado. La unión de tuberías desde los radiadores hacia el motor son en base a acoples flexibles de goma especial que reducen la fuerza de vibración producida por el grupo generador.

3.1.6.1 Circuitos de agua

Las superficies internas y externas de todas las tuberías para circuitos de agua (a excepción de las fabricadas con material anticorrosivo) estarán fuertemente galvanizadas en baño caliente. En caso contrario, las superficies pueden ser recubiertas con dos capas de pintura de imprimación enriquecida

con zinc que contenga por lo menos 95% del peso de zinc metálico en la película. Los tubos pequeños en los circuitos de agua pueden ser galvanizados, o fabricados de cobre o acero inoxidable preferentemente.

Anexo No. 20: Diagrama del Sistema de alimentación de agua desmineralizada.

3.1.7 PLANOS TÉCNICOS

La instalación de los sistemas de alimentación, conexiones, equipos y accesorios utilizados se los puede observar en los diagramas de los anexos: 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20

3.1.8 CODO PARA LA SALIDA DE GASES DE ESCAPE

3.1.8.1 Construcción de un codo para la salida de los gases de escape del turbocargador

En el anexo 23 se puede observar el circuito de salida de gases de escape.

Se construye un codo a la salida de los gases de escape del turbocargador, este codo conecta la salida del turbocargador con el silenciador.

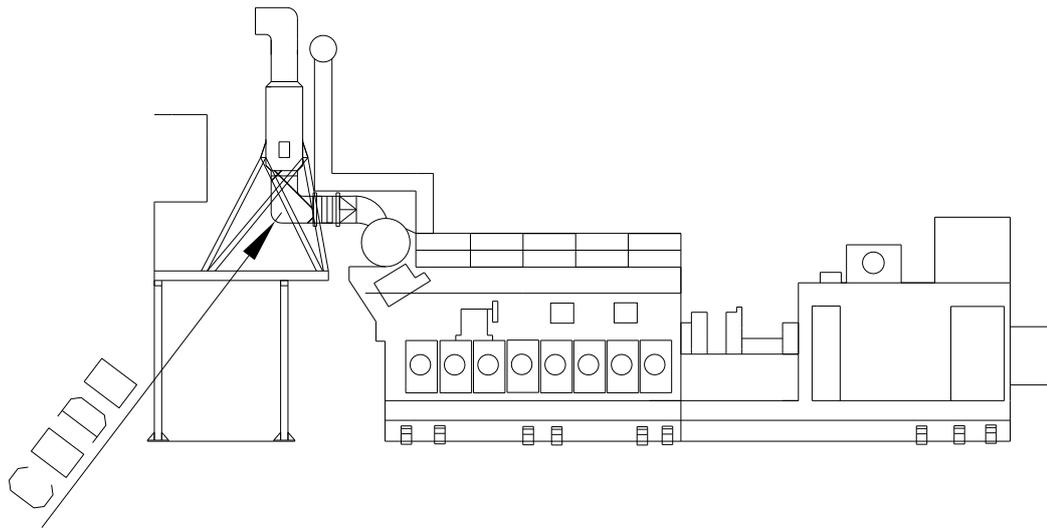


Figura: 3.12: Instalación de un codo para la salida de gases de escape.

La construcción se basa en la instalación directa del silenciador, en el diseño original a la salida del turbocargador se conectaba el caldero y seguidamente el silenciador; para el montaje de este grupo generador se conectará a través de un codo a 90 grados con el silenciador.

Se construirá en una plancha de tol de acero inoxidable de alta resistencia de 5mm de espesor. En el gráfico se muestra las distancias que existen desde el turbocargador, hasta el silenciador.

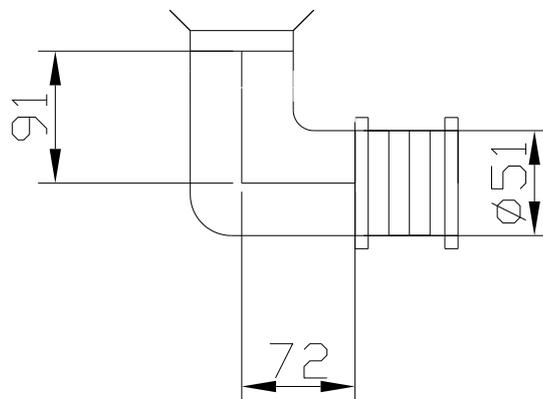
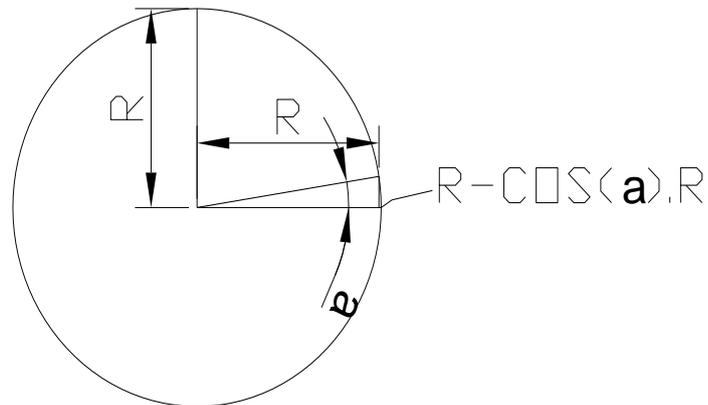


Figura: 3.13: Codo para la salida de gases de escape.

El codo se construirá en 6 segmentos; el desarrollo de la envolvente para trazar los segmentos en la plancha se muestran a continuación.

CONSTRUCCION DEL CODO DEL TUBO DE ESCAPE



$$\operatorname{tg} = Y/44$$

$$Y = \operatorname{tg} \ 9(44 + R - \operatorname{COS} \ a.R)$$

Figura: 3.14: Círculo de valores.

Anexo No. 23: Diagrama del sistema de gases de escape.

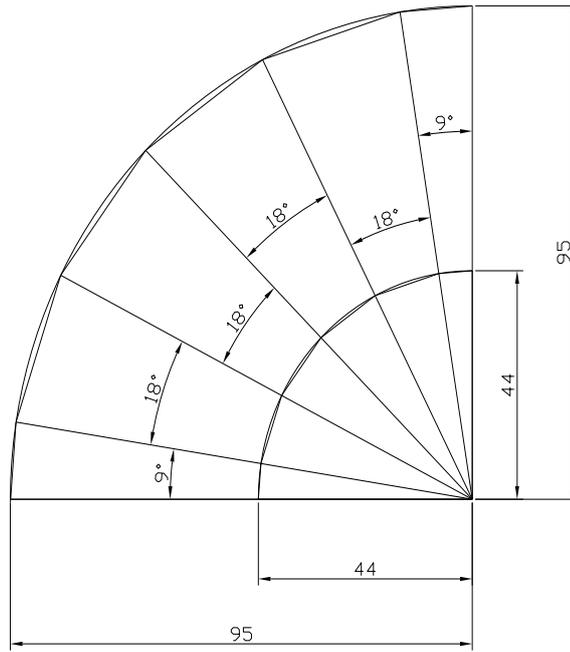


Figura: 3.15: Construcción de la envolvente.

$$y = \tan 9^{\circ} (44 + R - \cos \alpha R)$$

$$y = \tan 9^{\circ} (44 + 25.5 - \cos \alpha R)$$

$$y = \tan 9^{\circ} (69.5 - 25.5 \cos \alpha)$$

$$y = 7.3$$

PLANTILLA

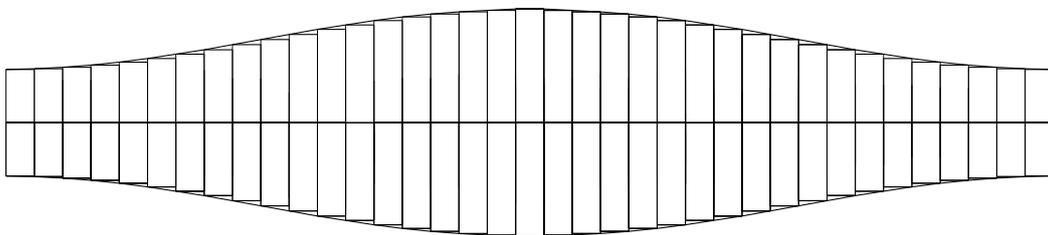


Figura: 3.16: Plantilla del codo de gases de escape.

Tabla: 3.6: Tabla de valores de la envolvente.

X	Y	-Y
0.0	7.3	-7.3
4.5	7.4	-7.4
8.9	7.6	-7.6
13.4	7.9	-7.9
17.9	8.3	-8.3
22.4	8.8	-8.8
26.8	9.4	-9.4
31.3	10.0	-10.0
35.8	10.7	-10.7
40.2	11.4	-11.4
44.7	12.1	-12.1
49.2	12.8	-12.8
53.7	13.4	-13.4
58.1	14.0	-14.0
62.6	14.5	-14.5
67.1	14.9	-14.9
71.6	15.2	-15.2
76.0	15.4	-15.4
80.5	15.4	-15.4
85.0	15.4	-15.4
89.4	15.2	-15.2
93.9	14.9	-14.9
98.4	14.5	-14.5
102.9	14.0	-14.0
107.3	13.4	-13.4
111.8	12.8	-12.8
116.3	12.1	-12.1
120.7	11.4	-11.4
125.2	10.7	-10.7
129.7	10.0	-10.0
134.2	9.4	-9.4
138.6	8.8	-8.8
143.1	8.3	-8.3
147.6	7.9	-7.9
152.1	7.6	-7.6
156.5	7.4	-7.4
161.0	7.3	-7.3

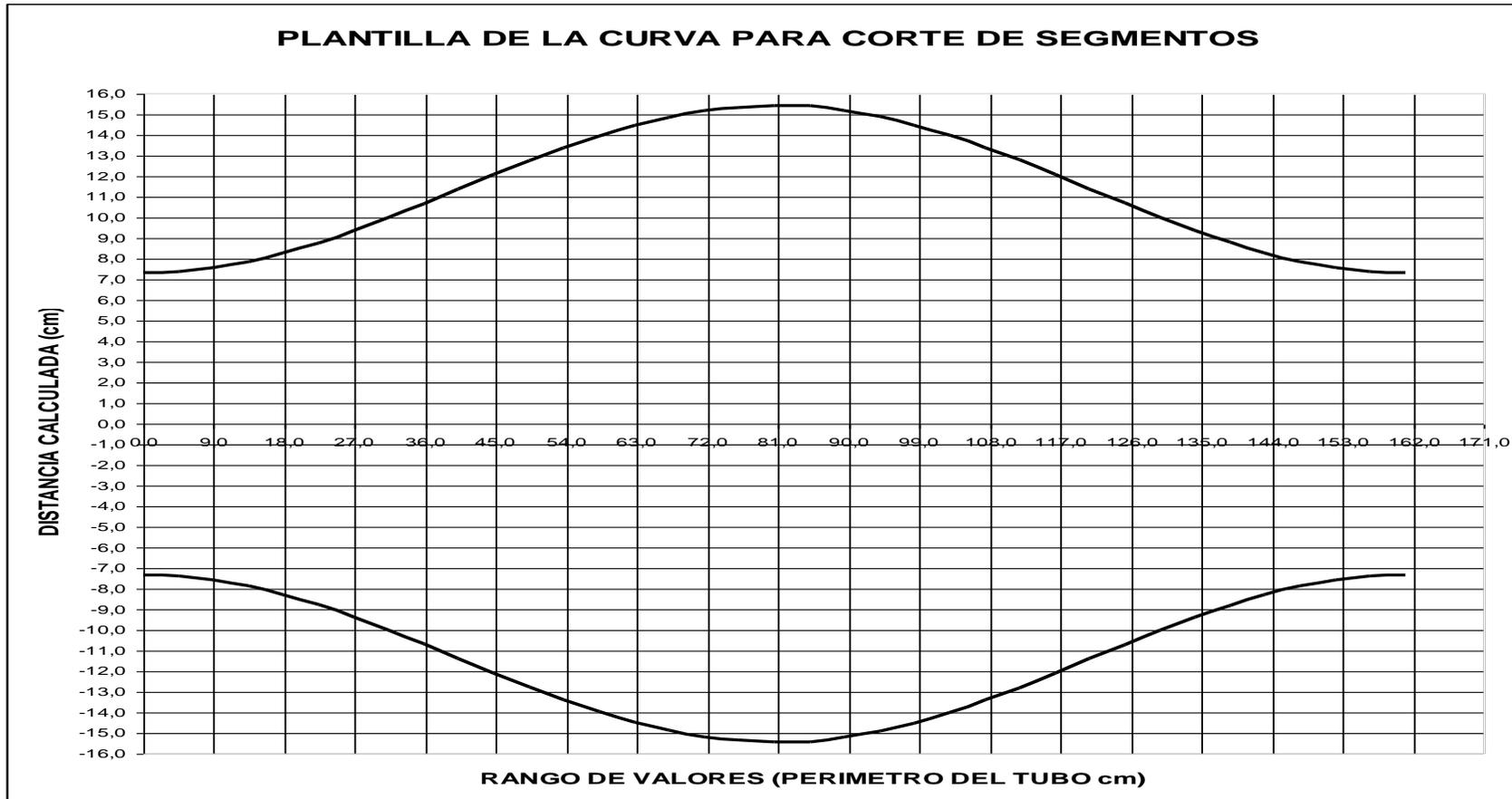


Figura 3.17: Plantilla de corte para la secciones de la envolvente del codo.

La vibración a la que estará sometido el codo está en el orden de 25 dB (A)⁴⁵

⁴⁵ Ref 11. Manual 4. Pág 56

3.2 INSTALACIONES ELECTRICAS

En el Anexo No. 6 consta el Diagrama Eléctrico Unifilar de las instalaciones eléctricas.

- General:

Como se mencionó en el numeral 3.1, gran parte de las especificaciones técnicas que se trataron, sirven también para los equipos e instalaciones eléctricas, pues todas ellas tienen componentes mecánicos. Los principales equipos, accesorios y materiales que forman la parte eléctrica de la unidad termoeléctrica son:

- Generador

Marca:	AVK
Potencia:	2.313 kW
Velocidad de giro:	900 rpm
Voltaje de generación:	440 VAC
Factor de potencia:	0.8
Serie N°:	8119344A001
Corriente:	3035 A
Tipo:	DIDBN 141 K/8
Sistema de excitación y control de voltaje	

- Transformador de elevación

Marca:	ECUATRAN
Potencia:	2.500 KVA
Voltajes:	6.600/440 V
Impedancia:	6.8 %
Grupo de conexión:	Dyn11
Enfriamiento:	ONAN (aceite-aire natural)



Fotografía 3.1: Transformador de elevación.

- Tablero de alta tensión para control, medición y protecciones del transformador

Marca: AICO (fabricación nacional)

Tipo: interior

Interrupción: Hyundai 1.250 A., 12 kV (interrupción en vacío)

Protecciones: Relé multifunción ABB, modelo TPU 2000 R (protección diferencial y de sobrecorriente, más medición). transformadores para medida y protecciones, juego de barras y accesorios para mando y control.



Fotografía 3.2: Tablero de alta tensión (para interconexión con las barra de 6600 V, y el transformador de elevación de potencia).

- Tablero de control, medición y protecciones del grupo motor-generator en 440 V.

Tipo: Interior

Interruptor: Termomagnético de 4.000 A., 1 kV

Protecciones: Sobrecarga y sistema de rechazo de carga de tres etapas, potencia inversa, sobretensión del generador, relé de monitoreo del generador, relé de baja frecuencia. Equipo de sincronización con relé verificador de sincronismo. Sistema de arranque y parada de la unidad. Sistema completo de monitoreo, alarmas y disparo para el motor y sus auxiliares.



Fotografía 3.3: Tablero de protecciones del grupo generador Wärtsilä Diesel.

- Banco y cargador de baterías de 24 voltios.

Voltaje: 24 VDC

Capacidad del banco: 100 A-h

Capacidad del cargador: 50 A.

- Cables de fuerza y control. Puntas terminales.

3.2.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA EL DISEÑO DE LOS SISTEMAS ELECTRICOS

General:

El sistema eléctrico de una unidad de generación tiene un papel muy importante en su funcionamiento, control y protección y por lo tanto requiere cumplir con muchas exigencias para un funcionamiento óptimo y que está de acuerdo con el medio en el que trabaja. En el presente caso debe considerarse además que se acoplarán a las instalaciones eléctricas actuales y por lo tanto cumplir requisitos y parámetros para poder operar en paralelo.

Al igual que para los sistemas de alimentación mecánicos, para la instalación de los sistemas auxiliares eléctricos y para acoplarse con el sistema eléctrico actual , se requiere adquirir y/o fabricar localmente, varios equipos como son: transformador de elevación, transformadores de medición y protección, tableros para medición, control y protecciones, interruptor de potencia, cables eléctricos, motores eléctricos, cables de fuerza y control y otros accesorios, requiriendo disponer también de especificaciones técnicas para su adquisición.

Estas Especificaciones Técnicas Generales establecen los requisitos para el diseño, fabricación, pruebas, embalaje, transporte, almacenamiento, etc. de equipos eléctricos.

3.2.2 TABLEROS DE OPERACIÓN Y CONTROL

Antes de aplicar cualquier imprimación, se limpiarán cuidadosamente las superficies interiores y exteriores con chorro de arena, o escobilla metálica hasta obtenerse una superficie metálica limpia. Después se aplicará en las caras interiores una capa de imprimación de minio con base de caucho clorado/resina sintética, seguida de dos capas de barniz resistente al aceite o de barniz anticondensación según la finalidad. Las caras externas serán

preparadas con dos capas de minio con base de caucho clorado/resina sintética y a continuación se aplicarán dos capas de barniz especial para el acabado.

3.2.2.1 Equipo para interior

Los equipos eléctricos para interior, como accesorios de montaje para aparatos, cajas de distribución, etcétera, tendrán los siguientes tratamientos según su ubicación⁴⁶.

3.2.2.1.1 En salas secas

Limpieza a fondo, si es posible con chorro de arena; a continuación dos capas de pintura resistente al aceite.

3.2.2.1.2 En salas húmedas

Galvanizados en baño caliente, si es posible, o después de limpiarlos perfectamente, aplicación de dos capas de pintura a base de zinc.

3.2.2.2 Equipos para intemperie

Equipos eléctricos instalados al exterior, como accesorios de montaje para aparatos, cajas de distribución, etcétera, se someterán a un galvanizado en baño caliente.

3.2.2.3 Verificación

Se verificarán las capas al azar con respecto al espesor (con el método Elcometer) y a la libre elección del inspector con respecto a los poros (mediante el detector de poros Elco).

⁴⁶ Ref. 10 Manual 5. Pág 76 - 114

3.2.2.4 Tableros, armarios, cuadros de distribución

Para los tableros de control, protección y medición, se pone especial énfasis en que deberán tomarse en cuenta adicionalmente los requerimientos indicados en las Especificaciones Técnicas Particulares.

3.2.2.4.1 Construcción

Para la construcción de todos los tableros y armarios eléctricos se utilizarán chapa de acero laminada en frío de un espesor mínimo de 2mm. Los armazones deben ser a prueba de torceduras. Los bastidores de fondo y los dispositivos para la fijación formarán parte del suministro. Para las puertas se utilizarán cerraduras de construcción sencilla y sólida. Los armarios que se instalen contra una pared deberán poseer puertas frontales.

Los armarios serán construidos de las clases de protección IEC siguientes (a prueba de agua y polvo):

Sitios de acceso general secos y limpios	IP 44
Sitios de acceso general húmedos	IP 54
Sitios a la intemperie	IP 55

Para los armazones se utilizará acero perfilado galvanizado, para los revestimientos chapa de acero barnizado.

Los esquemas sinópticos serán fabricados con barra de aluminio anodizado de colores; o barra plástica coloreada. La rotulación de los cuadros será hecha con letras de relieve.

3.2.2.4.2 Cableado interno, bornes

Para el cableado interno de todos los tableros y armarios se utilizarán cables flexibles con conductores trenzados de cobre de un calibre no inferior a

2.5 mm², teniendo un aislamiento de cloruro de polivinilo (PVC) que debe ser conforme con las exigencias de IEC 227. Para los circuitos electrónicos, y con la aprobación previa de TERMOPICHINCHA S.A. se podrá utilizar también la sección 1.5 mm².

Referente a los bornes se observarán las siguientes prescripciones:

- El material aislante de los bornes instalados en locales secos será de material sintético, mientras que para locales húmedos se utilizarán bornes de esteatita vitrificada.
- Las partes conductoras serán de cobre o latón plateado niquelado.
- La mordaza de presión deberá tener una superficie plana con el tornillo del tipo resorte o con una arandela de presión.
- Deberán ser fácilmente intercambiables aún en caso de estar montados en una hilera cerrada.
- Estarán apretados y asegurados de tal forma que nunca se puedan soltar por efecto de vibraciones, tanto durante el transporte como durante el servicio.
- En todos los casos se proveerán un mínimo de 10% de bloques de terminales como reserva.
- Todos los armarios, tableros, cuadros de distribución, etcétera, serán cableados y comprobados en los talleres del fabricante.
- En los circuitos de medición y protección se preverán los bornes necesarios para prueba y control.

- El cableado interior de los tableros, armarios, cuadros de distribución, etcétera, debe ser colocado en canales de material plástico provistos de tapas o según otro método aprobado.

3.2.2.5 Identificación de aparatos, regletas de bornes y cableado

Cada aparato será identificado con un número entero, el cual se marcará sobre dicho aparato en forma indeleble y se repetirá en los planos. Las regletas de celdas, tableros y armarios, deberán tener también su identificación. Con el objeto de facilitar la localización de fallas y el control de circuitos, todos los números con que se designen los terminales o bornes de aparatos y regletas, deberán figurar en los esquemas eléctricos trifilares, elementales de control y alambrados.

3.2.2.6 Conmutadores de control y de instrumentos

Los conmutadores de control y de instrumentos a menos que se indique de otra manera en las Especificaciones Técnicas Particulares serán del tipo rotativo, con contactos de plata. Todos los contactos tendrán acción efectiva para apertura y cierre a través de engranajes de presión en cada posición y operarán con una acción limpiadora efectiva. Los conmutadores tendrán barreras entre contactos adyacentes y tendrán una cubierta aislante que cumpla los requerimientos de NEMA 1 para montaje de paneles.

3.2.2.7 Interruptores termo-magnéticos - (mccb)

Para circuitos de hasta 600 voltios se usarán interruptores del tipo caja moldeada para dar protección contra sobrecargas o cortocircuitos y para permitir interrupciones de carga.

3.2.2.8 Contactos eléctricos

Todos los contactos para control y alarma en los mecanismos operados por nivel líquido, temperatura, presión, etcétera, serán del tipo de trabajo pesado, abiertos para condiciones normales, aislados de tierra, adecuados para operación con corriente continua, 125 voltios y preferiblemente del tipo ampolla de mercurio o de vacío.

3.2.2.9 Relés auxiliares

Los relés auxiliares serán del tipo tablero y operarán a 125 voltios corriente continua, excepto los relés de bajo o sobre voltaje que tendrán bobinas operando a 120 voltios, corriente alterna. Los relés auxiliares tendrán por lo menos un (1) contacto de reserva, convertible de normalmente abierto a normalmente cerrado y además tendrán indicación de operación mediante banderas o mediante LED⁴⁷.

3.2.2.10 Botones de presión y lámparas indicadoras

Los botones de presión tendrán contactos permanentes o momentáneos de acuerdo a lo requerido por los circuitos de control. Una lámpara piloto con luz roja se suministrará para indicar el funcionamiento de un motor. Se usará una luz verde para indicar que el motor no está funcionando pero que existe voltaje en el arrancador. Los contactos para los botones de presión tendrán una capacidad nominal de por lo menos 10 amperios y estarán aislados para por lo menos 600 voltios. Se suministrarán juegos eléctricamente independientes, de contactos normalmente abiertos y normalmente cerrados para cada botón de presión de contactos momentáneos.

Las leyendas indicadoras de la función de los botones de presión, estarán en castellano.

⁴⁷ Ref 11. Manual 8. Pág 19

Los botones de presión “arranque-parada” tendrán el botón de arranque sobre el de parada, y lámpara indicadora, si es necesario, sobre el botón de arranque y debajo del botón de parada.

3.2.2.11 Ductos eléctricos, accesorios, cajas, alambrados

Los cables que se requieran para realizar interconexiones externas entre partes de un mismo equipo se instalarán en ductos de acero galvanizado rígido, con uniones de metal fundido (galvanizadas si son de acero) y cajetines de acceso. Debe utilizarse un tipo aprobado de ducto flexible para conectar los motores u otro equipo que esté sometido a vibraciones.

Todos los terminales, bandejas y canaletas serán identificados, marcados o rotulados de una manera legible, conforme a la codificación que establecerá TERMOPICHINCHA S.A.

3.2.2.12 Motores eléctricos

Las normas NEMA serán las aplicables en el diseño y pruebas de los motores eléctricos.

Los motores eléctricos serán apropiados para el accionamiento previsto y para las condiciones ambientales del sitio de instalación. Los motores serán en general trifásicos, del tipo de rotor en cortocircuito, los voltajes nominales serán los indicados en el apéndice A. Los motores serán diseñados para operar satisfactoriamente y en forma continua con tensiones entre + 10% sobre la tensión nominal. Las carcazas ofrecerán un grado de protección según IEC, en lugares secos y limpios IP22, en ambiente húmedos IP44, y a la intemperie IP55.

El aislamiento de los motores será preferentemente de clase “F” pero puede ser de clase “B”. El calentamiento en cualquier caso no excederá el permitido para la clase “B”.

Se utilizarán motores monofásicos únicamente para operación de equipo no fundamental.

Los motores de corriente continua deben ser diseñados para una tensión nominal de 125 V; el rango de operación estará dentro de los límites de 100 V - 140 V. Todos los motores deberán poder arrancar sin dificultad con 80% de su tensión nominal. Todos los motores tendrán un sistema arrancador y de protección.

3.2.3 TABLERO DE ALTA TENSIÓN

3.2.3.1 Especificaciones técnicas del tablero de alta tensión

- a) Estas Especificaciones establecen requerimientos de carácter general. Los diseños, detalles de ingeniería y selección de los componentes más adecuados para cumplir con los requerimientos establecidos, son de responsabilidad del Contratista.
- b) El tablero de alta tensión se diseñará para instalación al interior y tendrá un grado de protección IP 55 equivalente a NEMA 12.
- c) Todo el equipo será completamente ensamblado en fábrica y será alambrado completamente por el fabricante.
- d) El tablero será del tipo metal clad, es decir tendrá los compartimientos de barras, compartimiento de terminales de cables de fuerza y transformadores de corriente y voltaje, compartimiento del interruptor de potencia y el de baja tensión para los elementos de control y protección.
- e) Todos los componentes principales del tablero metal clad, tales como interruptor de potencia, seccionador de barras, barras, transformadores de

corriente, transformadores de voltaje, terminales de cable de fuerza, deberán cumplir las normas y específicamente lo siguiente:

Tipo:	Metal-Clad
Frecuencia:	60 Hz
Voltaje nominal:	6.600 V.
Nivel de aislamiento:	
- A frecuencia industrial	12 kV
- A onda de impulso	75 kV
Corriente nominal:	630 A.

3.2.4 INTERRUPTOR DE POTENCIA

Además de los valores especificados en el literal anterior, el interruptor cumplirá con lo que señalen las normas especificadas y las siguientes características:

Tipo:	Extraíble (Draw-out) con carro y base
Medio de interrupción:	Vacío (VAC)
Voltaje nominal:	12 kV
Corriente nominal:	1250 A.
Ciclo de operación:	CO-15seg-CO
Mando:	Motor-resorte
Voltaje de operación:	125 VDC o VAC
Contactos auxiliares:	4NA + 4NC

3.2.5 INSTALACIÓN DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA A 440 V

Toda Central de Generación Termoeléctrica requiere para su funcionamiento disponer de un sistema de equipos auxiliares para la

alimentación de combustible, aceite, agua y aire; los cuales en general están conformados por bombas, motores, calentadores, ventiladores, purificadoras, etc. que requieren alimentarse desde un sistema de energía eléctrica confiable, en el presente caso estos equipos requieren de una fuente de corriente alterna de 440 V.

El diseño original del grupo Wärtsilä comprende la alimentación a un tablero de distribución de 440 V y desde éste a través de las protecciones respectivas se alimentaba a los tableros de los módulos auxiliares.

Para el presente caso se ha previsto alimentar el tablero de auxiliares desde dos puntos, esto es desde la barra de 440 V del nuevo transformador de elevación, y en forma alternativa desde el lado de baja tensión del transformador de auxiliares "A" de la central, elevando el voltaje de 380V a 440V mediante un autotransformador.

Con este sistema de alimentación aseguramos disponer de voltaje para los servicios auxiliares y poder en primer lugar realizar las pruebas de funcionamiento en forma independiente, es decir sin conectarnos a la barra de 6600 V. y luego de las pruebas entrar en operación normal con la unidad.

El esquema de alimentación eléctrica, de auxiliares y las características de los módulos de auxiliares se presentan en la tabla 3.7 y figura 3.17 siguientes:



Fotografía 3.4: Autotransformador de elevación de 380V a 440V.

Tabla 3.7: **Características de los tableros de operación de los módulos auxiliares.**

TABLEROS	MODULOS DE OPERACIÓN
J 672	- MODULO BOOSTER DE COMBUSTIBLE (D/B) TIPO IKL PRESION DE TRABAJO 10 BAR <ul style="list-style-type: none"> • 2 MOTORES DE PROPULSIÓN • TIPO 4AP90S-6 • POTENCIA 0.56 Kw • VELOCIDAD 1128 rpm • CICLAJE 60Hz • TENSION 440/220 voltios • INTESIDAD 3.6/2.1 Amperios
J 541	- MODULO CALENTADOR DE INYECTORES, MARCA IKL, TIPO 7150 13155-0001 PRESION DE TRABAJO 5 BAR TENSION 440 V CICLAJE 60 Hz VOLUMEN 16 lt/min <ul style="list-style-type: none"> • MOTOR ROBERT BIRKENBEUL • POTENCIA 0.72 KW • VELOCIDAD 1092 rpm • TENSION 440 V

	<ul style="list-style-type: none"> • INTESIDAD 1.63 A
J 696	<p>- MODULO TANQUE , SEPARADOR DE RESIDUOS, MARCA IKL, TIPO 7150 23161-0001 PRESION DE TRABAJO 3 BAR VOLUMEN 6 lt/ min TENSION 440 V CICLAJE 60Hz</p> <ul style="list-style-type: none"> • MOTOR ROBERT BIRKENBEUL • POTENCIA 0.42 KW • VELOCIDAD 1644 rpm • TENSION 440 V • INTESIDAD 1.52 A • CICALJE 60Hz
J 711	<p>- MODULO DE PURIFICACION DE ACEITE, MARCA WESTFALIA, MODELO OSC4-02-006 VELOCIDAD 10030 rpm</p> <ul style="list-style-type: none"> • MOTOR ROTOR N • POTENCIA 4 Kw • VELOCIDAD 1730 rpm • TENSION 440 V • INTENSIDAD 7.6 A • CICLAJE 60 Hz

Tabla 3.7: Características de los tableros de operación de los módulos auxiliares. (Continuación)

J 831	<p>-COMPRESOR ELECTRICO TIPO HLF2/77, MARCA SPERRE CAPACIDAD 13 m³/h PRESION DE TRABAJO 30 BAR CILNDROS 2 EN V</p> <ul style="list-style-type: none"> • MOTOR SIEMENS • POTENCIA 3.45 kW • VELOCIDAD 1430 rpm • TENSION 460 Voltios • CICLAJE 60 Hz • INTESIDAD 6.7/6.9 Amperios
J 694	<p>- BOMBA DE SUMINISTRO DE BUNKER, MARCA IKL, TIPO 7100 23159- 0001 VOLUMEN 20 Lt/min PRESION 5 bar</p> <ul style="list-style-type: none"> • MOTOR ROBERT BIRKENBEUL • POTENCIA 0.76 kW

	<ul style="list-style-type: none"> • VELOCIDAD 1092 rpm • TENSION 440 V • INTENSIDAD 1.52 A • CICLAJE 60 Hz
J 634	<p>- BOMBA DE SUMINISTRO DE DIESEL, MARCA IKL, TIPO 7100 23157- 0001 VOLUMEN 20 Lt/min PRESION 5 bar</p> <ul style="list-style-type: none"> • MOTOR ROBERT BIRKENBEUL • POTENCIA 1 kW • VELOCIDAD 1092 rpm • TENSION 440 V • INTENSIDAD 1.52 A • CICLAJE 60 Hz
J 512	<p>- MODULO DE PRECALENTAMIENTO DE AGUA, MARCA GRUNDFOS, TIPO CR2-2-A-F-A-BUBE</p> <ul style="list-style-type: none"> • POTENCIA 3.0 kW • VELOCIDAD 3500 rpm • TENSION 220 V • INTESIDAD 8.9 A • CICLAJE 60 Hz

Fuente: Manuales STORK WÄRTSILÄ DIESEL 8SW 280.

CARACTERÍSTICAS DE LOS TABLEROS DE OPERACIÓN DE LOS MÓDULOS AUXILIARES.

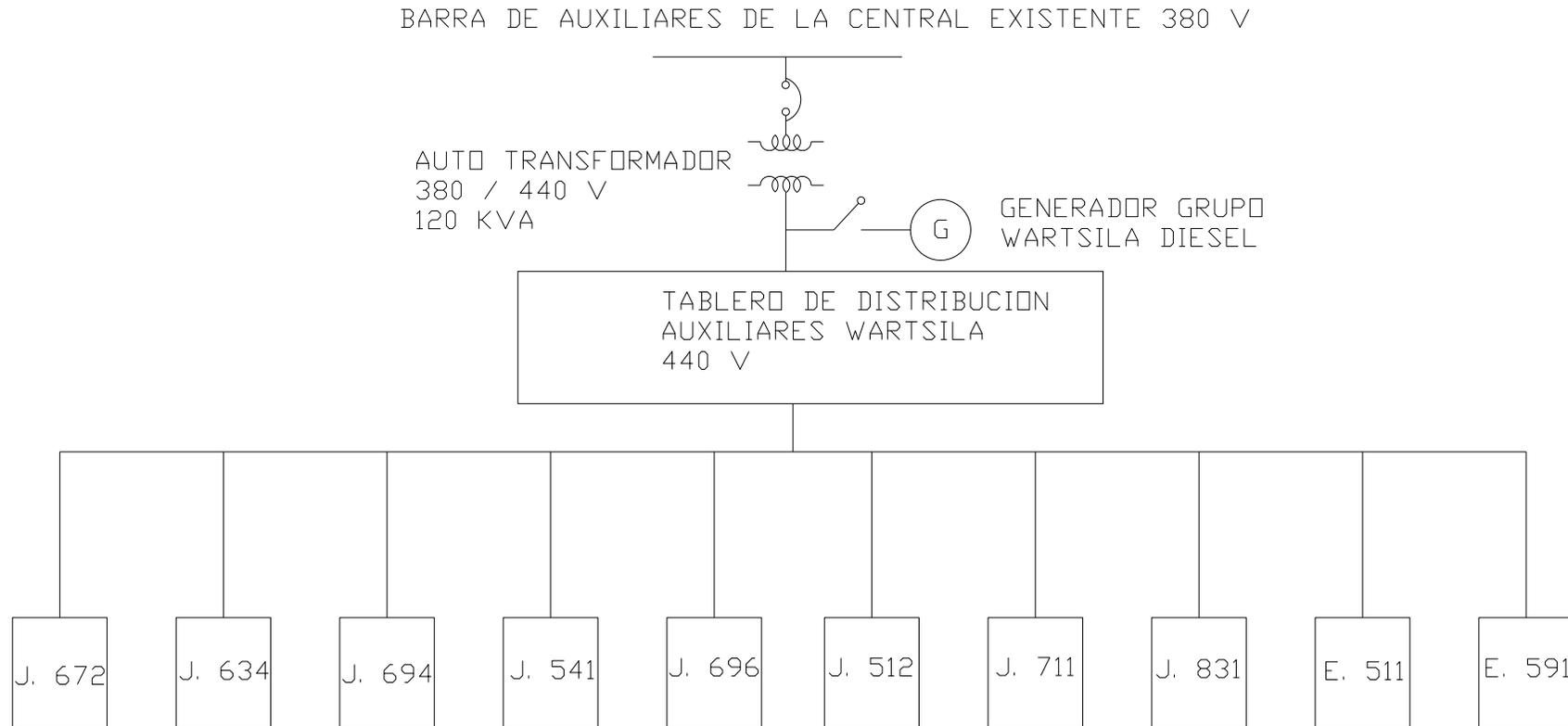


Figura 3.18: Características de los tableros de operación de los módulos auxiliares.

3.2.6 PLANOS TÉCNICOS

En el Anexo No. 6 consta el Diagrama Eléctrico Unifilar, en el que se puede apreciar el esquema de conexión de 440 V y 6600 V de la unidad termoeléctrica Wartsila Diesel y cómo estarán instalados los equipos de medición, protección y control.

Anexo No. 6: Diagrama Eléctrico Unificar.

3.3 INTERCONEXIÓN CON LA RED

En el Anexo No. 21 consta un Diagrama Unifilar de Interconexión con la Red.

Para interconectar la nueva unidad con el sistema eléctrico existente, fue necesario en primer lugar diseñar, especificar, adquirir e instalar los siguientes equipos adicionales:

- Transformador de elevación de 440/6600 V, 2500 kVA, conexión DYn11.
- Tablero de alta tensión, tipo metal clad, equipado con interruptor de potencia, transformadores de corriente y voltaje para medición y protección, sistema de barras, relé de protección multifunción, accesorios para mando, control y señalización.
- Cables de fuerza y puntas terminales de 2000 V y 8000 V.
- Banco de baterías de 24 VDC.
- Equipo de medición para el Centro de control de energía para el CENACE.

También se debe indicar que se realizó modificaciones en el sistema de control de la grupo generador Wartsila y se incrementó transformadores de corriente para la protección diferencial. La sincronización del grupo Wartsila se realizará a través del interruptor W52G en 440 V, para lo cuál se ubicó el tablero de control junto a los tableros de los grupos ya existentes.

3.3.1 INSTALACIÓN DE LOS TRANSFORMADORES

3.3.1.1 Especificaciones técnicas para el transformador de potencia

Estas Especificaciones Técnicas establecen los requisitos para el diseño, fabricación, pruebas en fábrica, pruebas en sitio y penalización por incumplimiento de garantías técnicas, para el transformador de potencia.

Las características del transformador de elevación que se requiere para conectar el grupo generador al sistema de barras de 6.600 V. son las siguientes⁴⁸:

Potencia:	2.500 KVA
Voltaje:	6.600/440 V.
Frecuencia:	60 Hz.
Nº de fases:	3
Conexión:	DYn11
Impedancia:	7%
Tipo de enfriamiento:	ONAF (aceite y aire natural)
Aislamiento:	Aceite mineral
Tipo:	Padmount
Nivel de aislamiento (BIL)	75 kV

3.3.1.2 Normas

El transformador debe satisfacer las normas aplicables de la Comisión Electrotécnica Internacional CEI (International Electrotechnical Commission - IEC) y particularmente las publicaciones de la serie No. 76 y de dichas normas, o las ANSI/IEEE y NEMA aplicables, y en particular las siguientes C57.12.00, C57.12.11, C57.12.90, C57.92, C57.98, C57.100, C57.113 y C57.116.

⁴⁸ Ref. 11 Manula 8. Pág 41

3.3.1.3 Características constructivas

3.3.1.3.1 General

- a) El transformador debe ser capaz de suministrar la potencia continua garantizada con una tensión aplicada al devanado primario de 6.600 V. sin exceder los límites de temperatura establecidos en las normas.
- b) El transformador deberá funcionar sin producir ruidos excesivos. El diseño y la fabricación deberán ser muy cuidadosos a fin de reducir al mínimo posible las vibraciones.
- c) El nivel de descargas parciales no deberá exceder el permitido por las normas.
- d) En el transformador el punto neutro del devanados de baja tensión se conectará directamente a dos puntos de la malla de tierra.
- e) La corriente máxima de cortocircuito del sistema, en las barras a las que se conectará el transformador es de 20.000 A.
- f) El transformador debe ser diseñado y construido para resistir sin daño los efectos térmicos y mecánicos de cortocircuitos exteriores, de acuerdo con las corrientes de cortocircuito que se indican, tomando en cuenta el caso más severo de cortocircuito. Será aplicable la norma CEI-76-5 o la ANSI/IEEE C57.109, en relación con la resistencia del transformador a cortocircuitos. El proponente presentará datos adecuados sobre la aptitud del transformador para resistir cortocircuitos.
- g) Los termómetros, indicadores de nivel de aceite, indicadores de posición de tomas y en general todos los dispositivos de indicación local deberán permitir una lectura u observación fácil e inequívoca desde el suelo.

- h) Se requiere que el transformador sea de rendimiento elevado, debiendo ocurrir su máximo rendimiento tan cerca como sea posible de plena carga.
- i) La capacidad requerida en cada caso es continua a plena carga con excitación entre 90% y 110 % del voltaje nominal, sin sobrecalentamiento.
- j) La eficiencia máxima debe conseguirse a 100% de carga para su capacidad ONAN y 0.80 de factor de potencia en retraso.
- k) Polaridad sustractiva de acuerdo a las normas especificadas.
- l) Desplazamiento angular de voltaje de acuerdo a las normas especificadas.
- m) Secuencia de fase para los terminales, de acuerdo a los diseños de la subestación.
- n) Nivel de ruido y de radio interferencia de acuerdo a las normas especificadas.
- o) Neutro específicamente puesto a tierra.
- p) Capacidad de soportar plenamente corrientes de cortocircuito, considerando la capacidad de todo el sistema de potencia. Los devanados deberán ser reforzados para soportar fuerzas electromecánicas producidas por efecto de cortocircuitos aplicados directamente en los terminales.
- q) Corriente de excitación, tan baja como económicamente sea posible, al 110 % del voltaje nominal.
- r) Elevaciones de temperatura de acuerdo con las normas especificadas. Ningún valor máximo especificado para elevaciones de temperatura, será excedido con cualquiera de los devanados operando a plena carga con las tomas fijadas para el voltaje más alto.

- s) Los terminales deben ser adecuados para facilitar las conexiones de los cables de fuerza: un cable de 120 mm²; 8 kV en alta tensión y seis cables por fase de 1.000 MCM; 2 kV en baja tensión.
- t) El valor de impedancia especificado deberá cumplirse en el transformador.

3.3.1.3.2 Tanque, tapas y acoplamientos

- a) El tanque y las tapas serán fabricados de plancha de acero laminado. Todos los refuerzos serán soldados al tanque y diseñados para evitar acumulaciones de agua.
- b) Todas las uniones donde se requiera estanqueidad de aceite serán soldadas por costura continua. El tanque tendrá cuatro (4) ganchos o agarraderas lo suficientemente fuertes para permitir levantar el transformador completamente ensamblado y lleno de aceite.
- c) Las tapas serán completamente removibles. Las tapas deben proveerse con escotillas de inspección que permitirán el acceso a las conexiones más bajas.
- d) El tanque será de diseño, forma, proporciones, peso y construcción tales que aseguren la mejor circulación del aceite y eviten la transmisión o aumento de ruidos o vibraciones que podrían ser perjudiciales o simplemente indeseables. El tanque así como todas las conexiones, juntas, etcétera, fijadas al tanque tendrán, además, que estar construidas de forma que resistan sin fugas ni deformación permanente una presión interna de 98 kPa por lo menos, aplicada al transformador lleno de aceite. Además, los tanques, enfriadores, etcétera, del transformador deberán estar contruidos para permitir que se realice un tratamiento bajo un vacío del 100 % durante 48 horas.
- e) El tanque tendrá aberturas para ubicar válvulas de drenaje, válvulas para tomas de muestras de aceite, para los radiadores, para el conservador (si se

suministra), para el aceite de refrigeración y para cualquier mecanismo interno o accesorio que tenga tubos capilares o alambrados. Tales aberturas serán herméticas al aceite para soportar las presiones previamente especificadas.

- f) El tanque soportará los radiadores, el conservador, todas las cabinas de control, mecanismos y accesorios.
- g) El tanque del transformador estará provisto de las siguientes válvulas, bridas, etcétera, (conviene advertir que esta lista es solamente indicativa y no representa limitación alguna):
 - Válvula de descarga de sobrepresión de alta calidad ajustada para 49 kPa de presión interna.
 - Válvula para las conexiones con el equipo de tratamiento de aceite situadas una en la parte superior y otra en la parte inferior de la cuba.
 - Grifos de prueba de aceite, de 3/4" tipo "gas" situados uno aproximadamente a un 90 % de la altura de la cuba y otro en la parte inferior de la misma.
- h) Válvulas de cierre (separación) de aceite para las conexiones de los radiadores:

3.3.1.3.3 Base

- a) La base será fabricada de vigas de perfil de acero soldadas al fondo del tanque.
- b) La base tendrá (4) puntos de aplicación para gatos, lo suficientemente fuertes para permitir elevar el transformador completamente ensamblado y lleno de aceite.

Los mecanismos para mover el transformador horizontalmente en cualquier dirección pueden estar en la base.

- c) Se proveerán agujeros y pernos de anclaje, u otro medio de sujetar el transformador a la fundación.

3.3.1.3.4 Núcleo

- a) El núcleo estará construido de láminas de acero eléctrico al silicio con cristales orientados, libre de fatiga por envejecimiento, con pérdidas de histéresis reducidas y con una gran permeabilidad. Las láminas deberán estar exentas de rebabas o salientes afilados. Todas las hojas tendrán un recubrimiento inorgánico aislante resistente a la acción del aceite caliente y a la presión del núcleo.
- b) Se incluirán ganchos de izada u otros medios para levantar convenientemente el núcleo con los arrollamientos, sin que dicha operación imponga esfuerzos admisibles a los pernos pasantes del núcleo o a su aislamiento.
- c) El núcleo deberá estar diseñado para absorber una corriente de magnetización lo más baja posible, en compatibilidad con una concepción económica.

3.3.1.3.5 Devanados

- a) Todos los cables o conductores que se usen para los arrollamientos y equipo relacionado con los mismos, serán de cobre electrolítico de alta calidad.
- b) Para el diseño, construcción y tratamiento de los bobinados habrá que conceder la debida importancia a los diversos factores de funcionamiento,

tales como resistencia eléctrica y mecánica del aislamiento, distribución uniforme del flujo electrostático, pérdidas dieléctricas mínimas a la libre circulación del aceite, eliminación de lugares sobrecalentados, distribución de la tensión entre espiras adyacentes y por toda la bobina, y control de la distribución del flujo eléctrico en régimen de impulso (para ondas completas y cortadas) para alcanzar una elevada resistencia dieléctrica a impulsos.

- c) Las espiras serán bobinadas y los arrollamientos arriostrados de manera que, una vez terminados, resulten rígidos y capaces de resistir los esfuerzos de cortocircuito por lo menos durante dos segundos sin deformaciones perjudiciales o fracturas en los aislamientos por cualquiera de los modos de fallas radiales, axiales o combinados.
- d) El núcleo ya armado y los bobinados serán secados al vacío para asegurar una extracción adecuada de la humedad inmediatamente después del secado, todo el conjunto será impregnado y sumergido en aceite.
- e) El aislamiento de todos los arrollamientos deberá tratarse convenientemente para tener la seguridad de que no se produzcan contracciones apreciables después del montaje.
- f) Los empalmes eléctricos de los arrollamientos deberán estar sujetos rígidamente para evitar averías producidas por las vibraciones y por las fuerzas desencadenadas por cortocircuitos.

3.3.1.3.6 Aisladores pasatapas (bushings) y cajas terminales

- a) Los terminales y el punto neutro de los arrollamientos deben sacarse de la cuba a través de aisladores pasatapas. Los pasatapas serán de porcelana sólida.
- b) Todos los aisladores pasatapas deben ser resistentes al aceite y deben cerrar a prueba de fugas. El cierre debe ser suficientemente hermético y fuerte para que soporte variaciones de presión debidas a cambios de temperatura que se

produzcan durante el funcionamiento normal o debidas a variaciones de la temperatura ambiente, sin filtraciones o goteos y sin condensaciones de humedad.

3.3.1.3.7 Radiadores

- a) Los radiadores serán removibles y estarán conectados al tanque mediante vigas apernadas, con empaques resistentes al aceite. Para cada radiador se suministrará tanto en la conexión superior a la cuba, como en la inferior una válvula de cierre que permita desmontar el radiador, luego de vaciado su aceite.
- b) Cada radiador tendrá un tapón de drenaje y escape. Un perno de ojo para levantar el radiador será provisto en cada elemento. Todos los radiadores soportarán la presión atmosférica exterior cuando se efectúa el vacío en su interior y la misma presión interna (tal como la causada por un arco) que la del tanque.

3.3.1.3.8 Sistema de Preservación de Aceite

Cualquiera de los siguientes sistemas de preservación de aceite es aceptable:

- Sistema de tanque sellado.
- Sistema de gas inerte a presión.
- Sistema de presión constante.

3.3.1.3.9 Aceite para transformador

El aceite será mineral clase I inhibido según IEC 296, puro, de baja viscosidad y claro. Deberá estar libre de humedad, acidez, alcalinidad y no formar grumos a temperaturas normales de operación.

3.3.1.3.10 Accesorios para el transformador

Los indicadores, termómetros y relés se construirán y se localizarán de tal manera que los elementos sensores de temperatura puedan ser removidos, con el transformador energizado.

Los manómetros, medidores, relés, etcétera, serán montados de manera de ser protegidos contra las vibraciones.

Los contactos de los accesorios, estarán aislados de tierra y serán positivos, del tipo de mercurio y de acción por resorte.

Los contactos de alarma y control serán adecuados para operar alimentados por fuentes de corriente continua de 125 voltios.

3.3.1.3.11 Instrumentos indicadores

Todos los instrumentos indicadores serán de lectura clara con números y agujas negras en fondo blanco y serán calibrados en unidades métricas. Serán de marcas conocidas y estarán provistos de conexiones para calibración, terminales machos para conexiones de aire para manómetros, etcétera.

3.3.1.3.12 Placas de identificación

Placas de identificación indicando capacidades, voltajes nominales, diagramas de conexión de los devanados incluyendo tomas de voltaje, características del aceite aislante, especiales para operación, mantenimiento y prueba, datos importantes y nombre del fabricante y en general, conteniendo los datos que señalan las normas.

3.3.1.4 Transformadores de corriente y voltaje

3.3.1.4.1 Transformadores de corriente

a) Para el tablero de control y protección del generador (protección diferencial).

Tipo:	Barra
Aislamiento:	0.6 kV
BIL:	10 kV
Relación de transformación:	4.000 / 5 Amperios.
Carga y Precisión:	B2.0 0.3% (C100 según ANSI)

b) Para el tablero de control y protecciones del transformador (protección y medición)

Tipo:	Barra
Aislamiento	12 kV
BIL	75 kV
Relación de transformación:	300 / 5 Amperios
Precisión y carga:	30 VA 0.2%

3.3.1.4.2 Transformadores de voltaje

Tipo:	Trifásico
Aislamiento:	12 kV
BIL	75 kV
Número de devanados secundarios:	1
Relación de voltaje:	6.600/ 110 V.
Carga:	200 VA
Precisión:	0.2%

3.3.1.4.3 Normas

Los transformadores para instrumentos deben satisfacer en general las normas aplicables de la Comisión Electrotécnica Internacional -CEI (International

Electrotechnical Commission -IEC) y particularmente las publicaciones No. 44-1, 186 y 358.

- Requerimientos especiales para transformadores de corriente
 - a) Los transformadores de corriente deben ser capaces de soportar sin efectos dañinos, los esfuerzos mecánicos y térmicos impuestos por las corrientes de corta duración durante 1 seg., con sus terminales secundarios cortocircuitados.
 - b) Para todos los transformadores de corriente y para cada tap se suministrará la curva de saturación correspondiente, sobre el mismo diagrama se indicará la resistencia para cada toma.

- Requerimientos especiales para transformadores de voltaje inductivos
 - a) Los transformadores de voltaje serán diseñados para conexiones fase-tierra.
 - b) Los transformadores deben ser capaces de soportar por 1 seg., sin que se produzca ningún efecto dañino, los esfuerzos térmicos y mecánicos que resulten de un cortocircuito en los terminales secundarios y terciarios, con voltaje nominal mantenido en los terminales primarios.
 - c) El terminal neutro del primario debe ser sacado hacia el exterior a través de su propia boquilla debiendo ser fácilmente accesible y estar conectado a la tierra común del transformador mediante un puente removible para propósito de prueba del devanado primario.

3.3.1.4.4 Pruebas de rutina

Las pruebas de rutina son ejecutadas en la fábrica de cada equipo y son:

a) Para transformadores de corriente:

- Verificación de las marcas de los terminales.
- Pruebas de voltaje a frecuencia industrial en los devanados primarios.
- Pruebas de voltaje a frecuencia industrial en los devanados secundarios.
- Medición de las descargas parciales.
- Pruebas de sobrevoltaje entre vueltas.
- Verificación de la precisión.

r) Para transformadores de voltaje:

- Verificación de las marcas de los terminales.
- Pruebas de voltaje a frecuencia industrial en los devanados primarios.
- Pruebas de voltaje a frecuencia industrial en los devanados secundarios.
- Verificación de la precisión del transformador.
- Pruebas e inspecciones en el sitio.

Los valores de las pruebas en fábrica coinciden con los datos de la placa de los equipos, en cuanto a niveles, presiones, relación de transformación, valores de aislamiento que estén de acuerdo con el voltaje nominal.

3.3.2 INSTALACION DEL GENERADOR

Para la instalación del generador se realiza primero una limpieza general de las bobinas del rotor y del campo, con un spray dieléctrico, luego se efectúa una inspección ocular y se mide su aislamiento, con un megger. También se debe verificar el estado de los terminales para la conexión de los cables de fuerza y si están en buen estado se procede luego conectar los mismos. Se debe verificar que la unión de los terminales y los cables este bien realizada, pues de no existir un buen contacto, por la alta corriente que circulará (3153 A.) provocará un calentamiento en este punto de conexión, con el consiguiente daño en el material de aislamiento. Luego se procede a cubrir la conexión con cinta aislante de papel, cinta de caucho y finalmente con cinta de PVC en la parte exterior.

El otro extremo de los cables se conectan a las barras del tablero de baja tensión en donde esta el interruptor de potencia y los transformadores de corriente. Las curvaturas de los cables en su recorrido no deben tener un radio menor a 20 veces el radio del cable para evitar daños en el aislamiento de los mismos⁴⁹.

3.3.2.1 Cables de fuerza y control

3.3.2.1.1 Características Constructivas

- a) Los cables deben ser adecuados para instalación interior o exterior, en canaletas de cables secas o húmedas, o para instalarse directamente enterrados en ductos metálicos o plásticos, o en bandejas abiertas.
- b) El cable debe ser tratado para que pueda resistir condiciones de clima tropical.
- c) El cable debe ser embobinado en tambores de madera (carrete), en las cantidades indicadas en la tabla de cantidades y precios, en forma separada para cada subestación, y ser adecuadamente empacado y protegido para evitar daños durante el transporte.
- d) Cada tambor o rollo de cable debe contener las siguientes marcas:
 - Nombre: TERMOPICHINCHA
 - Clase de cable
 - Número y diámetro (o sección) de conductores
 - Longitud
 - Peso
 - Dirección de rotación de la bobina
 - Posición del extremo final del cable
 - Nombre del fabricante

⁴⁹ Ref. 11 Manual 8. Pág 12

- Año y mes de fabricación.

3.3.2.1.2 Pruebas

- a) Resistencia a la tracción del conductor, aislamiento y chaqueta. Los valores de la resistencia son de acuerdo a la norma y sección del conductor: 2.08 – 5.26 mm. Resistencia: 3.97 – 1.57 Ω .
- b) Resistividad del conductor. Sección del conductor: 13.30 – 53.46 mm. Resistencia: 0.618 – 0.153 Ω .
- d) Rigidez dieléctrica en tramos completos del cable terminado: 2kV.
- e) Pruebas de envejecimiento en el aislamiento y la chaqueta > 25 años.
- f) Resistencia del aislamiento en tramos completos del cable terminado: > 100 mega ohmios.

3.3.2.1.3 Características técnicas

- CABLE UNIPOLAR PARA ALTA TENSION

Conductor:	Cobre
Voltaje:	8 kV
Sección:	120 mm ²
Aislamiento:	XLPE
Pantalla:	cinta de cobre

- CABLE UNIPOLAR DE FUERZA PARA BAJA TENSION

Conductor:	Cobre
Voltaje:	2 kV
Sección:	1.000 MCM
Aislamiento:	XLPE

- CABLE DE CONTROL CONCENTRICO

Conductor:	Cobre
Voltaje:	600 V.

Sección: 3X12 AWG

3.3.3 INSTALACION DE PROTECCIONES

3.3.3.1 Relés de protección y auxiliares

3.3.3.1.1 Características Generales

- a) Los relés se suministrarán con los ajustes que sean necesarios para obtener la operación requerida y de acuerdo a lo que se suministra regularmente para los tipos de relés especificados. Todos los mecanismos de ajuste usados para calibrar los relés serán fácilmente accesibles.
- b) Las bobinas de los relés operados con corriente continua se alambrarán al terminal negativo de la barra alimentadora de potencia.
- c) Los relés de protección tendrán contactos separados para disparo y para alarma. Cuando aquello no sea posible se suministrarán relés auxiliares de alta velocidad para multiplicar los contactos.
- d) Los relés de protección tendrán indicación visible desde el exterior de la caja.
- e) Los relés deben ser tipo removible, con caja a prueba de polvo, con los terminales necesarios para aislar completamente, revisar y probar.
- f) Todos los contactos deben ser a prueba de vibración y rebote.
- g) El ajuste deberá ser visible desde el exterior con la tapa puesta.
- h) Los relés deben reponerse sin necesidad de abrir la caja.
- i) Los contactos iniciadores de cada relé podrán soportar 30 A a 125 V.c.c., durante un segundo. Donde sea necesario se podrá usar un contacto separado de sellado.

- j) No será aceptable la temporización mediante mecanismos que puedan ser afectados por la temperatura.
- k) Los relés de protección principales serán numéricos microprocesados, los relés temporizados deben ser de estado sólido. De suministrarse un relé multifunción, éste deberá tener al menos lo siguiente:

3.3.3.1.2 Relé 1

Protección de sobrecorriente de Fases, con elemento instantáneo y temporizado (50/51). Protección de sobrecorriente a tierra, con elemento instantáneo y temporizado (50/51N)

Medida (V, A, Hz, W, VAR,WH, VARH, Cos Ø)

Reporte y Registro de fallas

Manual del Usuario

Software de programación

3.3.3.1.3 Relé 2

Protección diferencial para el transformador (87T) con restricción de armónicas.

Medida (V, A, Hz, W, VAR,WH, VARH, Cos Ø)

Reporte y registro de fallas

Manual de usuario

Software de programación

3.3.3.2 Alarmas

El sistema de alarmas deberá funcionar en base a cuadros luminosos y cuatro pulsadores: un pulsador para "silenciar", un pulsador para "reconocimiento", un pulsador para "reposición", y un pulsador para "prueba".

3.3.3.3 Luces indicadoras

- a) Se suministrarán leds para indicar la posición del interruptor y del seccionador, así como también presencia de potenciales o discrepancias, etcétera.
- b) Los leds indicadores serán del tipo miniatura de bajo voltaje y serán fácilmente removibles desde el frente de los paneles.
- c) El conmutador de control del interruptor tendrá un led rojo y un led verde.

3.3.3.4 Estructuras

- a) El tablero será completamente encerrado, con excepción de la base. El panel será conectado con pernos en su parte inferior a canales de acero que, con los demás elementos y riostras necesarios, sujetan la estructura haciéndola autosoportable. No se harán perforaciones o soldaduras para fijar alambres, resistencias u otros dispositivos, cuando tales agujeros o ataduras vayan a quedar visibles desde el frente de los tableros.
- b) Las paredes y cubiertas serán de chapa de acero laminada en frío de un espesor mínimo de 3 mm. La pintura será RAL7032.
- c) Las aristas verticales del tablero no tendrá una desviación mayor de 0.8mm después de instaladas. Las superficies planas de las caras no se desviarán más de 1.6mm de plano.
- d) El tablero estará adecuadamente ventilado con ventanas o persianas. Todos los orificios para ventilación tendrán mallas resistentes a la corrosión que eviten la entrada de insectos y roedores.

- e) Las bisagras de todas las puertas permitirán que estas giren por lo menos 105 grados desde la posición cerrada. Se suministrarán topes cuando se requiera limitar la oscilación y prevenir daños a los goznes o a equipos adyacentes.
- f) El tablero se suministrará con los dispositivos y pernos de anclaje que sean requeridos.
- i) Para prevenir deflexiones, todos los dispositivos se soportarán por medio de ménsulas de soporte montadas interiormente o por medio de abrazaderas.
- g) La disposición normalizada de la fase mirando desde el frente de los paneles de los tableros será ABC de izquierda a derecha, de arriba a abajo y desde el frente hacia atrás. Las distancias eléctricas se ajustarán a las normas aplicables.

3.3.3.5 Puesta a tierra

En la parte interior, y a lo largo del tablero se colocará una barra de cobre para puesta a tierra que deberá quedar conectada por pernos al armazón de cada panel de tal manera que se obtenga un buen contacto eléctrico con el panel. Las barras deben tener una sección no menor a 25 x 6.5 mm.

3.3.3.6 Iluminación, tomacorrientes y calefactores

- a) El compartimiento de baja tensión tendrá una lámpara de 120 V c.a. controlada por un interruptor y adicionalmente una lámpara para iluminación de emergencia a 125 V c.c. El zócalo de las lámparas será del tipo roscado Edison E-27.
- b) Cada panel contendrá por lo menos un tomacorriente de 15 A 120 voltios c.a., para tres alambres, dos polos.

- c) Los tableros se suministrarán con calefactores (a base de resistencias) en la cantidad y capacidad necesaria para minimizar la condensación en todos los compartimentos.

3.3.3.7 Alambrado y conexionado

- a) Todos los cables de control y de instrumentos serán de 19 hilos, monopolares de conductor de cobre, de sección no menor a 3.31mm² (12 AWG). Los cables para circuitos de corriente deben tener una sección no menor a 5.26mm² (10 AWG) y los usados para alambrados de anunciadores tendrán una sección no menor a 0.83mm² (18 AWG).
- b) El aislamiento de los cables será para 600 V, propio para paneles de control, especialmente tratado y probado contra moho.
- c) No se permitirá empalmes en los alambrados y todas las conexiones se efectuarán en regletas o bloques terminales.
- d) Los cables para conexión a los circuitos de los transductores y componentes de los sistemas digitales serán debidamente apantallados.
- e) Los bloques terminales para los alambrados serán del tipo modular, con barreras y cubiertas para 600 V y tendrán el tamaño adecuado para conectar por lo menos tres terminales para conductores de 5.26mm² (10 AWG) en cada punto de conexión. Todos los terminales para secundarios de transformadores de corriente serán del tipo cortocircuitable. Se incluirá por lo menos un 10% de terminales de reserva y como mínimo un bloque extra de 12 terminales para cada tablero.
- f) Cada cable se identificará por medio de tarjetas individuales.
- g) Se usarán regletas con fusibles en el primer cubículo al que lleguen todos los secundarios de los transformadores de potencial.

3.3.3.8 Barras mímicas y símbolos para los equipos

- a) Se instalarán barras mímicas y símbolos de los equipos para formar un diagrama unifilar tipo mímico. Las barras mímicas y símbolos se harán de "Plexiglass". Las barras serán de 10 mm. de ancho por 2 mm. de espesor.

3.3.3.9 Placas de Identificación

- a) Las placas de identificación serán hechas de láminas plásticas de aproximadamente 2.0 mm. de espesor, con letras blancas y fondo negro.
- b) Se usarán placas de identificación pequeñas para identificación de los dispositivos y placas más grandes para identificación de los paneles.
- c) Las placas de identificación pequeñas usadas para identificar conmutadores de control se localizarán directamente encima del conmutador de control y debajo de las luces indicadoras.

3.3.3.10 Pruebas e inspecciones en sitio

Una vez instalado el tablero en el sitio, deberán realizarse pruebas e inspecciones.

Las pruebas e inspecciones a realizarse en los tableros son las siguientes:

- Pruebas individuales y calibración en sitio de cada uno de los relés, medidores y otros dispositivos.
- Pruebas de operación de cada uno de los tableros, con inyección simulada de corrientes y voltajes.
- Pruebas funcionales completas de operación de los tableros en conjunto con los demás equipos de la Central.

- Verificación y control de la operación de los sistemas durante la energización de las instalaciones.
- Prueba de ajustes finales después de la energización.

3.3.3.11 Baterías y cargadores de baterías

a) Requerimientos generales

Las baterías serán del tipo plomo-ácido con placas positivas tubulares para uso estacionario.

El diseño, materiales y fabricación de la batería deben garantizar un alto grado de confiabilidad y su vida útil no será menor a 20 años.

Los vasos contenedores, de las celdas, serán de un material resistente a impactos (PVC o similar), de buenas características de auto-extinción del fuego y que no produzca ninguna contaminación del electrolito, y serán transparentes de manera que permitan observar el nivel del electrolito y el estado de las placas y además deberán ser suministrados con anti-inflamantes.

El suministro incluirá todos los elementos de las baterías, los conectores, cables entre las baterías, los cargadores, los bastidores (racks), los accesorios y las herramientas necesarias para su instalación y mantenimiento, el electrolito, conectores para unir las celdas, terminales tipo oreja, hidrómetros montados en el respiradero y portátiles, termómetros, densímetros, torcómetros para los pernos de los conectores y un dispositivo para levantar las celdas.

b) Normas

La fabricación y funcionamiento de estas baterías se regirán por la norma CEl publicación No. 623 u 896-1 respectivamente o similares.

c) Datos característicos

Requerimientos del Sistema:

Tipo de batería	Plomo-ácido
Tensión nominal	24 V.
Tensiones máxima-mínima	26/21 V.

d) Datos de la batería:

Capacidad nominal de descarga en 8 horas, a 20°C	100 Ah
Tensión nominal por celda	2.2 V
Tensión final de descarga por celda	1.75 V
Régimen de descarga	0.2 C8
Voltajes de flotación por celda	2.2-2.33V
Número de celdas	12

e) Bastidores para baterías

Los bastidores (racks) de las baterías serán de dos escalones, del tipo que ofrezca protección contra sismos, hechos con perfiles de acero, pintados con pintura resistente al ácido. Los bastidores estarán provistos de piezas o bases de material apropiado para aislar las celdas eléctricamente.

f) Cargador de baterías de 24 vcc

Descripciones Generales

El sistema de corriente continua de 24 V será alimentado por un cargador conectado en operación flotante.

El cargador tendrá un sistema de rectificación en estado sólido. Será normalmente regulado con una variación de voltaje no mayor del 1% entre el 10% de la carga nominal y plena carga.

El “rizado” (ripple) no excederá del 2%. El transformador incluido en el cargador será de dos devanados para establecer separación galvánica entre la batería bajo carga y la fuente de corriente alterna.

La carga de la batería se efectuará a voltaje constante.

El cargador entregará los voltajes de flotación y de igualación dentro de los límites de ondulación y regulación preindicados y tendrá la capacidad suficiente para cargar la batería a partir de las condiciones de descarga máxima, en el número de horas asignado, alimentando al mismo tiempo la carga de operación normal del sistema.

Las tensiones de flotación serán entre 25 V y 26 V y la tensión de igualación de la batería será aproximadamente de 27 V.

La tensión de alimentación para los cargadores de batería será de 200 V \pm 10% tres fases, 60 Hz. La corriente de salida deberá ser de 50 amperios.

3.3.4 PLANOS TÉCNICOS

En el Anexo No. 21 consta un Diagrama Unifilar de Interconexión con la Red, en donde se puede apreciar el punto de interconexión eléctrica de la unidad Wärtsilä Diesel con la barra de 6600 V y que físicamente será mediante un cable aislado monopolar por cada fase, de 120 mm² de sección y 8 kV de aislamiento y que se lo conectará a la barra de 6600 en el panel de servicios auxiliares del transformador "A".

Anexo No. 21: Diagrama de interconexión con la red.

CAPITULO 4

MONTAJE Y PUESTA EN OPERACIÓN DE LA UNIDAD

4.1 CRONOGRAMA

Previo al inicio de toda actividad importante, es necesario elaborar un cronograma de ejecución de las obras a realizarse. Para el caso de un montaje electromecánico, debe considerarse las facilidades de que se disponga, el equipo, herramientas, personal disponible, suministro de los materiales misceláneos, condiciones ambientales, disponibilidad de recursos económicos, etc. con el objeto de estimar el tiempo necesario para realizar las siguientes actividades principales:

- **CRONOGRAMA DE MONTAJE DE LA UNIDAD TERMOELECTRICA WARTSILA DIESEL 8SW28.**
 - Planificación y diseño para la instalación del grupo generador.
 - Recopilación de Información Técnica.
 - Levantamiento de Planos Técnicos.
 - Elaboración del Presupuesto estimado.

- Contratación del personal Técnico para el Montaje y la Instalación de la Unidad.
- Construcción de obras civiles.
- Diseños finales y adquisición de equipos principales.
- Documentación, Trámites para la Adquisición y Contratación.
- Montaje del grupo generador y equipos auxiliares de alimentación.
- Alineación y Nivelación del Grupo Generador.
- Montaje de equipos auxiliares, tableros de control y operación".
- Montaje e instalación del sistema de alimentación de agua de enfriamiento.
- Montaje e instalación del sistema de alimentación y distribución de combustible.
- Montaje e instalación del sistema de alimentación y purificación del aceite.
- Montaje e instalación del sistema de alimentación de aire de arranque y operación.
- Montaje e instalación del sistema de alimentación y distribución de vapor.
- Instalaciones eléctricas.
- Montaje, e instalación del interruptor a la barra de 6600 V.
- Pruebas eléctricas y calibración de instrumentos.
- Instalación del transformador de elevación de 440 V a 6600 V.
- Interconexión.
- Montaje del interruptor, cableado, y pruebas.
- Interconexión con las líneas de alimentación de agua, aire, combustible, vapor y aceite.
- Pruebas y puesta en servicio.
- Pruebas del grupo generador.
- Pruebas operativas.
- Pruebas estáticas.
- Pruebas dinámicas.
- Pruebas con carga.
- Calibración de equipos.
- Ajustes.
- Cálculos de rendimientos.
- Consumos.

- Disponibilidad.

Tomando en cuenta estas consideraciones, se elaboró el cronograma que consta en el anexo No. 24.

Anexo No. 24: Cronograma general de la instalación del grupo generador Wartsila Diesel.

4.2 MONTAJE DEL MOTOR

4.2.1 REQUERIMIENTOS GENERALES

El personal de supervisión y trabajadores en general deben ser experimentados y de probada competencia en el tipo de trabajo a ellos asignado, para evitar daños del equipo a montar o del mismo personal por mal manejo de equipos y herramientas.

Todos los equipos y materiales deben limpiarse correctamente, eliminando las aristas vivas o esquinas. Los materiales expuestos deben pulirse con detergentes minerales, vapor y de ser necesario corregirse la pintura original.

Se incluye el montaje de estructuras y soportes metálicos para el escape, silenciador, tuberías, tanques y recipientes de: combustible, aceite, agua y aire, todo lo cual debe estar conforme con los planos del fabricante de manera de no exceder las tolerancias permitidas. Las placas de soporte de las columnas se nivelarán correctamente y se colocarán las tuercas, con el ajuste según la tabla de torques correspondiente.

4.2.2 INSTRUCCIONES PARA EL ALINEAMIENTO DEL GRUPO GENERADOR WÄRTSILÄ DIESEL SOBRE LOS AMORTIGUADORES DE VIBRACIÓN

La fundación debe estar hecha sobre suelo firme y el concreto debe ser de alta resistencia y calidad en cuanto a sus materiales agregados, para poder soportar un esfuerzo de compresión mínimo de 250 kg/cm^2 ⁵⁰.

Es recomendado cubrir el espacio que queda entre la base y los patines, para evitar el ingreso de aceite, agua u otros elementos extraños que afecten la instalación.

4.2.3 POSICIONAMIENTO Y ALINEAMIENTO DEL GRUPO MOTOR-GENERADOR WÄRTSILÄ DIESEL SOBRE LOS PATINES

Después de esta alineación se colocan los pernos de anclaje en la base de hormigón.

Seguidamente se preajustan los pernos de los ángulos de acero con la base de concreto y finalmente se ajustan los pernos de cada soporte cónico al patín del motor.

Se debe de colocar una capa de cemento especial (embeco) entre la base de hormigón y el ángulo de acero. El embeco está formado por resinas resistentes a químicos, humedad, aceite y a efectos por vibraciones y sismos.

Una vez seco el embeco, se realiza un ajuste final de los pernos de anclaje. Luego se debe nivelar los amortiguadores, para lo que previamente se afloja todos los amortiguadores para que el peso del motor se reparta uniformemente sobre los mismos.

Los amortiguadores tiene un perno de nivelación, el cual establece el nivel de amortiguamiento o de rigidez de la vibración; en algunos casos el grupo

⁵⁰Ref. 11 Manual 4. Pág. 23

generador puede estar montado rígidamente, pero en otros casos el motor debe estar montado flexiblemente.

Cuando el motor y el generador están montados sobre una base común, deben instalarse soportes cónicos con amortiguación.

El material de los amortiguadores debe ser de goma natural, resistente al aceite mineral, pero su estructura interna no puede estar en contacto con el agua puesto que se oxida el perno de nivelación.

El perno de nivelación puede tener un juego de 2mm⁵¹. Este perno permite que el amortiguador se fije en la base como acople rígido o que se mantenga el grupo generador con juego para absorber las vibraciones; la transmisión de fuerza de vibración es del 15% al 25% cuando se usan acoples cónicos flexibles.

En nuestro caso, el grupo generador tiene un juego axial de vibración de 1mm; la rosca del perno de nivelación tiene paso 1mm, por lo que se calibró con una vuelta del mismo.

4.3 MONTAJE DEL GENERADOR

En el presente caso, el conjunto motor generador es de tipo marino y sus dimensiones y peso lo permiten, el generador viene acoplado al motor y juntos están soportados sobre un patín común. Naturalmente luego que el equipo ha estado funcionando por 3300 horas y ha sido movilizadado y sujeto a labores de carga y descarga, se hizo necesario verificar su nivelación y alineamiento, así como el ajuste del acople entre el motor y el generador.

⁵¹ Ref. 11 Manual 4. Pág. 25

De las medidas que se tomaron, se hizo pequeñas correcciones de la alineación mediante el uso de tuercas soportes regulables y lanas de acero.

Para mayor seguridad se revisó el ajuste del generador, polos y el sistema de excitación.

Finalmente se efectuó una limpieza general del rotor y estator con productos apropiados y se lo conectó nuevamente con resistencias de calefacción para evitar el ingreso de humedad.

4.4 MONTAJE DEL TRANSFORMADOR

Luego de las pruebas en fábrica, se desmontó para el transporte los radiadores del transformador. Una vez que el transformador fue descargado y posicionado sobre su base de hormigón en la subestación de la Central Termoeléctrica, se realizó una inspección visual del mismo, comprobando que no existían golpes ni fugas de aceite, que los terminales de alta y baja tensión así como los medidores de presión, temperatura y nivel de aceite estaban en buen estado y que la presión interna del gas nitrógeno era la misma con la que salió de fábrica.

Luego de esta inspección física, se colocó los pernos de anclaje y se los fundió con hormigón y embeco que tiene propiedades expansivas, para garantizar una buena fijación de los pernos a la base.

Luego de 15 días se procedió a su nivelación, a colocar las tuercas y al ajuste respectivo.

Una vez nivelado el transformador, se instalaron los radiadores con sus respectivos empaques, se abrieron las válvulas para que ingrese el aceite y se completó su nivel utilizando un equipo de tratamiento de aceite.

Finalmente, se introdujo gas nitrógeno a una presión de 0.3 kg/cm^2 a 25°C , para mantener presión positiva en el interior del transformador y evitar el ingreso de humedad.

Para completar la instalación, se conectaron desde el tablero del transformador los cables de control que llevan las señales de alarma y disparo por alta temperatura, bajo nivel de aceite y sobrepresión súbita.

A continuación podemos observar las fotografías del montaje del transformador.



Fotografías 4.1: Montaje del transformador de potencia.

4.5 PUESTA EN OPERACIÓN

Toda instalación que requiera ponerse en operación, debe seguir un procedimiento, el mismo que debe estar escrito y disponible en el sitio mismo y ser actualizado cuando se realicen modificaciones en las instalaciones. Este procedimiento debe comprender todas las instalaciones electromecánicas y el cumplimiento de las normas de seguridad. La falta de cumplimiento de los procedimientos y condiciones de operación de los equipos, puede ocasionar serios daños a las personas e instalaciones.

El manual de procedimientos deberá contener en resumen lo siguiente:

- Una descripción general de las instalaciones, del equipo, de los tableros y de los servicios auxiliares.
- Descripción de las normas generales de operación tanto en condiciones normales como en condiciones de emergencia.
- Descripción de las tareas de los operadores y tableristas.
- Información de lo que debe registrar los operadores y tableristas.
- Relatorio de la operación.
- Informes de fallas.
- Registro diario de la operación.
- Normas disciplinarias.
- Horario de los turnos.
- Registro de asistencia.
- Cumplimiento de funciones.
- Prohibiciones.
- Reemplazo de turnos.

Los procedimientos de operación deberán describir en orden secuencial los pasos a seguir para la operación de las unidades y en general comprende las siguientes actividades generales:

- Debe existir la orden respectiva para la entrada en línea de la unidad, con la indicación de la hora de entrada en paralelo.
- Todos los equipos, dispositivos, sistemas y tableros, deberán estar completamente probados y operativos.
- Todo el sistema de alarmas debe ser probado, comprobando que las luces señalizadoras estén en buen estado y que se disponga de la alimentación de corriente alterna y continua respectiva.
- Debe verificarse la disponibilidad de combustible, lubricantes, agua, aire, vapor, etc.
- Cumplir con los procedimientos particulares para la puesta en marcha de la unidad.

A continuación se describe en forma general los equipos principales y actividades a controlar en la puesta en operación de la unidad generadora:

4.5.1 MOTOR DIESEL

La estación de poder está equipada con un grupo generador diesel, el grupo es manejado por un motor Stork – Wartsila Diesel tipo 8 SW 28, de simple acción de 4 tiempos, con 8 cilindros en línea, equipado con un turbocargador.

El motor diesel puede ponerse en marcha con aceite combustible liviano (diesel) o con aceite combustible pesado (bunker / residuo) sobre los 580 cSt a 50 °C y desarrollar una asentamiento completo hasta una producción de energía de 1920 kW, basados en una succión de aire a una temperatura de 35 °C, presión atmosférica de 540 mbar, y una temperatura de agua de refrigeración de 40 °C.

4.5.2 AUXILIARES

Se deberá comprobar que la alimentación eléctrica de auxiliares esté disponible para poner en funcionamiento los sistemas siguientes:

- Sistema de alimentación, distribución y control de vapor.
- Sistema de alimentación de agua de alta y baja temperatura de refrigeración.
- Sistema de aceite combustible.
- Sistema de lubricación.
- Sistema de aire comprimido.
- Sistema de escape de gases.

4.5.3 GENERADOR

El motor diesel está acoplado con una brida a un generador sincrónico trifásico, de una potencia de salida de 2313 kVA, a 440 V, un factor de potencia ($\cos \emptyset$) de 0.8, una frecuencia (f) de 60 Hz y una velocidad de 900 rpm⁵². Si el generador ha estado fuera de servicio por un largo período, se debe verificar si han estado conectadas las resistencias de calefacción y medir el aislamiento, previo a ponerlo nuevamente en operación.

4.5.4 SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICO

En el cuarto de máquinas, está ubicado el tablero del generador H – 341 y un tablero de distribución de bajo voltaje H – 325. A este tablero llegan los cables de fuerza del generador a un sistema de barras de 440 V y 4000 A. de capacidad, a las cuales está conectado el interruptor termomagnético de potencia, los transformadores de corriente para medición y protección del generador y de donde se puede también derivar una conexión para servicios auxiliares a 440 V.

⁵² Ref. 11 Manual 4. Pág. 32

El tablero de distribución suministra energía eléctrica a los sistemas y módulos auxiliares. También se dispone de dos tableros de distribución de corriente continua, el uno de 24 VDC para el tablero H-341 de control y protecciones del motor-generador y el otro de 125 VDC para el nuevo tablero metal-clad de protección del transformador.

En la sala de control de la central, se instaló el tablero de control y protecciones. Con este tablero se comanda el arranque y parada de la unidad, la sincronización con el sistema existente, se controla y monitorea el motor – generador y se monitorean los auxiliares. También dispone de la medición de energía en el lado de 440 V. y están los paneles de alarmas del conjunto motor generador. Se incrementará en éste panel las alarmas del transformador de elevación de 440 a 6600 V.

Junto a este tablero, se ubica el medidor de energía de la nueva unidad, para el Centro de Control de Energía (CENACE).

En la planta baja de la casa de máquinas, en donde están instalados los tableros metal clad de 6600 V. de las seis unidades y de las salidas a los transformadores de fuerza de 6600/138000V, se ubicó el tablero metal clad de 6600 V. de la unidad Wärtsilä Diesel, con el relé de protección multifunción TPU 2000R que enviará las órdenes de disparo, en caso de detectar fallas en: el transformador, elementos del tablero metal-clad o en los cables de fuerza.

Este conjunto de equipos y elementos deberá estar completamente operativo y probado para iniciar el proceso de operación de la unidad.

4.5.5 DESCRIPCIÓN Y OPERACIÓN DEL MOTOR DIESEL Y OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS AUXILIARES

4.5.5.1 Operación del motor diesel

El generador es impulsado por el motor Wartsila Diesel, tipo 8 SW28, 900 rpm, 8 cilindros en línea y de simple acción, con turbocargador y enfriadores de aire.

El enfriador de aire, el aceite de lubricación, los cilindros, las coronas de cilindros y el turbocargador son usualmente enfriados por el circuito de agua de enfriamiento.

El agua de enfriamiento es refrigerada por el aire en combinación del los radiadores de baja y alta temperatura.

El motor está acoplado flexiblemente a un brida del generador trifásico de corriente alterna. El motor y el generador están colocados sobre una base de acero y ésta a su vez sobre amortiguadores se la ancla a la base de hormigón.

4.5.5.2 Acciones de pre - arranque para la operación

Antes de arrancar el motor diesel, se debe chequear lo descrito en la siguiente lista, para asegurar un arranque exitoso.

- Comprobar la posición de las válvulas en el sistema.
- Chequear el nivel del tanque de alimentación y verificar el suministro de agua desmineralizada a este circuito.
- Verificar la disponibilidad de químicos para el agua en el tanque de dosificación.
- Poner en marcha la bomba de dosificación de químicos para el agua desmineralizada.
- Poner en marcha el caldero auxiliar para la obtención de vapor en los módulos auxiliares.
- Asegurarse que se disponga de combustible suficiente para la operación de la caldera auxiliar.
- Verificar que la línea de vapor tenga la presión y temperatura correctas para el funcionamiento de los módulos de control.

- Chequear el nivel de combustible de los tanques de almacenamiento de combustible.
- Poner en marcha la purificadora de diesel para que el combustible empiece a recircular.
- Poner en marcha la purificadora de bunker, para que el combustible recircule y llene el tanque diario de abastecimiento.
- Poner en marcha la bomba de transferencia de combustible U. 694 de bunker.
- Poner en marcha el módulo booster U.672 de combustible.
- Poner en marcha el módulo de retorno de combustible y de recolección de residuos.
- Chequear el nivel de aceite en el tanque sumidero del módulo de purificación y llenarlo si es necesario.
- Poner en marcha la purificadora de aceite U. 711
- Chequear la temperatura del aceite térmico y el nivel en el módulo de calentamiento de inyectores U. 541; si es necesario completar el nivel.
- Poner en marcha el módulo de control de temperatura, U. 541.
- Chequear la temperatura del radiador U. 541.
- Poner en marcha el radiador de alta temperatura U. 541.
- Chequear el nivel del agua de refrigeración del radiador de baja temperatura U. 511 en su tanque de presión V. 511 y chequear la presión del mismo. Completar el nivel de requerirse y poner en marcha el módulo de precalentamiento de agua U. 512, una hora antes de arrancar el motor.
- Chequear el nivel de agua del radiador de alta temperatura U. 591 y verificar la presión en el tanque de expansión; si falta agua, completar el nivel.
- Chequear el nivel de aceite en el compresor. Completar el nivel de requerirse.
- Poner en marcha el compresor de aire, U. 831.
- Purgar el aire de arranque en la botella V. 811 y chequear la presión.
- Drenar las líneas de presión en el sistema.
- Chequear la carga de aire en el motor y purgarlo, especialmente después de un largo período de funcionamiento.

- Chequear el nivel de aceite en el regulador de velocidad (governor) y en el turbocargador.
- Verificar que las bombas de lubricación estén funcionando y prelubricar el motor.
- Chequear todas las conexiones asociadas al regulador de velocidad y las bombas de combustible.
- Usando el girador, chequear los cilindros. No debe ingresar agua cuando esté abierto el indicador de arranque.
- Después de que el indicador se apague, desenganchar el girador.
- Abrir la válvula 003.8 para el ingreso del aire de arranque para el motor.
- Arrancar la bomba primaria de lubricación P. 713, en el tablero de auxiliares.
- Poner en operación desde el tablero de control y operación los ventiladores de los radiadores de baja y alta temperatura.
- Chequear el tablero de control del motor-generator y verificar que las alarmas no estén accionadas.
- Parar la bomba de lubricación primaria P. 713, cuando la presión de aceite sea la correcta o 5 minutos después del arranque de la bomba.
- El arranque del motor es permitido luego de haber parado la bomba de lubricación primaria.

4.5.5.3 Arranque del motor

Para arrancar el motor, debe asegurarse que todos los pasos del prearranque se hayan cumplido y que ninguna de las alarmas estén activadas. Se debe parar el módulo U. 512 de precalentamiento de agua, justo después de que el motor arranque. En condiciones de precalentamiento el motor está listo para recibir carga.

Se pone en marcha el motor diesel mediante el tablero instalado en la sala de control de la central, siguiendo estos pasos:

- Presionar el botón de arranque: El motor es accionado con el aire de arranque. Los mecanismos de seguridad se activan y aseguran la puesta en marcha de la unidad, deteniéndola si el motor no alcanza la velocidad necesaria para el arranque.
- Tan pronto como arranque el motor, se alcanza la velocidad nominal (900 rpm), accionando el regulador de velocidad.
- En el tablero de control, se eleva el voltaje en el generador, accionando con la perilla el reóstato de campo de la excitatriz. A mayor voltaje de excitación, se incrementa el valor del voltaje generado y luego se conecta el regulador automático de voltaje.
- Para sincronizar se igualan los valores de voltaje, frecuencia y el desfase angular de la unidad que va a entrar en operación, con los valores de la barra de 6600 V. Se puede sincronizar en forma manual o automática, para lo que se dispone de los elementos de control necesarios, como son el verificador de frecuencia y el relé de sincronización 25. La sincronización se realiza en el tablero de control de la sala de control.
- Una vez que se cumplen las condiciones de sincronización, se cierra el interruptor W52G y se inicia el proceso de toma de carga accionando el regulador de velocidad. A más inyección de combustible, más carga toma el grupo motor –generador.
- Una vez que la unidad tome la carga asignada según el programa de operación, queda en línea en operación automática y sujeta al control de los operadores y tableristas.

4.5.6 MANTENIMIENTO GENERAL DEL EQUIPO

4.5.6.1 Lista de actividades del mantenimiento realizado

- a) Se inspeccionó de todos los intercambiadores de calor, los sistemas de lubricación, los sistemas de aceite, los sistemas de transferencia de agua, todos con sus respectivas bombas, presentes en la unidad y en sus módulos de alimentación respectivos.

- b) Se desconectó el generador.
- c) Se midió la deflexión del cigüeñal en sus respectivos puntos.
- d) Se ajustó los pernos del acople del generador (llave WD 40).
- e) Se desmontó y limpió los filtros de aceite y de combustible.
- f) Se desmontó un cabezote, y se inspeccionó un inyector, una válvula de arranque, una válvula de alivio, una válvula de escape, una válvula de admisión y un cilindro; se limpió y verificó los ocho inyectores de combustible.
- g) Con el pistón desmontado se realizó la inspección de rines y camisa, se midió el diámetro de la camisa, se removió el cojinete de biela y se inspeccionó la manivela del cigüeñal.
- h) Se revisó los cojinetes del generador.
- i) Se inspeccionó todos los instrumentos de medida y el regulador de velocidad (governor), se limpió todas las líneas de alimentación hacia los instrumentos.
- j) Se inspeccionó el árbol de levas.
- k) Pruebas de todo el equipo de lubricación, se realizó transferencia de aceite de sistema.
- l) Se abrió el generador y se chequeó la resistencia de aislamiento.
- m) Se inspeccionó la botella de aire y válvulas de alivio.
- n) Se aisló térmicamente las líneas de combustible y de vapor.

4.5.6.2 ACTIVIDADES A REALIZARSE POR HORAS DE OPERACIÓN DEL GRUPO GENERADOR WARTSILA DESPUES DEL MANTENIMIENTO GENERAL

Tabla 4.1: Lista de actividades de mantenimiento por horas de operación contadas después del mantenimiento mayor.

HORAS DE OPERACION	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO
750	<ul style="list-style-type: none"> - Chequear rotadores de válvulas - Cambiar los seis filtros de aceite - Cambiar el aceite del turbocargador (lado compresor y lados gases de escape) - Chequear el sistema de refrigerante y la concentración de aditivo del área de enfriamiento - Limpiar los filtros de admisión del turbocargador - Drenar los tanques de combustible
1500	<ul style="list-style-type: none"> - Chequear y ajustar rotadores de válvulas de cilindros - Cambiar filtros de aceite - Limpiar inyectores y cambiar toberas - Cambiar aceite del turbocargador - Cambiar aceite del regulador de velocidad - Renovar el químico inhibidor de corrosión del sistema de agua de enfriamiento

**Tabla 4.1: Lista de actividades de mantenimiento por horas de operación contadas después del mantenimiento mayor.
(Continuación)**

	<ul style="list-style-type: none"> - Limpiar los filtros de admisión del turbocargador - Chequear la protección de sobrevelocidad del motor - Cambiar el aceite de la purificadora de aceite - Chequear los niveles de fluidos, chequear presiones y termostatos - Drenar los tanques de combustible
2250	<ul style="list-style-type: none"> - Chequear los ratadores de válvulas de cilindros - Cambiar filtros de aceites lubricantes - Cambiar aceite del turbocargador (lado compresor y lados gases de escape) - Chequear el sistema de refrigerante y la concentración de aditivo del área de enfriamiento - Limpiar los filtros de admisión del turbocargador - Drenar los tanques de combustible
3000	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar pruebas con el endoscopio de los cabezotes de válvulas y de las camisas - Chequear y ajustar claros de válvulas - Limpiar los filtros de combustible - Cambiar empaques de los inyectores - Cambiar filtros de aceite - Cambiar aceite y limpiar filtros del turbocargador.

Fuente: Manuales STORK WÄRTSILÄ DIESEL 8SW 280.

En el anexo No. 26 se puede observar las hojas de toma de datos de operación del grupo generador y sus respectivos módulos auxiliares.

Anexo No. 26: Hojas de registro de datos de operación.

4.5.7 PRUEBAS ESTÁTICAS

Todos los materiales y equipos adquiridos para complementar la instalación del grupo termoeléctrico, son sometidos durante su fabricación, a todas las pruebas, controles, inspecciones o verificaciones prescritas en las Especificaciones Técnicas y/o en las normas adoptadas, para comprobar que los materiales y equipos satisfagan las exigencias, previsiones e intenciones de las Especificaciones Técnicas y además una vez instalados, se requiere también realizar pruebas adicionales y repetir algunas de las pruebas de fábrica .

Por otra parte, luego de instalada la unidad termoeléctrica, se requiere efectuar las pruebas estáticas necesarias para verificar y asegurar que todo el ensamblaje e instalación de los componentes originales se ha realizado correctamente y están dentro de las tolerancias permitidas y además que sus elementos se encuentran en buen estado.

Por lo mencionado, a continuación se describen las pruebas estáticas realizadas en el sitio de montaje:

4.5.7.1 Deflexión y alineamiento del eje del cigüeñal

4.5.7.1.1 Introducción

Como definición de Alineamiento de Maquinaria podemos mencionar lo siguiente: los ejes de rotación de las máquinas se deben encontrar colineales (un eje de rotación es la proyección del otro), y lo anterior se considera bajo condiciones de operación o de trabajo normales (entiéndase, temperatura,

carga y velocidad). Debido al impacto que tiene el “alineamiento” correcto entre flechas o más comúnmente hablamos del “desalineamiento”, en la vida útil, consumo de energía, consumo de refacciones y afectación a la operación de las plantas, tenemos las siguientes consideraciones al respecto:

4.5.7.1.2 Detección del problema y corrección de las dificultades

En diversos estudios realizados por usuarios y fabricantes de maquinaria rotativa acoplada por flechas, se ha demostrado que, el desalineamiento es la principal causa, de por lo menos el 50% de las fallas en maquinaria rotativa.

El desalineamiento no es fácil de detectar en la maquinaria que está en operación. Las fuerzas radiales transmitidas de una flecha a la otra son difíciles de medir externamente. No existe instrumentación que pueda ser utilizada para medir directamente la magnitud de las fuerzas aplicadas a los rodamientos, flechas, sellos y acoples. Generalmente, lo que observamos son algunas consecuencias que se deben al desalineamiento de las flechas y que generan algunos defectos que observamos a través de:

- Disminución de vida útil de rodamientos, sellos, flechas y acoples.
- Incremento de temperatura de carcasa.
- Incremento de la vibración axial y radial en la máquina.
- Fugas de aceite, grasa y otros fluidos en los sellos.
- Ruptura de apoyos de las máquinas.
- Daño en cimentaciones y bases.
- Daño o aflojamiento de tornillos de fijación.
- Deformación de carcasas.
- Incremento en el consumo de energía eléctrica.

En la actualidad, se utiliza el análisis de vibraciones para detectar el desalineamiento con la máquina en operación, aunque como se mencionó, los valores medidos no son directamente proporcionales a las fuerzas a las que los rodamientos se encuentran sometidos. Por otra parte, para la corrección del

alineamiento, los métodos antiguos y más utilizados han sido tradicionalmente la regleta o los indicadores de carátula.

En la figura 4.1 se puede observar la medición del desalineamiento con un equipo de rayo láser óptico.

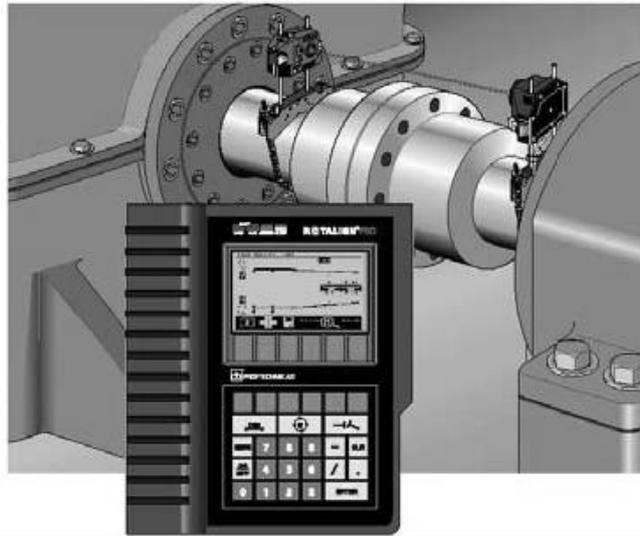


Figura 4.1: Sistema de alineamiento con rayo láser óptico que mide los desplazamientos radiales del motor y generador sobre una determinada distancia axial.

Para medir el alineamiento del grupo generador, se toma como referencia el eje del cigüeñal.

Para esto, el eje del cigüeñal debe estar libre de todas las cargas, así como son el peso de los acoples.

Después de alinear el eje del cigüeñal, los límites de deflexión del volante de inercia tienen un valor máximo de 0.025mm^{53} y no se debe poner en marcha el equipo si el valor es de 0.035mm o mayor.

⁵³ Ref. 11 Manual 4. Pág. 36

Si se toma una medida en el extremo final libre, la deflexión del volante tiene un valor límite para el primer engrane de 0.06mm y si es de 0.08mm o mayor, no se debe arrancar el grupo generador. La máxima desviación adyacente del engrane es 0.7mm por la deflexión límite, pero no se debe operar el grupo con este valor.

La máxima desviación entre los puntos A y E (ver figura 4.2) es de 0.01mm⁵⁴ para motores con cilindros ubicados en línea y 0.02mm para motores con cilindros ubicados en V, pero no se debe arrancar el grupo con estos valores. El momento de giro en el eje del cigüeñal causado por pesos extras está limitado, así como su correspondiente deflexión. La desviación axial y radial del alineamiento del acople flexible, están calibrados en los valores de 0.2mm y pasado 0.4mm no se debe operar el equipo.

La figura 4.2 representa el eje del cigüeñal, con sus puntos de medición

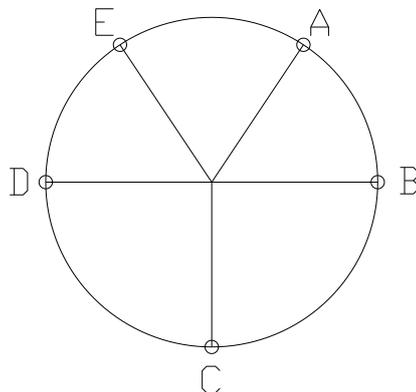


Figura 4.2: Puntos de medición en el eje del cigüeñal.

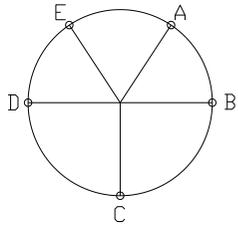
El valor de la máxima desviación entre $\frac{2C + A + E}{4}$ y $\frac{D + B}{2}$ 4.1
no debe ser mayor a: 0.01mm⁵⁵.

⁵⁴ Ref. 11 Manual 4. Pág. 36

⁵⁵ Ref. 11 Manual 4. Pág. 37

Tabla 4.2: Análisis de la deflexión y alineamiento del cigüeñal.

CILINDRO #	A	B	C	D	E	DESVIACION	DEFLEXION	DIFERENCIA DE LA DEFLEXION HORIZONTAL ENTRE CILINDROS (mm)	DEFLEXION VERTICAL (mm) (D - B)	DIFERENCIA DEFLEXION VERTICAL ENTRE CILINDROS (mm)
						$\frac{2xC + A + E}{2} - \frac{D + B}{2}$	$\left(\frac{E + A}{2}\right) - C$			
1	10	9,9	9,9	10,0	10,0	0,000	0,003		0,003	
								-0,010		0,018
2	10	10,0	9,4	9,4	9,8	-0,001	0,013		-0,015	
								0,000		-0,003
3	10	10,0	9,5	9,5	10,0	0,000	0,013		-0,013	
								0,003		-0,013
4	10	9,5	9,5	9,5	9,8	0,005	0,010		0,000	
								-0,009		0,003
5	10	9,3	9,0	9,2	9,5	0,003	0,019		-0,003	
								0,005		-0,028
6	10	10,0	9,8	11,0	10,7	-0,011	0,014		0,025	
								-0,011		0,046
7	10	10,0	9,0	9,2	10,0	-0,003	0,025		-0,020	
								0,013		-0,008
8	10	10,0	9,7	9,5	10,4	0,005	0,013		-0,013	
VALORES LIMITES						0,01 (mm)	0,025 (mm)	0.018 (mm) (0.7 X 0.025)	0,025 (mm)	0.018 (mm)



PUNTOS DE MEDICIÓN DEL CIGUEÑAL

4.5.7.2 Pruebas de rutina en piezas fundidas y forjadas

Se efectuaron pruebas de rutina no destructivas por medio de líquidos penetrantes.

Se aplicó la siguientes norma:

- Verificaciones con líquidos penetrantes, según las exigencias del Apéndice VIII de “Methods of Liquid Penetrant Inspection” de la Sección VIII del ASME Boiler and Pressure Vessel Code.

Todas las piezas principales fundidas y forjadas, afectadas o sujetas a esfuerzos de servicio elevados, a impactos, a la fatiga o a esfuerzos de vibración, fueron sometidas a pruebas con líquido penetrante END II y a una verificación visual.

Se eliminarán los defectos de mayor importancia descubiertos mediante estas pruebas y/o verificaciones. Utilizando la inspección con líquidos penetrantes.

Si las piezas fundidas y forjadas tuvieren defectos perjudiciales podrán ser rechazadas.

Las piezas fundidas y forjadas que tengan defectos mayores y que sean reparadas por soldadura, tendrán que ser sometidas a nuevas

Todas las reparaciones por soldadura de defectos menores como los definidos en la norma ASTM-A27 serán verificadas mediante líquido penetrante.

4.5.7.3 Pruebas en chapas y soldaduras

Todas las planchas y chapas principales, es decir, chapas sujetas y/o afectadas por esfuerzos de servicios importantes, choques, fatiga o vibración, fueron sometidas, antes de la fabricación y soldadura, a inspecciones visuales.

Las chapas cuyo espesor variaron considerablemente y cuyas superficies eran muy desiguales y contenían sopladuras, grandes inclusiones no metálicas, segregaciones, escamas, superposiciones, zonas exfoliadas, fisuras, ampollas u otros defectos mayores, fueron rechazadas.

De las 17 planchas de acero inoxidable que se adquirió solo 1 estuvo con un defecto de inclusiones no metálicas y fue rechazada y cambiada al fabricante.

4.5.7.4 Pruebas hidrostáticas

Los tanques, tuberías y depósitos que están en funcionamiento bajo presión interna, fueron sometidos a una prueba hidrostática. La presión de prueba será 1.5 veces la presión máxima de servicio y no menos de 2 kg/cm².

La presión de prueba se aplicó normalmente durante un período de una hora hubo fugas en las bridas y en algunas válvulas check se procedió al cambio respectivo y ajuste necesario, se realizó nuevamente las prueba y no se produjo fugas ni una baja de presión.

Cualquier defecto que se origine durante las pruebas con carga o en los ensayos será corregido a satisfacción de TERMOPICHINCHA S.A., el cual podrá decidir si considera necesaria la repetición de los ensayos.

4.5.7.5 Controles dimensionales

Los componentes principales fueron sometidos a controles dimensionales, en particular cuando se requiere una gran precisión o un ajuste perfecto (tolerancias de los ejes; entre componentes estacionarios y móviles; dimensiones para el ensamblaje con otros componentes; etcétera).

Se realizó la medida del alineamiento y nivelación de todos los módulos de auxiliares mediante tuercas soportes regulables, así como también el cambio de pernos en las bridas con sus respectivas tuercas y arandelas de presión.

Si los controles dimensionales revelaren diferencias en las dimensiones que puedan afectar el ajuste, se eliminarán éstas diferencias lo más rápidamente posible. No obstante, estas correcciones o modificaciones no deben, en ningún caso afectar la confiabilidad o la intercambiabilidad de los componentes.

4.5.7.6 Control de las superficies

La conformidad del acabado de las superficies con las indicaciones que figuren en los planos de construcción se determinaron mediante la inspección al tacto y comparándolos con los Patrones de Rugosidad (Standard Roughness Specimens) aplicables.

4.5.7.7 Pruebas estáticas del generador

Una vez que el generador ha sido montado, alineado y sometido a una limpieza general, se realiza un proceso de secado lento mediante resistencias de calefacción a 400Ω y a temperatura ambiente del generador y de la excitatriz.

Se obtuvo un valor de aislamiento de 4.5 mega ohm; cuando se tiene un valor adecuado del aislamiento, el cual debe ser mayor a 3 mega ohm para nuestro caso en que el voltaje nominal es de 440V, se considera que el aislamiento está correcto y se mide también la resistencia de las bobinas para tener un valor referencial, el cual que debe ser comparado con el valor nominal de fábrica. El valor de la resistencias fue de 107 ohm y fue exacto al valor de la placa del generador.

4.5.7.8 Pruebas de los tableros de control, medición y protecciones.

En general todos los tableros y sus componentes son probados en fábrica según lo que se describió en el Capítulo 3. Luego de instalados se requiere repetir varias pruebas y sobre todo comprobar que las interconexiones entre los diferentes tableros y equipos se hayan realizado correctamente.

En el presente caso, en el tablero de entrada del generador a 440 V, se midió la resistencia de aislamiento, con un megger de 500 V, dando valores mayores que 200 mega ohm en las barras e interruptor de fuerza y se comprobó que todas las conexiones entre barras y las de los cables de fuerza, estén debidamente realizadas, con el ajuste correcto y las fases tengan la identificación respectiva (A,B,C). Además que tengan las respectivas puestas a tierra. En este tablero también se realizaron pruebas de operación del interruptor W52G con mando eléctrico y manual, para lo que se puso en operación el cargador y el banco de baterías de 24 VDC y se alimentó los circuitos de control a 24 VDC.

En el tablero de servicios auxiliares, igualmente se midió el aislamiento dando un valor de 208 mega ohm, se verificó el ajuste de las conexiones eléctricas, que los breakers de protección operen correctamente, que tengan la identificación pertinente, que todos los cables estén numerados y marcados y el tablero esté puesto a tierra. Todos los circuitos se probaron con un zumbador para asegurar la continuidad, buen estado y que estén instalados de acuerdo con los planos.

En el tablero metal clad de protección del transformador, a más de las pruebas efectuadas en fábrica, una vez que se realizó el conexionado de cables de fuerza y control, se realizaron las pruebas señaladas en el párrafo anterior y las pruebas de operación del interruptor con mando manual y eléctrico. Para medir el aislamiento de alta tensión (6600V), se utilizó un megger de 1000 V y los valores no deben ser menores a 100 Mega omhs.

Por cuanto en este tablero están conectadas las protecciones del transformador (sobretensión de bobinados, sobretensión del aceite y sobrepresión), además de la protección diferencial y de sobrecorriente del transformador, barras, transformadores de corriente y voltaje, interruptor de fuerza W52T y cables de fuerza entre el tablero del generador en 440 V y el tablero metal de 6600 V, se alimentó el tablero con 125 VDC y se realizaron las pruebas funcionales, comprobando que todas las protecciones operen correctamente y que disparen el interruptor del generador en 440 V W52G y el interruptor del transformador en 6600 V W52T, para aislar completamente una eventual falla en esta parte del sistema. Para ejecutar estas pruebas, se programó y previamente el relee multifunción TPU 2000R.

En el tablero de control, medición y protecciones del grupo motor – generador, se procedió de igual manera en lo que respecta a medición de aislamiento, verificación del conexionado, marcado de cables, accesorios e instrumentos, breakers de protección, relés auxiliares, etc.

Adicionalmente a este tablero también llegan las señales de monitoreo y alarmas de todo el sistema, esto es motor, auxiliares, generador, transformador y lo más importante, en este tablero están los comandos de arranque, parada y sincronización del generador con las barras y equipos importantes como el regulador de voltaje.

Por esta razón, las pruebas estáticas y funcionales en vacío de este tablero requieren mucho trabajo y seguridad en las conexiones y maniobras que se realizan.

4.5.7.9 Pruebas de los tableros de comando de los equipos auxiliares, bombas y motores.

Se efectuaron las pruebas de aislamiento, conexión y verificación de marcas. En las pruebas de estos tableros se comprueba además que todas las entradas y salidas de alimentación de corriente alterna o continua estén debidamente protegidas con breakers y que los relés de protección de los motores y sus arrancadores estén operativos, dando valores de 211 mega ohm.

4.5.7.10 Pruebas de los cables de fuerza, puntas terminales y cables de control.

Se comprobó que todos los cables de fuerza de 440 V y 6600 V estén debidamente instalados, sin curvaturas que tengan un diámetro menor a 10 veces el diámetro exterior del cable, que estén debidamente marcados y conectados y se midió la resistencia de aislamiento incluyendo las puntas terminales.

En los cables de control, se midió el aislamiento dando un resultado de 502 mega ohm, se comprobó mediante un zumbador que estén correctamente instalados a las bornas terminales según los planos de alambrado, que exista continuidad eléctrica y que estén debidamente identificados y marcados.

4.5.7.11 Energización del tablero metal clad de 6600 V, mado de elevación y barras de 440 V.

Una vez que las pruebas estáticas han sido satisfactorias, procede realizar pruebas con voltaje en los tableros de baja y alta tensión, para lo cual se alimentó con tensión de 125 VDC el tablero metal clad de 6600 V y una vez operativo, se conectó el cable aislado a las barras de 6600 V. de la central y se cerró el interruptor W52T, energizando así el tablero metal clad.

Luego se procedió a cerrar el interruptor W52T, energizando así el transformador de elevación de 2500 KVA, 440/6600 V y por medio del cable de fuerza se energiza también las barras de 440 V del tablero del generador, hasta el lado de salida del interruptor W52G.

Energizado el transformador en vacío (sin carga), se lo mantuvo en observación por 24 horas, sin detectar ninguna novedad.

4.5.7.12 Energización del autotransformador de 120 kVA, 380/440 V y pruebas de los auxiliares

Efectuadas las pruebas de fábrica y comprobado el circuito de conexión y protecciones, se energizó el autotransformador de 380/440 V, alimentando con éste el tablero de distribución para auxiliares del grupo Wartsila.

Desde el tablero de auxiliares, se energizaron los tableros de los diferentes módulos, se midió el voltaje de entrada en cada uno y se realizaron pruebas funcionales arrancando los motores y bombas, verificando el sentido de giro y observando que trabajen sin exceder de las temperaturas normales o que hayan puntos calientes en la instalación.

4.5.7.13 Pruebas en sitio del transformador

Previo a la puesta en operación del transformador, se realizaron pruebas en el sitio de instalación.

Las pruebas e inspecciones son las siguientes:

- Pruebas dieléctricas en muestras de aceite usado para llenar el transformador, dando como resultado un rigidez dieléctrica de 48 kV, lo que confirma que es aceptable puesto que el máximo valor es de 50 kV.
- Se verificó que no exista fugas en los recipientes de aceite, empaques y tuberías.
- Comprobación de conexiones y medidas de la resistencia del aislamiento a tierra, con un probador de aislamiento de 500 voltios, en todos los alambros y cables instalados en el sitio, dando como resultado 2 mega ohm.
- Se realizó la medición de resistencia óhmica de los devanados del transformador y se chequeo la continuidad de las conexiones de los devanados con los cambiadores de taps en todas las posiciones y los resultados fueron H1 H2 = 0.128; H2 H3 = 0.128; H3 H1 = 0.128 R/fase = 0.192 (ohm).
- Se verificó que el transformador y sus pararrayos estén conectados al sistema de puesta a tierra de la subestación.
- Se verificó la polaridad y medición de la relación de transformación sobre todas las tomas y esta de acuerdo a los datos de la placa 26.004
- Se verificó el desplazamiento angular y de la secuencia de fases, de acuerdo a la placa conexión DY11.

De acuerdo a los resultados obtenidos de las pruebas se concluye que el transformador se encuentra en buenas condiciones, así como también se verifica los valores de protocolo entregados por la empresa ECUATRAN.

4.5.8 PRUEBAS DINÁMICAS

Las pruebas fueron realizadas con una variación de carga de 25, 50, 85, 100 y 110 %

Tabla 4.3: Características Principales del Grupo Generador Wärtsilä Diesel 8SW280.

Especificaciones del Motor		
	Valor	Unidad
Diámetro del cilindro	280	mm
Carrera	300	mm
Número de cilindros	8	
Potencia de salida	1920	kW
Velocidad	900	r.p.m
Orden de encendido	1-6-2-5-8-3-7-4	
Movimiento destrógeno	Regulado	
Bombas	3	
Enfriador de aceite	1	
Regulación nominal de las válvulas para el arranque		
	Grados	Descripción
Válvula de admisión abierta	45	Después del punto muerto superior
Válvula de admisión cerrada	50	Antes del punto muerto inferior
Válvula de escape abierta	50	Después del punto muerto inferior
Válvula de escape cerrada	65	Antes del punto muerto superior
Momento de la inyección	15	Después del punto muerto superior
Calibración de la válvulas		
	Valor	Unidad
Válvula de admisión	0.7	mm
Válvula de escape	1.1	mm

Fuente: Manuales STORK WÄRTSILÄ DIESEL 8SW 280.

Tabla 4.4: Dispositivos de Seguridad.

Alarmas y dispositivos de seguridad		
	Valor	Unidad
Aceite de lubricación	2.5	bar
Falta de aceite de lubricación	2.0	bar
Parada con alarma de aire	5.5	bar
Operación de los dispositivos de seguridad	250	rpm

Sistema de seguridad de sobrevelocidad	1035	rpm
--	------	-----

Fuente: Manuales STORK WÄRTSILÄ DIESEL 8SW 280.

Tabla 4.5: Pruebas dinámicas con variación de carga.

Carga	%	100	110	85	50	25
Fecha: Mayo 2006		22	23	24	25	26
Tiempo		09:56	10:27	10:57	11:28	11:58
Potencia de salida	kW	1930	2126	1651	980	501
M.E.P	bar	17.5	19.2	14.9	8.9	4.5
Velocidad	rpm	898	897	898	898	898
Condiciones Ambientales						
Temp. Ambiente	°C	18.8	18.5	18.8	19.8	20.4
Temp. Salida turbo	°C	33.1	35.1	38.8	32.5	31.2
Presión Atmosférica	mbar	999	999	999	999	999
Temp. Agua salida del enfriador de aire	°C	38.2	38.1	38.2	38.1	38.1
Humedad	%	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
Combustible						
Consumo	Kg/h	412.75	455.96	354.73	223.38	132.05
Consumo	g/kWh	213.88	214.45	214.93	227.97	263.65
Consumo ISO	g/kWh	210.81	211.20	211.02	225.00	260.36
Temp. entrada del motor	°C	23.6	23.3	22.0	24.6	25.5
Presión de entrada	bar	4.9	5.1	4.9	5.1	5.2
Posición de las cremalleras	mm	25.7	27.5	22.5	16.0	11.3
Aceite de lubricación						
Temp. entrada enfriador	°C	76.4	76.7	76.4	75.4	74.7
Temp salida enfriador	°C	64.3	65.0	63.7	61.7	61.1
Temp entrada motor	°C	69.0	69.0	69.0	69.3	69.6
Pres. entrada motor	bar	3.9	3.9	3.9	4.0	4.0
Presión en el Carter	mmwg	3	3	3	3	3
Circuito de alta temperatura del enfriador de agua						
Temp. entrada motor	°C	75.4	75.4	75.4	75.4	75.8
Temp. salida enfriador de aire	°C	84.5	86.1	82.1	77.0	75.4
Temp. salida motor	°C	81.0	81.3	80.3	79.0	78.4
Pres. entrada motor	bar	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Circuito de baja temperatura del enfriador de agua						
Temp. entrada enfriador de aire	°C	38.6	37.7	38.3	37.7	38.3
Temp. salida enfriador de aire	°C	47.0	47.4	44.8	41.9	40.0

Temp. entrada enfriador de aceite	°C	40.3	39.7	39.7	38.7	38.4
Pres. salida enfriador de aceite	bar	41.8	41.2	40.9	39.9	39.3
Temp. entrada motor	°C	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4

Tabla 4.6: Pruebas dinámicas con variación de carga.

Carga	%	100	110	85	50	25
Fecha: Mayo 2006	22	23	24	25	26	
Tiempo		09:56	10:27	10:57	11:28	11:58
Potencia de salida	kW	1930	2126	1651	980	501
M.E.P	bar	17.5	19.2	14.9	8.9	4.5
Velocidad	rpm	898	897	898	898	898
Temperatura de los gases de escape						
Cilindro 1	°C	421	437	405	373	363
Cilindro 2	°C	378	391	367	341	329
Cilindro 3	°C	399	409	388	364	359
Cilindro 4	°C	397	413	384	359	341
Cilindro 5	°C	404	419	394	372	366
Cilindro 6	°C	382	397	372	352	353
Cilindro 7	°C	384	400	377	360	364
Cilindro 8	°C	400	417	394	386	389
Promedio	°C	385	410	385	363	358
Turbocargador						
Temp. Gases de escape entrada turbo	°C	471	484	462	433	382
Temp. Gases de escape salida turbo	°C	315	318	325	345	327
Velocidad	rpm	24500	25500	22500	16300	11200
Temp. Aire entrada turbo	°C	33.4	35.3	38.8	32.5	31.2
Presión atmosférica	mbar	999	999	999	999	999
Temp. Aire salida compresor	°C	186.3	201.9	167.4	100.8	61.1
Temp. Tanque de aire	°C	53.8	55.4	51.2	46.7	70.3
Pres. Tanque de aire	bar	2.24	2.52	1.75	0.75	0.24
Nivel de Humo	bosch	0.15	0.16	0.21	0.55	0.56

En las siguientes figuras se puede observar los resultados de las pruebas gráficamente.

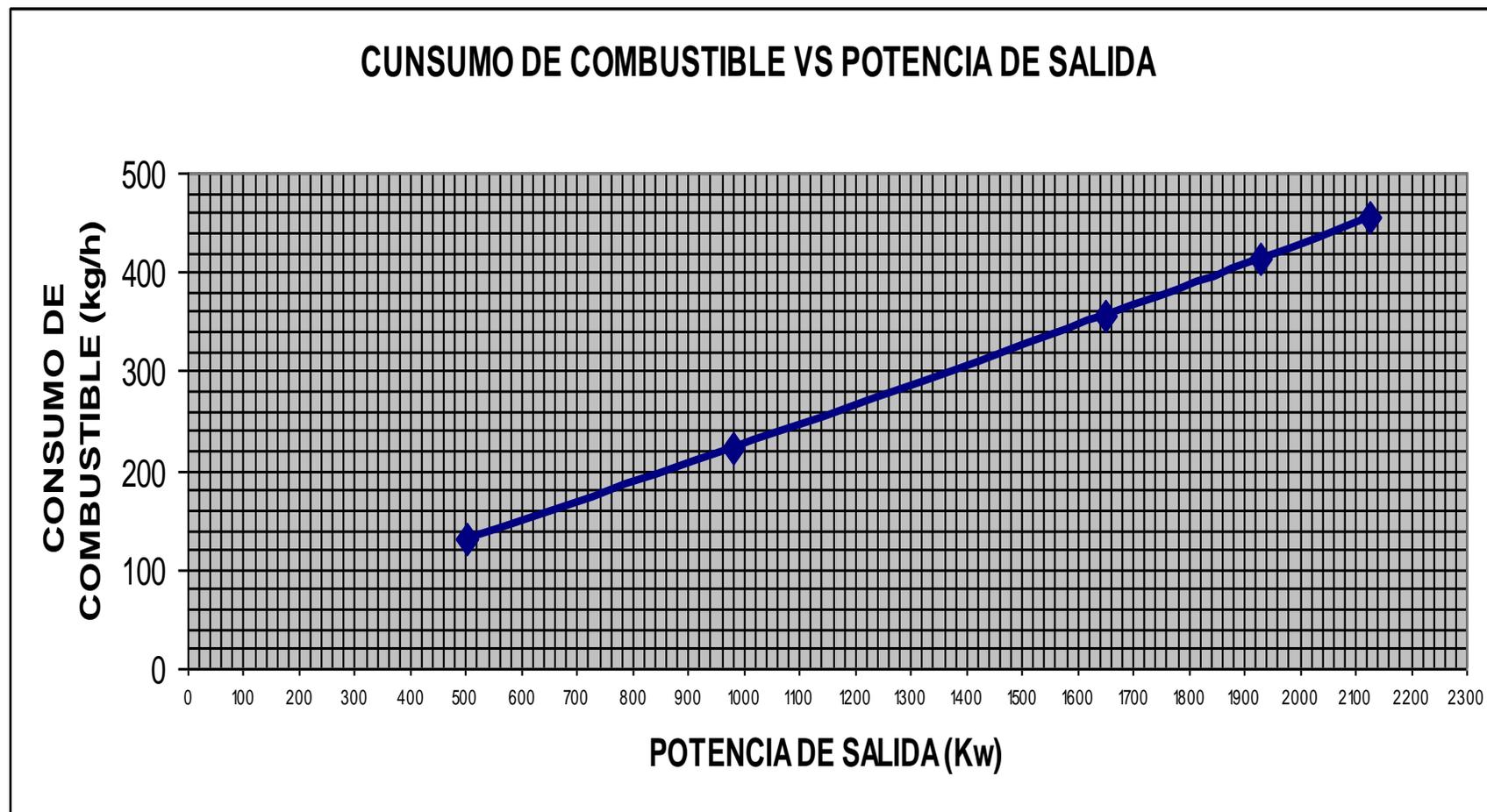


Figura 4.3: Consumo de combustible vs potencia de salida.

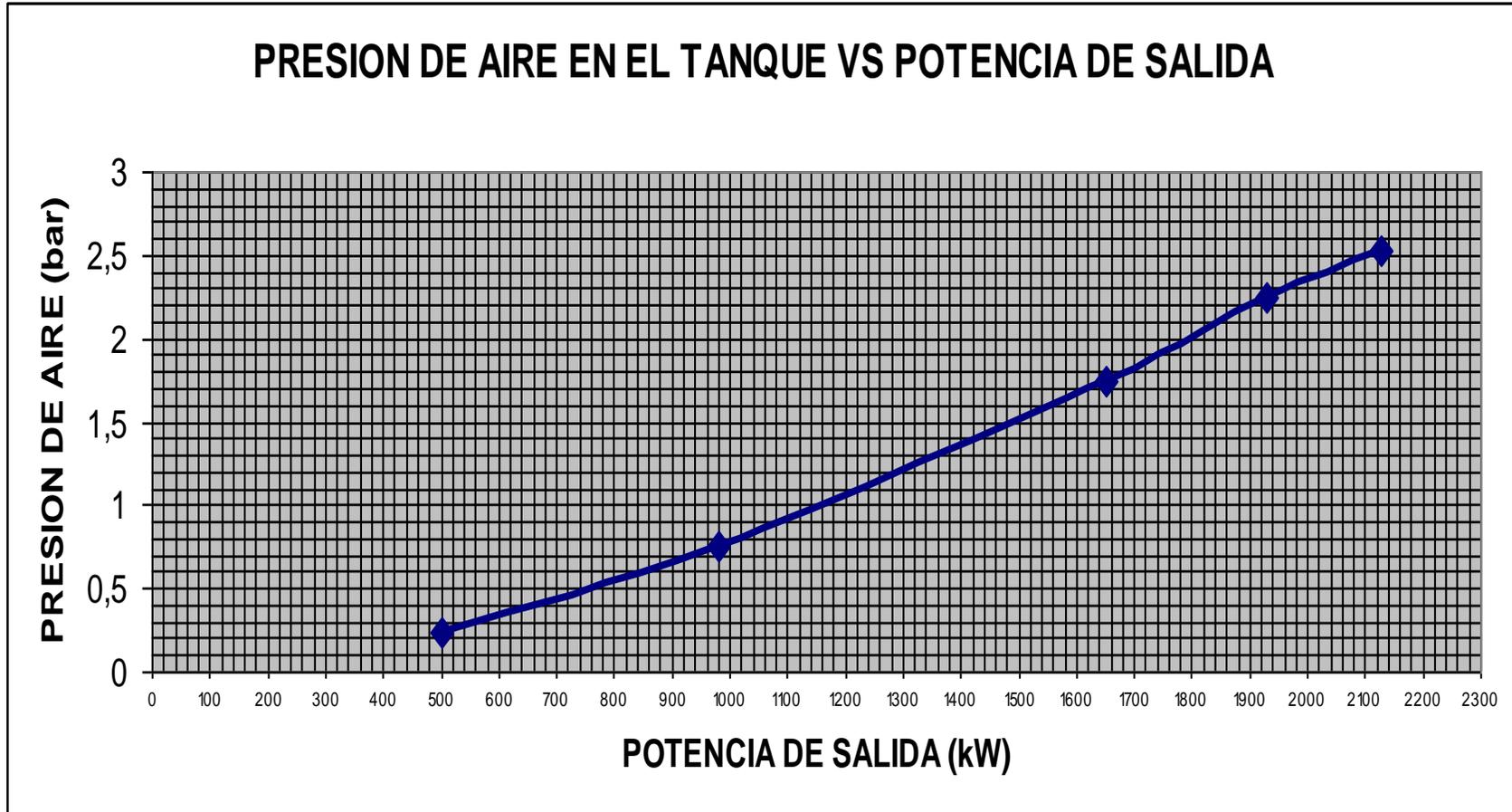


Figura 4.4: Presión de aire en el tanque vs potencia de salida.

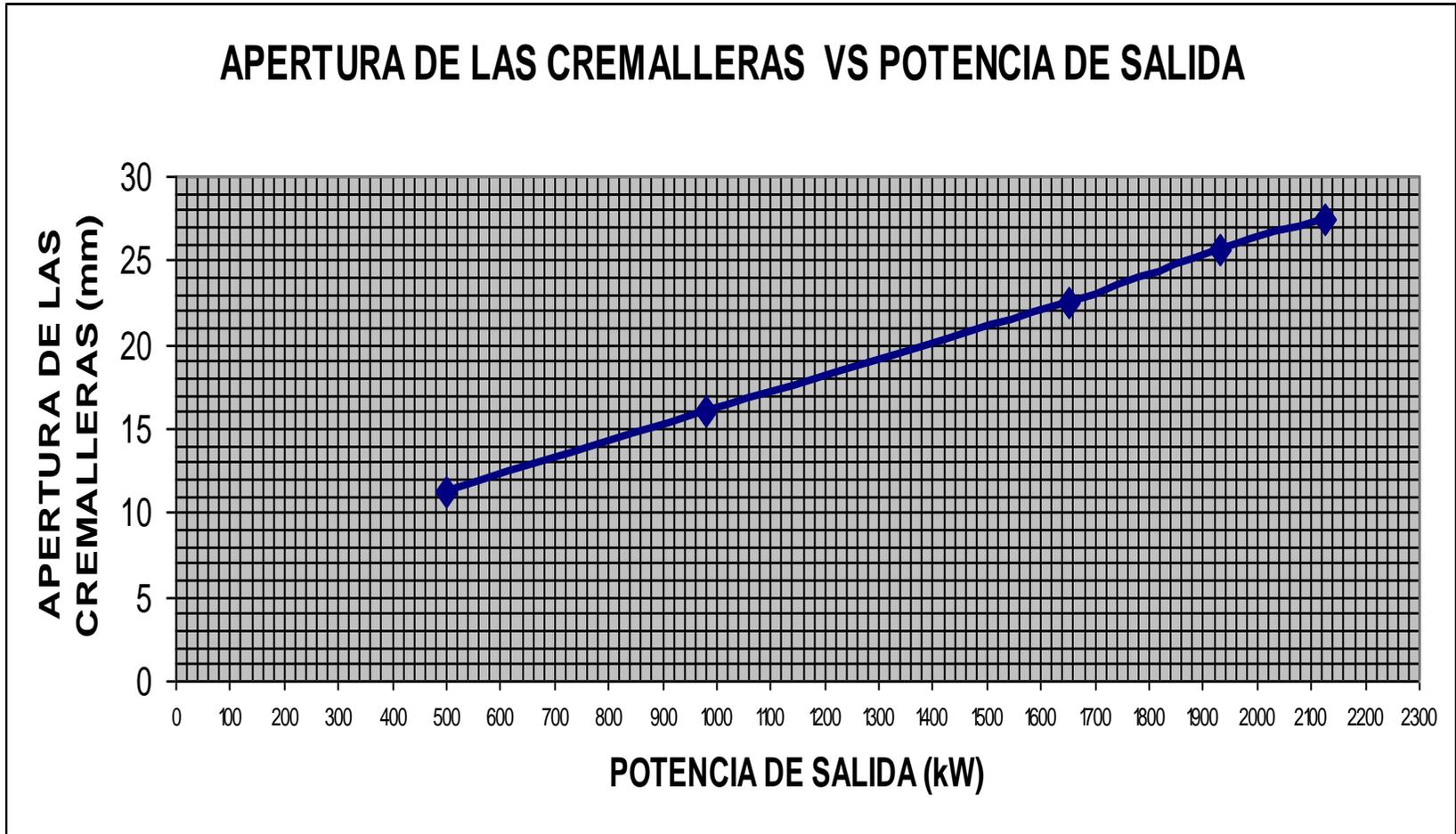


Figura 4.5: Apertura de las cremalleras vs potencia de salida.

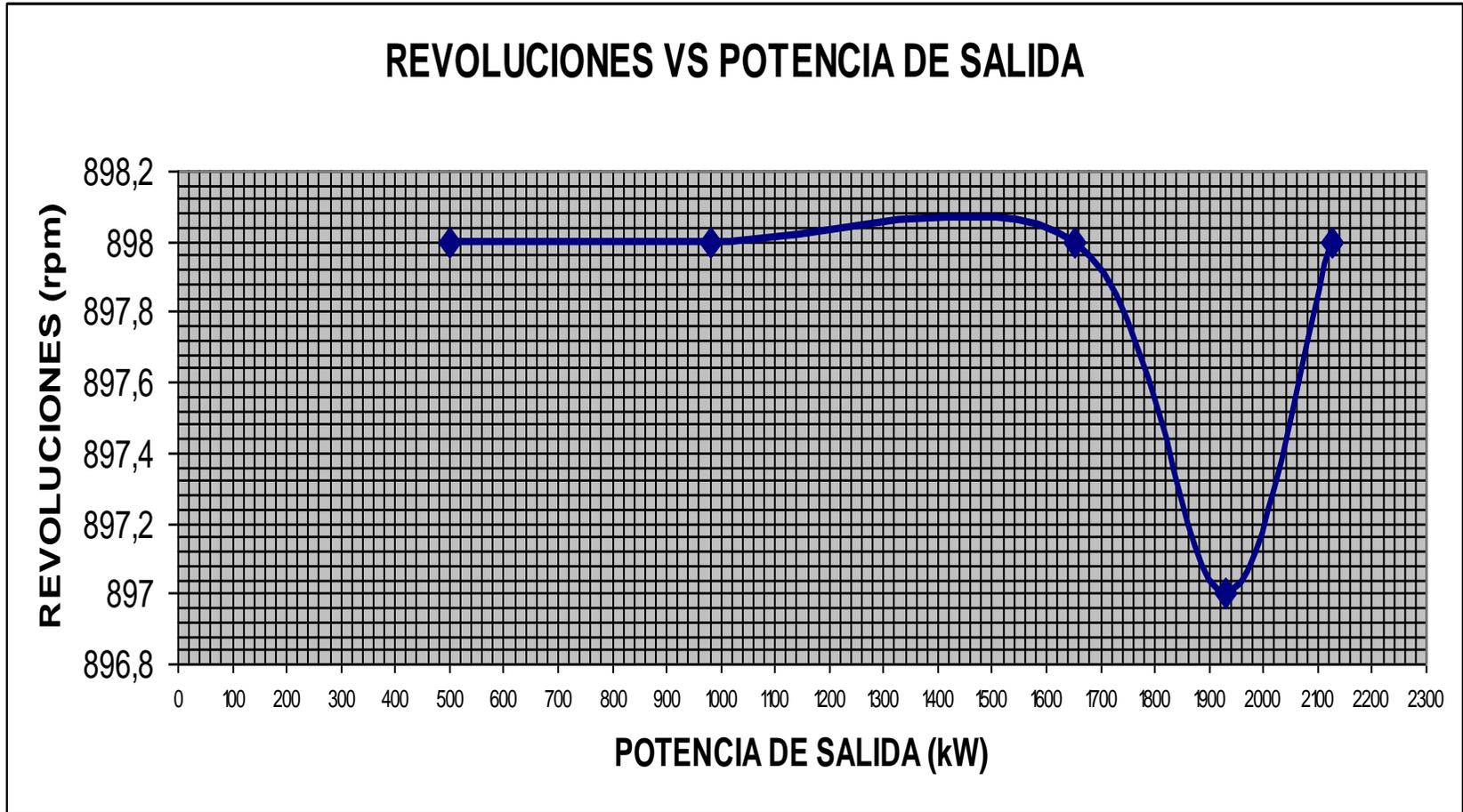


Figura 4.6: Revoluciones vs potencia de salida.

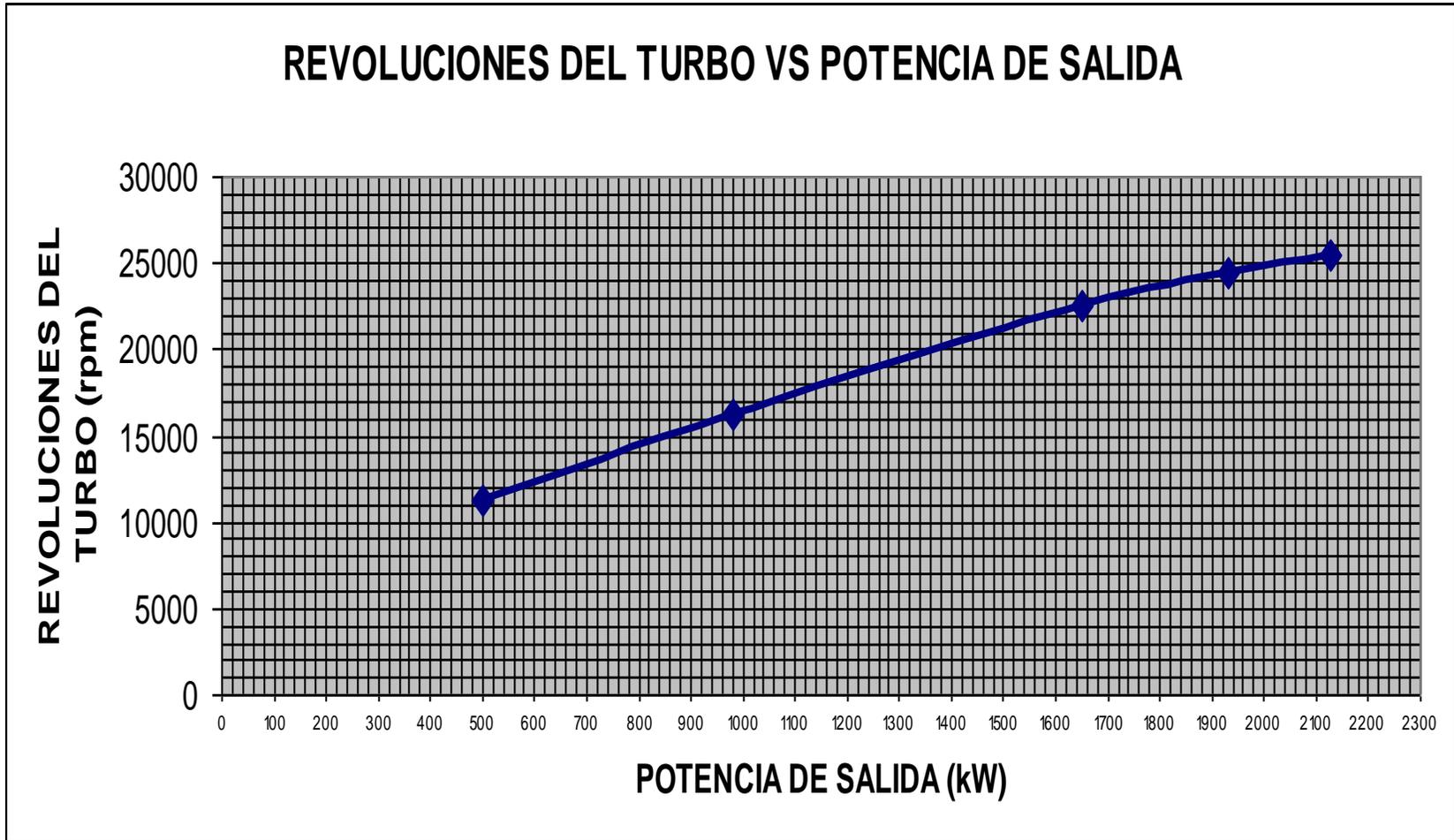


Figura 4.7: Revoluciones del turbo vs potencia de salida.

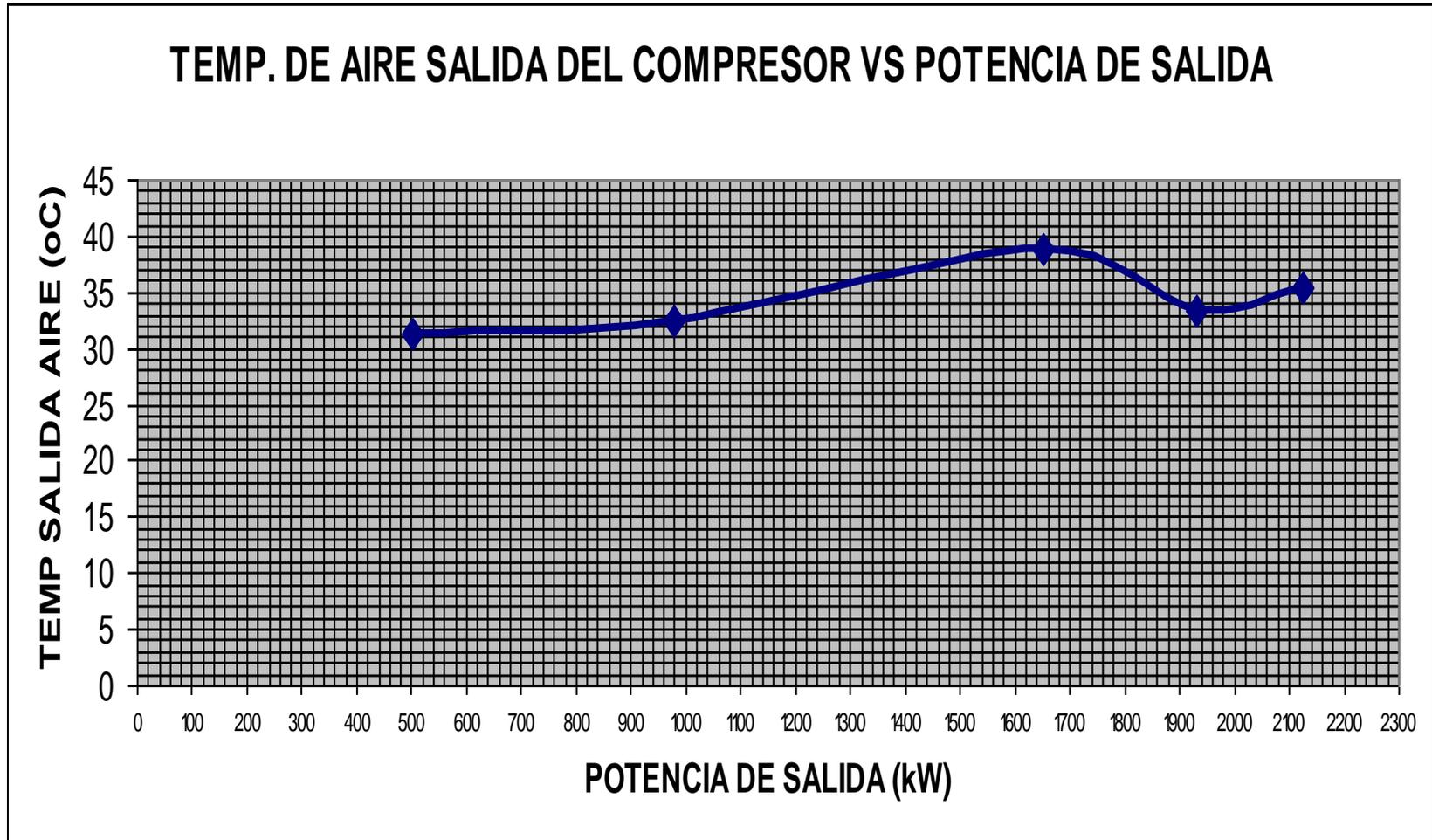


Figura 4.8: Temperatura de aire a la salida del compresor vs potencia de salida.

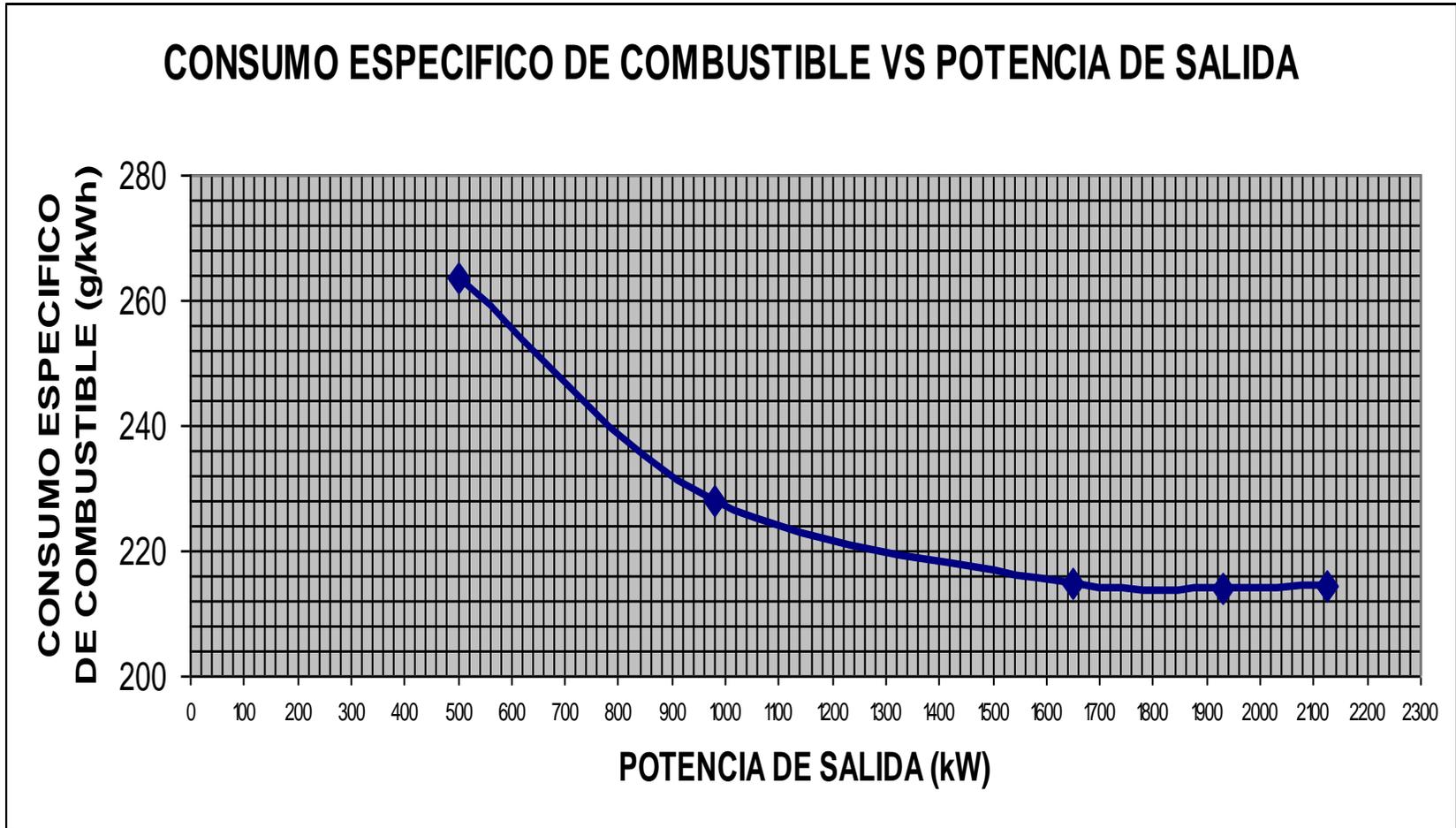


Figura 4.9: Consumo específico de combustible vs potencia de salida.

4.5.9 CÁLCULO DE RENDIMIENTOS

4.5.9.1 Cálculo del rendimiento del grupo generador

El grupo generador está diseñado para entregar un potencia de 1920.kWh,

Este valor de potencia está basado en operación a nivel del mar, para nuestro caso y con las condiciones de altura y presión atmosférica el valor de potencia es de 1500.kWh.

Datos:

La energía producida por el grupo generador en 24 horas de operación es de: 33420 (kWh).⁵⁶

El consumo de combustible bunker en 24 horas de operación es de: 2098.73.gal⁵⁷; y de diesel es de 1988.44 gal. La densidad del combustible: bunker = 0.92 kg/cm³ y la del diesel = 0.94 kg/cm³.⁵⁸

Poder calórico del los combustible: Bunker: Hs = 10198.73 kcal/kg, diesel Hs = 11411.2 kcal/kg estos dato son entregados en base a un análisis realizado por el laboratorio de la Central Térmica de Guangopolo.

Se realizó un cálculo del rendimiento de combustible.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Energía Producida (kWh)}}{\text{Consumo combustible (gal) bunker}} \quad 4.2$$
$$\text{Rendimiento} = \frac{33420 \text{ (kWh)}}{2098.73 \text{ (gal)}} = 15.923 \left(\frac{\text{kWh}}{\text{gal}} \right)$$

Anexo No. 28: Valor del poder calórico del combustible.

⁵⁶ Ref. 11 Manual 5. Pág. 9

⁵⁷ Ref. 11 Manual 5. Pág. 10

⁵⁸ Ref. Datos del Laboratorio de Termo pichincha S.A.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Energía Producida (kWh)}}{\text{Consumo combustible (gal)diesel}}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{33420 \text{ (kWh)}}{1988.44 \text{ (gal)}} = 16.807 \left(\frac{\text{kWh}}{\text{gal}} \right)$$

Los valores de obtención para el cálculo del rendimiento, provienen de instrumentos de medición propios de la Central Térmica de Guangopolo, el valor de rendimiento real es con diesel, puesto que el motor está sólo operando con este combustible por el motivo que existe un problema en las toberas de los inyectores de combustible.

4.5.9.2 Eficiencia térmica

$$\text{Eficiencia Térmica} = \frac{W \text{ neto salida}}{QH} * 100$$

4.3

$$W \text{ neto salida} = QH - QL$$

4.4

$$Hs \text{ bunker} = 18359.549 \text{ (Btu/lb)} \quad Hs \text{ diesel} = 20542.213 \text{ (Btu/lb)}$$

QH: Magnitud de transferencia de calor entre un dispositivo cíclico y un medio a alta temperatura.

QL: Magnitud de transferencia de calor entre un dispositivo cíclico y un medio de a baja temperatura.

Cálculo de la eficiencia teórica con combustible bunker:

Consumo de combustible : 2098.73(gal)

$$2098.73 \left(\frac{\text{gal}}{\text{día}} \right) * \frac{3.7853 \text{ (lt)}}{1 \text{ (gal)}} * \frac{0.921 \text{ (kg)}}{\text{lt}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} = 304.863 \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right)$$

$$304.863 \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right) * \frac{2.2046 \text{ (lb)}}{1 \text{ (kg)}} = 672.101 \left(\frac{\text{lb}}{\text{h}} \right)$$

$$\dot{m}_{combustible} = \frac{Q_H}{H_s} \Rightarrow Q_H = 18359.54 \left(\frac{Btu}{lb} \right) * 672.101 \left(\frac{lb}{h} \right)$$

$$Q_H = 12339486.2 \left(\frac{Btu}{h} \right)$$

$$W_{NETO\ SALIDA} = 1500(kW) \Rightarrow 1500(kW) * \frac{3412.96 \left(\frac{Btu}{h} \right)}{1(kW)} = 5119440 \left(\frac{Btu}{h} \right)$$

$$N_{TERMICA} = \frac{W_{NETO\ SALIDA}}{Q_H} * 100 = \frac{5119440 \left(\frac{Btu}{h} \right)}{12339486.2 \left(\frac{Btu}{h} \right)} * 100 = 41.488\%$$

Cálculo de la eficiencia real con combustible diesel:

Consumo de combustible : 1988.44(gal)

$$1988.44 \left(\frac{gal}{día} \right) * \frac{3.7853(lt)}{1(gal)} * \frac{0.940(kg)}{lt} * \frac{1día}{24h} = 294.801 \left(\frac{kg}{h} \right)$$

$$294.801 \left(\frac{kg}{h} \right) * \frac{2.2046(lb)}{1(kg)} = 649.918 \left(\frac{lb}{h} \right)$$

$$\dot{m}_{combustible} = \frac{Q_H}{H_s} \Rightarrow Q_H = 20542.213 \left(\frac{Btu}{lb} \right) * 649.918 \left(\frac{lb}{h} \right)$$

$$Q_H = 13350773.83 \left(\frac{Btu}{h} \right)$$

$$N_{TERMICA} = \frac{W_{NETO\ SALIDA}}{Q_H} * 100 = \frac{5119440 \left(\frac{Btu}{h} \right)}{13350773.83 \left(\frac{Btu}{h} \right)} * 100 = 38.345\%$$

4.5.10 AJUSTES

4.5.10.1 Pruebas de funcionamiento

Las pruebas de funcionamiento del grupo generador, fueron efectuadas, cuando se mediante una coordinación con el CENACE y Termopichincha S.A.

Dichas pruebas se llevan a cabo ingresando el grupo generador en paralelo a la barra de 6600 V.

A demanda de TERMOPICHINCHA S.A. se repetirán las pruebas de funcionamiento hasta que se haya comprobado con seguridad el funcionamiento de los conjunto, motor generador y sus sistemas auxiliares.

4.5.10.2 Calibración de instrumentos

Todos los instrumentos y dispositivos: como válvulas de seguridad y reguladoras de presión, fueron calibradas mediante pruebas de presión en funcionamiento.

La calibración de termómetros y manómetros fueron realizadas por los fabricantes y sus certificados de calibración están vigentes.

4.5.10.3 Pruebas de ensablado

Estas pruebas las realizan los fabricantes de los equipos y son en base a especificaciones técnicas y controles dimensionales, las cuales son revisadas por los inspectores de compra y bodega de Termopichincha.

En estas pruebas, el Termopichincha tomó precauciones necesarias para asegurar el perfecto encaje de las diversas partes para poder verificar la exactitud de las dimensiones, espacios muertos y tolerancias.

CAPITULO 5

ANALISIS ECONOMICO FINANCIERO

La Central Térmica Pichincha, Termopichincha adquirió el grupo generador de 1920 kW, a la empresa COPZA Cía. Ltda. El precio de la adquisición fue de

308686.00 USD. Termopichincha instalará el grupo generador en la Central Térmica de Guangopolo, aprovechando el personal técnico y las instalaciones existentes, de esta manera modificará la operación de esta unidad de bunker a operar con residuo, con lo cual su costo variable de producción será similar al costo actual de las unidades existentes en la Central Térmica de Guangopolo.

5.1 ANÁLISIS ECONÓMICO

5.1.1 CONSIDERACIONES REALIZADAS

- El costo de reparación de la unidad es de 170000.00 USD.
- El costo de inversión para adquirir la unidad es de 308686.00 USD.
- El rendimiento de la unidad es de 16 kWh/gal.
- Esta unidad puede operar con residuo (bunker) como combustible liviano diesel.
- El tiempo de generación anual de esta unidad es similar al tiempo de operación de las unidades de la Central Térmica de Guangopolo. (ver tabla 5.6)
- La unidad presenta un bajo consumo de aceite lubricante, 4 litros/hora.
- La depreciación de la unidad y su equipo de auxiliares fueron calculados para un tiempo de diez años.
- El estudio del proyecto se lo realizó para un período de diez años.
- Para el flujo de caja se considera una recaudación de la facturación del 85%.
- Los costos variables de producción, de personal, de comercialización, se los considera constantes durante todo el período.

Para la rehabilitación y puesta en marcha de la unidad se efectuará trabajos necesarios de montaje y se realizó la adquisición de los equipos necesarios faltantes para su operación.

Tabla 5.1: Análisis Económico.

ANALISIS ECONOMICO

INGENIERIA Y ADMINISTRACION**HONORARIOS PROFESIONALES**

No.	Posición	Valor total USD
1	Director del proyecto	600
2	Codirector del proyecto	300
	Total	900

REMUNERACION A ESTUDIANTE

No.	Posición	Valor total USD
1	Estudiante	500
	Total	500

REMUNERACION PERSONAL TECNICO

No.	Posición	Valor total USD
1	Ing. Mecánico	1800
2	Ing. Eléctrico	1800
3	Mecánico	600
4	Electricista	600
5	Ayudante mecánico	400
6	Ayudante mecánico	400
7	Ayudante eléctrico	400
8	Albañil	300
	Total	6300

Tabla 5.2: Costos Directos.**COSTOS DIRECTOS**

No.	Descripción	Valor total USD
1	Transporte y traslado	13000
2	Materiales para el montaje y puesta en marcha	12000

3	Transformador de elevación 2500 KVA	35000
4	Tableros de control del interruptor 6600 V	25000
5	Autotransformador 380/440 V	2500
6	Repuestos para el mantenimiento	26000
7	Obra civil, (bases y trincheras)	15000
8	Grupo generado Wärtsilä Diesel 1920 kW	308686
	Total	437186

IMPREVISTOS

Se tomo un 3% de los costos totales de Ingeniería y Administración, y de los costos directos

Total	8897.72 USD
--------------	--------------------

TOTAL GENERAL	453783.72 USD
----------------------	----------------------

Fuente: Central Térmica Guangopolo- Departamento de Producción y Operación.

Tabla 5.3: Depreciación de la maquinaria.

DEPRECIACION DE LA MAQUINARIA			
VALOR DE LA COMPRA	452205.76	USD	
VIDA UTIL (n)	10	AÑOS	
VALOR DE SALVAMIENTO	2/n	0.2 %	
AÑOS	VALOR INICIAL	DEPRECIACION	VALOR FINAL

	(USD)	(USD)	(USD)
1	452205.76	90441.15	361764.61
2	361764.61	72352.92	289411.69
3	289411.69	57882.33	231529.35
4	231529.35	46305.87	185223.48
5	185223.48	37044.69	148178.78
6	148178.78	29635.75	118543.02
7	118543.02	23708.60	94834.42
8	94834.42	18966.88	75867.53
9	75867.53	15173.50	60694.03
10	60694.03	12138.80	48555.22
TABLA DE DEPRECIACION			
AÑOS	VALOR INICIAL (USD)	DEPRECIACION (USD)	VALOR FINAL (USD)
1	452205.76	40365.05	411840.71
2	411840.71	40365.05	371475.65
3	371475.65	40365.05	331110.60
4	331110.60	40365.05	290745.54
5	290745.54	40365.05	250380.49
6	250380.49	40365.05	210015.44
7	210015.44	40365.05	169650.38
8	169650.38	40365.05	129285.33
9	129285.33	40365.05	88920.27
10	88920.27	40365.05	48555.22

Fuente: Central Térmica Guangopolo- Departamento de Producción y Operación.

5.2 ANÁLISIS FINANCIERO

Tabla 5.4: Análisis Financiero.

ANALISIS FINANCIERO					
Rubros	Presupuesto	Recursos	%	Recursos	%

	USD	propios USD		externos USD	
Ingeniería y Administración	7700	1400	18.2	6300.00	81.8
Costos directos	437186	0	0	437186.00	100
Imprevistos	8897.72	177.95	2.00	8719.76	98
Total parcial	453783.72	1577.95	0.35	452205.76	99.65
Total general				453783,72 USD	

La entidad de financiamiento y beneficiaria del proyectos es:

Entidad	
Central Termoeléctrica Pichincha, TERMOPICHINCHA S.A.	452205.76 USD

Fuente: Central Térmica Guango- Departamento de Producción y Operación.

Tabla 5.5: Declaración de costos variables de producción.

DECLARACIÓN DE COSTOS VARIABLES DE PRODUCCIÓN			
EMPRESA	TERMOPICHINCHA	CENTRAL GUANGOPOLO	
UNIDAD	STORK WARTSILA DIESEL 8SW280	MES: MARZO	
GB Generación Bruta		kWh	13500000

	Ciclo Operativo	horas	9000
	Potencia Efectiva	kW	1500
CC Costos de combustible		USD/kWh	0.021937
	Precio Residuo	USD/gal	0.320000
	Consumo combustible 1	%	94.00
	Precio Diesel	USD/gal	0.800000
	Consumo combustible 2	%	6.00
	Rendimiento	kWh/gal	15.90
	Potencia (orden creciente)	MW	1.50
CTC Costos de transporte de combustible		USD/kWh	0.006131
	Precio transporte combustible 1	USD/gal	0.1030
	Precio transporte combustible 2	USD/gal	0.0111
CLYO Costos de lubricantes, químicos y otros		USD/kWh	0.002620
	<u>Costo de lubricantes, químicos y otros</u>	USD	35368.07
CAP Costos del agua potable		USD/kWh	-
	Precio agua potable	USD/m3	-
	Consumo agua potable	m3	-
CM Costos de mantenimiento		USD/kWh	0.005926
	<u>Valor de repuestos</u>	USD	60000.00
	<u>Valor de otros insumos</u>	USD	10000.00
	<u>Valor mano de obra adicional</u>	USD	10000.00
CVIAM Control de impacto ambiental		USD/kWh	-
	Costo de control de impacto ambiental	USD	-
CEE Costos de energía eléctrica para SS.AA.		USD/kWh	0.001132
	Consumo de energía para SS.AA.	kWh	405000
CVP Costo Variable de Producción		USD/kWh	0.037746

Fuente: Central Térmica Guangopolo- Departamento de Producción y Operación.

El ciclo operativo se le toma como de 9000 horas, puesto que es el tiempo entre cada mantenimiento mayor de un grupo generador.

Los datos de la declaración de los costos variables, son tomados de fuentes de archivos y facturas de la Central Térmica de Guangopolo, del departamento de producción. El costo de producción del kilovatio hora no es fijo, depende del

precio de los insumos de operación. Para el grupo generador Wärtsilä Diesel el valor es de 0.0377 dólares cada kilovatio - hora

5.3 RESULTADOS OBTENIDOS

- El costo variable de producción es de 3.77 centavos de dólar el kilovatio hora (ver tabla 5.5).
- La inversión se recupera en tres años y un mes, (ver Tabla 5.10).
- La tasa interna de retorno es del 31%, (ver tabla 5.10).
- El valor actual neto es de 348657.2 USD, (ver tabla 5.10).
- El valor del interés anual es del 8%.
- El tasa de descuento utilizada para el VAN es del 12%.

Tabla 5.6: Presupuesto anual de explotación de la unidad generadora Wartsila 8SW280.

PRESUPUESTO ANUAL DE EXPLOTACIÓN DE LA UNIDAD GENERADORA WARTSILA 8SW280													
CONCEPTO	en ero	feb	ma rzo	ab ril	ma yo	jun io	juli o	ag ost	se pt	oct	no v	dic	TO TA L
POTENCIA REMUNERABLE MW	1.4 0	1.4 0	1.4 0	1.4 0	1.4 0	1.4 0	1.4 0	1.4 0	1.4 0	1.4 0	1.4 0	1.4 0	1.4 0
SPOT	1.4 0	1.4 0	1.4 0	1.4 0	1.4 0	1.4 0	1.4 0	1.4 0	1.4 0	1.4 0	1.4 0	1.4 0	1.4 0
GENERACION BRUTA (MWH)	95 7.6	95 7.6	95 7.6	95 7.6	50 4.0	50 4.0	50 4.0	50 4.0	50 4.0	95 7.6	95 7.6	95 7.6	922 3.2
ENERGIA CONSUMO INTERNO (MWH)	28. 73	28. 73	28. 73	28. 73	15. 12	15. 12	15. 12	15. 12	15. 12	28. 73	28. 73	28. 73	276 .70
ENERGIA NETA PROGRAMADA (MWh)	92 8.8 7	92 8.8 7	92 8.8 7	92 8.8 7	48 8.8 8	48 8.8 8	48 8.8 8	48 8.8 8	48 8.8 8	92 8.8 7	92 8.8 7	92 8.8 7	894 6.5
CONTRATOS (MWh)	92 8.8 7	92 8.8 7	92 8.8 7	92 8.8 7	48 8.8 8	48 8.8 8	48 8.8 8	48 8.8 8	48 8.8 8	92 8.8 7	92 8.8 7	92 8.8 7	894 6.5
PRECIO VENTA ENERGIA SPOT, US/kWh	0.0 56	0.0 56	0.0 56	0.0 56	0.0 56	0.0 56	0.0 56	0.0 56	0.0 56	0.0 56	0.0 56	0.0 56	0.0 56
PRECIO VENTA DE POTENCIA SPOT USD/KW-mes	5.7 0	5.7 0	5.7 0	5.7 0	5.7 0	5.7 0	5.7 0	5.7 0	5.7 0	5.7 0	5.7 0	5.7 0	68. 40

Tabla 5.7: Análisis de consumo y precios de combustibles y lubricantes.

COMBUSTIBLE Y LUBRICANTES

	enero	feb	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept	oct	nov	dic
	55408	55408	55408	55408	29162	29162	29162	29162	29162	55408	55408	55408
ESEL	4818	4818	4818	4818	2536	2536	2536	2536	2536	4818	4818	4818
DEITE (L)	191.52	191.52	191.52	191.52	100.80	100.80	100.80	100.80	100.80	191.52	191.52	191.52
D/gal	0.360	0.360	0.360	0.360	0.360	0.360	0.360	0.360	0.360	0.360	0.360	0.360
D/gal	0.920	0.920	0.920	0.920	0.920	0.920	0.920	0.920	0.920	0.920	0.920	0.920
ORTE D/gal	0.103	0.103	0.103	0.103	0.103	0.103	0.103	0.103	0.103	0.103	0.103	0.103
ORTE /gal	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011

Fuente: Central Térmica Guangopolo- Departamento de Producción y Operación.

Tabla 5.8: Venta de energía.

VENTA DE ENERGÍA

	enero	feb	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept	oct	nov-04	dic-
ERGIA	52.017	52.017	52.017	52.017	27.377	27.377	27.377	27.377	27.377	52.017	52.017	52.017
	52.017	52.017	52.017	52.017	27.377	27.377	27.377	27.377	27.377	52.017	52.017	52.017
USD	7.980	7.980	7.980	7.980	7.980	7.980	7.980	7.980	7.980	7.980	7.980	7.980
	7.980	7.980	7.980	7.980	7.980	7.980	7.980	7.980	7.980	7.980	7.980	7.980
SD	59.997	59.997	59.997	59.997	42.202	42.202	42.202	42.202	42.202	59.997	59.997	59.997

RIABLES												
D	35.241	35.241	35.241	35.241	20.537	20.537	20.537	20.537	20.537	35.241	35.241	
combustible	24.380	24.380	24.380	24.380	12.831	12.831	12.831	12.831	12.831	24.380	24.380	
transporte	5.761	5.761	5.761	5.761	3.032	3.032	3.032	3.032	3.032	5.761	5.761	
ble USD												
abricantes	900	900	900	900	474	474	474	474	474	900	900	
D												
Venta de energía. (Continuación)					Fuente: Central Térmica Guangopolo- Departamento de Producción y Operación.							
Químicos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
D												
o de	4.200	4.200	4.200	4.200	4.200	4.200	4.200	4.200	4.200	4.200	4.200	
mento USD												
UTA USD	24.756	24.756	24.756	24.756	21.664	21.664	21.664	21.664	21.664	24.756	24.756	
variable	0,0368	0,0368	0,0368	0,0368	0,0407	0,0407	0,0407	0,0407	0,0407	0,0368	0,0368	
KWh												
OS USD	6.364	6.364	6.364	6.364	6.364	6.364	6.364	6.364	6.364	6.364	6.364	
operación	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	
mento USD												
ción USD	3.364	3.364	3.364	3.364	3.364	3.364	3.364	3.364	3.364	3.364	3.364	
s de												
ización y	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
ción netos												
D												
nciero +	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
sión												
mento USD												
NETA USD	18.392	18.392	18.392	18.392	15.300	15.300	15.300	15.300	15.300	18.392	18.392	

Tabla 5.9: Presupuesto por años (2004/2013) de explotación de la unidad generadora Wärtsilä Diesel 8SW280.

EMPRESA DE GENERACION ELECTRICA TERMOPICHINCHA S.A.										
UNIDAD GENERADORA DE 1.9 MW STORK WARTSILA 8SW280										
PRESUPUESTO EXPLOTACION (2004 a 2013)										
1.1	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
INGRESOS										
Potencia Remunerable (MW)	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
Energía Neta Generada (MWh)	8947	8947	8947	8947	8947	8947	8947	8947	8947	8947
Precio anual de potencia (USD/KW)	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68
Precio promedio energía vendida (USD/KWh)	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Facturación potencia (USD)	9576 0									
Facturación energía generada (USD)	5010 04									
SUBTOTAL (USD)	5967 64									

Tabla 5.9: Presupuesto por años (2004/2013) de explotación de la unidad generadora Wartsila 8SW280. (Continuación)

1.2	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

EGRESOS										
Costo variable										
Generación (USD)	3493 75									
Comercialización y administración (USD)	3600 0									
Depreciación										
Generación (USD)	4036 5									
Costos Financieros + mantenimiento (USD)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUBTOTAL (USD)	4257 40									
UTILIDAD ANTES IMPUESTOS (USD)	1710 24									

Fuente: Central Térmica Guangopolo- Departamento de Producción y Operación.

Tabla 5.10: Flujo de caja 2005 a 2014.

EMPRESA DE GENERACION ELECTRICA TERMOPICHINCHA S.A.

PROYECTO : ADQUISICION DE UNIDAD GENERADORA STORK WARTSILA 8SW280 DIESEL DE 1.92

Efectivo	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Atenuancia	33516	33516	33516	33516	33516	33516	33516	33516	33516
Energía	501004	501004	501004	501004	501004	501004	501004	501004	501004
MOVILIZABLE	534520	683665	832810	981955	1131100	1280245	1429390	1578535	1727680
Efectivo									
Depreciación	349375	349375	349375	349375	349375	349375	349375	349375	349375
Saldo inicial	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Depreciación y USD	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000	36000
Efectivo	385375	385375	385375	385375	385375	385375	385375	385375	385375

Estado de caja 2006 a 2015. (Continuación)

Activo Fijo USD	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
-452206	149145	149145	149145	149145	149145	149145	149145	149145	149145
	149145	298290	447435	596580	745725	894870	1044014	1193159	1342304
31%									
348657.2									

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Una vez terminado el montaje, instalación y puesta en marcha de la unidad generadora Wärtsilä Diesel 8SW280, y cumpliendo con los objetivos y alcances propuestos en el proyecto se concluye que:

1. La ejecución de este proyecto permitirá incrementar la potencia instalada de la Central Térmica de Guangopolo en 1.92 MW. y a la vez se dispondrá de una fuente adicional de energía para alimentar los sistemas auxiliares en caso de emergencia.
2. En una central térmica, a más de los motores de combustión interna y sus respectivos sistemas auxiliares de: combustible, aceite, aire y agua, se cuenta con los equipos eléctricos de generación como son: transformación, transmisores de corriente, seccionadores, elementos de control y protección; todos estos elementos sufren desgastes propios por su operación y otros por acción del medio ambiente y otros agentes externos.
3. Teniendo tantos sistemas en una central de generación, el mantenimiento, especialmente el preventivo, juega un papel muy importante para garantizar la calidad del producto y la confiabilidad y continuidad del

servicio, pues el sistema de mantenimiento debe tender a optimizar los recursos mejorando la eficiencia de estos trabajos de mantenimiento; acompañado de la disponibilidad de recursos y repuestos para la ejecución de los mismos.

4. El mantenimiento de las unidades de generación, se realizan bajo un cronograma establecido por el fabricante, el cual establece que entre 2500 a 3000 horas de operación, se realiza en secuencia el mantenimiento menor conjuntamente con el del turbocargador; y a las 9000 horas de operación se realiza el mantenimiento mayor (overhaul), delimitando así los calendarios de parada de las unidades, incurriendo los mantenimientos en época de lluvia dejando la máquina lista para la operación en estiaje.
5. El Sistema de Control Eléctrico de un grupo generador está diseñado para garantizar una adecuada operación y protección del grupo generador, pues eléctricamente se controla y monitorea todas las protecciones, estados de operación, condiciones, mandos, señalización y alarmas de todos los componentes de la unidad.
6. Todos los materiales y equipos adquiridos para complementar la instalación del grupo termoeléctrico, son sometidos durante su fabricación, a todas las pruebas, controles, inspecciones o verificaciones prescritas en las Especificaciones Técnicas y/o en las normas adoptadas, para comprobar que los materiales y equipos satisfagan las exigencias, previsiones e intenciones de las Especificaciones Técnicas.
7. Termopichincha instalará el grupo generador en la Central Térmica de Guangopolo, aprovechando el personal técnico y las instalaciones existentes, de esta manera modificará la operación de esta unidad de bunker a operar con residuo de petróleo con lo cual su costo variable de producción será similar al costo actual de las unidades existentes en la Central Térmica de Guangopolo.

8. En el montaje y puesta en operación del nuevo grupo generador, los sistemas auxiliares eléctricos de igual manera que los sistemas auxiliares mecánicos deben acoplarse con el sistema eléctrico actual, por lo que se requiere adquirir y/o fabricar localmente, varios equipos como son: transformador de elevación, transformadores de medición y protección, tableros para medición, control y protecciones, interruptor de potencia, cables eléctricos, motores eléctricos, cables de fuerza y control y otros accesorios, requiriendo disponer también de especificaciones técnicas para su adquisición. Estas Especificaciones Técnicas Generales establecen los requisitos para el diseño, fabricación, pruebas, embalaje, transporte, almacenamiento de equipos eléctricos.

6.2 RECOMENDACIONES

1. Es prioridad nacional dar el impulso necesario para poner en operación las centrales de generación que se hallan en construcción o que están concesionadas, y buscar soluciones emergentes para incrementar la capacidad instalada en nuestro país, puesto que en el mejor de los casos las nuevas centrales entrarían en operación a partir de finales del año 2007.
2. Luego de instalada la unidad termoeléctrica, se requiere efectuar las pruebas estáticas necesarias para verificar y asegurar que todo el ensamblaje e instalación de los componentes originales se ha realizado correctamente y que estén dentro de las tolerancias permitidas y además que sus elementos se encuentran en buen estado.
3. Previo al inicio de toda actividad, es necesario elaborar un cronograma de actividades y ejecución de las obras a realizarse. Para el caso de un montaje electromecánico, debe considerarse las facilidades de que se disponga, como son: el equipo, las herramientas, el personal disponible, condiciones ambientales, disponibilidad de recursos económicos, etc. con el objeto de estimar el tiempo necesario para cumplir con dicho cronograma.

4. Toda instalación que requiera ponerse en operación, debe seguir un procedimiento, el mismo que debe estar escrito y disponible, y ser actualizado cuando se realicen modificaciones en las instalaciones. Este procedimiento debe comprender todas las instalaciones electromecánicas cumplir con las normas de seguridad.
5. Toda unidad generadora requiere disponer de un sistema de control y protecciones eléctricas adecuado y en buen estado de funcionamiento, pues el suministro de energía eléctrica exige entregar un producto de calidad esto es con niveles de voltaje adecuados, libre de fluctuaciones y frecuencia constante, asegurando además la continuidad y confiabilidad del servicio.
6. Se recomienda cumplir con todas las normas de seguridad entregadas por los fabricantes de cada uno de los componentes de la una instalación neumática, especialmente en cuanto a ubicación, presión, volumen de trabajo, sistemas contra sobrepresiones y protección de riesgos mecánicos.
7. Para evitar el problema de obstrucción y aumento de viscosidad del combustible y poder garantizar un bombeo adecuado del bunker y en especial de luego de la parada de las instalaciones, se debe recubrir la tubería principal, este procedimiento se basa, en suministrar un calentamiento adicional con la ayuda de una tubería acompañante de vapor dispuesta a lo largo de toda la tubería y forradas ambas con material aislante (lana de vidrio), de manera tal que se forme una cavidad termo aislada.
8. Las unidades de generación para conectarse a la barra de 6.6 kV, deben ser sincronizadas o lo que es lo mismo, tienen que trabajar conectadas en paralelo con el Sistema Nacional de Transmisión y entre si. Esto significa que para sincronizarse deben cumplir eléctricamente ciertas condiciones indispensables, estas son: estar en secuencia de fases, esto es que cada una de las tres fases de las unidades deben conectarse a las fases

equivalentes de las otras unidades y a las del Sistema Nacional de Transmisión, el voltaje y frecuencia deben tener el mismo valor que los valores de la línea principal correspondientemente.

BIBLIOGRAFÍA

1. ROBERT L. MOTT. Mecánica de fluidos Aplicada. Traducido por Carlos cordero y A. Flores. 4ta ed. México. Prentice Hall. 1996. pp219 -287.
2. CLAUDIO MATAIX. Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas. 2da ed. México. McGraw Hill. 1987. pp578-579.
3. PASCUAL A. PEZZANO y F. GUISTADO PUERTAS. Manual de dibujo técnico. Primera ed. Buenos Aires – Argentina. Librería y Editorial Alsina. 1979. Tomo 2.
4. IVAN BOHMAN C.A. Catálogo de Aceros. Quito. Ivan Bohman C.A. 2000. 10p.
5. IPAC S.A. Catálogo de Productos. Guayaquil IPAC S.A. 30p.
6. YUNUS A. CENGEL y MICHAEL A. BOLES. Termodinámica. Traducido del inglés por Víctor Campos y María Teresa Colli 4ta ed. México McGraw Hill. 2002 6p.
7. ARMANDO MORA ZAMBRANO. Matemáticas financieras. Primera ed. Bogotá, Colombia. McGraw Hill. 1997 I. 4p.
8. ECUADOR INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. Código de Dibujo Técnico – Mecánico. INEN. 1981.

9. NASSIR SAPAG CHAIN – REINALDO SAPAG CHAIN. Preparación y Evaluación de Proyectos. Cuarta Edición, Chile. McGRAW – HILL. 2000.
10. MITSUBISHI - MAN CORP. Manual de Operación y Mantenimiento para motor diesel tipo V9V 40/54 Nro. D808107S. Traducido por INECEL. Quito. 1977.
11. MANUALES STORK – WÄRTSILÄ DIESEL 8SW280.
12. AISLAMIENTO TERMICO DE TUBERÍAS Y DEPÓSITOS, Edición, Labor, Barcelona, España 1976.
13. JOSE P. Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad de Cienfuegos, Cuba, 1998.

PÁGINAS ELECTRÓNICAS.

<http://www.wartsila.com>.

<http://www.termopichincha.com.ec>,

<http://www.alcion.es/Download/ArticulosPDF/iq/gratis/05articulo.pdf>

<http://www.isover.net/asesoria/manuales/guia2004/05-Calefaccion.pdf>

<http://www.monografias.com/trabajos25/disenio-tuberias/disenio-tuberias.shtml>

http://www.procad.com/3d_spanish_tuberias_y_aceros.php

http://OnineInstructorLeadCourse/B311_TUBERIAS_Y SISTEMAS DE.

http://www.cisealco.com/contenido/productos/aislamiento_termico/aislamiento_termico.htm