



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

SUPERVISIÓN DE PRUEBAS Y PUESTA EN
SERVICIO DEL ÁREA MECÁNICA EN EL
PROYECTO 222 REPOTENCIACIÓN
MANZANILLO I UNIDADES 1 Y 2

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES
Que para obtener el título de
Ingeniero Mecatrónico

P R E S E N T A
Enrique Rivera Martínez

ASESOR DE INFORME
Ing. Eduardo Lemus Soto



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2016

NOMBRE DE LA EMPRESA

COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD

**Subdirección de Proyectos y Construcción
Coordinación de Proyectos Termoeléctricos
Departamento de Pruebas de Puesta en Servicio**

**SUPERVISIÓN DE PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO DEL ÁREA MECÁNICA
EN EL PROYECTO 222 REPOTENCIACIÓN MANZANILLO I UNIDADES 1 Y2
PROCESO DE LOS SOPLADOS DE LAS PRINCIPALES TUBERÍAS DE
VAPOR**



CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

DEFINICIONES

CAPÍTULO 1

- 1.1 Comisión Federal de Electricidad
- 1.2 Coordinación de Proyectos Termoeléctricos
- 1.3 Objetivo de la Coordinación de Proyectos Termoeléctricos
- 1.4 Misión de la Coordinación de Proyectos Termoeléctricos
- 1.5 Visión de la Coordinación de Proyectos Termoeléctricos
- 1.6 Organigrama de la Coordinación de Proyectos Termoeléctricos

CAPÍTULO 2

- 2.1 Descripción y Antecedentes del Proyecto
- 2.2 CSPS del Proyecto 222 Repotenciación Manzanillo I Unidades 1 y 2
- 2.3 Actividades de la Coordinación de Puesta en Servicio
- 2.4 Turbina de Gas
- 2.5 Generador de Vapor por Recuperación de Calor
- 2.6 Turbina de Vapor
- 2.7 Pruebas Asociadas al Ciclo Combinado Como Central

CAPÍTULO 3

- 3.1 Descripción del Sistema
- 3.1 Descripción de la Problemática
- 3.2 Objetivo y Alcance del Soplado de Vapor
- 3.3 Requisitos Previos para Realizar un Soplado de Vapor
- 3.4 Medidas de Seguridad
- 3.5 Responsabilidad de las Partes
- 3.6 Especificaciones del Soplado
- 3.7 Procedimiento Detallado del Soplado
- 3.8 Criterios de Aceptación

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

Anexo 1 Especificaciones de ALSTOM para la Turbina de Vapor

Anexo 2 Registro de Validación del Soplado de Vapor

INTRODUCCIÓN

El presente documento condensa la información de los trabajos realizados durante la fase de pruebas y puesta en servicio de la Central de Ciclo Combinado Manzanillo.

El objetivo es enunciar la secuencia de actividades que fueron realizadas después de haber sido montados los equipos en el área mecánica para llegar a declarar la Central de Ciclo Combinado en cuestión lista para su Operación Comercial. Dentro del presente documento se enuncian las responsabilidades de su servidor y la participación que tuvo en dicho proceso.

De igual forma se hace hincapié a lo largo del tercer capítulo en una de las actividades clave del proceso de pruebas y puesta en servicio para alcanzar el objetivo de limpieza de tuberías principales mediante **los sopladados de vapor**. El alcance de la descripción del proceso de soplado se limita únicamente a un ciclo combinado de los dos que componen a la central.

DEFINICIONES

<i>POISE</i>	<i>Programa de Obras e Inversión del Sector Eléctrico</i>
<i>IGV</i>	<i>Inlet Guide Vane / Alabe Guía de Entrada</i>
<i>GVRC</i>	<i>Generador de Vapor por recuperación de Calor</i>
<i>TG</i>	<i>Turbina De Gas</i>
<i>TV</i>	<i>Turbina De Vapor</i>
<i>VELOCIDAD TORNAFLECHA</i>	<i>6 RPM en TG / 10 RPM en TV (caso específico)</i>
<i>VELOCIDAD DE CRANK</i>	<i>850 RPM en TG (caso específico)</i>
<i>HP/AP</i>	<i>High Pressure/Alta Presión</i>
<i>IP/MP</i>	<i>Intermediate Pressure/Media Presión</i>
<i>LP/BP</i>	<i>Low Pressure/Baja Presión</i>
<i>HRH/RCC</i>	<i>Hot Reheat/ Recalentado Caliente</i>
<i>CRH/CRF</i>	<i>Cold Reheat/Recalentado Frio</i>
<i>RUNBACK</i>	<i>Descenso Súbito de Potencia</i>
<i>TAPROGGE</i>	<i>Sistema de Limpieza de Condensador</i>
<i>CT</i>	<i>Central Termoeléctrica</i>
<i>HB</i>	<i>Dureza Brinnell</i>
<i>CFR</i>	<i>Cleaning Force Ratio / Factor de Limpieza</i>

CAPÍTULO 1

1.1 Comisión Federal de Electricidad

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) es una empresa productiva del Estado, encargada de controlar, generar, transmitir y comercializar energía eléctrica en todo el territorio mexicano. Fue fundada el 14 de agosto de 1937 por el Gobierno Federal.

1.2 Coordinación de Proyectos Termoeléctricos

La Coordinación de Proyectos Termoeléctricos es una organización perteneciente a la CFE que proporciona servicios de ingeniería especializada, supervisión de construcción y supervisión de pruebas y puesta en servicio, en el desarrollo de infraestructura eléctrica tales como centrales termoeléctricas, centrales eoloeléctricas, geotermoeléctricas y solares; así como la rehabilitación y modernización de centrales que actualmente se encuentran en operación.

1.3 Objetivo de la Coordinación de Proyectos Termoeléctricos

El objetivo de la Coordinación de Proyectos Termoeléctricos es supervisar la ejecución de las obras de centrales termoeléctricas para garantizar el cumplimiento de los requisitos técnicos, constructivos, operativos y ambientales mediante las siguientes actividades:

1. Definir los programas y presupuestos de las centrales termoeléctricas, en congruencia con la información contenida en el Programa de Obras e Inversión del Sector Eléctrico (POISE), tanto para las que se han de ejecutar por contrato como por administración directa.
2. Formular conjuntamente con la Subdirección de Programación los estudios de factibilidad para la instalación de nuevas Centrales Termoeléctricas.
3. Emitir las bases de licitación incluyendo especificaciones técnicas para las licitaciones de obras públicas, así como, formular y desarrollar los proyectos para la construcción, ampliación, modernización y obras de infraestructura complementarias que le corresponden.
4. Participar en coordinación con la Subdirección de Contratación de Proyectos de Inversión Financiada y la Unidad de Contratación de Precios

Unitarios, en la preparación y realización de licitaciones de centrales termoeléctricas, para las diferentes modalidades de contratación contempladas por la ley y en la elaboración de la evaluación técnica de las ofertas y en la adjudicación de los contratos respectivos.

5. Supervisar la ejecución de las obras y puesta en servicio de centrales termoeléctricas, la ampliación y modernización de las existentes y el reemplazo de las instalaciones obsoletas, así como el de las obras asociadas.
6. Coordinación de acciones necesarias con otras aéreas de la Comisión Federal de Electricidad y los representantes de otras dependencias federales y estatales, para atender y resolver oportunamente aspectos sociales, de afectaciones, de indemnizaciones y de impacto ambiental.

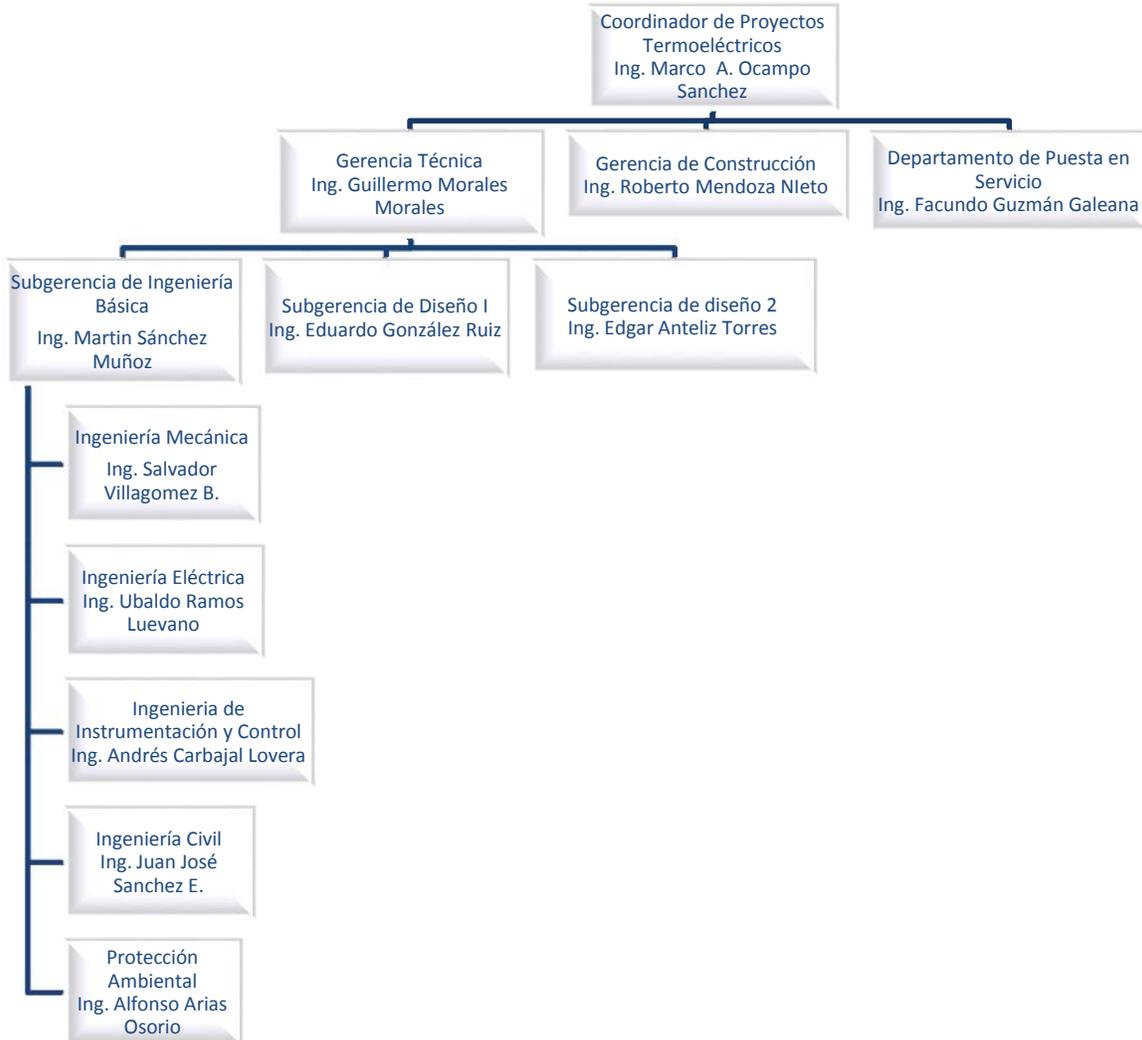
1.4 Misión de la Coordinación de Proyectos Termoeléctricos

Desarrollar proyectos de infraestructura termoeléctrica y obras asociadas y la infraestructura eléctrica para el aprovechamiento de energías renovables, incorporando tecnología de punta que asegure las mejores condiciones de costo, calidad, preservación del medio ambiente y seguridad, con un enfoque hacia la competitividad y con responsabilidad social.

1.5 Visión de la Coordinación de Proyectos Termoeléctricos

Ser una organización de clase mundial en la prestación de servicios desde la ingeniería hasta la puesta en servicio, para el desarrollo, rehabilitación y modernización de proyectos de infraestructura eléctrica que utilicen energías no renovables y renovables, con una reconocida cultura de calidad y competitividad.

1.6 Organigrama de la Coordinación de Proyectos Termoeléctricos



CAPÍTULO 2

2.1 Descripción y antecedentes del proyecto

Para satisfacer la demanda de energía eléctrica en la región es necesario desarrollar un Proyecto que comprende la Repotenciación de la Central de generación de energía eléctrica Manzanillo 1, por medio de la conversión a Ciclo Combinado de las Unidades U-1 y U-2, para lo cual se requiere del diseño, la ingeniería, suministro de equipos y materiales, la construcción, la instalación, las pruebas, el apoyo técnico, fletes, seguros, aranceles, impuestos y manejo aduanal requeridos para tener una operación segura, confiable y eficiente de la Central denominada 222 CC Repotenciación de la CT Manzanillo I Unidad 1 y Unidad 2, considerando como combustible principal el gas natural.

El proyecto se desarrolla en tres etapas:

La primera Etapa comprende hasta la Aceptación Provisional de las Turbinas de Gas en Ciclo Abierto el Módulo 1 con una Capacidad Neta Garantizada de 464.8 MW \pm 15%.

La segunda Etapa comprende hasta la Aceptación Provisional de la integración a Ciclo Combinado del Módulo 2 con una Capacidad Neta Garantizada de 707.1 MW \pm 15%.

La tercera Etapa comprende hasta la Aceptación Provisional de la Integración a Ciclo Combinado del Módulo 1, con una Capacidad Neta garantizada de 707.1 MW \pm 15%.

Cada módulo está conformado por tres Turbinas de Gas Modelo 7FA General Electric, cada una con su respectivo Generador de Vapor por Recuperación de Calor de tres niveles de presión suministrados por la empresa Cerrey y una Turbina de Vapor remodelada por la empresa Alstom. Adicionalmente lo conforman los sistemas de enfriamiento, de condensado y agua de alimentación así como la interconexión de las unidades generadoras Turbogas con la subestación blindada aislada con gas hexafluoruro de azufre (SF6) de 400 KV

La Capacidad Neta Garantizada en Ciclo Combinado de ambos Módulos en sitio será de 1414.2 MW \pm 15%.

2.2 Coordinación de Supervisión de Puesta Servicio asignada al Proyecto 222 Repotenciación Manzanillo I Unidades 1 y 2

El objetivo de la Coordinación de Supervisión y Puesta en Servicio del Proyecto 222 Repotenciación Manzanillo es asegurar que al término de la construcción, se realicen las pruebas y puesta en servicio de cada uno de los componentes, equipos, sistemas y grupos de sistemas que integran las unidades generadoras para verificar que la ingeniería, la fabricación y la instalación de los equipos y sistemas fue realizada de acuerdo con el diseño para el cual fue concebida; hasta que dicha unidad demuestre tener una operación confiable, segura, eficiente y de alta disponibilidad para su interconexión al sistema eléctrico nacional.

2.3 Actividades de la Coordinación de Puesta en Servicio

El proceso de Pruebas y Puesta en Servicio va de acuerdo a un programa previamente generado acorde a las necesidades de avance del proyecto.

Para este proyecto en particular en primera instancia se realizaron las pruebas primarias de todos los sistemas auxiliares y equipos principales como son motores, tuberías, instrumentación y lazos de control de las señales que llegan al Sistema de Control Distribuido.

Posteriormente se realizan las pruebas preoperacionales de cada sistema auxiliar por separado en donde se verifica que la lógica de sistema se encuentre implementada de forma adecuada y se evalúa el correcto funcionamiento del automatismo del sistema completo.

Una vez superadas las pruebas preoperativas se realizan las pruebas integrales de cada equipo principal con sus respectivos auxiliares: Turbina de Gas, Generador de Vapor por Recuperación de Vapor y Turbina de Vapor.

Para finalizar se llevan a cabo de forma conjunta las pruebas que involucran el funcionamiento de la Central de Ciclo Combinado para evaluar su respuesta bajo las circunstancias especificadas en el contrato.

El autor del presente reporte atestiguó la ejecución de todas y cada una de las actividades 2.4, 2.5, 2.6 y 2.7, que forman parte únicamente de la Disciplina Mecánica asociada a la Puesta en Servicio del proyecto en cuestión.

2.4 Turbina de gas

- Sistema de lubricación
 - Pruebas de comportamiento mecánico de los motores y bombas del sistema
 - Calibración de los transmisores de presión y flujo de aceite entregados por el sistema
 - Certificación del limpieza de aceite
 - Pruebas preoperacionales de automatización en sitio del sistema

- Sistema de aceite de control
 - Calibración de los transmisores de presión y flujo de aceite entregados para levante
 - Calibración de suministro hidráulico para actuadores de válvulas de regulación de gas
 - Pruebas preoperacionales de automatización en sitio del sistema

- Sistema contraincendios
 - Limpieza de tuberías de descarga del agente supresor CO₂
 - Prueba de concentración de descarga de CO₂
 - Prueba del sistema contraincendios tipo diluvio para transformadores
 - Pruebas del sistema de bombeo de agua contraincendios

- Sistema de enfriamiento de auxiliares
 - Pruebas de comportamiento mecánico de los motores y bombas del sistema
 - Limpieza de tuberías del circuito cerrado de enfriamiento
 - Acondicionamiento químico del agua de enfriamiento
 - Pruebas preoperacionales de automatización en sitio del sistema

- Sistema de enfriamiento del generador eléctrico
 - Prueba de hermeticidad del generador eléctrico
 - Llenado del generador eléctrico con H₂
 - Calibración de los analizadores de pureza de H₂

- Sistema de admisión de gas
 - Limpieza de tuberías de gas
 - Prueba de hermeticidad de tuberías y componentes
 - Acreditación por parte de la Comisión Reguladora de Energía para transporte de Gas Natural

- Calibración de las válvulas reguladoras de la Estación de Regulación y Medición
- Pruebas al sistema de calentamiento de Gas Natural
- Pruebas preoperacionales de automatización en sitio del sistema

- Sistema de admisión de aire
 - Certificación de la limpieza en la casa de filtros
 - Calibración de los IGV (Álabe Guía de Entrada) del compresor

- Sistema de lavado de compresor
 - Pruebas de comportamiento mecánico de los motores y bombas del sistema
 - Ejecución de lavado de compresor en línea
 - Ejecución de lavado de compresor fuera de línea

- Pruebas integrales de la Turbina de Gas
 - Prueba de velocidad de tornaflecha
 - Prueba de velocidad de purga (Crank)
 - Primer Fuego
 - Pruebas al Regulador de Velocidad
 - Pruebas de disparo por sobrevelocidad
 - Sincronización de la Unidad con el Sistema Eléctrico Nacional
 - Sintonización de la Combustión
 - Pruebas de incremento de carga hasta Plena Carga

2.5 Generador de Vapor por Recuperación de Calor

- Agua de alimentación al Sistema de Alta Presión (AP)
 - Pruebas de comportamiento mecánico de los motores y bombas del sistema
 - Pruebas al sistema de lubricación de la bomba
 - Pruebas al variador de velocidad de la bomba
 - Pruebas de capacidad de la bomba
 - Pruebas preoperacionales de automatización en sitio del sistema

- Agua de alimentación al Sistema de Media Presión (MP)
 - Pruebas de comportamiento mecánico de los motores y bombas del sistema
 - Pruebas de capacidad de la bomba

- Pruebas preoperacionales de automatización en sitio del sistema
- Bombas de recirculación
 - Pruebas de comportamiento mecánico de los motores y bombas del sistema
 - Pruebas preoperacionales de automatización en sitio del sistema
- Fosas de Purgas
 - Pruebas de comportamiento mecánico de los motores y bombas del sistema
 - Prueba de capacidad de la bomba
 - Pruebas preoperacionales de automatización en sitio del sistema
- Sistema de By-Pass
 - Sintonización de controles de By-pass (Alta Presión, Recalentado Caliente y Media presión)
 - Pruebas de capacidad de By-pass (Alta Presión, Recalentado Caliente y Media presión)
- Válvulas de Seguridad de Vapor
 - Calibración en línea de las válvulas de seguridad de las principales tuberías de vapor
- Pruebas integrales del Generador de Vapor por Recuperación de Calor (GVRC)
 - Limpieza química (alcalina y ácida) y pasivación de tuberías
 - Sintonización de control de nivel de domos (Alta, Media y Baja Presión)
 - Pruebas de respuesta dinámica del GVRC
 - Pruebas a las protecciones del GVRC por alta temperatura y/o alta presión
 - Pruebas al sistema de venteos y drenajes

2.6 Turbina de Vapor

- Sistema de Condensado
 - Pruebas de comportamiento mecánico de los motores y bombas del sistema de bombeo de condensado
 - Pruebas del sistema de vacío del condensador

FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
INFORME DE TITULACIÓN POR EXPERIENCIA PROFESIONAL

- Pruebas de capacidad del condensador de superficie
- Verificación de instalación y funcionamiento de dispositivos de apertura y cierre rápido del condensador (rompedora de vacío y sello de plomo)
- Pruebas al control de nivel del pozo caliente del Condensador
- Pruebas al sistema de limpieza tipo Taprogge del Condensador
- Pruebas al sistema de Retrolavado con Choque Térmico

- Sistema de lubricación
 - Pruebas de comportamiento mecánico de los motores y bombas del sistema
 - Pruebas de sistema de lubricación de emergencia
 - Pruebas de sistema de lubricación auxiliar
 - Calibración de los presión y flujo de aceite entregados por el sistema
 - Certificación del limpieza de aceite
 - Pruebas preoperacionales de automatización en sitio del sistema

- Sistema de aceite de hidráulico para válvulas principales de admisión de vapor
 - Calibración de los presión y flujo de aceite entregados por el sistema
 - Calibración de suministro hidráulico para actuadores de válvulas de admisión de vapor (válvulas de corte y regulación)
 - Pruebas preoperacionales de automatización en sitio del sistema

- Sistema de vapor auxiliar
 - Pruebas al sistema de vapor para sellos
 - Pruebas al sistema del banco de eyectores (suministro de vapor para el vacío de condensador)
 - Pruebas a los precalentadores de combustible alimentados por vapor auxiliar

- Sistema de enfriamiento principal (agua de circulación)
 - Pruebas de comportamiento mecánico de los motores y bombas del sistema
 - Prueba al sistema de retrolavado por choque térmico
 - Pruebas al sistema de limpieza

- Pruebas integrales de la Turbina de Vapor
 - Prueba de velocidad de tornaflecha
 - Rodado de Turbina en vacío (3600 rpm sin carga)

- Prueba de Oscilaciones Naturales
- Pruebas al Regulador de Velocidad de la Turbina de Vapor
- Pruebas de disparo por sobrevelocidad
- Sincronización de la Unidad con el sistema Eléctrico Nacional
- Pruebas de incremento de carga hasta Plena Carga

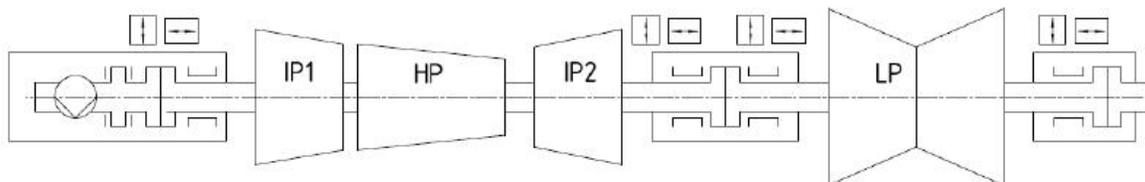
2.7 Pruebas asociadas al ciclo combinado como central

- **Soplado de vapor de los GVRC's y tuberías de vapor principales antes de llegar a la Turbina de Vapor**
- Pruebas de Rechazo de Carga de la Central, simulando una falla en la Turbina de Vapor
- Prueba de repuesta dinámica de los GVRC con rampas de incrementos y decremento de carga
- Prueba de Run-Back simulando pérdida de una TG
- Prueba de secuencia de arranque por control Maestro
- Prueba de Operación y Confiabilidad de la Central
- Pruebas de Garantías
 - Prueba de consumo de agua desmineralizada
 - Prueba de consumo de H₂
 - Prueba de ruido perimetral
 - Prueba de emisiones a la atmosfera
 - Prueba de desempeño o Performance

CAPÍTULO 3

3.1 Descripción del sistema

El proyecto 222 Repotenciación Manzanillo como lo explicamos anteriormente tiene dos Ciclo Combinados de tres Turbinas de Gas hacia una Turbina de Vapor (ciclo 3 x 1). Las Turbinas de Vapor instaladas en el proyecto son de tres niveles diferentes de presión.



El vapor que es generado en el GVRC de Alta Presión se introduce directamente a la Turbina de Alta Presión (HP), el vapor que ya trabajo en la Turbina de Alta Presión es regresado al GVRC como vapor Recalentado Frío (CRH).El vapor Recalentado Frío se introduce junto con el vapor de Media Presión a un recalentador para convertirse en vapor Recalentado Caliente (HRH) y salir del GVRC hacia la Turbina de Presión intermedia 1 (IP1), después de trabajar ahí es introducido a la Turbina de Presión intermedia 2 (IP2) y a la salida de esta Turbina es llevado a la Turbina de baja presión para ser enviado al condensador. El vapor de baja presión que se generó en el GVRC es introducido directamente en la Turbina de Baja Presión y después enviado al condensador.

Estas tuberías son de acero al carbón con los siguientes diámetros

- Vapor Principal o vapor de Alta Presión 14”
- Vapor Recalentado frio 30”
- Vapor Recalentado caliente 30”
- Vapor de Baja Presión 20”

3.1 Descripción de la problemática

A raíz de la construcción y montaje de los GVRC así como de la tubería para el transporte de vapor hacia la Turbina se presenta una problemática en cuanto a la limpieza de las tuberías por la cantidad de desechos que se quedan en el interior de las partes así como del óxido que se forma mientras no está la planta en operación. El vapor que entra hacia la Turbina de Vapor debe cumplir como mínimo con los criterios de limpieza del suministrador.

3.2 Objetivo y alcance del soplado de vapor

Como consecuencia a lo descrito como problemática anteriormente, una de las piezas claves para una exitosa operación de la Turbina de Vapor es la calidad y limpieza del vapor que efectuará el trabajo, es por esto que el objetivo de un soplado de vapor es garantizar la limpieza de las tuberías y por consiguiente la calidad de vapor que se utilizará durante la operación de la Central.

La presente descripción define el proceso detallado del soplado de vapor de únicamente un módulo de la Central de Ciclo Combinado Manzanillo.

3.3 Requisitos previos para realizar un soplado de vapor

A continuación se describen las actividades e instalaciones temporales que se deberán considerar para llevar a cabo el procedimiento de soplado con vapor de las tuberías principales, las mismas son típicas para cada uno de los tres GVRC cuando aplique.

- Instalación de la tubería de desvío de las válvulas de entrada a las secciones de Alta Presión y Recalentado Caliente de la Turbina de Vapor
- Las conexiones finales de las últimas secciones de tuberías de entrada a la Turbina de Vapor serán completadas después del soplado
- Las conexiones terminales de tubería entre las derivaciones para el soplado y las válvulas de entrada de la Turbina se limpiarán por hidrolizado y las soldaduras de cierre final serán radiografiadas al 100% pero no probadas hidrostáticamente
- Remover la válvula de entrada de la sección de Baja Presión de la Turbina de Vapor e instalar tubería temporal de desvío hacia el silenciador
- Instalar bridas en las tuberías de vapor principal, recalentado caliente y baja presión que es donde se colocaran los portatestigos de soplado para cada una de las etapas de vapor
- Instalar la conexión de los silenciadores secos

- Instalar los portatestigos de soplado en las tuberías de Alta Presión, Recalentado Caliente y Baja Presión. En estos portatestigos de soplado se instalarán las placas de acabado espejo con los cuales se verificará la limpieza de la tubería



Fig.1 Portatestigos en tubería de Alta Presión

- Instalar bridas ciegas en las líneas de bypass de baja presión y by-pass de Recalentado Caliente para bloquear el flujo del vapor hacia los aspersores del condensador
- Cada GVRC tiene en cada una de sus salidas de vapor un medidor de flujo tipo Venturi. Para evitar daño en los medidores tipo venturi se instalarán luego de que se ha realizado el trabajo de soplado, y en su lugar se colocarán carretes temporales

- Limpieza química de GVRC y tuberías anexas ha sido concluida
- Asegurarse que todas las tuberías de drenaje estén abiertas durante el calentamiento inicial. Teniendo en cuenta que el agua puede contener lodo, tierra y demás contaminantes, así mismo es muy importante tener aire accesible en caso de que alguna de las líneas quede bloqueada.

3.4 Medidas de seguridad

- Asegurarse que el personal involucrado utilice adecuadamente su equipo de protección personal: guantes, botas, casco, lentes, protectores auditivos, arneses, etc.
- Las maniobras operativas se deben realizar en comunicación y común acuerdo entre el personal de operación, personal de pruebas, cuarto de control y personal de seguridad
- Invariablemente se deberá respetar en todo momento las reglas de seguridad implementadas por la C.T. Manzanillo (CFE)
- Seguir todas las medidas de precaución, indicadas en el procedimiento, para evitar daños en equipos y personas
- Verificar que el área esté acondicionada y acordonada para la prueba
- Verificar que, se tenga el equipo de protección contra incendio adecuado, en caso que sea requerido para la prueba
- Verificar que, los medios de comunicación, sean los adecuados para el desarrollo de esta actividad
- Asegurarse que no hay soportes combustibles en contacto con las tuberías calientes

3.5 Responsabilidad de las partes

Es responsabilidad del Contratista

- Emitir un procedimiento propuesto y toda la documentación asociada para una primera revisión por parte de CFE y emitir posteriormente el procedimiento definitivo una vez aprobado por CFE con el cual se ejecutarán los trabajos.
- Llevar a cabo los trabajos requeridos de acuerdo a lo establecido en el procedimiento conciliado
- Realizar un programa detallado de la secuencia de la prueba
- Es responsabilidad del área mecánica de puesta en servicio del contratista verificar el cumplimiento de este procedimiento y someter a aprobación los resultados con base a los criterios de aceptación
- Es responsabilidad de Control de Calidad del contratista, verificar el llenado correcto de los registros, formularios y documentos que se utilicen en la prueba.

Es responsabilidad del área mecánica de puesta en Servicio de CFE

- Revisar y en su caso aprobar los procedimientos e información emitidos en tiempo y forma por el contratista
- Gestionar según el programa acordado de la prueba los recursos consumibles necesarios; agua desmineralizada y Gas Natural como facilidades al contratista
- Solicitar las libranzas y permisos correspondientes con el CENACE para la sincronización de las Turbinas de Gas con el Sistema Eléctrico Nacional
- Estar presente durante toda la prueba para verificar se lleve a cabo de acuerdo a las normas establecidas, las medidas de seguridad pertinentes y según lo acordado en el procedimiento correspondiente
- Verificar que se alcanzaron los criterios de aceptación para la validación de la limpieza de las tuberías

3.6 Especificaciones del soplado

El soplado de las tuberías de vapor va a ser un soplado continuo a la atmósfera por medio de un silenciador. En este soplado las Turbinas de Gas se ponen en funcionamiento a baja carga, dado que el vapor producido en los GVRC descarga en la atmósfera, el volumen específico del vapor es superior al que se presenta en una operación normal, lo que hace que a bajas cargas de TG se genere un caudal volumétrico de vapor que garantice el CFR de 1.2

CFR (Cleaning Force Ratio) o DFR (Disturbance Factor Ratio). Factor de disturbio que cuantifica la relación entre la presión dinámica necesaria para el soplado respecto a la presión dinámica durante la operación a plena carga de la central.

$$C = \frac{v \times \dot{m}_s}{v \times \dot{m}_o} \quad \text{ón a P} \quad C$$

Donde:

v : Volumen específico (m³/kg)

\dot{m} : Caudal másico (kg/h)

La potencia de las Turbinas de Gas se ajustará hasta alcanzar el caudal de vapor que garantice este CFR. Estos resultados se incluyen en el Anexo 3

3.7 Procedimiento detallado del soplado de vapor

A continuación se describen los pasos que deben ser llevados a cabo para el soplado con vapor de las tuberías principales, los mismos son una descripción de los esquemáticos mostrados en el Anexo 1 (Secuencia de Soplado).

De acuerdo con el requerimiento propuesto por CFE, el programa de soplado se llevará a cabo durante el día, debido a la baja disponibilidad de agua que se

suministra las calderas. Se utilizarán los testigos como referencia para determinar los tiempos de soplado de las unidades individuales.

El soplado continuo se realiza de forma cíclica. Es decir, se realiza un soplado durante unas horas y se para hasta que las tuberías se enfrían un mínimo de 100°C. Esto se traduce en que se somete a las líneas de vapor a **ciclos térmicos** de dilatación y contracción que favorecen el desprendimiento de cascarilla y óxidos de laminación.

Para llevar a cabo el soplado se deberá arrancar la primera Turbina de Gas, incrementando la carga hasta alcanzar una temperatura de 400°C. Luego se podrá iniciar el procedimiento con la siguiente secuencia para cada uno de los tres GVRC de forma individual. Los soplados en las secciones individuales de los GVRC, Alta presión, Baja presión, Recalentado frío y caliente serán efectuados instalando testigos sólo como referencia.

PASO 1

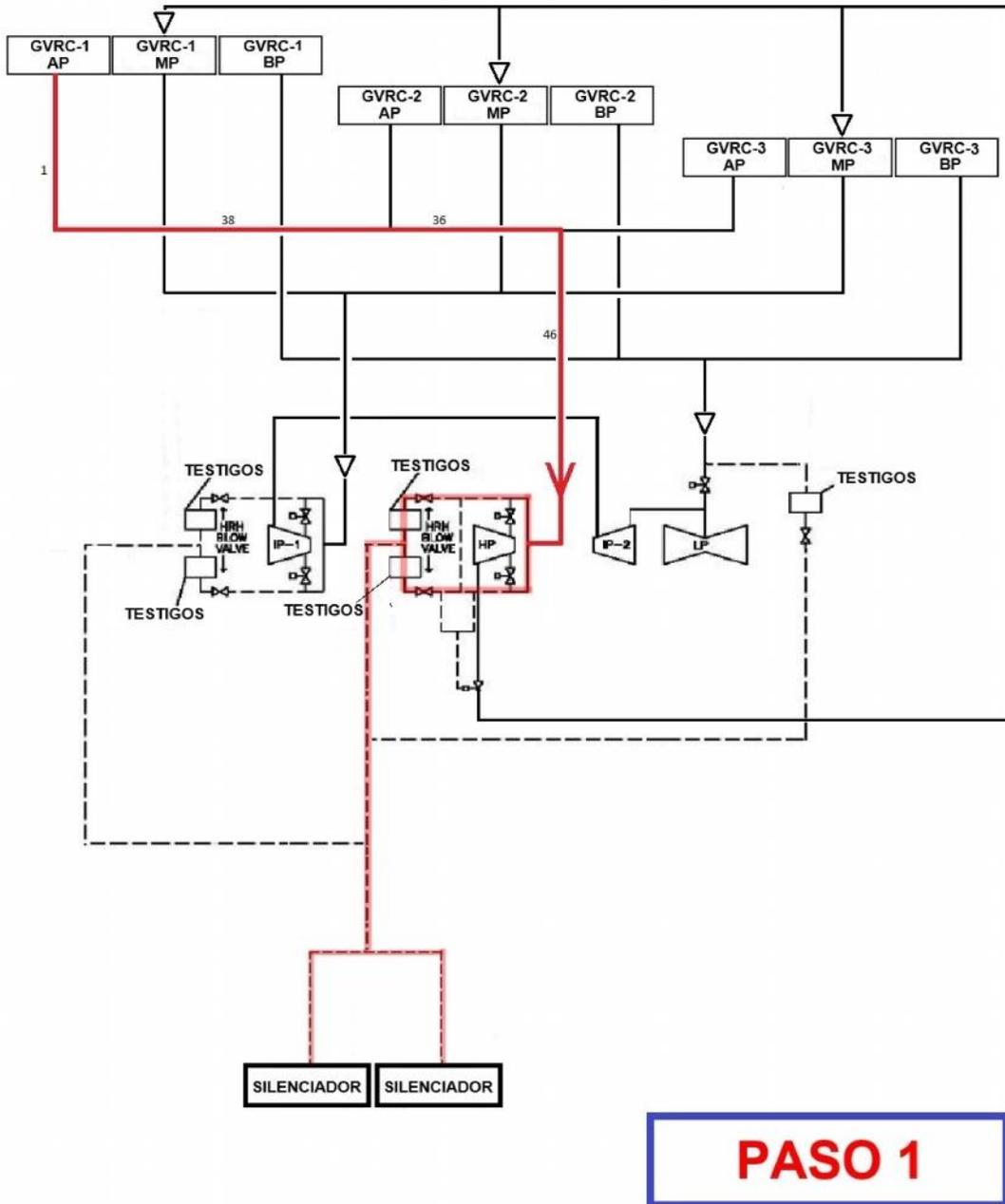


Fig. 2 Diagrama de Paso 1 del soplado de vapor

FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
INFORME DE TITULACIÓN POR EXPERIENCIA PROFESIONAL

Soplar la línea de Alta Presión del primer GVRC hasta que el vapor que salga del silenciador esté visiblemente limpio. El flujo de masa será monitoreado usando el medidor de flujo instalado en las bombas de agua que suministran las calderas. En este paso no hay flujo en la tubería Recalentado Frío ya que esa ruta se encuentra boqueada por el cierre de las válvulas de bloqueo de Recalentado Caliente y del bypass de Alta Presión. La sección de Intermedia Presión del GVRC es venteada a través de la válvula de venteo de Recalentado Caliente y la sección de Baja Presión es venteada a través de la válvula de venteo del GVRC. No se utilizan elementos testigo durante este paso.

Los cálculos del CFR durante este paso se muestran en la siguiente tabla:

GVRC-1											
TUBERÍA DE AP A TRAVÉS DEL GVRC-1											
		CONDICIONES A CARGA PLENA			CONDICIONES DURANTE SOPLADO						
LINEA	DIAMETRO	FLUJO MASICO	VOLUMEN ESP.	$\dot{m}^2 v$	FLUJO MASICO	PRESION	TEMP	VOLUMEN ESP.	$\dot{m}^2 v$	VEL	CFR
					(mton / hr)	(cu m)/kg	(mton / hr)	bar		deg C	
TUBERIA 1	10	183.95	0.02329	788	52	8.55	400	0.3593	972	134	1.23
TUBERIA 38	10	183.95	0.02329	788	52	7.56	398	0.4056	1,097	151	1.39
TUBERIA 34	14	372	0.0205	2837	52	5.63	399	0.5469	1,479	118	0.52
TUBERIA 46	18	551.9	0.0205	7631	52	5.18	400	0.5957	1,611	77	0.21

Tabla 1 Cálculo de CFR durante Paso 1 de soplado de vapor

PASO 2

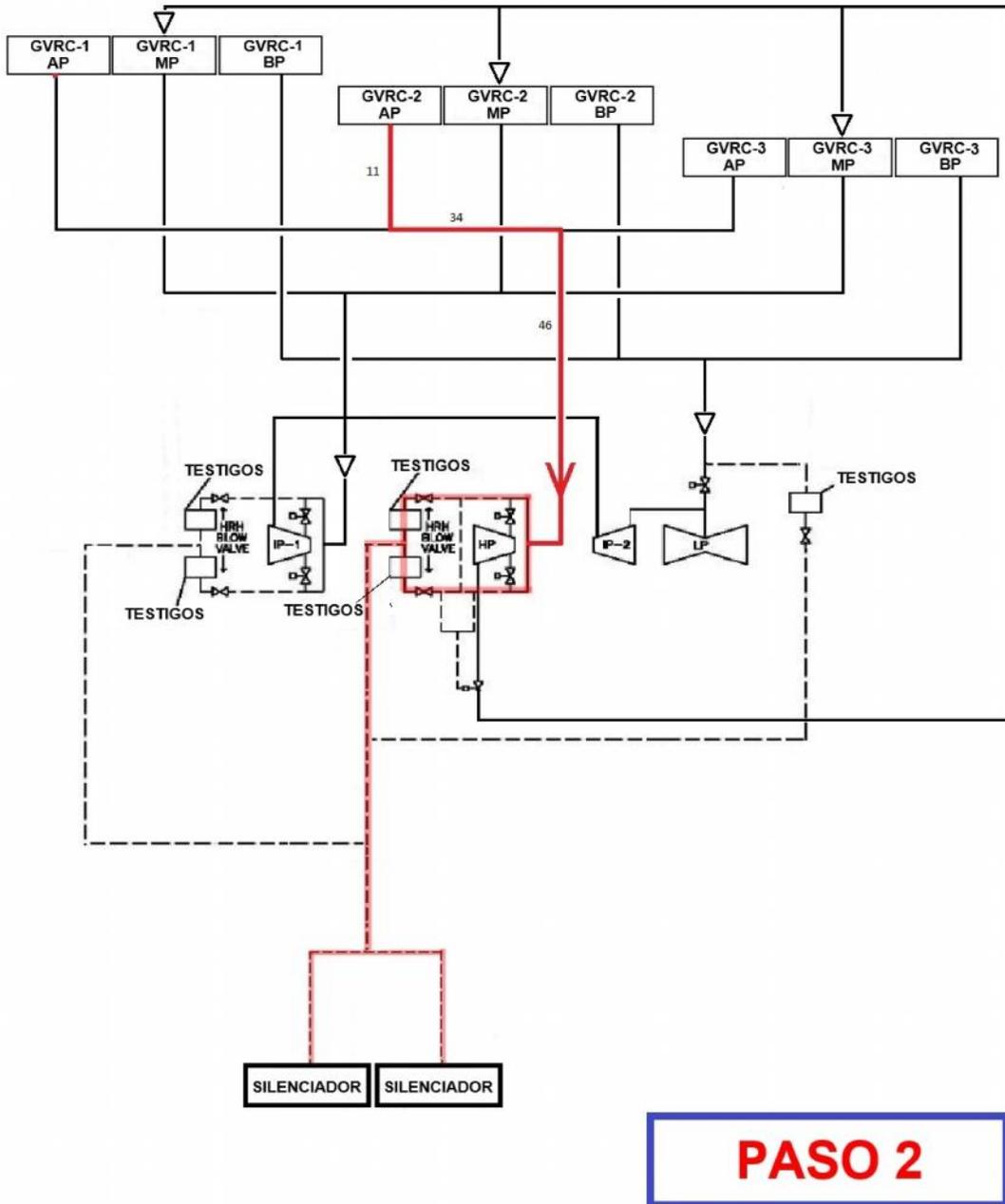


Fig. 3 Diagrama de Paso 2 del soplado de vapor

FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
INFORME DE TITULACIÓN POR EXPERIENCIA PROFESIONAL

Soplar la línea de Alta Presión del segundo GVRC hasta que el vapor que salga del silenciador esté visiblemente limpio. El flujo de masa será monitoreado usando el medidor de flujo instalado en las bombas de agua que suministran las calderas. En este paso no hay flujo en la tubería Recalentado Frío ya que esa ruta se encuentra boqueada por el cierre de las válvulas de bloqueo de Recalentado Caliente y del bypass de Alta Presión. La sección de Intermedia Presión del GVRC es venteada a través de la válvula de venteo de Recalentado Caliente y la sección de Baja Presión es venteada a través de la válvula de venteo del GVRC. No se utilizan elementos testigo durante este paso.

Los cálculos del CFR durante este paso se muestran en la siguiente tabla:

GVRC-2											
TUBERÍA DE AP A TRAVÉS DEL GVRC-2											
		CONDICIONES A CARGA PLENA			CONDICIONES DURANTE SOPLADO						
LINEA	DIAMETRO	FLUJO MASICO	VOLUMEN ESP.	\dot{m}^2v	FLUJO MASICO	PRESION	TEMP	VOLUMEN ESP.	\dot{m}^2v	VEL	CFR
		(mton / hr)	(cu m)/kg		(mton / hr)	bar	deg C	(cu m)/kg		(m/seg)	
TUBERIA 1	10	183.95	0.02329	788	45	6.32	400	0.4875	987	157	1.25
TUBERIA 38	14	372	0.0205	2837	45	4.89	402	0.6332	1,282	118	0.45
TUBERIA 46	18	551.9	0.0205	7631	45	4.5	403	0.6895	1,396	77	0.18

Tabla 2 Cálculo de CFR durante Paso 2 de soplado de vapor

PASO 3

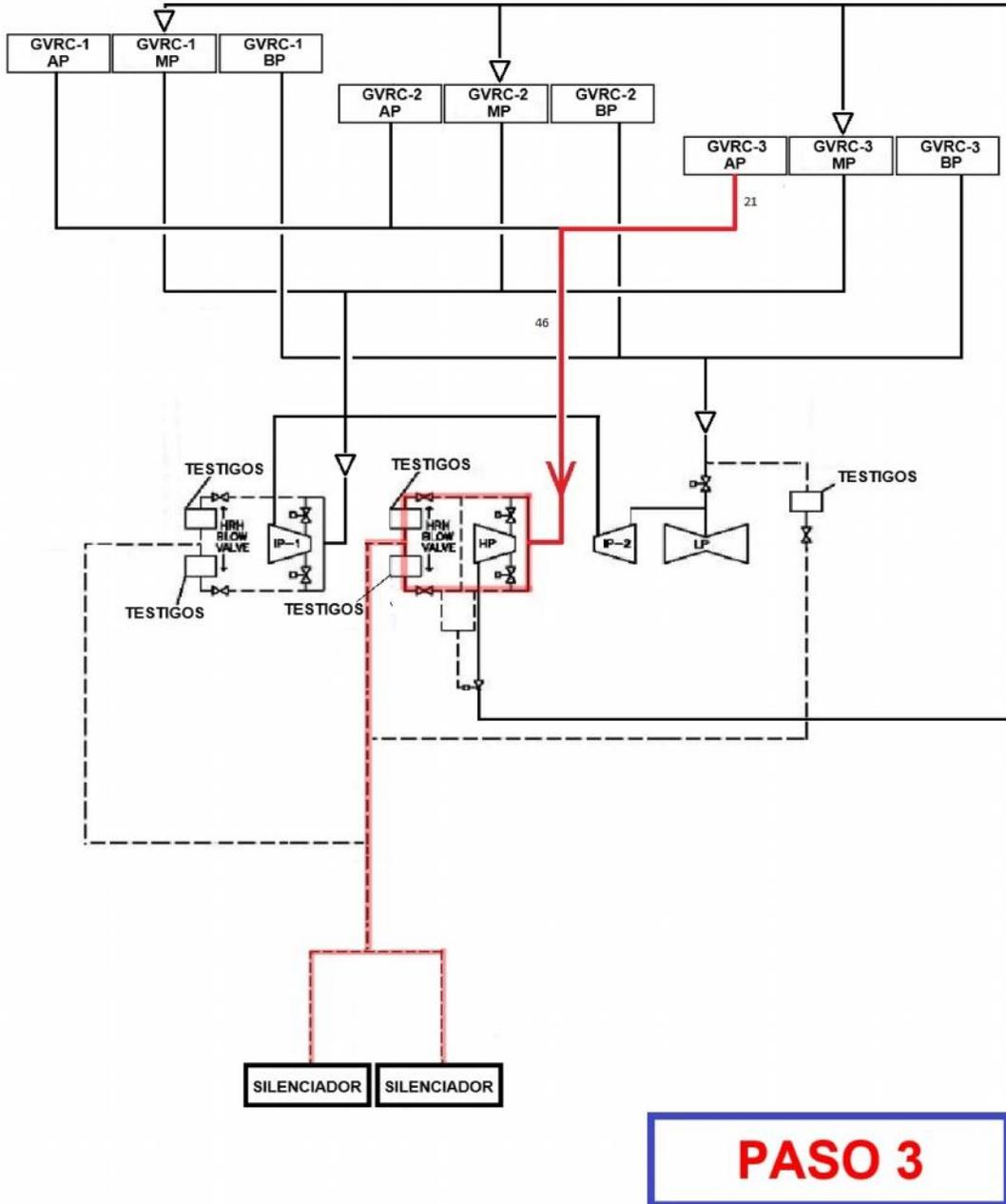


Fig. 4 Diagrama de Paso 3 del soplado de vapor

FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
INFORME DE TITULACIÓN POR EXPERIENCIA PROFESIONAL

Soplar la línea de Alta Presión del tercer GVRC hasta que el vapor que salga del silenciador esté visiblemente limpio. El flujo de masa será monitoreado usando el medidor de flujo instalado en las bombas de agua que suministran las calderas. En este paso no hay flujo en la tubería Recalentado Frío ya que esa ruta se encuentra boqueada por el cierre de las válvulas de bloqueo de Recalentado Caliente y del bypass de Alta Presión. La sección de Intermedia Presión del GVRC es venteada a través de la válvula de venteo de Recalentado Caliente y la sección de Baja Presión es venteada a través de la válvula de venteo del GVRC. No se utilizan elementos testigo durante este paso.

Los cálculos del CFR durante este paso se muestran en la siguiente tabla:

GVRC-3											
TUBERÍA DE AP A TRAVÉS DEL GVRC-3											
		CONDICIONES A CARGA PLENA			CONDICIONES DURANTE SOPLADO						
LINEA	DIAMETRO	FLUJO MASICO	VOLUMEN ESP.	$\dot{m}^2 v$	FLUJO MASICO	PRESION	TEMP	VOLUMEN ESP.	$\dot{m}^2 v$	VEL	CFR
		(mton / hr)	(cu m)/kg		(mton / hr)	bar	deg C	(cu m)/kg		(m/seg)	
TUBERIA 21	10	183.95	0.02329	788	42	5.6	400	0.5507	971	166	1.23
TUBERIA 46	18	551.9	0.0205	7631	42	4.2	404	0.7401	1,306	77	0.17

Tabla 3 Cálculo de CFR durante Paso 3 de soplado de vapor

PASO 4

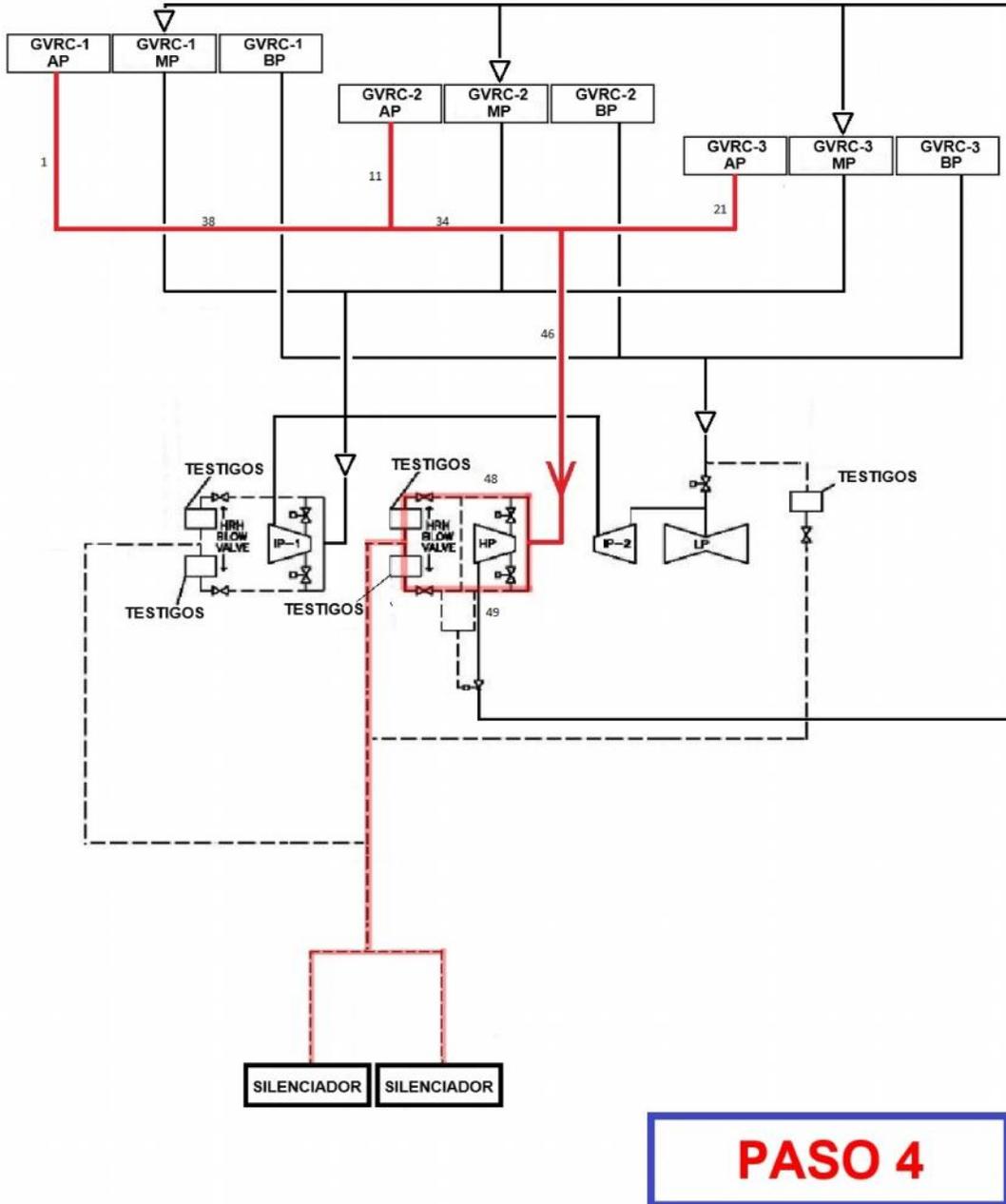


Fig. 5 Diagrama de Paso 4 del soplado de vapor

Después de completar el soplado con vapor para el tercer GVRC, permitir que todos los sistemas se enfríen al menos durante la noche (para el ciclo térmico), luego llevar a cabo un soplado combinado con los tres GVRC's en servicio, siguiendo las rutas de vapor del Paso 1 y luego de nuevo para los Pasos 2 y 3.



Fig. 6 Colocación de testigo para validación de limpieza en tubería de Alta Presión

FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
INFORME DE TITULACIÓN POR EXPERIENCIA PROFESIONAL

Los cálculos del CFR durante este paso se muestran en la siguiente tabla:

GVRC-1, 2 y 3		TUBERÍA DE AP A TRAVÉS DE LOS TRES GVRC'S									
		CONDICIONES A CARGA PLENA			CONDICIONES DURANTE SOPLADO						
LINEA	DIAMETRO	FLUJO MASICO	VOLUMEN ESP.	\dot{m}^2v	FLUJO MASICO	PRESION	TEMP	VOLUMEN ESP.	\dot{m}^2v	VEL	CFR
	(plg)	(mton / hr)	(cu m)/kg		(mton / hr)	bar	deg C	(cu m)/kg		(m/sec)	
TUBERIA 1	10	183.95	0.02329	788	81	20.79	400	0.1453	953	84	1.21
TUBERIA 11	10	183.95	0.02329	788	81	19.65	400	0.154	1,010	89	1.28
TUBERIA 21	10	183.95	0.02329	788	81	18.25	400	0.1661	1,090	96	1.38
TUBERIA 38	10	183.95	0.02329	788	81	18.29	399	0.1655	1,086	88	1.38
TUBERIA 34	14	372	0.0205	2837	162	18.14	397	0.1663	4,365	112	1.54
TUBERIA 46	18	551.9	0.0205	6244	243	16.68	397	0.1813	10,703	109	1.71
TUBERIA 48	14	275.95	0.0205	1561	97	7.47	389	0.4048	3,809	110	2.44
TUBERIA 49	14	275.95	0.0205	1561	113	7.35	386	0.4096	5,230	111	3.35

Tabla 4 Cálculo de CFR durante Paso 4 de soplado de vapor

Después del ciclo térmico y cuando el vapor esté visiblemente limpio, **se hace la inserción de los testigos de Alta Presión y se sopla hasta que se cumpla el criterio de aceptación acordado.**



Fig. 7 Vapor sucio saliendo de los silenciadores

PASO 5

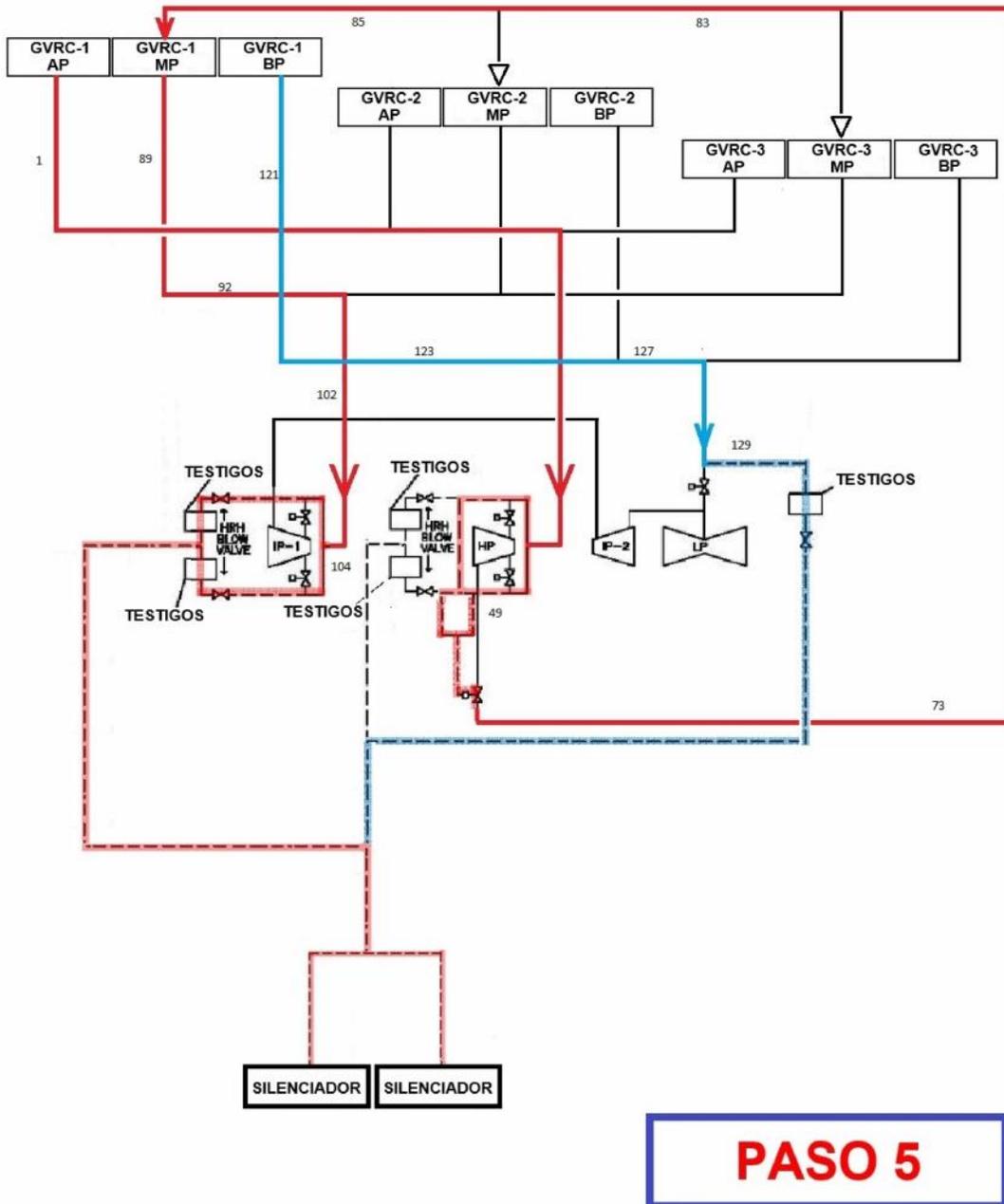


Fig. 8 Diagrama de Paso 5 del soplado de vapor

FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
INFORME DE TITULACIÓN POR EXPERIENCIA PROFESIONAL

Completar el soplado de las líneas de Recalentado Frío y Recalentado Caliente del primer GVRC, para ello se debe abrir la válvula de bloqueo de vapor de Alta Presión, abrir la válvula de bloqueo de Recalentado Caliente. Verificar la alineación de las válvulas cerciorándose que el flujo este desviado por el recalentador. Continuar soplando hasta que el vapor que sale del silenciador esté visiblemente limpio. En este paso se inicia el soplado de vapor de Baja Presión hacia el silenciador. Se utilizarán testigos durante esta etapa solo como referencia.

Los cálculos del CFR durante este paso se muestran en la siguiente tabla:

GVRC-1											
TUBERÍA DE MP Y BP A TRAVÉS DEL GVRC-1											
		CONDICIONES A CARGA PLENA				CONDICIONES DURANTE SOPLADO					
LINEA	DIAMETRO	FLUJO MASICO	VOLUMEN ESP.	m^2v	FLUJO MASICO	PRESION	TEMP	VOLUMEN ESP.	m^2v	VEL	CFR
					(mton / hr)	bar	deg C	(cu m)/kg	(m/sec)		
	(plg)	(mton / hr)	(cu m)/kg		(mton / hr)	bar	deg C	(cu m)/kg		(m/sec)	
TUBERIA 1	10	183.95	0.02329	788	75	13.22	400	0.2309	1,299	124	1.65
TUBERIA 49	14	273	0.025723	1917	75	7.7	397	0.3976	2,236	124	1.17
TUBERIA 73	30	535.8	0.06387	18336	75	6.46	399	0.4761	2,678	23	0.15
TUBERIA 83	24	360	0.06387	8650	75	6.41	398	0.4791	2,695	39	0.31
TUBERIA 85	16	179.17	0.06603	2120	75	6.32	397	0.4853	2,730	89	1.29
TUBERIA 89	18	216.85	0.09191	4322	95	2.82	392	1.0844	9,787	229	2.26
TUBERIA 92	24	216.85	0.09838	4322	95	1.86	382	1.6213	14,632	340	3.39
TUBERIA 102	30	434	0.09838	18530	95	1.55	399	1.9973	18,026	130	0.97
TUBERIA 104	30	651	0.09838	41693	95	1.53	399	2.0235	18,262	131	0.44
TUBERIA 121	12	31.98	0.2303	236	15	1.29	230	1.7908	403	104	1.71
TUBERIA 123	14	31.98	0.2303	236	15	1.18	230	1.9586	441	94	1.87
TUBERIA 127	16	66	0.2303	1003	15	1.15	231	2.014	453	74	0.45
TUBERIA 129	20	100.2	0.26134	2624	15	1.15	232	2.0181	454	47	0.17

Tabla 5 Cálculo de CFR durante Paso 5 de soplado de vapor

PASO 6

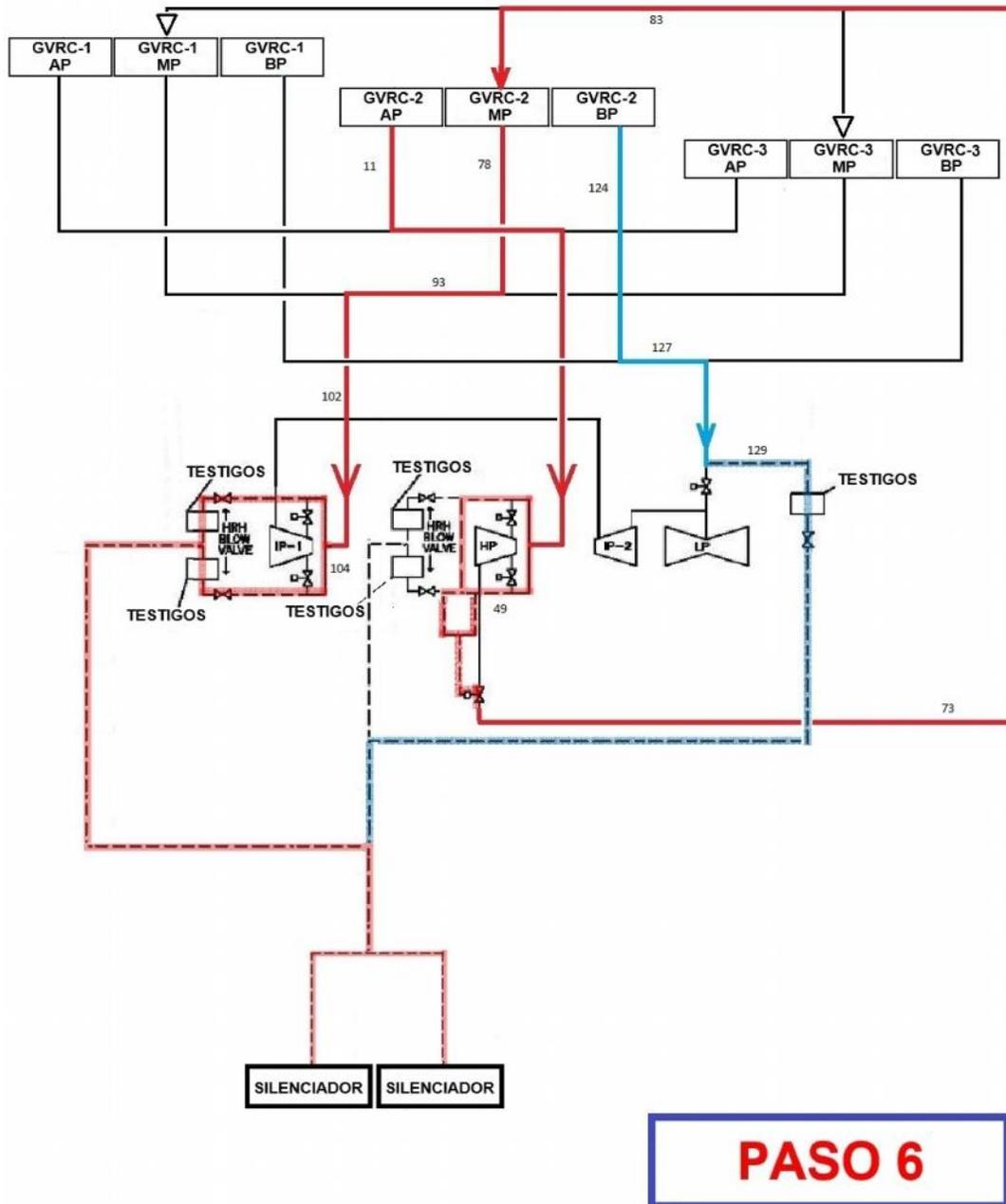


Fig. 9 Diagrama de Paso 6 del soplado de vapor

FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
INFORME DE TITULACIÓN POR EXPERIENCIA PROFESIONAL

Completar el soplado de las líneas de Recalentado Frío y Recalentado Caliente del segundo GVRC, para ello se debe abrir la válvula de bloqueo de vapor de Alta Presión, abrir la válvula de bloqueo de Recalentado Caliente. Verificar la alineación de las válvulas cerciorándose que el flujo este desviado por el recalentador. Continuar soplando hasta que el vapor que sale del silenciador esté visiblemente limpio. En este paso se inicia el soplado de vapor de Baja Presión hacia el silenciador. Se utilizarán testigos durante esta etapa solo como referencia.

Los cálculos del CFR durante este paso se muestran en la siguiente tabla:

GVRC-2											
TUBERÍA DE MP Y BP A TRAVÉS DEL GVRC-2											
		CONDICIONES A CARGA PLENA			CONDICIONES DURANTE SOPLADO						
LINEA	DIÁMETRO	FLUJO MASICO	VOLUMEN ESP.	\dot{m}^2v	FLUJO MASICO	PRESION	TEMP	VOLUMEN ESP.	\dot{m}^2v	VEL	CFR
TUBERIA 11	10	184.95	0.02329	797	75	11.83	400	0.2585	1,454	139	1.82
TUBERIA 49	14	273	0.025723	1917	75	8.12	399	0.3779	2,126	117	1.11
TUBERIA 73	30	535.8	0.06387	18336	75	6.55	401	0.471	2,649	23	0.14
TUBERIA 83	24	360	0.06387	8650	75	6.5	400	0.4739	2,666	38	0.31
TUBERIA 78	16	180.17	0.06603	2143	75	6.37	399	0.4829	2,716	87	1.27
TUBERIA 93	18	217.85	0.09191	4362	95	2.96	392	1.0329	9,322	230	2.14
TUBERIA 102	30	434	0.09838	18530	95	1.6	399	1.9348	17,461	126	0.94
TUBERIA 104	30	651	0.09838	41693	95	1.59	399	1.947	17,571	127	0.42
TUBERIA 124	12	32.98	0.2303	251	15	1.23	230	1.8786	423	109	1.68
TUBERIA 127	16	66	0.2303	1003	15	1.17	232	1.9835	446	72	0.44
TUBERIA 129	20	100.2	0.26134	2624	15	1.17	232	1.9835	446	46	0.17

Tabla 6 Cálculo de CFR durante Paso 6 de soplado de vapor

PASO 7

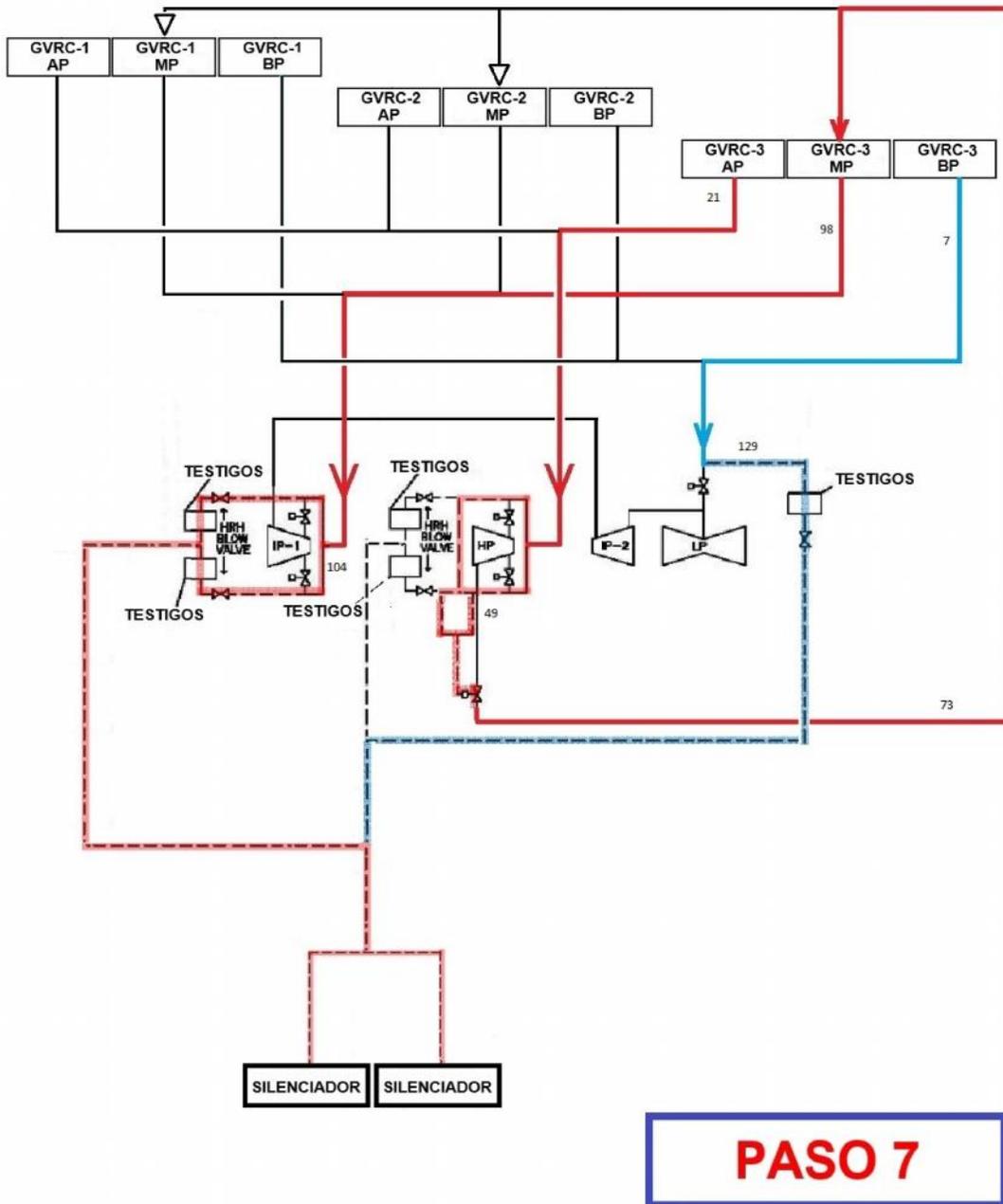


Fig. 9 Diagrama de Paso 7 del soplado de vapor

FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
INFORME DE TITULACIÓN POR EXPERIENCIA PROFESIONAL

Completar el soplado de las líneas de Recalentado Frío y Recalentado Caliente del tercer GVRC, para ello se debe abrir la válvula de bloqueo de vapor de Alta Presión, abrir la válvula de bloqueo de Recalentado Caliente. Verificar la alineación de las válvulas cerciorándose que el flujo este desviado por el recalentador. Continuar soplando hasta que el vapor que sale del silenciador esté visiblemente limpio. En este paso se inicia el soplado de vapor de Baja Presión hacia el silenciador. Se utilizarán testigos durante esta etapa solo como referencia.

Los cálculos del CFR durante este paso se muestran en la siguiente tabla:

GVRC-3		TUBERÍA DE MP Y BP A TRAVÉS DEL GVRC-3									
LINEA	DIAMETRO	CONDICIONES A CARGA PLENA			CONDICIONES DURANTE SOPLADO						CFR
		FLUJO MASICO	VOLUMEN ESP.	\dot{m}^2v	FLUJO MASICO	PRESION	TEMP	VOLUMEN ESP.	\dot{m}^2v	VEL	
	(plg)	(mton / hr)	(cu m)/kg		(mton / hr)	bar	deg C	(cu m)/kg		(m/sec)	
TUBERIA 21	10	185.95	0.02329	805	75	11.4	400	0.2684	1,510	144	1.88
TUBERIA 49	14	273	0.025723	1917	75	8.21	399	0.3738	2,102	116	1.1
TUBERIA 73	30	535.8	0.06387	18336	75	6.66	401	0.4631	2,605	22	0.14
TUBERIA 75	16	181.17	0.06603	2167	75	6.47	400	0.4761	2,678	87	1.24
TUBERIA 98	18	218.85	0.09191	4402	95	2.99	393	1.0241	9,242	216	2.1
TUBERIA 104	30	651	0.09838	41693	95	1.59	399	1.947	17,571	127	0.42
TUBERIA 107	12	33.98	0.2303	266	15	1.28	230	1.8049	406	104	1.53
TUBERIA 129	20	100.2	0.26134	2624	15	1.17	232	1.9835	446	46	0.17

Tabla 7 Cálculo de CFR durante Paso 7 de soplado de vapor

PASO 8

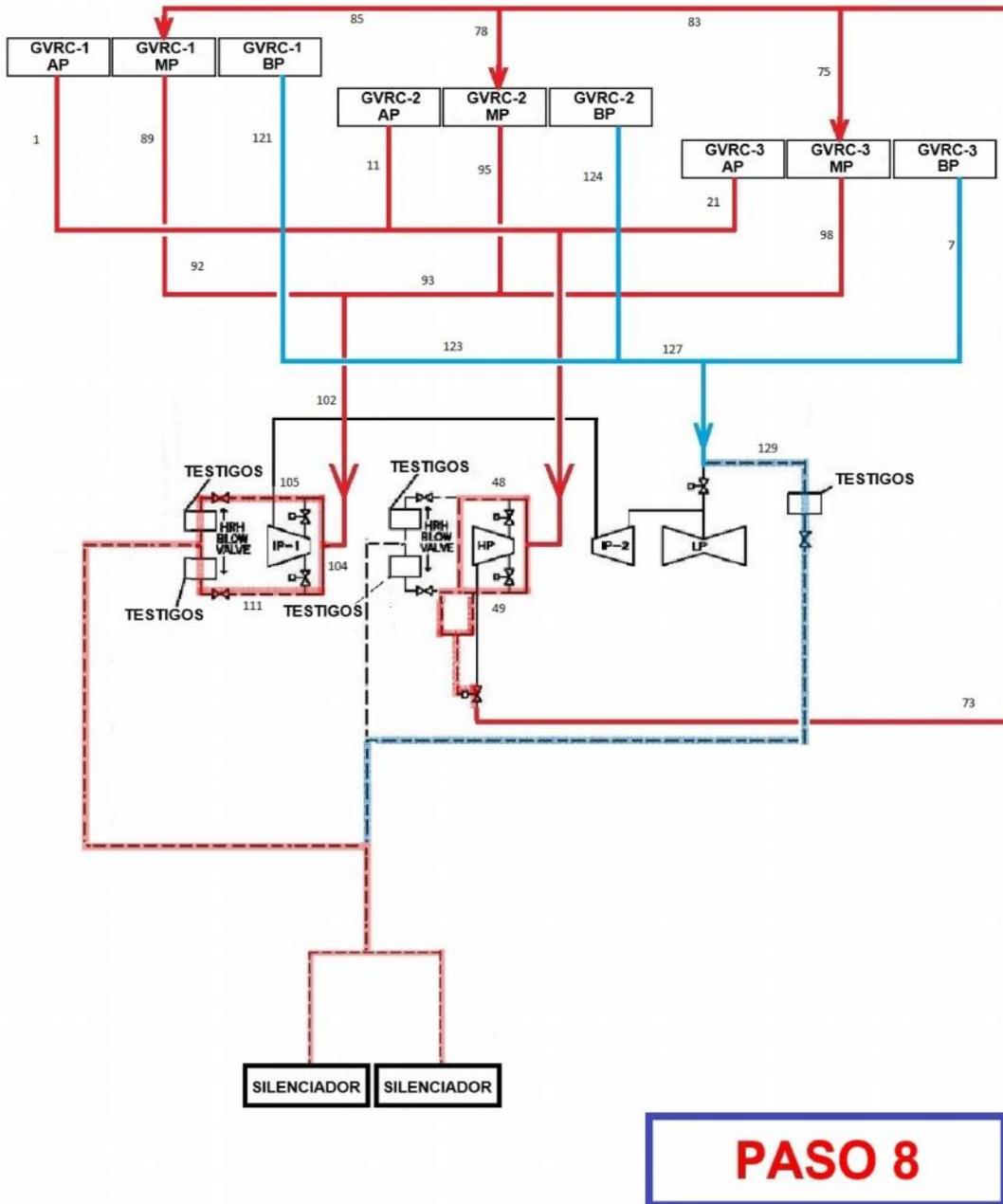


Fig. 10 Diagrama de Paso 8 del soplado de vapor

FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
INFORME DE TITULACIÓN POR EXPERIENCIA PROFESIONAL

Después de completar el soplado con vapor para el tercer GVRC, permitir que todos los sistemas se enfríen al menos durante la noche (para el ciclo térmico), luego llevar a cabo un soplado combinado con los tres GVRC's en servicio, siguiendo las rutas de vapor del Paso 5 y luego de nuevo para los Pasos 6 y 7.

Los cálculos del CFR durante este paso se muestran en la siguiente tabla:

GVRC-1, 2 y 3											
TUBERÍA DE MP Y BP A TRAVÉS DEL GVRC-1, 2 y 3											
LINEA	DIAMETRO	CONDICIONES A CARGA PLENA			CONDICIONES DURANTE SOPLADO						CFR
		FLUJO MASICO	VOLUMEN ESP.	\dot{m}^2v	FLUJO MASICO	PRESION	TEMP	VOLUMEN ESP.	\dot{m}^2v	VEL	
	(pulg)	(mton / hr)	(cu m)/kg		(mton / hr)	bar	deg C	(cu m)/kg		(m/sec)	
TUBERIA 1	10	183.95	0.02329	788	100	27.37	400	0.1093	1,093	78	1.39
TUBERIA 11	10	184.95	0.02329	797	100	26.07	400	0.115	1,150	82	1.44
TUBERIA 21	10	185.95	0.02329	805	100	24.48	400	0.1228	1,228	88	1.52
TUBERIA 48	14	273	0.025723	1917	139.1	14.61	398	0.2079	4,022	120	2.1
TUBERIA 49	14	273	0.025723	1917	160.9	14.49	397	0.2093	5,418	140	2.83
TUBERIA 73	30	535.8	0.06387	18336	300	10.01	401	0.3068	27,609	59	1.51
TUBERIA 83	24	360	0.06387	8278	201.9	9.57	401	0.3211	13,087	69	1.58
TUBERIA 85	16	179.17	0.06603	2120	101.6	9.5	400	0.3229	3,334	80	1.57
TUBERIA 78	16	180.17	0.06603	2143	100.3	9.41	400	0.3261	3,280	80	1.53
TUBERIA 75	16	181.17	0.06603	2167	98.1	9.44	400	0.325	3,128	78	1.44
TUBERIA 89	18	216.85	0.09191	4322	121.6	5.81	397	0.5282	7,811	143	1.81
TUBERIA 95	18	217.85	0.09191	4362	120.3	5.64	397	0.5443	7,877	146	1.81
TUBERIA 98	18	218.85	0.09191	4402	118.1	5.83	398	0.5272	7,353	138	1.67
TUBERIA 92	24	216.85	0.09838	4626	121.6	5.23	396	0.5864	8,670	159	1.87
TUBERIA 102	30	434	0.09838	18530	241.9	4.99	400	0.6185	36,194	102	1.95
TUBERIA 104	30	651	0.09838	41694	360	4.78	396	0.642	83,198	158	2
TUBERIA 105	30	325.5	0.09838	10423	177.8	3.25	399	0.9504	30,046	116	2.88
TUBERIA 111	30	325.5	0.09838	10423	182.2	3.25	399	0.9504	31,552	119	3.03
TUBERIA 121	12	31.98	0.2303	236	30	3.72	230	0.6148	553	71	2.34
TUBERIA 124	12	31.98	0.2303	236	30	3.59	230	0.6374	574	74	2.43
TUBERIA 7	12	31.98	0.2303	236	30	3.61	230	0.6338	570	73	2.42
TUBERIA 123	14	31.98	0.2303	236	30	3.59	230	0.6374	574	61	2.43
TUBERIA 127	16	66	0.2303	1003	60	3.458	229	0.6607	2,378	97	2.37
TUBERIA 129	20	100.2	0.26134	2624	90	3.37	229	0.6782	5,493	95	2.09

Tabla 8 Cálculo de CFR durante Paso 8 de soplado de vapor

Insertar los testigos para Recalentado Caliente y soplar hasta que se cumpla el criterio de aceptación. Luego, insertar los testigos de vapor de Baja Presión y soplar hasta que se cumpla el criterio de aceptación.

3.8 Criterios de aceptación de la limpieza

Durante la prueba, se debe cumplir con las siguientes especificaciones de acuerdo con las especificaciones del fabricante (Anexo 2) para que se considere que el resultado es aceptable:

- El material del dispositivo deberá ser bronce-aluminio
- La superficie del dispositivo testigo debe ser de espejo pulido, con dureza de 120 HB
- El testigo debe estar firmemente insertado en el porta testigo
- El testigo debe permanecer insertado al menos durante 15 minutos para considerar válida la prueba



Fig. 11 Testigos de prueba acabado espejo

- Testigos nuevos deben ser usados en cada prueba que se realice
- Cualquier otro criterio contemplado dentro del Anexo 2

Se considerará que se ha llevado a cabo una limpieza efectiva de la tubería si durante los pasos 5, 6 y 7 de la sección anterior, los testigos muestran por cada 100 cm²



Fig. 12 Silenciador con vapor limpio

- Ningún impacto de tamaño mayor a 0.3 mm de diámetro o la superficie de impacto equivalente
- Tener como Máximo 10 impactos de tamaño de 0.3 mm de Diámetro



Fig. 13 Inspección de testigos de prueba

- La superficie de los testigos no mostrara rugosidad por manchas de vapor húmedo
- 3 testigos consecutivos después de un ciclo térmico para dar por terminada la limpieza de una sección

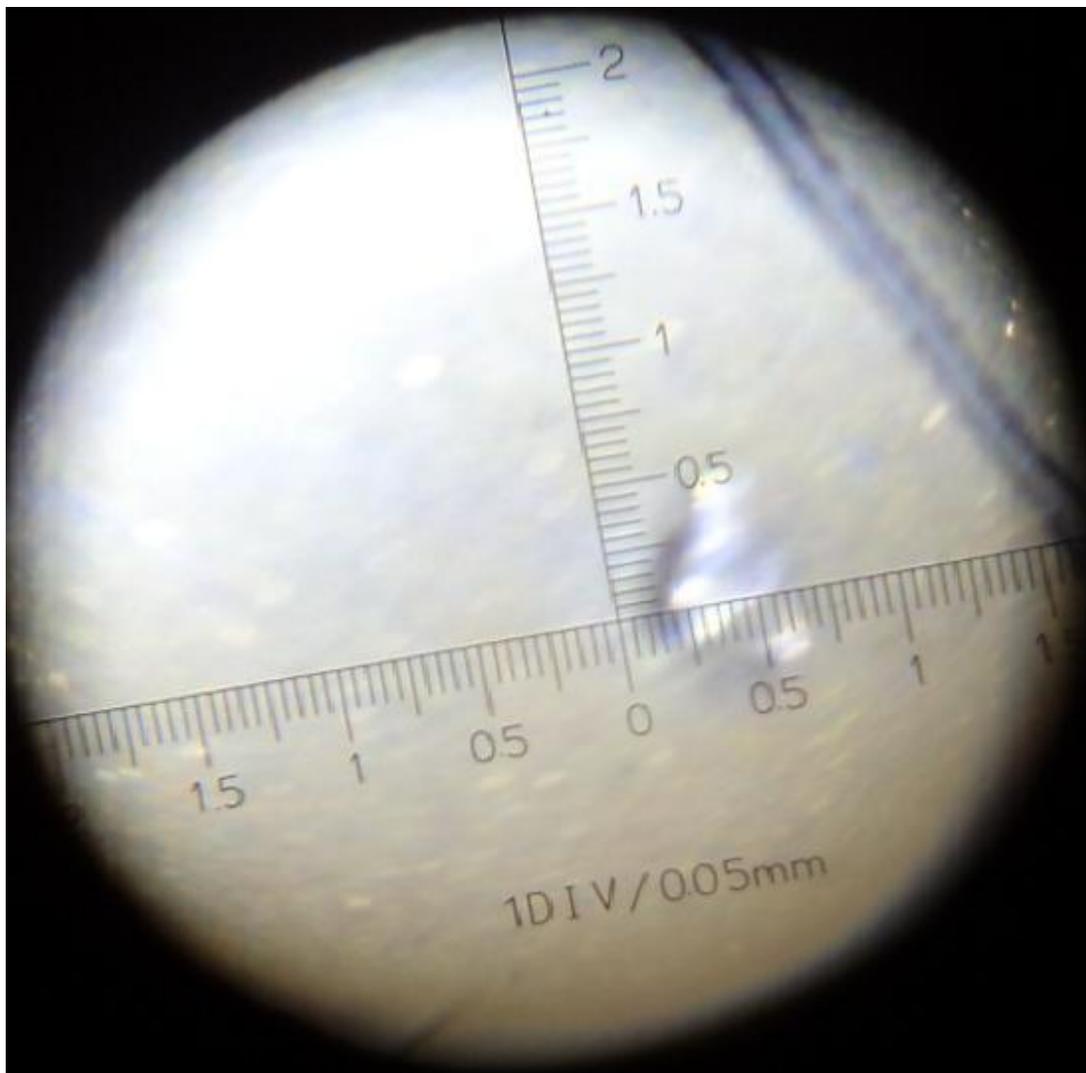


Fig. 12 Impacto en testigo 0.5 mm de diámetro

CONCLUSIONES

El proceso de soplado se llevó a cabo de forma exitosa cumpliéndose los criterios de aceptación bajo los siguientes horarios se completaron más de 91 horas efectivas de trabajo como lo muestra la siguiente tabla.

FECHA	INICIO	FINAL	HORAS DE SOPLADO	UNIDAD
17 de Abril de 2013	19:31	20:27	00:56	TG-1
18 de Abril de 2013	15:01	16:22	01:21	TG-1
	18:31	19:49	01:18	TG-2
19 de Abril de 2013	10:06	10:55	00:49	TG-2
20 de Abril de 2013	09:58	18:56	08:58	TG-3
21 de Abril de 2013	08:38	18:45	10:07	TG-3
22 de Abril de 2013	12:07	13:30	01:23	TG-2 TG-3 TG-1
	15:21	17:07	01:46	TG-2 TG-3 TG-1
	17:34	19:01	01:27	TG-2 TG-3 TG-1
23 de Abril de 2013	08:28	17:08	08:40	TG-1
24 de Abril de 2013	08:28	16:48	08:20	TG-1
29 de Abril de 2013	18:16	19:10	00:54	TG-1
30 de Abril de 2013	09:00	19:30	10:30	TG-2
1 de Mayo de 2013	11:43	16:28	04:45	TG-2
2 de Mayo de 2013	10:55	17:28	06:33	TG-3
4 de Mayo de 2013	11:05	16:04	04:59	TG-3
10 de Mayo de 2013	12:01	17:06	05:05	TG-2 TG-3 TG-1
12 de Mayo de 2013	10:09	17:00	06:51	TG-2 TG-3 TG-1
14 de Mayo de 2013	09:32	15:51	06:19	TG-2 TG-3 TG-1
TOTAL			91:01:00	

Posterior a la aceptación de la limpieza se realizaron las conexiones necesarias de la tubería con la Turbina de Vapor y se retiraron los arreglos temporales empleados durante la prueba.



Fig. 13 Comparación entre tuberías; lado izquierdo tubería limpia, lado derecho tubería sucia antes del soplado

El resultado fue exitoso al no presentarse ninguna anomalía durante los primeros rodados de la Turbina de vapor y como evidencia el Módulo 1 de la central de ciclo combinado opera actualmente de forma normal y segura.

El resultado exitoso de la limpieza de las tuberías de principales nos beneficia porque aseguramos una operación segura de la Turbina de Vapor, ya que al tener vapor sin partículas sólidas los álabes de la Turbina no presentarán daño por impactos o desgaste por erosión. Lo que se ve reflejado en mantenimientos preventivos menos frecuentes.

BIBLIOGRAFÍA

- Contrato PIF 003/2010
Proyecto 222 Repotenciación Manzanillo I U-1 y U-2
- ASME B31.1 2007
“PowerPiping”
- ASME TECHNICAL LETTER 2004
“Advances In Power Plant Steam Blow Cleaning Analyses”
- Manual de Operación y Mantenimiento del Generador de Vapor por Recuperación de Calor

ANEXOS

ALSTOM	ALSTOM Power		HTGD630167
Responsible department: 9665	Derived from: HTGX680012	Replaces: -	File no.: HTGD-MA05-07-010
Prepared: 2003-03-19 Brühlmann	Checked: 2011-01-18 krazdco	Approved: 2011-01-18 kraphpe	Revision: Page: D 1 / 7

ESPECIFICACIONES DE PROCESO RECOMENDACIONES PARA SOPLADO DE TUBERIAS DE VAPOR

Tabla de Contenidos:

1	General	2
1.1	Definiciones	2
1.2	Propósito y aplicación	2
1.3	Categorías y críticos	2
2	Propiedades requeridas del material	2
3	Requerimientos de forma y funcionalidad	2
4	Requerimientos de pruebas y verificaciones	2
5	Requerimientos de proceso	3
5.1	Especificaciones del proceso	3
6	Estándares asociados	6
6.1	Orden de procedencia	6
7	Requerimientos de logística y transporte	6
8	Notas	7
8.1	Identificación de cambios	7
9	Apéndices	7

Dept.	Document No.	Type	Rev.	Released	Ling.	Status
9665	HTGD630167	DC	D	2011-01-18	EN	Approved

1 General

1.1 Definiciones

- 1) Alstom Empleados de Alstom o su representante asignado
- 2) Puede Esta palabra es usada para indicar una acción permisible dentro de los límites de los estándares
- 3) Debe Esta palabra es usada para indicar un requerimiento obligatorio y estrictamente a seguir en conformidad a los estándares y donde ninguna desviación es permitida

1.2 Propósito de aplicación

- 1) Esta especificación contiene recomendaciones y requerimientos del soplado de calderas y tuberías de vapor
- 2) Esta especificación es aplicable a todas las turbinas de vapor con diseño segmento-T

1.3 Categorías y críticos

Esta sección no es aplicable a esta especificación

2 Propiedades requeridas del material

Esta sección no es aplicable a esta especificación.

3 Requerimientos de forma y funcionalidad

Esta sección no es aplicable a esta especificación.

4 Requerimientos de pruebas y verificaciones

Esta sección no es aplicable a esta especificación.

Dept.	Document No.	Type	Rev.	Released	Lang.	Status
9665	HTGD630167	DC	D	2011-01-18	EN	Approved

5 Requerimientos de proceso

5.1 Especificaciones de proceso

5.1.1 Recomendaciones de soplado

1) General

- a) Si se ha montado, ensamblado o reparado un generador de vapor y su sistema de tuberías, se debe manejar con precaución la remoción de las impurezas en el sistema. Se espera la existencia de óxidos y material corrosivo debido al tratamiento químico utilizado.
- b) Estas impurezas deben ser removidas del sistema antes de arrancar la turbina de vapor la primera vez. El método de limpieza utilizado es especificado por el fabricante de la turbina. independientemente del método seleccionado de limpieza, Alstom recomienda el soplar las líneas principales de vapor desde la caldera hasta la turbina.
- c) El método de soplado debe ser supervisado por el cliente final de la instalación aunque

Note: 1) Alstom considera esencial que los criterios de aceptación del soplado sean en función de prevenir el daño a la turbina de vapor.

2) Si el soplado no se lleva a cabo de acuerdo a estas especificaciones, Alstom hará saber por escrito las consecuencias que esto implica al cliente.

2) Circuitos soplados

Existen básicamente dos posibilidades de arreglos temporales:

- a) Las tuberías de vapor son sopladas hacia las válvulas de la turbina. La línea temporal del soplado está conectada a la tubería debajo de la turbina, así el comisionamiento del turbo grupo no es interrumpido. Lo que reduce el tiempo de montaje
- b) Las tuberías son sopladas a través de las carcassas de las válvulas de la turbina. En este caso las válvulas son protegidas con dispositivos especiales.

Importante: Para proteger la turbina de posibles fugas, el tornaflecha debe estar en operación cuando se sopla por las carcassas de las válvulas

De la figura 1 a la 7 se muestran las posibles configuraciones de soplado

Dept.	Document No.	Type	Rev.	Released	Lang.	Status
9665	HTGD630167	DC	D	2011-01-18	EN	Approved

--- Blowout
— Temporary blow-out pipe

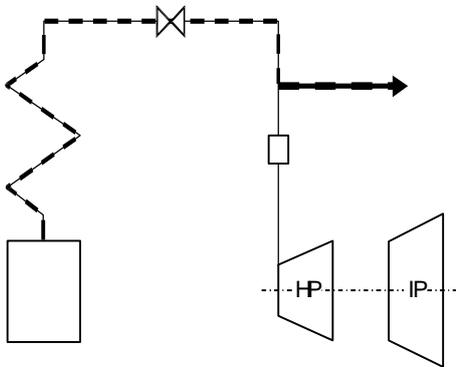


Figure 1: Soplado por la tubería de vapor principal, no existe recalentado frío

Blow-out
--- Temporary blow-out pipe
—

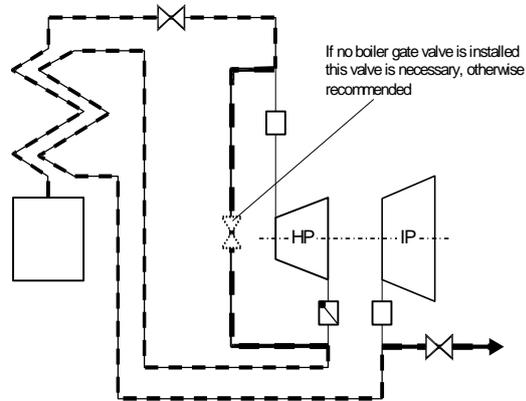


Figure 2: Soplado incluyendo recalentado frío

--- Blow-out
— Temporary blow-out pipe

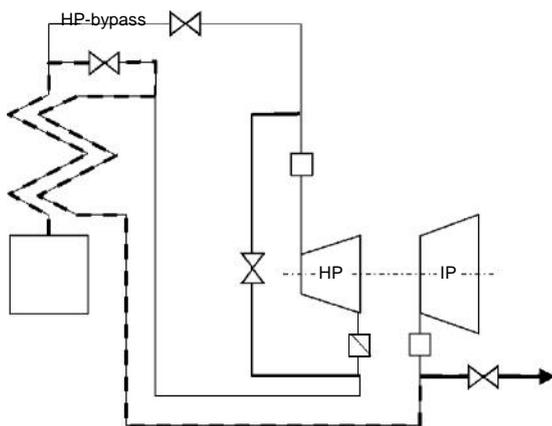


Figure 3: Soplado por el bypass de alta presión

--- Blow-out
--- Temporary blow-out pipe
—

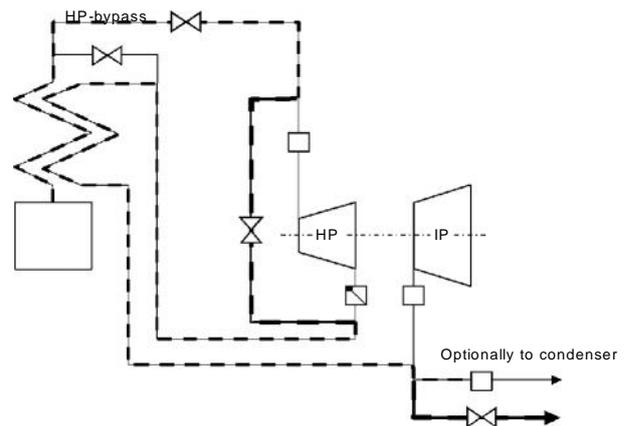


Figure 4: Soplado por el bypass de media presión

Blow-out
--- Temporary blow-out pipe

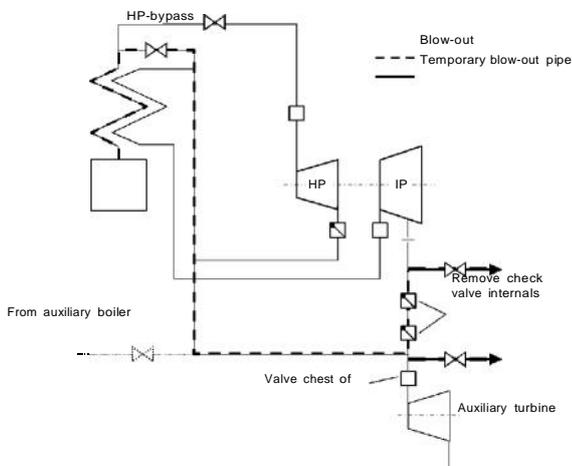


Figure 5: Soplado por tuberías complementarias o sangrados hacia una turbina auxiliar

--- Blow-out
— Temporary blow-out pipe

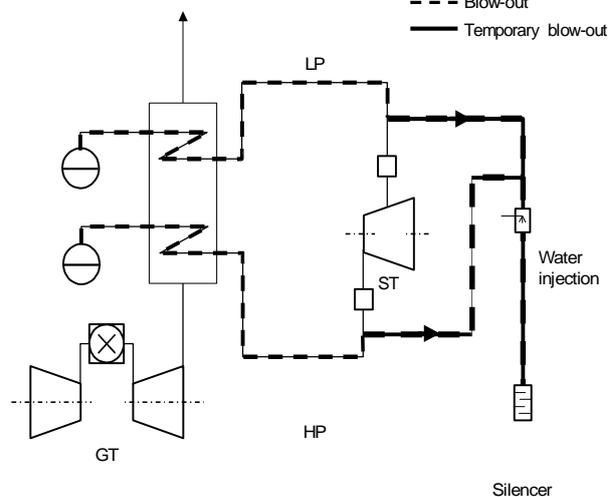


Figure 6: Soplado de un ciclo combinado

Dept.	Document No.	Type	Rev.	Released	Lang.	Status
9665	HTGD630167	DC	D	2011-01-18	EN	Approved

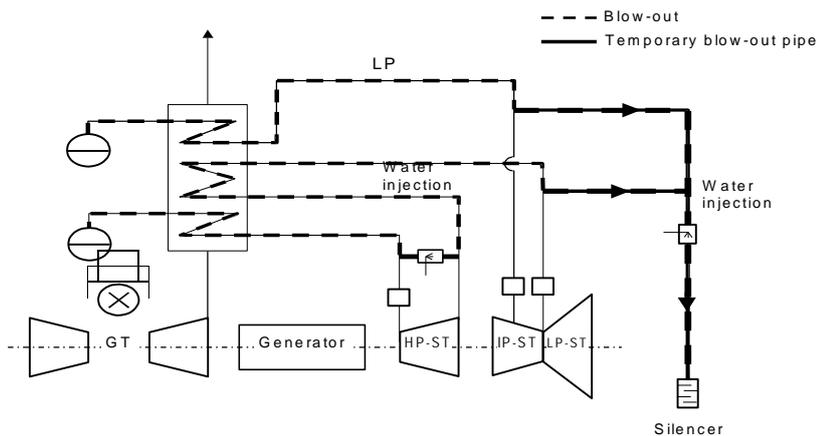


Figure 7: Soplado de un ciclo combinado de flecha única.

3) Condiciones de soplado

- a) La experiencia demuestra que el soplado es sólo eficiente si la velocidad del vapor es más alta que la experimentada a condición de carga plena
- b) El factor k es la relación del volumen entre el flujo másico durante el soplado

2

$$k = \frac{v_B \times \dot{m}_B^2}{v_V \times \dot{m}_V^2}$$

Donde,

m_B = flujo másico de vapor durante soplado

m_V = flujo másico de vapor a carga plena de operación

v_B = volumen específico de vapor durante soplado

v_V = volumen específico de vapor a carga plena de operación

- c) El número total de soplados depende del cumplimiento del criterio de aceptación
 - d) La primera vez que se sopla debe ser con un calentamiento de vapor reducido para ir detectando defectos en la tubería o en los soportes de la misma.
 - e) El soplado de una caldera y sus tuberías de vapor involucra un riesgo potencial de seguridad, esto debe ser tomado en cuenta desde la planeación de las líneas temporales durante la operación del soplado.
- ### 4) Procedimiento
- El procedimiento de soplado debe ser suministrado por el fabricante de los equipos principales. Se puede usar el siguiente procedimiento:
- a) Soplado usando sobretensiones de presión
 - i) El sistema de vapor es soplado en varios pasos; el generador de vapor y las tuberías deben enfriarse después de cada operación
 - ii) A esto se le llama aplicación de choque térmico
 - iii) Es recomendada la operación de dos a cuatro soplados por día

- b) Soplado usando presión deslizante o soplado continuo
- i) La limpieza se alcanza a muy altas velocidades a baja presión en el soplado
 - ii) El equipo temporal de soplado debe estar adecuadamente dimensionado
- 5) Evaluación de la limpieza
- a) La limpieza del sistema es evaluada instalando al final de la tubería de soplado espejos de acero. La superficie del acero debe estar pulido con acabado espejo con dureza 140 – 160 HB
 - b) El espejo puede montarse fijo o instalar un dispositivo móvil de testigos durante el soplado
 - c) El espejo debe permanecer en los soplados al menos 15 minutos
 - d) Cada que se realiza una evaluación se debe usar un espejo de acero nuevo
 - e) Se ha alcanzado un criterio de limpieza aceptable cuando por cada 100 cm² se encuentran
 - i) No impactos > 0.4 mm diámetro
 - ii) Maximo 10 impactos of 0.2 – 0.4 mm diámetro.
 - f) Se debe generar la documentación con datos de la operación y el alcance de los criterios en todos los soplados.

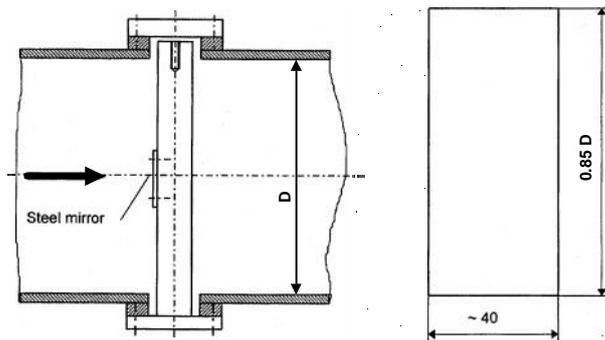


Figure 8: Evaluación de la limpieza

6 Estándares asociados

6.1 Orden of procedencia

Esta sección no es aplicable a esta especificación.

7 Requerimientos de transportación y logística

Esta sección no es aplicable a esta especificación.

8 Notas

8.1 Identificación de cambios

Revision	Date	Cambios realizados
D	2010-11-30	Contents copied to new Alstom template as per TPB0004 rules.
C	2010-05-13	Contents copied to new Alstom format and content refined.

9 Apéndices

Esta sección no es aplicable a esta especificación

Dept.	Document No.	Type	Rev.	Released	Lang.	Status
9665	HTGD630167	DC	D	2011-01-18	EN	Approved



COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
Residencia de Obra Repotenciación Manzanillo

Ref. MZC-CFEC-CT-13-286

Manzanillo, Colima, a 15 de Mayo del 2013.

At'n. Ing. Facundo Guzmán Galeana
Coordinador de la Supervisión de
Pruebas y Puesta en Servicio CFE

Asunto: Entrega de Testigos de Soplados con Vapor del Módulo I.

Estimado Ing. Guzmán,

Con referencia a los trabajos del Contrato No. PIF-003/2010 del "Proyecto 222 CC Repotenciación de la CT Manzanillo I, Unidad 1 y 2", se hace entrega a su representada, para su resguardo, de los Testigos con los que ha quedado validada la limpieza de las Tuberías de Vapor de Alta Presión (3 muestras), Recalentado caliente (3 muestras) y Baja Presión (3 muestras) del módulo I mediante Soplado Sencillos de cada una de las Unidades 1/ 2/ 3 así como mediante Soplados Combinados con las Unidades 2/3 sincronizadas con 20 MW cada una. Así mismo se anexan los factores y Cálculos que respaldan lo anterior.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente,

Ing. Ricardo Rodríguez Pérez
Responsable de Emplazamiento.

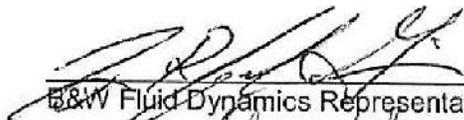
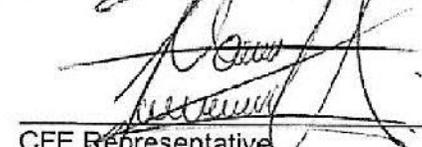
Ccp. Ing. Bautista García González.-Director de Proyecto.
Ccp. Archivo/a.n.l

SOPLADO 1

Unidad GVRC-1 alta presión, Sistema de vapor principal hacia los carretes removidos de las válvulas principales de vapor a través de la tubería temporal y silenciadores. Media presión venteado. Baja presión venteado

Fuente de vapor	GVRC-1
Vapor de Alta Presión	Flujo de vapor 52 ton/hr Temperatura 400 °C Presión 8.55 Bar CFR 1.23
Vapor de Media Presión	Venteado
Vapor de Baja Presión	Venteado
Tipo de soplado	Con testigos
duración	2 Horas

El Sistema de Alta Presión describe un criterio aceptable de limpieza

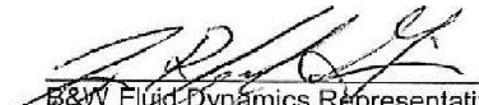
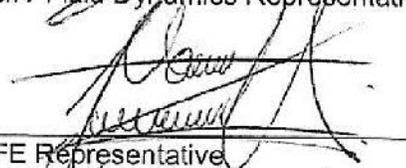
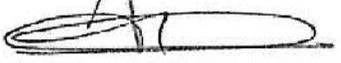
 B&W Fluid Dynamics Representative	<u>May-15-2013</u> Date
 CFE Representative	<u>15-Mayo-2013</u> Date
 RCM Representative	<u>15-MAYO-2013</u> Date

SOPLADO 2

Unidad GVRC-2 alta presión, Sistema de vapor principal hacia los carretes removidos de las válvulas principales de vapor a través de la tubería temporal y silenciadores. Media presión venteado. Baja presión venteado

Fuente de vapor		GVRC-2
Vapor de Alta Presión	Flujo de vapor	45 ton/hr
	Temperatura	400 °C
	Presión	6.3 Bar
	CFR	1.25
Vapor de Media Presión	Venteado	
Vapor de Baja Presión	Venteado	
Tipo de soplado	Con testigos	
duración	2 Horas	

El Sistema de Alta Presión describe un criterio aceptable de limpieza

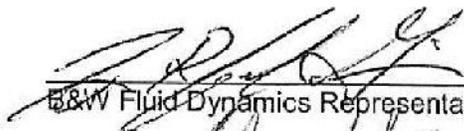
 B&W Fluid Dynamics Representative	<u>May-13-2013</u> Date
 CFE Representative	<u>15-Mayo-2013</u> Date
 RCM Representative	<u>15-MAYO-2013</u> Date

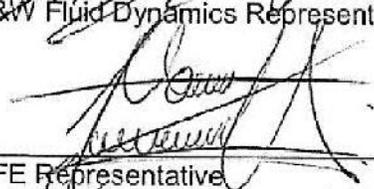
SOPLADO 3

Unidad GVRC-1 alta presión, Sistema de vapor principal hacia los carretes removidos de las válvulas principales de vapor a través de la tubería temporal y silenciadores. Media presión venteado. Baja presión venteado

Fuente de vapor		GVRC-3
Vapor de Alta Presión	Flujo de vapor	42 ton/hr
	Temperatura	400 °C
	Presión	5.6 Bar
	CFR	1.23
Vapor de Media Presión	Venteado	
Vapor de Baja Presión	Venteado	
Tipo de soplado	Con testigos	
duración	18 Horas	

El Sistema de Alta Presión describe un criterio aceptable de limpieza


B&W Fluid Dynamics Representative _____ May-15-2013
Date


CFE Representative _____ 15-Mayo-2013
Date

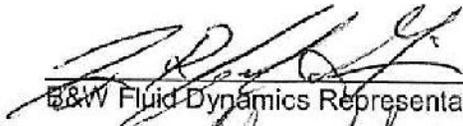
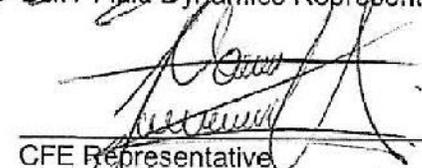

RCM Representative _____ 15-MAYO-2013
Date

SOPLADO 4

Unidad GVRC-1, 2 Y 3 alta presión, Sistema de vapor principal hacia los carretes removidos de las válvulas principales de vapor a través de la tubería temporal y silenciadores. Media presión venteado. Baja presión venteado

Fuente de vapor	GVRC-1, 2 Y 3		
Vapor de Alta Presión	Flujo de vapor	113 ton/hr	
	Temperatura	400 °C	
	Presión	7.3 Bar	
	CFR	3.5	
Vapor de Media Presión	Venteado		
Vapor de Baja Presión	Venteado		
Tipo de soplado	Con testigos		
duración	5 Horas		

El Sistema de Alta Presión describe un criterio aceptable de limpieza

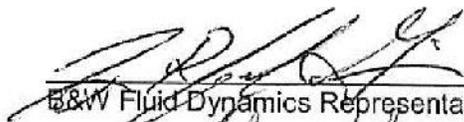
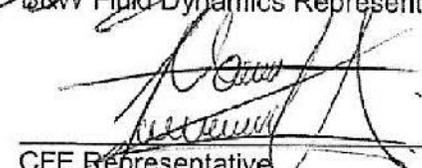
 B&W Fluid Dynamics Representative	<u>May-15-2013</u> Date
 CFE Representative	<u>15-May-0-2013</u> Date
 RCM Representative	<u>15-MAYO-2013</u> Date

SOPLADO 5

Unidad GVRC-1 alta presión hacia recalentado frío. Media presión hacia el silenciador. Baja presión hacia el silenciador

Fuente de vapor		GVRC-1
Vapor de Alta Presión	Flujo de vapor	75 ton/hr
Vapor de Media Presión	Flujo de vapor	95 ton/hr
	Temperatura	392 °C
	Presión	2.8 Bar
	CFR	2.26
Vapor de Baja Presión	Flujo de vapor	15 ton/hr
	Temperatura	230 °C
	Presión	1.29 Bar
	CFR	1.71
Tipo de soplado	Con testigos	
duración	17 Horas	

El Sistema de Media y Baja Presión describe un criterio aceptable de limpieza

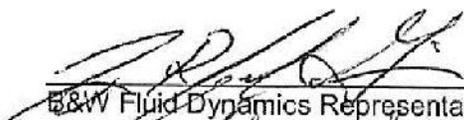
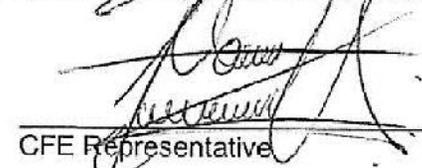
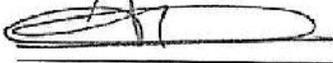
 B&W Fluid Dynamics Representative	<u>May-15-2013</u> Date
 CFE Representative	<u>15-Mayo-2013</u> Date
 RCM Representative	<u>15-MAYO-2013</u> Date

SOPLADO 6

Unidad GVRC-2 alta presión hacia recalentado frío. Media presión hacia el silenciador. Baja presión hacia el silenciador

Fuente de vapor		GVRC-2
Vapor de Alta Presión	Flujo de vapor	75 ton/hr
Vapor de Media Presión	Flujo de vapor	95 ton/hr
	Temperatura	400 °C
	Presión	2.96 Bar
	CFR	2.14
Vapor de Baja Presión	Flujo de vapor	15 ton/hr
	Temperatura	230 °C
	Presión	1.17 Bar
	CFR	1.68
Tipo de soplado	Con testigos	
duración	15 Horas	

El Sistema de Media y Baja Presión describe un criterio aceptable de limpieza

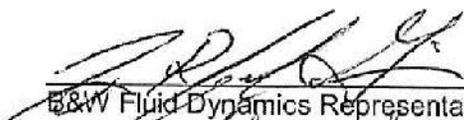
 B&W Fluid Dynamics Representative	<u>May-15-2013</u> Date
 CFE Representative	<u>15-May-0-2013</u> Date
 RCM Representative	<u>15-May-2013</u> Date

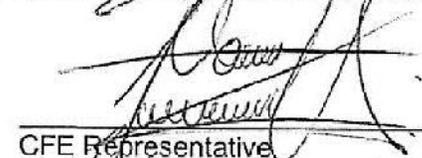
SOPLADO 7

Unidad GVRC-3 alta presión hacia recalentado frío. Media presión hacia el silenciador. Baja presión hacia el silenciador

Fuente de vapor		GVRC-3
Vapor de Alta Presión	Flujo de vapor	75 ton/hr
Vapor de Media Presión	Flujo de vapor	95 ton/hr
	Temperatura	393 °C
	Presión	2.99 Bar
	CFR	2.1
Vapor de Baja Presión	Flujo de vapor	15 ton/hr
	Temperatura	232 °C
	Presión	1.28 Bar
	CFR	1.53
Tipo de soplado	Con testigos	
duración	10 Horas	

El Sistema de Media y Baja Presión describe un criterio aceptable de limpieza


B&W Fluid Dynamics Representative May-15-2013
Date


CFE Representative 15-May-0-2013
Date

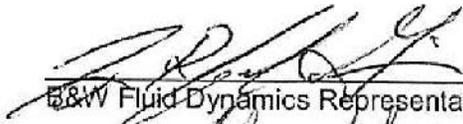

RCM Representative 15-MAYO-2013
Date

SOPLADO 8

Unidad GVRC-1, 2 y 3 alta presión hacia recalentado frío. Media presión hacia el silenciador. Baja presión hacia el silenciador

Fuente de vapor		GVRC-1, 2 y 3
Vapor de Alta Presión	Flujo de vapor	140 ton/hr
Vapor de Media Presión	Flujo de vapor	182 ton/hr
	Temperatura	399 °C
	Presión	9.57 Bar
	CFR	3.03
Vapor de Baja Presión	Flujo de vapor	30 ton/hr
	Temperatura	230 °C
	Presión	3.3 Bar
	CFR	2.09
Tipo de soplado	Con testigos	
duración	18 Horas	

El Sistema de Media y Baja Presión describe un criterio aceptable de limpieza

 B&W Fluid Dynamics Representative	<u>May-15-2013</u> Date
 CFE Representative	<u>15-May-0-2013</u> Date
 RCM Representative	<u>15-MAYO-2013</u> Date