SECRETARIA DE EDUCACION PÚBLICA
DIRECCION DE EDUCACION SUPERIOR TECNOLOGICA

INSTITUTO TECNOLOGICO DE TUXTLA GUTIERREZ

INGENIERIA MECÁNICA

INFORME TÉCNICO DE RESIDENCIA PROFESIONAL

OPTIMIZAR EL RENDIMIENTO DE UN SISTEMA DE GOBIERNO (GOBERNADOR TG-13) PARA UNA TURBINA DE VAPOR EN EL COMPLEJO PETROQUÍMICO COSOLEACAQUE.

PRESENTA:

RAMÍREZ SÁNCHEZ ALAN RAFAEL

ASESOR INTERNO:

MC. LENIN RUSSELL SUÁREZ AGUILAR

ASESOR EXTERNO:

ING. ADRIÁN ARELLANO LUNA

TUXTLA GUTIERREZ CHIAPAS, JUNIO DE 2017

Índice

INTRODUCCIÓN 6
CAPÍTULO I 7
1.- JUSTIFICACIÓN 8
1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO 9
1.2.1 Objetivos generales 9
1.2.2 Objetivos específicos 9
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 10
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES 12
1.4.1 Alcances 12
1.4.2 Limitaciones 12
1.5 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DONDE SE DESARROLLÓ EL PROYECTO. 13
1.6 GENERALIDADES DE LA EMPRESA. 16
1.6.1 MISIÓN. 16
1.6.2 VISIÓN. 16
1.6.3 LOCALIZACIÓN DE LA EMPRESA. 16
1.6.4 ANTECEDENTES HISTÓRICOS. 16
1.6.5 USO DE LOS PRODUCTOS Y SUBPRODUCTOS. 19
1.6.6 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE AMONIACO. 20
CAPITULO II 21
2. FUNDAMENTO TEÓRICO 22
2.1 ¿QUE ES UN GOBERNADOR? 22
2.2 TIPOS DE GOBERNADORES. 23
2.2.1 Gobernador tipo Mecánico. 23
2.2.2 Gobernadores tipo Mecánico-Hidráulico. 24
2.2.3 Gobernadores tipo electrónicos. 28
2.3 DESCRIPCIÓN DEL GOBERNADOR TG-13 30
2.4 ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN A UN GOBERNADOR TG-13 31
2.5 FUNCIONAMIENTO 35

2.5.1 Ajustes del gobernador 35
2.5.2 Ajuste de estatismo. 35
2.5.3 Rotación de la flecha impulsora 37
2.5.4 Suministro de aceite. 39
2.6 MONTAJE DEL GOBERNADOR 42
2.7 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO. 44
2.7.1 Presión de aceite y distribución. 44
2.7.2 Función del cabezal. 45
2.7.3 Función de la válvula piloto. 45
2.7.4 Función de la palanca de ajuste de estatismo. 47
2.8 LOCALIZACIÓN DE FALLOS 48
2.9 BOMBA INTERNA 53
2.10 TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO DEL GOBERNADOR TG-13. 53
2.11 ALMACENAMIENTO DEL GOBERNADOR. 53
2.12 TEORÍA DE TURBINAS DE VAPOR 54
2.12.1 ¿Que es una Turbina de vapor? 54
2.13 Clasificación de las Turbinas de Vapor. 55
2.13.1 Turbina de vapor de reacción 56
2.13.2 Turbina de vapor de acción 56
2.13.3 Turbina monoetapa 57
2.13.4 Turbina multietapa 57
2.13.5 Turbina de flujo axial 57
2.13.6 Turbina de flujo radial 57
2.13.7 Turbina con extracción de vapor 57
2.13.8 Turbina de contrapresión 58
2.13.9 Turbinas de condensación 58
CAPITULO III. 59
3. PROCEDIMIENTOS Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS. 60
3.1 INTRODUCCIÓN. 60
3.2 DESENSAMBLE DEL GOBERNADOR TG-13 61
3.2.1 Conjunto de la palanca de retroalimentación (105). 64
3.2.2 Conjunto del vástago de la válvula piloto (118). 64

3.3 AJUSTES DEL GOBERNADOR TG-13 64
3.3.1 Conjunto de la bomba (125,124). 64
3.3.2 Conjunto de la válvula piloto (118). 66
3.3.3 Tornillo de resorte de velocidad acelerador (145). 66
3.3.4 Conjunto cojinete-cabezal. 66
3.3.5 Conjunto eslabón conector (111). 67
3.3.6 Palanca terminal (109). 68
3.3.7 Palanca ajuste de estatismo (108). 68
3.3.8 Palanca de realimentación (105). 68
3.3.9 Conjunto pistón acumulador (137). 69
3.3.10 Flecha terminal (150). 70
3.4 EMSAMBLE DEL GOBERNADOR TG-13 71
3.4.1 Conjunto de cabezal 71
3.4.2 Servo pistón 71
3.4.3 Palanca terminal. 71
3.4.4 Válvula piloto 72
3.4.5 Palanca de retroalimentación. 72
3.4.6 Pistón acumulador. 72
3.4.7 Servo pistón 72
3.4.8 Conjunto de cabezal. 72
3.4.9 Conjunto de la bomba. 72
3.4.10 Flechas terminales. 73
3.4.11 Válvula piloto. 73
3.5 CALIBRACIÓN DEL GOBERNADOR TG-13. 73
3.6 ANÁLISIS DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN DE GOBERNADORES TG-13 DEL COMPLEJO PETROQUÍMICO COSOLEACAQUE. 75
3.7 CARACTERÍSTICAS QUE DEBE TENER EL ACEITE DEL GOBERNADOR TG-13. 77
3.7.1 Viscosidad 77
3.7.2 Punto de fluidez 77
3.7.3 Estabilidad del cizallamiento 77
3.7.4 Estabilidad térmica 78

3.8 ADITIVOS PROTECTORES 78
3.8.1 Anti-espumante 78
3.8.2 Antioxidantes 78
3.8.3 Desactivadores de metal 79
3.9 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN ACTUAL. 80
3.10 CUANDO DEBE CAMBIARSE EL ACEITE DEL GOBERNADOR 82
CAPITULO IV 83
4. CONCLUSION Y RECOMENDACIONES 84
BIBLIOGRAFÍA 85

INTRODUCCIÓN

Los gobernadores son dispositivos mecánicos-hidráulicos que mucha gente desconoce en la industria petroquímica sin embargo son de mucha importancia porque brinda seguridad al personal y a los equipos que trabajan en conjunto con ellos. A continuación se presenta la metodología que se llevó a cabo durante el proyecto para tener una perspectiva del mismo.

Se iniciara con la Justificación la cual menciona la importancia y los beneficios del proyecto hacia la empresa y/o trabajadores sin duda uno de los puntos clave para la rentabilidad del proyecto. Objetivos generales y específicos el cual nos ayudara a medir el avance y las actividades realizadas para llegar a tal fin. El Planteamiento del problema que describe la problemática que se abordó durante el desarrollo del proyecto, esto es ¿Cómo se hacía? y ¿Cómo se realizaba?, Alcances y limitaciones en esta sección se menciona hasta donde podrá llegar y cuáles serán los límites de las soluciones planteadas al problema detectado. Características del área donde se llevó a cabo el proyecto contiene una descripción, fotos de cada área y su función en el complejo petroquímico.

Las Generalidades de la empresa nos permite conocer toda información sobre la empresa, a que se dedica, que productos elabora y el proceso de producción, etc.

En el Capítulo II contiene el Fundamento teórico en donde se encuentra las bases teóricas de las cuales nos apoyaremos para desarrollar el proyecto, y definición de terminologías que se usaron en un aspecto contextual.

En el capítulo III se analiza el Procedimiento y descripción de las actividades donde se detalla todo el procedimiento seguido para cumplir con el objetivo planteado desde el principio.

En el Capítulo IV contiene la Conclusión y recomendaciones que nos presenta cuales fueron las conclusiones durante y después del proyecto además nos responde las incógnitas que se presentaron.

CAPÍTULO I

1.- JUSTIFICACIÓN

Sabemos que el manteamiento predictivo y preventivo es muy importante en toda industria pero si se trata de un dispositivo en el cual estos tipos de mantenimiento no es aplicable directamente dentro de la empresa debido a que se trata de un dispositivo regulador de velocidad y para los ingenieros de producción no es una opción detener a la turbina para examinar al gobernador, como tal la única forma de extraer al gobernador de la planta es por un fallo y de esta manera poder darle el mantenimiento correctivo, o en otro caso que la turbina tenga algún problema y bajen al gobernador para revisar el estado de sus piezas, esto indica que la única forma de prevenir el fallo en el gobernador es el cambio adecuado de aceite que por lo regular no es muy común, debido a que no se cuenta con un control para el cambio de aceite. Tomando en cuenta este punto se realizó un análisis de aceite para identificar cuando es necesario el cambio del lubricante, de esta manera optimizar el funcionamiento y a la vez el rendimiento del gobernador.

La importancia del proyecto radica en que solo una persona tiene la experiencia necesaria para llevar a cabo la tarea del mantenimiento correctivo y la calibración del equipo dentro del Complejo petroquímico Cosoleacaque por lo que se necesita que la información llegue a los trabajadores debido a que el manual de operación no da los detalles de este trabajo.

El mantenimiento correctivo no es una optimización como tal porque es algo que debe evitarse sin embargo en una empresa donde se trabaja con equipos que tienen muchos años de servicio. Lo que se consigue después del mantenimiento correctivo es muy importante ya que se hacen adecuaciones en cuanto a sus piezas todo con objetivo de que el sistema de gobierno continúe funcionando de una u otra forma.

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.2.1 Objetivos generales

Optimizar el rendimiento de un sistema de gobierno (Gobernador Woodward TG-13), mediante el mantenimiento, lubricación y calibración, para disminuir las fallas consecutivas en las plantas de producción del Complejo Petroquímico Cosoleacaque.

1.2.2 Objetivos específicos

1.- Realizar una metodología de mantenimiento, ajuste y calibración del Sistema de Gobierno (Gobernador TG-13).

2.- Interpretar y sintetizar manuales de operación de gobernadores TG-13.

3.- Investigar las propiedades del aceite que se utiliza actualmente para definir las características de funcionamiento.

4.- Analizar la importancia del cambio de aceite en los gobernadores TG-13 para evitar paros innecesarios en las plantas de producción, al mismo tiempo aumentar el rendimiento del gobernador.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El objetivo del proyecto es mejorar el rendimiento de un gobernador TG-13, sin embargo surge la pregunta ¿Por qué no utilizar un dispositivo regulador más sofisticado como los electrónicos donde la tarea del mantenimiento es casi nula? La pregunta se resuelve cuando notamos que la empresa fue diseñada hace muchos años y querer rediseñar con equipos nuevos sería un costo muy elevado, es por eso que la empresa tiene que trabajar con los equipos que cuenta y la única opción de mantener a los equipos en función es llevando a cabo correctamente la tarea del mantenimiento ya sea preventivo o correctivo como el caso de los gobernadores.

Anteriormente se trabajaba con el gobernador TG-10 con carcasa de hierro, pero debido a que el peso de este ocasionaba deflexiones en el extremo que se encontraba y a la vez vibraciones en la turbina se optó por usar el TG-13 que es similar en cuanto a sus componentes pero ahora la carcasa está fabricada de aluminio esto lo hace menos pesado, de esta manera fue como se empezó a trabajar con estos equipos.

Entonces ¿Cómo mejorar el rendimiento del gobernador?

La principal causa de las fallas se debe a un agente externo y debido a que no hay un control en el cambio de aceite debido a que las condiciones de operación varían. Si tomamos en cuenta que estos equipos trabajan las 24 horas del día sin parar, lo que provoca un aumento de temperatura, como consecuencia se provocan cambios en las propiedades químicas y físicas del aceite una de las más importantes es la disminución de la viscosidad y la oxidación del aceite que afecta directamente el rendimiento del gobernador porque el aceite es un medio de lubricación y tiene elementos en constante movimiento lo que provoca un desgaste prematuro, a la vez el aceite le sirve al gobernador para realizar su trabajo, de ahí que se le conoce como un dispositivo mecánico- hidráulico.

Para resolver el problema se busca estudiar y analizar las principales causas de las fallas y cuáles son sus consecuencias al mismo tiempo se pondrá en práctica la calibración que nos permite tener la seguridad de que el equipo está funcionando correctamente. Como un plan de mantenimiento preventivo se analizó el tipo de aceite que se utiliza en la empresa con el fin de estudiar las propiedades y saber que tan eficiente es a las variables físicas y químicas de trabajo esto para poder evaluar su rendimiento y mantener en condiciones de trabajo al equipo.

1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.4.1 Alcances

- Reducir costos en refacciones.
- Dar a conocer los conocimientos básicos sobre la calibración del gobernador TG-13.
- La información del funcionamiento del sistema de gobierno brindara seguridad a los trabajadores.
- Aumentar la vida útil del gobernador con el cambio oportuno del aceite.

1.4.2 Limitaciones

- Poco tiempo en el área de producción por a las rigurosas normas de seguridad por parte de la empresa.
- Poca información sobre gobernadores TG-13 debido a que se encuentran obsoletos en la actualidad.
- Falta de un instrumento de medición de temperatura y viscosidad para hacer un análisis más a fondo sobre el aceite.

1.5 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DONDE SE DESARROLLÓ EL PROYECTO.

Principalmente se trabajó en el departamento de mantenimiento mecánico (figura 1.1) donde se le da mantenimiento y calibración a distintas válvulas, bombas, turbinas y gobernadores, además de contar con máquinas herramientas para la modificación y diseño de diferentes piezas con el objetivo de entregarlas en óptimas condiciones al área de producción.

Figura 1.1 Departamento de Mantenimiento Mecánico del Complejo Petroquímico Cosoleacaque.

En la figura 1.2 se puede observar el area de gobernadores, aqui se le da mantenimiento a los difentes tipos de gobernadores, el area cuenta con las herramientas nesearias para llevar a cabo dicho mantenimiento.

Figura 1.2 área de gobernadores.

A continuación se presenta el banco de pruebas con el que se calibran los gobernadores para mandarlos con el funcionamiento adecuado al área de producción, este banco de pruebas de woodward simula el funcionamiento del eje de una turbina para hacer los ajustes necesarios y no tener ningún problema cuando el equipo este en operación, aquí se puede ajustar la velocidad y observar si alcanzamos la presión de trabajo requerida para el funcionamiento óptimo del gobernador (figura 1.3). Sin este aparato no sería posible calibrar al sistema de gobierno.

Figura 1.3 Banco de pruebas o simulador.

En la siguiente figura se observa el panel de control del simulador, este panel se divide en tres zonas el FEEDBACK donde se encuentra el incrementador de velocidad, variaciones de carga y si la carga es negativa o positiva. La siguiente parte es la del DRIVE MOTOR que cuenta con botones de arranque y paro, y el sentido de giro del motor ya sea CW (sentido horario) o CCW (sentido anti horario), ver figura 1.4.

Figura 1.4 Panel de control del simulador.

1.6 GENERALIDADES DE LA EMPRESA.

1.6.1 MISIÓN.

Ser una empresa que elabora, comercializa y distribuye productos petroquímicos selectos, en crecimiento continuo y maximizando su valor económico, con calidad, seguridad, respeto al medio ambiente, a su entorno social y promoviendo el desarrollo integral de su personal.

1.6.2 VISIÓN.

Ser una empresa Petroquímica sustentable, líder en el mercado nacional, que opere con estándares internacionales, rentables, seguros, confiables y competitivos, reconocida por la calidad de sus productos; con una arraigada cultura de servicio al cliente, respetuosa al medio ambiente, cuidadosa de sus relaciones con la comunidad y promotora del desarrollo integral de la industria y de su personal.

1.6.3 LOCALIZACIÓN DE LA EMPRESA.

El Complejo Petroquímico Cosoleacaque ocupa una superficie de 103 hectáreas y se encuentra localizado en Carretera Costera del Golfo, km 39 + 400, Colonia Rosalinda, Población Cosoleacaque, Municipio de Cosoleacaque, Estado de Veracruz, C. P. 96730.

1.6.4 ANTECEDENTES HISTÓRICOS.

La construcción del Complejo Petroquímico Cosoleacaque, inicio el 18 de marzo de 1961 siendo presidente de la República Mexicana el Lic. Adolfo López Mateos, con ubicación en el km. 39+400 de la carretera Costera del Golfo junto a la Ciudad de Minatitlán y a 27 km. del puerto de Coatzacoalcos a 30 m. del nivel del mar.

Petróleos Mexicanos fundó el Complejo Petroquímico Cosoleacaque el 4 de Enero de 1962 cuando entró en operación la primera planta de Amoníaco en Cosoleacaque, Veracruz. Lo anterior hizo que el consumo de Amoníaco y Bióxido de Carbono, productos principales para la fabricación de fertilizante y de gas carbónico tuvieran una demanda creciente que vino a superar los pronósticos más optimistas, lo que obligó a incrementar la producción de Amoníaco, con la instalación de nuevas plantas.

Pero no fue hasta el 18 de Marzo de 1968 cuando se inaugura oficialmente el Complejo Petroquímico Cosoleacaque al entrar en operación la planta de Amoníaco No. II con una capacidad de 300, 000 ton /año de amoníaco. Debido a la creciente demanda de fertilizantes y de gas carbónico que requieren de Amoníaco para su elaboración, fue necesario incrementar la producción instalando nuevas plantas.

Es en 1973 cuando se inauguró la planta de Cristalización e Isomerización de Para xilenos con capacidad de 40,000 toneladas métricas/año. La planta de Amoníaco III inicio su operación en 1974, contando también con una capacidad instalada de 300.000 ton/año, en este mismo año la planta de Amoníaco I fue reconvertida para producir Hidrógeno.

En 1977 se instaló la primera planta gigante con una producción de diseño de 445,000 toneladas métricas/año fue la planta de Amoníaco IV. Al año siguiente, en 1978, se inició la operación de la planta de Amoníaco V con una producción de diseño de 445,000 toneladas métricas/año.

Por último, fue en 1981 cuando entraron a producir las plantas de Amoníaco VI y de Amoníaco VII, con capacidad de 449,000 ton/año son prácticamente iguales y representan por su tamaño y confiabilidad, las plantas de gran escala a nivel mundial, siendo además muy eficientes desde el punto de vista de ahorro energético. Fue así como complejo Petroquímico Cosoleacaque se convirtió en uno de los mayores centros productores de Amoníaco, con una capacidad global instalada de 2.1 millones de toneladas al año.

El 16 de Julio de 1992, se publica en el Diario Oficial de la Federación, La Ley Orgánica de Petróleos Mexicanos, estableciendo la creación del organismo subsidiario denominado PEMEX Petroquímica, el cual se encargará de llevar a cabo los procesos industriales petroquímicos, cuyos productos no forman parte de la Industria Petroquímica Básica, así como su almacenamiento, distribución y comercialización. Con este paso se da entrada a la constitución de la Gerencia del Complejo Petroquímico Cosoleacaque que recibe para su administración las áreas operativas que tradicionalmente constituían el centro, además se transfieren a este centro las funciones de los Recursos Humanos, Materiales y Financieros. Posteriormente en sesión del Consejo de Administración de Petróleos Mexicanos, en el mes de Diciembre de 1996 se autoriza a PEMEX Petroquímica a constituir diez empresas filiales de participación mayoritaria estatal, es en este marco que se constituye formalmente la empresa Petroquímica Cosoleacaque S.A. de C.V.

El 31 de enero de 1997, cuyo objeto fundamental es promover, desarrollar, llevar a cabo la elaboración, producción, almacenamiento, distribución, comercialización y demás actividades conexas de productos petroquímicos no básicos. La fecha de inicio de operaciones es el día 01 de febrero de 1997.

A partir del año 1990 el Complejo se interna en el camino de la mejora continua y busca refrendar su liderazgo a través de logros importantes, así se inició el cambio que ahora hace que su atención se polarice hacia el cliente, buscando su satisfacción.

En 1997 es también cuando la función comercial se integra a la dirección del centro y de esta forma se puede tener un contacto directo con el cliente, todos los asuntos que concernían a los clientes se ventilaban en el grupo operativo comercial que sesionaba cada semana, en este tenor, se establecen los procedimientos que tratan de tener la voz del cliente ya sea a través de sugerencias, reclamos, quejas o encuestas; además del contacto directo con ellos, o bien visitas por parte del centro a sus instalaciones.

En el año 1999 obtuvo la certificación bajo la norma ISO 14001: 1996 y en el 2002 la certificación bajo la norma ISO 9001: 2000. La organización busca ser una empresa rentable, competitiva, que logre la satisfacción de sus empleados, y que hoy además busque sobre todo la satisfacción del cliente.

El Complejo Petroquímico Cosoleacaque es una empresa que busca la calidad en su producción pero también busca tener un cuidado sobre el medio ambiente, tanto en la empresa como con la comunidad. El centro de trabajo cuenta actualmente con cuatro plantas de proceso las cuales elaboran como producto principal Amoníaco y como subproducto Bióxido de Carbono, diversas instalaciones de servicios auxiliares como turbogeneradores, calderas, áreas de almacenamientos de carga y envío, tratamiento de agua utilizada como materia prima, así como también de tratamiento de efluentes. Existen además diversos departamentos de apoyo como son departamentos de apoyo como son talleres de mantenimiento, almacenes, oficinas administrativas, además de áreas verdes y campos deportivos. A partir del 1° de mayo de 2006 cambio nuevamente de razón social, pasa de Petroquímica Cosoleacaque S.A. DE C.V., a Complejo Petroquímico Cosoleacaque.

1.6.5 USO DE LOS PRODUCTOS Y SUBPRODUCTOS.

El principal uso del amoniaco es para la elaboración de fertilizantes como son: Urea, sulfato de amonio, nitrato de amonio, fosfato y superfosfato de amonio entre otros. El principal subproducto de las plantas de amoniaco es el CO2 (bióxido de carbono), el cual se emplea para elaborar la urea, también se utiliza como refrigerante y como gas inerte. Se producen 1700 toneladas métricas de CO2 al día.[1]

[1] (Ing. Flores, Jorge Jacobo)

1.6.6 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE AMONIACO.

El proceso de elaboración de amoníaco está basado en un método de síntesis catalítica que consiste en hacer reaccionar una mezcla gaseosa de Hidrógeno producto de la reformación catalítica y Nitrógeno en una relación molar de 3:1 bajo condiciones adecuadas de temperatura y presión y en presencia de un catalizador a base de fierro. Las materias primas utilizadas son: gas natural (principalmente metano), vapor de agua y aire. Figura 1.8.

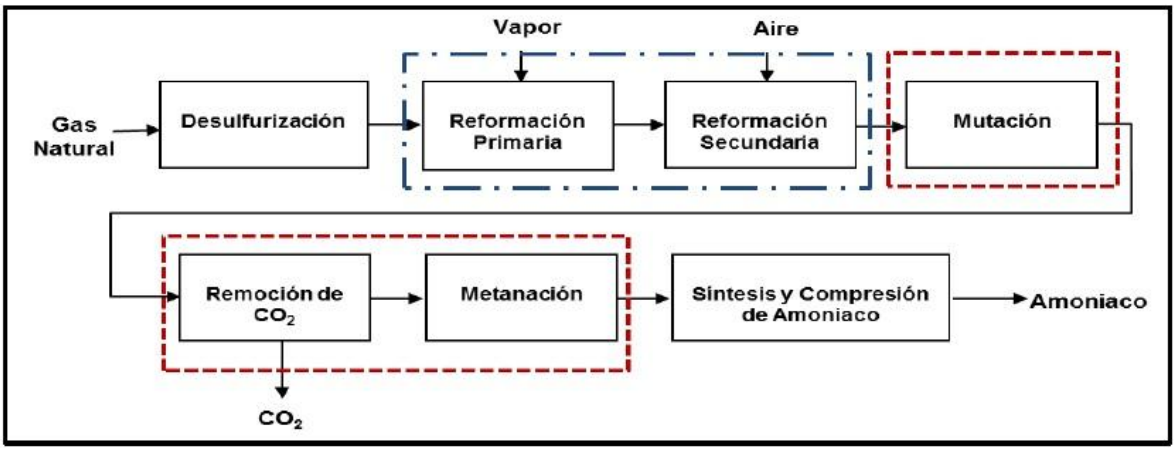


Figura 1.5 Diagrama de bloques del proceso de producción de Amoniaco

CAPITULO II

2. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 ¿QUE ES UN GOBERNADOR?

Es un regulador de velocidad, el cual tiene como función principal mantener constante la velocidad fijada de la turbina. Durante el funcionamiento de la turbina, el regulador de velocidad controla la velocidad del eje variando la apertura de la válvula proporcionalmente a las variaciones de carga en la turbina. [2]

El regulador de velocidad (gobernador) controla automáticamente a la válvula de regulación (válvula de gobierno) con el fin de admitir la cantidad de vapor adecuada para mantener la velocidad a la que se ajusta el regulador.

Cuando la turbina esta fuera de servicio la válvula permanece abierta, el gobernador controla la velocidad del eje variando la apertura de la válvula proporcionalmente a las variaciones de la carga en la turbina el cual lo debe hacer con precisión.

El uso de la palabra precisión como es usada en relación con los gobernadores de velocidad implica, que hay gobernadores que pueden tener diferentes grados de precisión.

Se hace uso de un sistema de gobierno de velocidad o sistema de regulación cuando durante la operación de una turbina acoplada a una maquina conducida pueden ocurrir cambios en las presiones de vapor de admisión y de escape, pueden también ocurrir cambios en la carga de la maquina conducida, estos cambios originan que la velocidad de la turbina varié. Para estimar estas posibles variaciones de velocidad y volver a restablecer las condiciones de trabajo de la maquina conducida se hace uso de estos sistemas.

Estos dispositivos se utilizan cuando es necesaria una precisa y exacta regulación del rango de velocidad. Son propiamente independientes, van junto al alojamiento de las chumaceras lado libre, generalmente se accionan desde la flecha motriz

[2] (Woodward Governor Company, 1984)

mediante un juego de engranes o también se pueden acoplar al extremo de la flecha, tiene su propio sistema de lubricación. Por otro lado el gobernador se conecta a la válvula de gobierno mediante un sistema de palancas y vástago (ver figura 2.1)

Figura 2.1 Gobernador instalado en planta

2.2 TIPOS DE GOBERNADORES.

En la actualidad existen distintos tipos de gobernadores los cuales se describirán a continuación:

2.2.1 Gobernador tipo Mecánico.

Este sistema de gobierno consta de pesos rotatorios y un resorte opuesto, este conjunto va montado en el extremo libre de la flecha y gira junto con ella, los contrapesos giran a la velocidad de la turbina y pivotean sus apoyos de filo de navaja sobre asientos de acero endurecido. La función del resorte es la de mantener los contrapesos replegados, la presión que ejerce el resorte sobre los

contrapesos puede ser aumentada o reducida mediante una tuerca de ajuste. Al girar el conjunto, los contrapesos reciben una fuerza que tienden a separarlos de la flecha, esta fuerza se conoce como fuerza centrífuga; entre mayor sea la velocidad mayor será la fuerza y mayor la separación de los contrapesos, este movimiento es el que aprovecha para reposicionar la válvula de regulación, esto mediante un sistema de interconexión a través de vástagos y palancas.

2.2.2 Gobernadores tipo Mecánico-Hidráulico.

Estos gobernadores constan fundamentalmente de una bomba de aceite movida por la flecha a través de acoplamiento o engranaje. Usualmente son de dos tipos: tipo “O” con válvula de diafragma y woodward, siendo el segundo el más usado comúnmente.

El tipo “O” se monta la bomba de aceite en el extremo libre, acoplado directamente a la flecha, mediante una línea y una válvula de control regulable, el aceite se hace llegar de la descarga de la bomba a la parte superior de la válvula de diafragma, la cual se conecta a la válvula de gobierno mediante una palanca, en este sistema parte de la presión de la bomba de aceite se puede usar para lubricación de chumaceras.

Los gobernadores woodward, estos dispositivos se utilizan cuando es necesaria una precisa y exacta regulación del rango de velocidad. Son propiamente independientes, van junto al alojamiento de las chumaceras lado libre, generalmente se accionan desde la flecha motriz mediante un juego de engranes o también se pueden acoplar al extremo de la flecha, tiene su propio sistema de lubricación.[3]

Algunos modelos de los gobernadores woodward son los siguientes:

Gobernador TG-10: Es un regulador hidráulico mecánico de estatismo de velocidad para el control de pequeñas turbinas de vapor, aplicaciones en las que

[3] (Woodward Governor Company, 1984)

no se requiere una velocidad isócrona o constante. Proporciona una máxima capacidad de trabajo de 10 pie-libras por medio de un eje terminal acanalado que se extiende desde ambos lados de la carcasa metálica. El par a la velocidad crítica es de 175 libras-pulgadas y su capacidad de rendimiento de trabajo es de 60 a 70% de trabajo máximo. (Figura 2.2).

Figura 2.2 Gobernador TG-10

Gobernador TG-13: Es un regulador mecánico-hidráulico de caída de velocidad para controlar turbinas de vapor en aplicaciones que no requieran operación isócrona, o de velocidad constante. El gobernador TG-13 opera con una presión interna de aceite de 150 libras por pulgada cuadrada. (Figura 2.3).

Figura 2.3 Gobernador TG-13

Gobernador TG-17: Es un actuador mecánico-hidráulico de caída de velocidad para turbinas de vapor en aplicaciones que no requieran operación isócrona, o de

velocidad constante. Tiene 40 grados completos de viaje máximo de la flecha terminal, el viaje recomendado desde la posición sin carga hasta la de carga plena es de 2/3 del total de giro posible para el gobernador. Opera con una presión interna de aceite de 200 libras por pulgada cuadrada. (Figura 2.4).

Figura 2.4 Gobernador TG-17

Gobernador PG-PL: Se aplica a todos los tipos de motores diésel / gas y turbinas de vapor bombas y compresores de conducción. Además de controlar la velocidad, gobernadores PG-PL también pueden limitar la carga y apagar el motor cuando falla la presión del aceite lubricante. características del gobernador PG-PL son el control isócrono, 12 a 58 capacidades de salida ft-lb, servos de energía remota, ajuste de velocidad neumática o manual, salida de potencia rotativa o lineal, diversas configuraciones de montaje, un colector autónomo, se compensa la presión. (Figura 2.5).

Figura 2.5 Gobernador PG-PL

Gobernador PSG: El gobernador Woodward PSG es una compensación de presión, la velocidad de caída o regulador isócrono para controlar la velocidad de pequeño diésel, gas, y los motores de gasolina, o vapor de agua pequeñas o turbinas de gas industriales. El gobernador se utiliza para controlar motores o turbinas de conducción alternadores, generadores de corriente continua, bombas o compresores. (Figura 2.6).

Figura 2.6 Gobernador PSG

Gobernador UG: Es un actuador electro-hidráulico, el actuador UG toma determinada señal de entrada eléctrica y la convierte en una posición de eje de salida hidráulico proporcional para controlar el flujo de combustible del motor. El actuador UG estándar genera aproximadamente 20 J (15 pies-libras) de carga en una salida rotacional de 42 grados. El actuador funciona con una bomba de baja velocidad para velocidades de 375 a 1.100 rpm, y con una bomba de alta velocidad para 600 a 1.500 rpm. (Figura 2.7).

Figura 2.7 Gobernador UG

Gobernador PGD: El gobernador PGD controla la velocidad de las aplicaciones de turbinas de vapor, incluso las turbinas que impulsan bombas, compresores, generadores, máquinas de propulsión y de papel marinos. Además del control de velocidad, gobernadores PGD también pueden limitar la carga y apagar el motor cuando falla la presión del aceite lubricante (Figura 2.8).

Figura 2.8 Gobernador PGD

2.2.3 Gobernadores tipo electrónicos.

El gobernador electrónico es un dispositivo que se encarga de mantener y controlar la velocidad de operación de un motor, sin importar si se tiene o no carga aplicada al mismo. Este sistema de gobernación no tiene ninguna parte móvil relacionada con el giro del motor, es decir, es independiente de este. Por eso mismo, el control de la gobernación es más exacto y, dependiendo de la calibración del control de velocidad, más rápido en su respuesta a las variaciones de carga (velocidad).

Existen diferentes tipos de gobernadores electrónicos los cuales son Woodward, Valtek y Cummins.

Gobernador Woodward 2301A: El regulador de velocidad a carga plena 2301A ajusta la velocidad o la carga de motores diésel o de gas, y turbinas de gas o de

vapor, según lo requiera el proceso o una señal de control de ordenador de 4–20 mA o de 1–5 Vcc. La unidad cuenta con accionamiento isócrono, con control de dispersión a través de un potenciómetro de cableado externo. El modo isócrono se utiliza para la velocidad constante de la maquinaria motriz controlada mientras sea capaz de suministrar suficiente energía como para satisfacer la carga. Las velocidades se regulan según la frecuencia de salida del sensor de velocidad, en hercios. (Figura 2.9).

Figura 2.9 Gobernador Woodward 2301A

Gobernadores Valtek: Los actuadores cilindro lineales son de gran alcance, actuadores neumáticos de alto rendimiento compactos que proporcionar estrangulamiento sólido u operación de encendido y apagado automático para válvulas de control. El posicionador suministra aire a ambos lados del pistón, proporcionando un movimiento rígido, preciso y de alta frecuencia respuesta y las velocidades de tiempos rápidos, (Figura 2.10).

Figura 2.10 Gobernador Valtek

Gobernador DPG-2401(Cummins): se usa primordialmente para gobernar motores Cummins de grupos generadores que cuenten con bombas de inyección tipo PT. Está basado en microprocesador, controlando digitalmente el desempeño a través de un amplio rango de velocidades y permitiendo ajustes a todas las características del gobernador mediante la interface de usuario integrado (Figura 2.11).

Figura 2.11 Gobernador DPG-2401(Cummins)

2.3 DESCRIPCIÓN DEL GOBERNADOR TG-13

Los TG-13 de woodward son gobernadores mecánicos-hidráulicos de caída de velocidad para controlar turbinas de vapor en aplicaciones que no requieran operación isócrona, o de velocidad constante.

Los gobernadores TG-13 tienen 40 grados completos de viaje máximo de la flecha terminal. El viaje recomendado desde la posición sin carga hasta la carga plena es de 2/3 del total de giro posible para el gobernador. [4]

La figura 2.12 muestra una representación gráfica de la capacidad de trabajo máximo de los gobernadores TG-13 e información a fin, sobre el viaje de la flecha terminal del gobernador.

[4] (Woodward Governor Company, 1984)

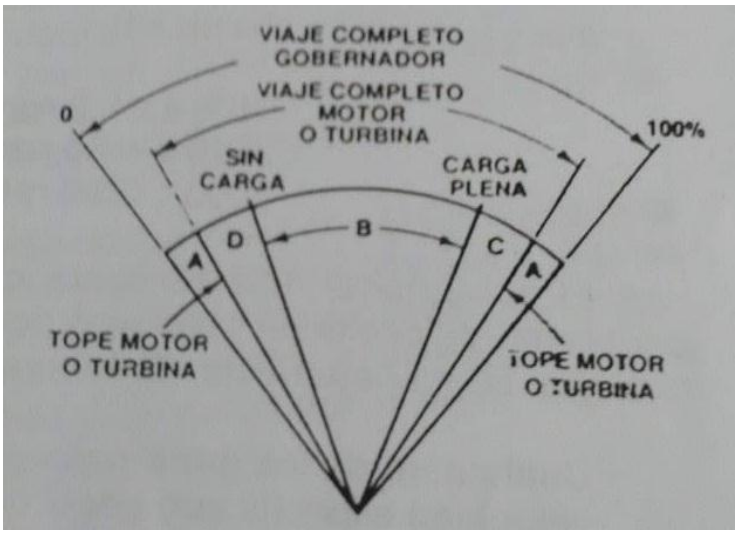


Figura 2.12 salida de trabajo del gobernador

A.- Exceso de viaje para asegurar llegada a tope motor o turbina.

B.- Viaje sin carga a carga plena, normalmente 2/3 de viaje completo del gobernador.

C.- Viaje requerido para acelerar motor o turbina.

D.- Viaje requerido para desacelerar o apagar motor o turbina.

2.4 ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN A UN GOBERNADOR TG-13

A continuación en esta sección se proporcionara los elementos que constituyen a un gobernador, para facilitar el entendimiento, comprensión del equipo y del proyecto.

Este es un gobernador de media velocidad modelo TG-13 (figura 2.13), en el cual se logra observar todos los elemento que componen a dicho equipo.

Los números de referencia 101 a 155 se encuentran en la figura 2.13.

No. De referencia	Nombre de la pieza	Cantidad
101	Tapón de llenado	1
102	Tornillo - .250-20 x .750	14
103	Rondana de tope	2
104	Perno de giro	1
105	Palanca de retroalimentación	1
106	Broche resorte	1
107	tornillo- .250-20 x 1.000	7
108	Palanca de ajuste de caída	1
109	Palanca terminal	1
110	cojinete del servopistón	1
111	Conjunto de eslabón conector	1
112	Pistón	1
113	Bafle	1
114	Cubierta de cabeza de bola	1
115	Tuerca fijación de velocidad	1
116	Conjunto tornillo velocidad	1
117	Resorte de velocidad	1
118	Émbolo de la válvula piloto	1
119	---	---
120	---	---
121	contrapeso	2
122	Perno recto	2
123	Conjunto cojinetes cabeza bolas	1
124	Perno impulsor de la bomba	1
125	Flecha impulsora	1
126	Tapón tubería .500 Allen	2
127	Caja	1
128	Carcasa de la bomba	1
129	Anillo reten arqueado(interno)	1
130	Anillo reten arqueado diámetro .461	1
131	Rodamiento de bolas	1
132	Anillo reten - diámetro.461	2

133	Sello de aceite	1
134	cojinete ‘oilite’	1
135	Empaque preformado -.062 ancho x 2.000 DI	1
136	Bomba engrane rotor	1
137	Pistón acumulador	1
138	Resorte acumulador grande	1
139	Resorte acumulador pequeño	1
140	Asiento del resorte	1
141	Anillo reten -1.526 diam.	1
142	Tornillo fijador de velocidad, guía	1
143	Resorte de carga	1
144	Rondana	1
145	Conjunto tornillo fijador velocidad	1
146	Empaque preformado -.364 ID x.070	1
147	Mirilla de aceite	2
148	Cojinete aguja -.625 ID	2
149	Sello de aceite	2
150	Eje terminal	2
151	Empaque de tapa	1
152	Tapa	1
153	Placa de identificación	1
154	Tornillo impulsor -.2 x.188	2
155	Conjunto de chumaceras de agujas y pista	1

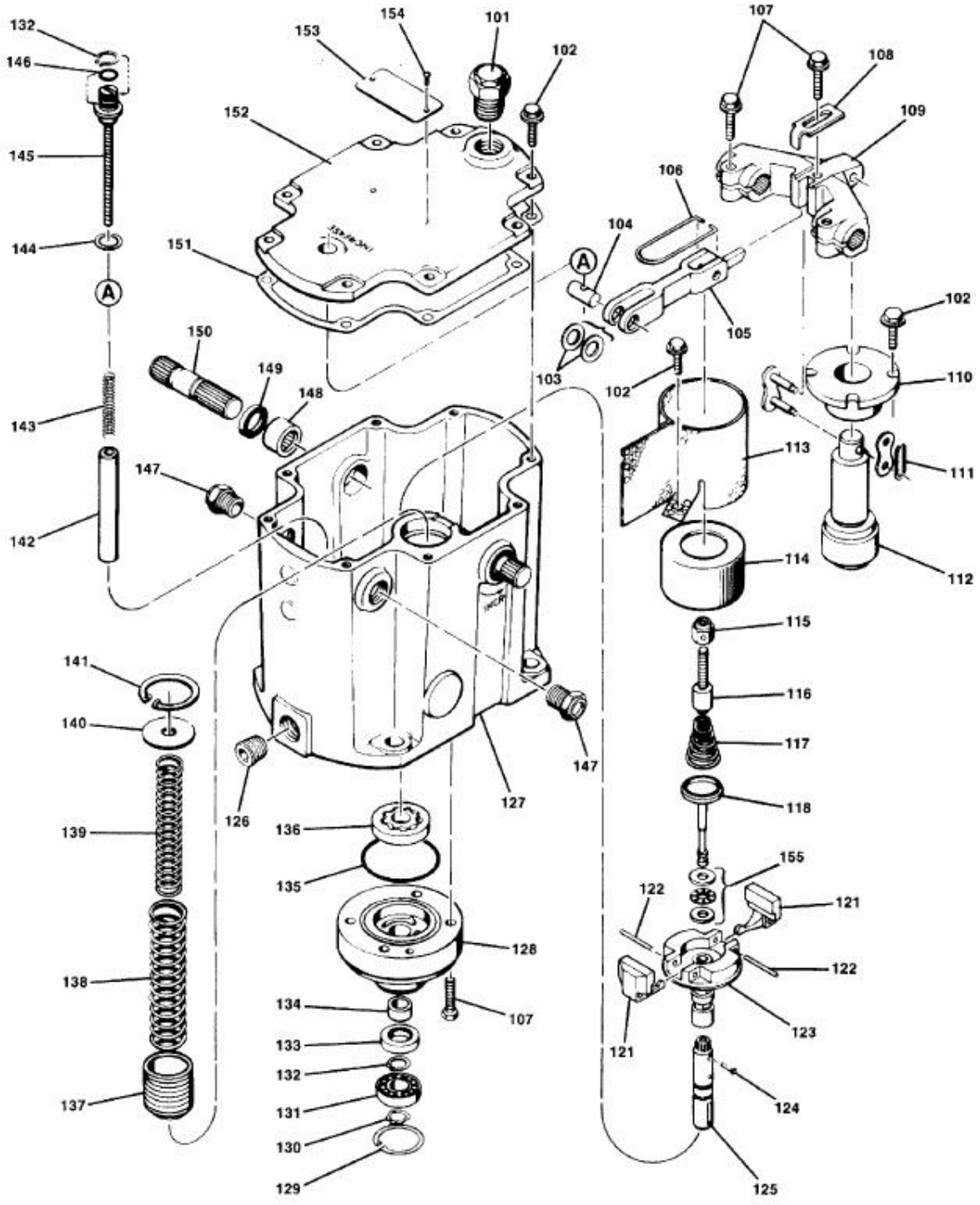


Figura 2.13 Elementos que componen al gobernador TG-13

2.5 FUNCIONAMIENTO

2.5.1 Ajustes del gobernador

Normalmente lo único que se necesita para poner en servicio a un gobernador ya sea este nuevo o reparado es llenar el gobernador de aceite y ajustar la graduación de velocidad especificada. Si se desea se puede disminuir la graduación de velocidad antes de echar a andar al gobernador mediante el tornillo de graduación de velocidad manual o dándole vuelta al tornillo de tope de alta velocidad en la dirección de las manecillas del reloj en los modelos con palanca para graduación de velocidad para dar una velocidad baja en el arranque.

Abra lentamente la válvula de vapor. Revise la velocidad de a turbina y ajuste lo necesario para traer la turbina a la velocidad especificada. Asegúrese de que el varillaje del eje terminal a la válvula este ajustado correctamente para permitir el flujo completo de vapor que se requiere. Revise el gobernador para un funcionamiento estable moviendo manualmente la conexión del eje terminal o la graduación de velocidad. La estabilidad del gobernador es satisfactoria cuando el gobernador regresa a ganar velocidad con solo un leve sobreimpulso o subimpulso. La inestabilidad indica la necesidad de ajustar el estatismo de velocidad.

2.5.2 Ajuste de estatismo.

El ajuste de un 6% de estatismo en 20° para el recorrido del eje terminal que se hace en la fábrica, proporciona suficiente estabilidad para la mayoría de las aplicaciones y normalmente no tendrá necesidad de reajustarse antes del funcionamiento del gobernador. Un ajuste puede ser necesario si el regulador ha sido desmontado.

Se indica la necesidad de un ajuste de estatismo durante el funcionamiento de regulador al haber inestabilidad o dificultad en responder a un cambio de carga.

Una inestabilidad en forma de oscilación o sacudimiento indica que hay un estatismo insuficiente y que la palanca de ajuste de disminución debe ser colocada para aumentar el estatismo. Si el gobernador TG-10 muestra dificultad en aceptar la carga o cuando el gobernador se vuelve inestable después de un cambio de carga, esto indica que existe un estatismo excesivo. En aquellos casos en que la graduación de estatismo del gobernador deba de cambiarse en el motor, use el siguiente procedimiento de ajuste de disminución:

1. Se debe de quitar el conjunto de la tapa para tener acceso a la palanca de ajuste de estatismo. Al quitar la cubierta tenga cuidado de no dañar la junta de la tapa. Si el gobernador está montado horizontalmente, vacié el aceite del gobernador antes de quitar la tapa. La tapa también sujeta piezas internas que se pueden caer, especialmente en gobernadores montados horizontalmente.

2. Afloje el tornillo de cabeza hueca que sujeta la palanca de ajuste de estatismo solo lo suficiente para deslizar la palanca un poco, aproximadamente 1/32 de pulgada cada vez, en la dirección en la que se desee ajustar el estatismo.

3. Apriete el tornillo, vuelva a poner la tapa y llénese de aceite hasta el nivel correcto.

4. Obsérvese otra vez el comportamiento del gobernador y siga ajustando la palanca de ajuste de estatismo hasta que el funcionamiento del gobernador sea satisfactorio. Si repetidos intentos para ajustar el estatismo no llegan a darle estabilidad al gobernador es eso indicio de que existen otros problemas.

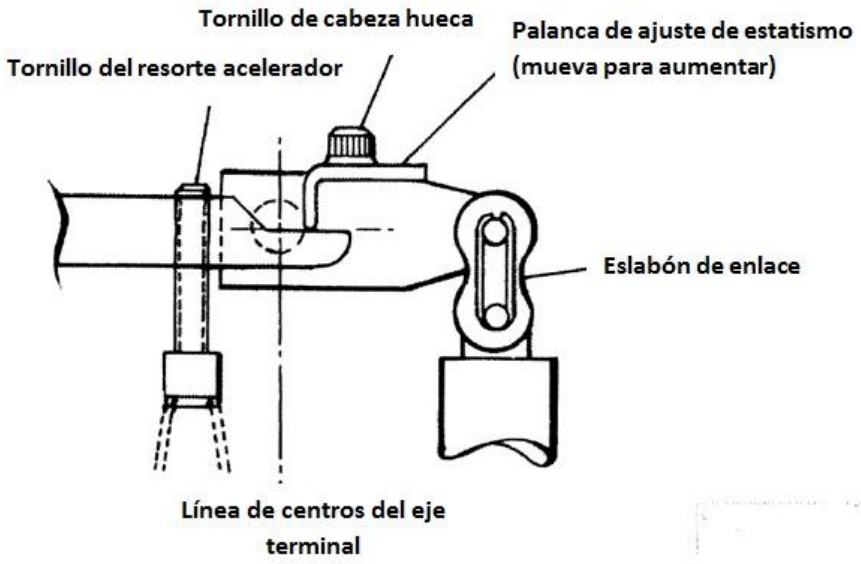


Figura 2.14 Palanca de ajuste de estatismo

2.5.3 Rotación de la flecha impulsora

Toda referencia de rotación de flechas de gobernador se considera desde el punto de vista superior del gobernador. La dirección o rotación correcta del TG-13 visto desde arriba lleva estampadas las letras “cw” (giro a la derecha) o “ccw” (giro a la izquierda) sobre la placa del gobernador.

La rotación de la flecha impulsora del gobernador debe ser solo en una dirección. Cuando se ve el gobernador desde arriba, la dirección de la rotación deberá ser igual que la rotación de la flecha de la turbina cuando se ve hacia la placa de soporte.

Si la bomba de aceite del gobernador se gira en dirección contraria no existirá presión de aceite. Sin presión de aceite las partes de la bomba se empiezan a calentar, con lo cual las piezas giratorias pueden atascarse.

La siguiente figura (figura 3.14) muestra el ajuste para la rotación anti horario de la flecha impulsora del gobernador.

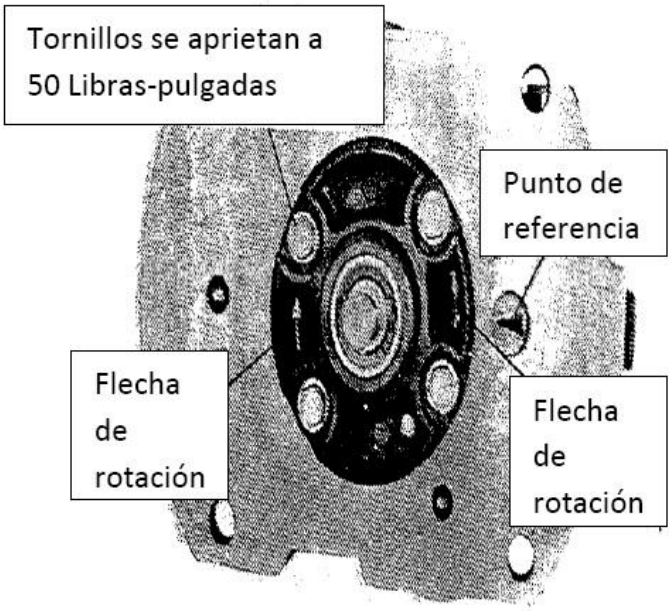


Figura 2.15 Rotación anti horario

En la figura 2.16 se muestra el ajuste para la rotación en sentido horario de la flecha impulsora del gobernador.

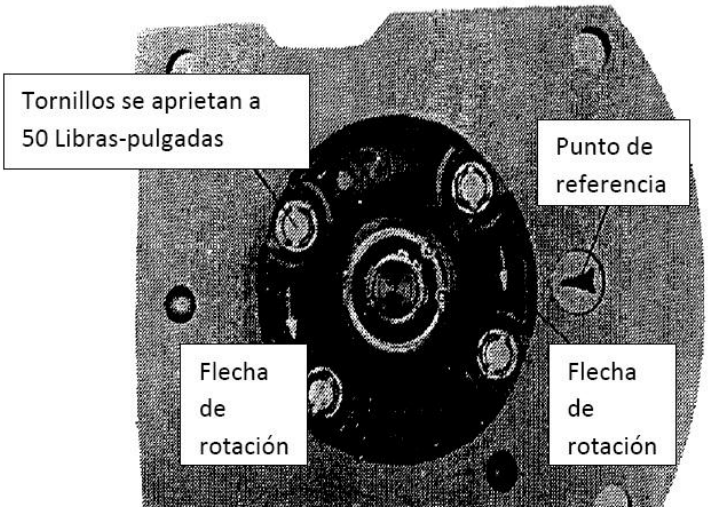


Figura 2.16 Rotación en sentido anti-horario

2.5.4 Suministro de aceite.

Se retira la tapa de llenado/ respirador y se llena el gobernador con 1.75 cuartos de galón de aceite hasta un nivel visible en la mirilla. Si se utiliza un intercambiador de calor de aceite, se requerirá aceite adicional. Siempre hay que asegurar la visibilidad del nivel de aceite en la mirilla antes de arrancar. Una vez que el motor o turbina esté funcionando y que el gobernador este a su temperatura de operación, se añade aceite si es necesario.

El aceite del gobernador es lubricante y medio hidráulico al mismo tiempo. Su índice de viscosidad le deberá permitir funcionar en todo el rango de temperaturas de operación y debe tener la mezcla apropiada de aditivos que le permitan permanecer estable y previsible en este rango. El aceite del gobernador debe ser compatible con materiales de sellado, como son el nitrilo, el poli acrílico y los fluorocarbones. Hay muchos aceites automotrices y para motor de gasolina, industriales, y otros minerales o sintéticos que se ajustan a estos requerimientos.

El desgaste excesivo del componente o la incautación en un gobernador indica la posibilidad de:

1. Lubricación insuficiente causada por:

• Un aceite que fluye lentamente cuando hace frío, especialmente durante el arranque.

• No hay aceite en el regulador.

2. Aceite contaminado causado por:

• Contenedores de aceite sucios.

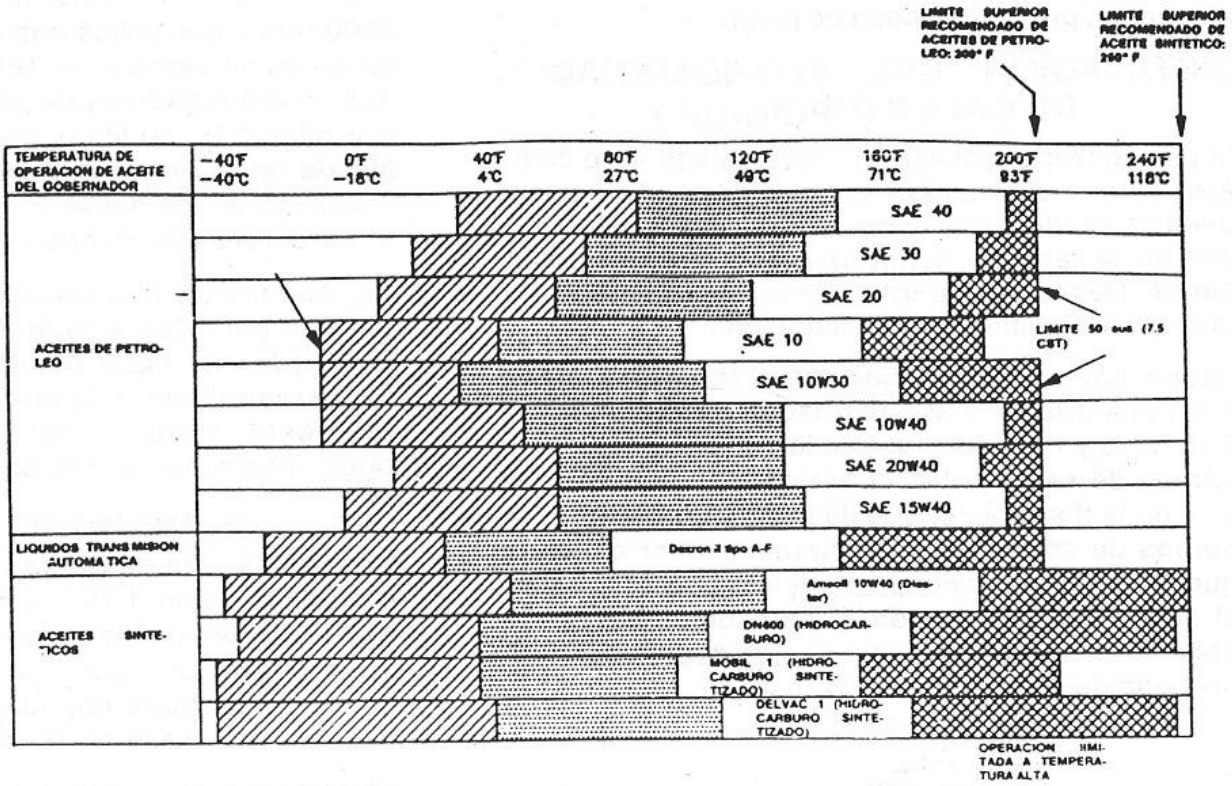
• Un gobernador expuesto a ciclos de calentamiento y enfriamiento, que crea condensación de agua en el aceite.

3. Aceite no apto para las condiciones de funcionamiento causado por:

• Cambios en la temperatura ambiente.

• Un nivel de aceite inadecuado que crea aceite espumoso y aireado.

Manejar un regulador continuamente más allá de la temperatura límite alta del aceite resultará en la oxidación del aceite. Esto se identifica mediante depósitos de barniz o lodos en el gobernador. Para reducir la oxidación del aceite, baje la temperatura de funcionamiento del actuador con un intercambiador de calor u otros medios, o cambiar a un aceite más resistente a la oxidación a la temperatura de funcionamiento.



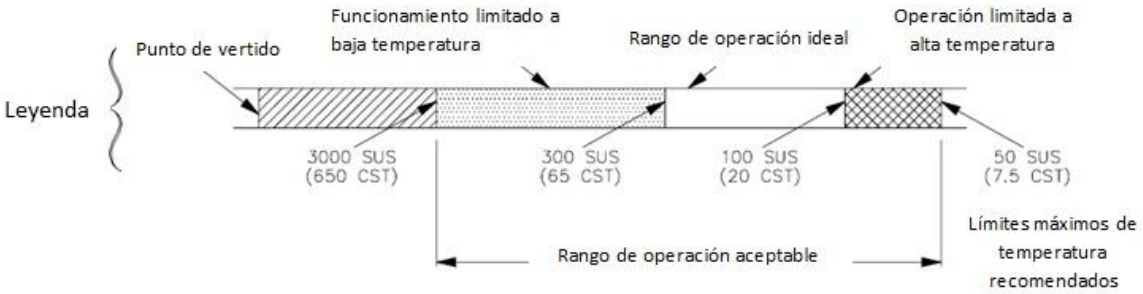


Tabla 2.1 Equivalencias de aceites.

VISCOSIDADES COMPARADAS				
Centistokes (CST, CS o CTS).	SEGUNDOS UNIVERSALES SAYLBOLT (SUS) NOMINALES A 100 F.	(APROXIMADO) ACEITE ENGRANE SAE.	(APROXIMADO) ACEITE MOTOR SAE.	ISO
15	80	5W		15
22	106	5W		22
32	151	10W	75	32
46	214	10	75	46
68	310	20	80	68
100	463	30	80	100
150	696	40	85	150
220	1020	50	90	220
320	1483	60	115	320
460	2133	70	140	460

25000–A–67

Tabla 2.2 viscosidades comparadas.

2.6 MONTAJE DEL GOBERNADOR

El gobernador puede montarse vertical u horizontalmente. El montaje se llama vertical u horizontal dependiendo de la posición vertical u horizontal de la flecha impulsora viendo el gobernador instalado sobre su base de soporte (véase figuras 2.18 y 2.19). La tapa de llenado/ respirador y el tapón para vaciar se instalan en la planta para que el gobernador opere verticalmente. Si se desea operación horizontal, la tapa y el tapón deben cambiarse a sus posiciones alternas. Esto coloca al servo pistón en la parte inferior manteniéndolo completamente sumergido en aceite y evitando que el aire sea atrapado en el servo pistón. Si se considera deseable la mirilla de nivel de aceite puede pasarse al lado derecho.

Debe asegurarse una tolerancia adecuada para fijar el eslabonamiento de control de combustible o válvula de vapor, el ajuste manual de velocidad o eslabonamiento de palanca fijadora de velocidad y para el mantenimiento del aceite. Debe asegurarse que la rotación de la flecha (a la derecha o a la izquierda) y la fijación de velocidad del gobernador sean correcta para la instalación de que se trate.

La rotación de la flecha impulsora del gobernador debe ser solo en una dirección. Cuando se mira al gobernador desde arriba, la dirección de su rotación deberá ser igual que la rotación que la flecha de la turbina, cuando se mira hacia la placa de montaje. Si la bomba de aceite del gobernador gira en la dirección incorrecta no habrá presión de aceite. Sin presión de aceite, las partes de la bomba se calentaran con el resultado de que las piezas giratorias se atascaran.

Debe asegurarse que la flecha impulsora del gobernador esté debidamente alineada y concéntrica con la flecha de la turbina. Todos los ajustes deben ser estrechos pero libres. El acoplamiento de impulso utilizado debe permitir la expansión térmica sin aplicarle carga al extremo de la flecha impulsora.

El acoplamiento también debe asegurar que no se aplique cargas laterales a la flecha impulsora del gobernador.

Figura 2.18 Gobernador montado verticalmente

Figura 2.19 Gobernador montado horizontalmente

2.7 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO.

El gobernador TG-13 es un actuador de sistema hidráulico, el cual internamente consiste de los siguientes elementos básicos:

- Bomba de aceite.
- Acumulador de aceite.
- Resorte para aceleración.
- Conjunto de cabezal y cojinete de la válvula piloto
- Cabeza de vástago de la válvula piloto.
- Servo pistón.
- Ajuste de estatismo.
- Ajuste de velocidad.
- Brazo terminal y ejes.

La figura 2.20 muestra la relación entre estos elementos. Los conductos de aceite que conectan las partes se han simplificado para ayudar a visualizar el sistema.

2.7.1 Presión de aceite y distribución.

Normalmente el gobernador es impulsado por la turbina por medio de un acoplamiento flexible. El gerotor interno de la bomba de aceite esta enchavetado al eje impulsor y al cojinete de la válvula piloto. La bomba extrae aceite del colector y lo distribuye a través de los conductos de aceite dentro de la carcasa del gobernador. También se manda el aceite al acumulador accionado por el resorte. El acumulador mantiene 150 libras por pulgada cuadrada de presión indicadas para su funcionamiento en cierta velocidad especificada. El exceso de presión comprime los resortes del acumulador y se deja salir el aceite al colector durante un funcionamiento estacionario.

Un cambio en velocidad y fuerza centrífuga mueve los contrapesos hacia adentro o afuera. Esto mueve la cabeza del vástago de la válvula piloto ya sea hacia arriba

o hacia abajo dependiendo de si hay un aumento o una disminución de velocidad. El movimiento de la cabeza de vástago abre la abertura de control y deja salir el aceite ya sea al colector o al lado inferior del servo pistón. Durante el movimiento del servo pistón en dirección de aumento de combustible, el acumulador suplementa el sistema de abastecimiento de aceite con su volumen acumulado de alta presión de aceite y ayuda a mantener la completa capacidad de trabajo del regulador.

2.7.2 Función del cabezal.

El conjunto del cabezal contiene los contrapesos, un resorte acelerador, cojinete de empuje, cabeza de vástago de la válvula piloto y cojinete de la válvula piloto. Al girar los contrapesos producen una fuerza centrífuga a la que se opone la fuerza hacia abajo del resorte acelerador. La fuerza del resorte acelerador puede variase ajustando el tornillo o la palanca de graduación de velocidad.

Un cojinete de empuje encima del saliente inferior de los contrapesos permite que el cojinete de la válvula piloto gire alrededor de la cabeza de vástago de la válvula piloto. Esto reduce la fricción estática entre el cojinete y la cabeza de vástago.

2.7.3 Función de la válvula piloto.

Cuando la turbina está funcionando a su velocidad, la cabeza de vástago de la válvula piloto se centra cubriendo las aberturas de control del cojinete de la válvula piloto. En esta posición ni se deja salir el aceite ni este fluye al servo pistón y el eje terminal del regulador no puede moverse. Un cambio ya sea en la fuerza centrífuga o en la fuerza del resorte acelerador (graduación de velocidad) mueve a la cabeza de vástago de su posición central controlando el flujo del aceite al servo pistón y desplazando al servo pistón.

El vástago de la válvula piloto baja si:

1. Una carga adicional hace disminuir la velocidad de la turbina y del regulador. Esto disminuye la fuerza centrífuga de los contrapesos en rotación que se opone a la fuerza del resorte acelerador.

2. La velocidad de la turbina no cambia, pero la fuerza del resorte acelerador aumenta al elevar la graduación de velocidad ya sea con el tornillo o con la palanca de graduación de velocidad.

Cuando baja el asiento de control del vástago de la válvula piloto abre este las aberturas de control. Se deja salir el aceite de alta presión hacia el área debajo del servo pistón forzando a este último hacia arriba. Esto hace girar al eje terminal del regulador en dirección de aumento de vapor.

Al subir el servo pistón disminuye la fuerza del resorte acelerador y permite que suba el vástago de la válvula piloto. El flujo de alta presión al servo pistón se cierra por el asiento de control parando el movimiento hacia arriba del servo pistón.

El vástago de la válvula piloto sube si:

1. La fuerza centrífuga de los contrapesos en rotación aumenta por una disminución de carga en la turbina. Esto causa un aumento en la velocidad en la turbina y en el regulador.

2. La velocidad de regulador baja reduciendo la fuerza del resorte acelerador gracias al tornillo de graduación de velocidad.

De nuevo cuando se levanta el control del vástago de la válvula piloto abre este las aberturas de control, pero esta vez si deja salir el aceite al colector desde abajo del servo pistón. El aceite de alta presión en la zona arriba del cilindro del servo pistón fuerza al pisto hacia abajo. Esto hace rotar al eje terminal en dirección de disminución de vapor o aceite. La presión del resorte acelerador aumenta, forzando hacia abajo el vástago de la válvula piloto. El movimiento del eje terminal se detiene mientras el asiento de control cubre las aberturas, parando el flujo de aceite de control.

2.7.4 Función de la palanca de ajuste de estatismo.

Adviértase que mientras el brazo terminal gira en la dirección de aumento de combustible, se levanta la palanca de graduación de estatismo y se reduce la fuerza del resorte acelerador en los contrapesos. Así pues, se le permite al cabezal volver a centrar el vástago de la válvula piloto a velocidades menores al aumentar el combustible. Se refiere esta característica como el estatismo de velocidad. El cierre de las aberturas de control bloquea cualquier otro movimiento del servo pistón simultáneamente con el retorno de la velocidad del motor a una velocidad determinada por la nueva velocidad o la fuerza del resorte.

Cuando se mueve en la dirección de disminución de combustible, el brazo terminal baja la palanca d ajuste de estatismo y aumenta la fuerza del resorte acelerador. Este aumento en la fuerza del resorte acelerador vuelve a centrar el vástago de la válvula piloto u detiene cualquier otro movimiento del servo pistón.

La cantidad de cambio de velocidad, o estatismo, para una cantidad dada de rotación del eje terminal depende de la colocación de la palanca de ajuste de estatismo en el brazo terminal.

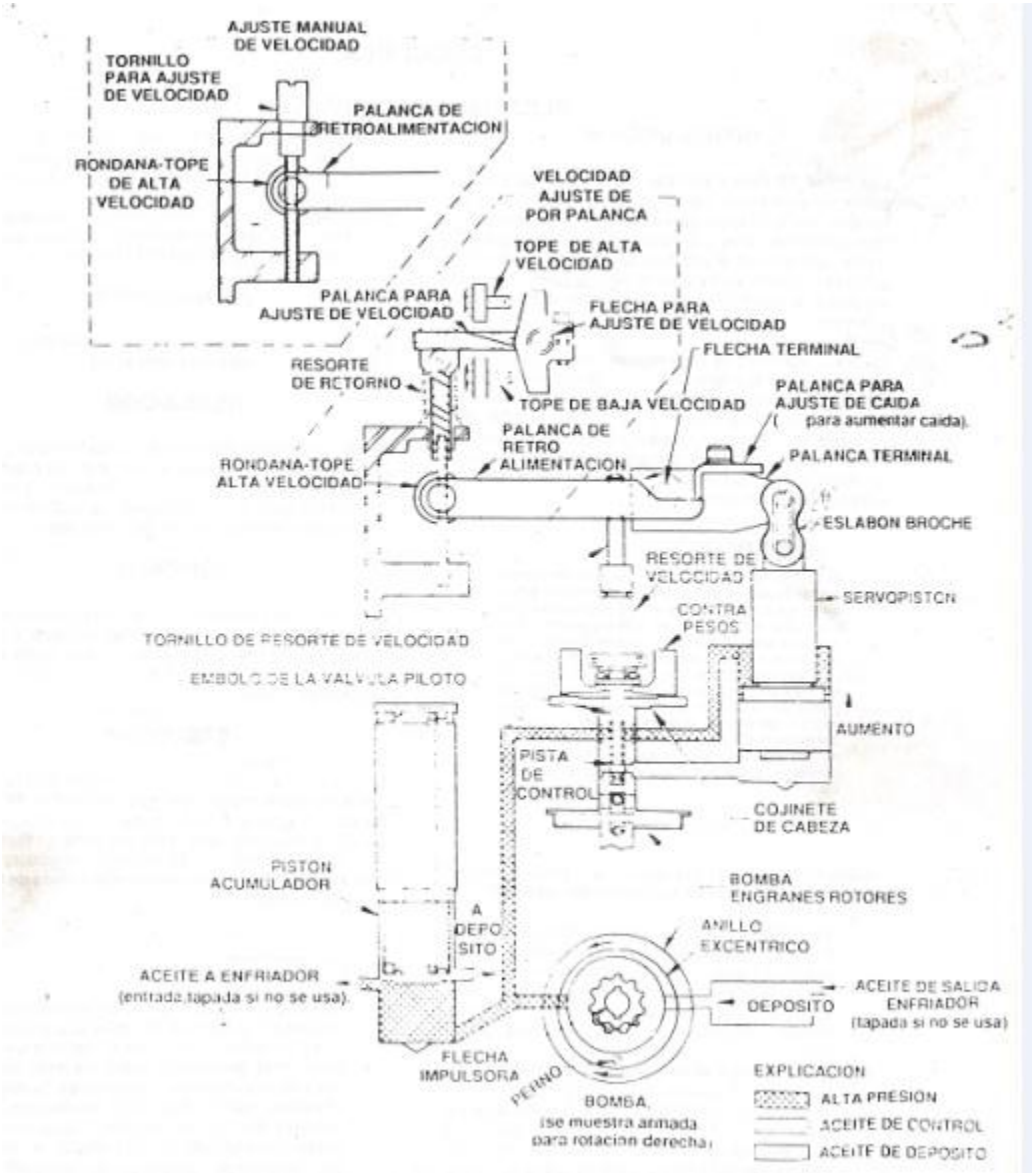


Figura 2.20 Diagrama esquemático del gobernador TG-13

2.8 LOCALIZACIÓN DE FALLOS

Los fallos en la operación del gobernador se hacen evidentes generalmente por variaciones de velocidad de la maquina motriz sin embargo, no puede darse por hecho que todas esas variaciones indican un fallo en el gobernador. Por lo tanto, cuando sea evidente que el gobernador no está funcionando bien revise todos los

componentes, graduaciones de ajustes y la maquina motriz para ver que funcionen correctamente.

Antes de intentar localizar los fallos en el sistema, revise visualmente los siguientes elementos:

1. Revise las conexiones instaladas entre la salida del gobernador y una válvula de vapor y cualquier conexión de graduación velocidad. Causas comunes de problemas son ligazón, falta de movimiento o recorrido inadecuado.

2. Revise el aceite para que tenga un nivel adecuado y este en buenas condiciones. El aceite sucio causa aproximadamente la mitad de los problemas del gobernador. El aceite contaminado con agua o expuesto al calor excesivo se descompone rápidamente creando espuma y corroyendo las piezas internas.

3. Revise que la turbina esté funcionando correctamente, asegúrese que el accionamiento del gobernador sea uniforme y libre de vibración torsional.

4. Asegúrese que las variaciones de velocidad no sean resultado de cambios de carga fuera de la capacidad de la maquina motriz.

Use la siguiente tabla de localización de fallos para aislar y remediar fallos en el sistema del gobernador.

síntoma	causa	Corrección
	A. Bajo nivel de aceite	Añada aceite hasta llegar a un nivel visible en el indicador de aceite.
	B. Impurezas en el gobernador.	Saque el aceite del gobernador y lávelo con un aceite de grado menor.

1. El motor o la turbina oscila o tiene sacudidas	C. Acuñamiento del varillaje del eje terminal.	Realinee la conexión cuanto sea necesario. Si se desmonto el gobernador recientemente, revise que los cojinetes del eje terminal no se hayan acunado dentro de la palanca terminal
	D. Ajuste insuficiente de estatismo.	Reposicione la palanca de ajuste para aumentar el estatismo
2. Vibración en la salida del gobernador	A. Alineación incorrecta del acoplamiento de accionamiento del gobernador.	Revise y repare cuanto sea necesario.
	B. Desgaste de los pasadores del contrapeso	Revise tanto los pasadores del contrapeso como este en si para asegurarse de que muevan libremente. Reemplace ambas piezas aun cuando solo una está defectuosa
	A. Uso insuficiente del recorrido del eje terminal.	Revise el varillaje. El recorrido que se recomienda es de 20° desde que esta sin carga hasta tener una carga completa.

3. Muestra el gobernador dificultad en aceptar la carga o se siente inestable como se puede ver por una oscilación irregular, particular-mente después de un cambio de carga.		NOTA: es estatismo y consecuentemente la estabilidad son funciones del recorrido de salida del servo pistón del gobernador. Si se arregla el varillaje de salida del gobernador en tal forma que solo un pequeño porcentaje del recorrido de salida se use para ir de no tener ninguna carga a tener carga completa, el efecto estabilizador del estatismo se reduce proporcionalmente.
	B. Demasiado estatismo.	Vuelva a colocar la palanca de ajuste del estatismo para una compensación reducida de estatismo.
	C. Aumento en la válvula de vapor.	Revise que la válvula de vapor no sea muy grande o de mayor tamaño para la aplicación en particular.
	D. Impurezas en el aceite del gobernador	Vacié, lave y vuélvalo a llenar con aceite nuevo.
	A. La graduación de	Aumente la graduación

	velocidad es muy baja.	de velocidad del gobernador.
4. El motor no puede alcanzar la velocidad especificada	B. Conexión incorrecta de recorrido del eje terminal.	Revise la conexión. El recorrido que se recomienda es de 20° desde no tener carga a tener carga completa.
	C. El margen de velocidad del gobernador es incorrecto para esta aplicación en particular.	Revise el margen de velocidad del gobernador.
	D. La graduación de estatismo es muy alta.	Vuelva a situar la palanca de estatismo para reducirlo.
5. El regulador no arranca no controla.	A. Rotación errónea del gobernador.	Revise el accionamiento de la turbina al gobernador. Si es necesario ponga las piezas de la bomba al revés para una rotación diferente.
	B. La chaveta está mal instalada, o el eje impulsor no está acoplado.	Revise la instalación del accionamiento.
	C. Está roto el pasador de accionamiento de la bomba.	Desmontar el bastidor de la bomba para revisar el pasador y reemplácelo si es necesario
6. El regulador arranca pero se mantiene en máximo.	A. Graduación de velocidad muy alta.	Reduzca la graduación de velocidad hasta que controle el gobernador, luego ajuste a la velocidad

Tabla 2.2 Localización de fallos

2.9 BOMBA INTERNA

La bomba interna para los gobernadores está dimensionada para funcionar sobre la velocidad estándar.

Rangos:

• 1100 a 2400 rpm

• 2400 a 4000 rpm

• 4000 a 6000 rpm

2.10 TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO DEL GOBERNADOR TG-13.

Temperatura de funcionamiento continuo: 60 a 93 °C (140 a 200 ° F).

Temperatura ambiente: -29 a +93 ° C (-20 a +200 ° F).

Cuando el regulador esté a la temperatura de operación se recomienda una viscosidad de 100 a 300 SUS. Ver figura 2.15.

2.11 ALMACENAMIENTO DEL GOBERNADOR.

El gobernador puede ser almacenado por períodos cortos de tiempo de fábrica. Para largo plazo, el almacenamiento debe ser en un ambiente hostil sin cambios de temperatura, evitar ambiente húmedo o corrosivo, o si el gobernador está instalado en la turbina para el almacenamiento, llenar el regulador con aceite.

2.12 TEORÍA DE TURBINAS DE VAPOR

2.12.1 ¿Que es una Turbina de vapor?

Una turbina de vapor es una turbomáquina motora, que transforma la energía de un flujo de vapor en energía mecánica a través de un intercambio de cantidad de movimiento entre el fluido de trabajo (el vapor) y el rodete.

Las turbinas de vapor de una etapa simple son muy comunes en las empresas petroquímicas y principalmente se usan como equipos motores de bombas y compresores de proceso. La figura 2.21 muestra un diagrama seccional de este tipo de turbinas con su respectivo sistema de gobierno. [5]

Elementos que componen a una Turbina de vapor tipo Curtis (La turbina Curtis es una turbina de acción con escalonamientos de velocidad). [6]

1.- Regulador de velocidad (Gobernador), 2.- Desencadenamiento de parada de emergencia, 3.- Cojinete, 4.- Rubuladura de vapor de escape, 5.-Eje, 6.- Obturación para el eje, 7.-Turbina Curtis, 8.- Tobera, 9 Válvula de tobera, 10 Válvula de gobierno.

[5] (Especial turbinas de vapor, 2011)
[6] (ET 830 central termica de vapor 1.5 kw, 2016)

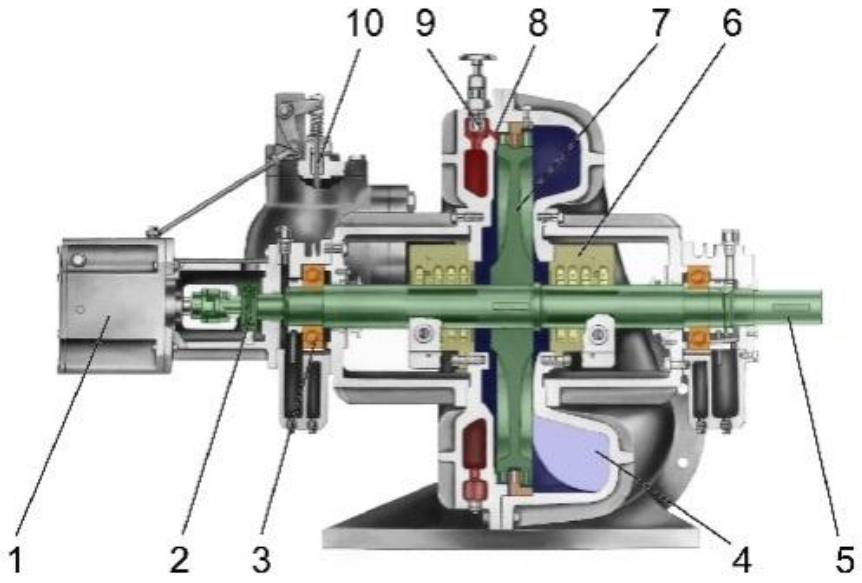


Figura 2.21 diagrama seccional de una turbina tipo Curtis

2.13 Clasificación de las Turbinas de Vapor.

La clasificación de las turbinas de vapor puede hacerse según la forma de aprovechamiento de la **energía contenida en el flujo de vapor** (reacción o acción), según el **número de etapas** (multietapa o monoetapa), según la **dirección del flujo de vapor** (axiales o radiales), si existe o no extracción de vapor antes de llegar al escape y por último por la **presión de salida del vapor** (contrapresión, escape libre o condensación). (Especial turbinas de vapor, 2011)

2.13.1 Turbina de vapor de reacción

En la turbina de reacción la energía mecánica se obtiene de la aceleración del vapor en expansión. Las turbinas de este tipo cuentan con dos grupos de palas, unas móviles y las otras fijas. Las palas fijas están colocadas de forma que cada par actúa como una boquilla a través de la cual pasa el vapor mientras se expande, llegando a las palas de las turbinas de reacción, que se montan en un tambor que actúa como eje de la turbina.
En la turbina de reacción se produce un escalonamiento de velocidad. Este escalonamiento consiste en producir una gran caída de presión en un grupo de toberas y utilizar la velocidad resultante del vapor en tantos grupos de alabes como sea necesario mediante un juego de enderezadores reorientando el vapor de salida de la primera etapa para que entre en un segundo rodete.

Se denomina grado de reacción a la fracción de la expansión producida en la corona móvil respecto a la total, un grado de reacción 1 indica que la turbina es de reacción pura, mientras que para el valor cero será una turbina de vapor de acción.

2.13.2 Turbina de vapor de acción

Una turbina de vapor de acción con un escalonamiento de velocidad consta fundamentalmente de:
-Un distribuidor fijo, compuesto por una o varias toberas, cuya misión es transformar la energía térmica del vapor puesta a su disposición, total (acción), o parcialmente (reacción), en energía cinética.

-Una corona móvil, fija sobre un eje, cuyos álabes situados en la periferia tienen por objeto transformar en energía mecánica de rotación, la energía cinética puesta a su disposición.

Su funcionamiento consiste en impulsar el vapor a través de las toberas fijas hasta alcanzar las palas, que absorben una parte de la energía cinética del vapor en

expansión, lo que hace girar el rotor y con ella el eje al que está unida. Las turbinas de acción habituales tienen varias etapas, en las que la presión va disminuyendo de forma escalonada en cada una de ellas.

2.13.3 Turbina monoetapa

Se utilizan para turbinas de hasta 2 MW de potencia, al ser de más simple construcción son las más robustas y seguras, además de acarrear menores costes de instalación y mantenimiento que las multietapa.

2.13.4 Turbina multietapa

El objetivo de los escalonamientos en la turbina de vapor es disminuir la velocidad del rodete conservando una velocidad de los alabes próxima al valor optimo con relación a la velocidad del chorro de vapor. Si tenemos una presión de vapor muy elevada sin las etapas necesarias, sería necesario que la turbina girase a una velocidad muy alta, que no sería viable mecánicamente por las dimensiones que debería tener el reductor (caja de engranajes que ajustaría la velocidad final del eje a la deseada).

Consiguen mejores rendimientos que las monoetapa, además pueden absorber flujos de vapor de mucha mayor presión, por lo que se utilizan para turbinas de alta potencia. Suelen utilizarse turbinas mixtas, con las primeras etapas de acción y las finales de reacción.

2.13.5 Turbina de flujo axial

Es el método más utilizado, el paso de vapor se realiza siguiendo un cono que tiene el mismo eje que la turbina.

2.13.6 Turbina de flujo radial

El paso de vapor se realiza siguiendo todas las direcciones perpendiculares al eje de la turbina.

2.13.7 Turbina con extracción de vapor

Se realiza en etapas de alta presión, enviando parte del vapor de vuelta a la caldera para sobrecalentarlo y reenviarlo a etapas intermedias. En algunas

ocasiones el vapor también puede ser extraído de alguna etapa para derivarlo a otros procesos industriales.

2.13.8 Turbina de contrapresión

La presión del vapor a la salida de la turbina es superior a la atmosférica, suele estar conectado a un condensador inicial que condensa al vapor, obteniéndose agua caliente o sobrecalentada, que permite su aprovechamiento térmico posterior.

2.13.9 Turbinas de condensación

El vapor sale a una presión inferior a la atmosférica, en este diseño existe un mayor aprovechamiento energético que a contrapresión, se obtiene agua de refrigeración de su condensación. Este diseño se utiliza en turbinas de gran potencia que buscan un alto rendimiento.

CAPITULO III.

3. PROCEDIMIENTOS Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.

3.1 INTRODUCCIÓN.

A continuación se describe el procedimiento que se lleva a cabo para realizar el mantenimiento correctivo, la calibración y en qué momento es necesario el cambio de aceite en los gobernadores TG-13 del complejo petroquímico Cosoleacaque.

Basándose en las observaciones de operación en las plantas de producción este documento servirá como una guía para el personal de mantenimiento para una rápida identificación de las fallas en el gobernador y cuáles son sus posibles causas, también se utilizara para estudiar el comportamiento del lubricante a las condiciones de uso.

De manera general se presentan los puntos importantes sintetizados para el mantenimiento correcto del gobernador tanto en el taller como en planta.

- Almacenar el gobernador y su brazo terminal en un lugar limpio y seco.
- Seguir las recomendaciones de este capítulo para llevar a cabo el mantenimiento correctivo.
- Llenar al gobernador de aceite cuidándolo de cualquier impureza y humedad.
- Realizar pruebas en el simulador para observar su funcionamiento y mandarlo al área de producción.
- Instalar el gobernador en la posición que se indique y requiera.
- Inspeccionar que el respiradero del tapón esté libre de cualquier impureza o lodo, de lo contrario la temperatura aumentara y habrá una sobrepresión interna.

3.2 DESENSAMBLE DEL GOBERNADOR TG-13

Para tener un buen desensamble de nuestro gobernador, es recomendable seguir el siguiente procedimiento.

Limpieza general con solvente especifico que cumpla con las normas establecidas por la iso-14000.

Se procede a dar limpieza al gobernador TG-13 en un contenedor destinado para el mismo, las cual nos sirve para evitar derrames al suelo, en caso de que suceda algún derrame al suelo, se utiliza un musgo especial diseñado para absorber grasas y aceites, una vez terminado la limpieza del gobernador o actuador se lavara el exceso con un desengrasante biodegradable con las especificaciones ya descritas anteriormente, figura 3.1.

Figura 3.1 desensamble del gobernador.

Los solventes que quedaron en el contenedor se vaciaran en un depósito destinado para posteriormente ser reciclados así como el musgo contaminado por algún aceite derramado al suelo, se colocaran en un depósito para materiales de transferencia temporal.

Se procede a verter el aceite del gobernador en un depósito destinado para su reciclado (materiales de transferencia temporal).

Nota: Los números entre paréntesis indican las partes del gobernador ilustrada en la figura 2.13 del capítulo 2.

Como primer paso se retira el anillo retenedor del cabezal (129) aflojando el tornillo sujetador.

Se retira los 4 tornillos (107) Allen que sujetan a la carcasa de la bomba (128), retirando esta o deslizando fuera de la flecha rotativa o eje, teniendo cuidado de no dañar el anillo preformado de empaque (135).figura 3.2.

Figura 3.2 Carcasa de la bomba.

Se extrae de su alojamiento al perno cuadrado de la flecha o eje rotativo (124).Se retira de la carcasa de la bomba, la bomba ge-rotor de aceite (136) así como sus anillos separadores uno o dos según sea el caso, figura 3.3 rotor bomba de engranes.

Figura 3.3 Rotor bomba de engranes.

Se retirara la tapa superior (151) aflojando los tornillos de cabeza hexagonal que sujetan la tapa a la carcasa o estuche del gobernador (102), no sin antes haber retirado la válvula de ventilación y tapa de llenado, ver figura 3.4.

Figura 3.4 Gobernador después de retirar la tapa.

Se retirara el conjunto de graduación de velocidad desalojándolo de la carcasa del conjunto del cabezal (145).

Se aflojan los tornillos (107) que sujeta a los ejes terminales retirándolos completamente del brazo terminal quedando libre (109).

Posteriormente se retirará el deflector de aceite (bafle) del interior del estuche o carcasa del gobernador (113).

Se aflojan los dos tornillos que sujetan al cojinete del servo pistón (110) para así poder retirar al conjunto del servo pistón que es sujetado por un eslabón conector y se extrae el pistón fuera de su funda (112).

Para la extracción de resortes acumuladores (138,139) y el pistón se pondrá la palanca en un extremo de la carcasa sujetándose esta por un tornillo y haciendo palanca se retirara el anillo de retención (141), teniendo cuidado al ir aflojando los resortes para evitar alguna lesión física, una vez descomprimidos los resortes se

retiraran los dos resortes con el asiento, retirados estos se desalojara el pistón acumulador de su funda o camisa.

Por último se retirara de la carcasa el indicador visual de nivel de aceite (147), así como sus tapones de rosca (126).

3.2.1 Conjunto de la palanca de retroalimentación (105).

Se retirara el seguro o broche resorte (106) que sujeta al bloque del pivote, liberándolo de la palanca de realimentación.

Se retira el anillo preformado del empaque, la arandela plana así como la arandela ondulada del tornillo de graduación de velocidad (103).

3.2.2 Conjunto del vástago de la válvula piloto (118).

Se retiraran los cojinetes de empuje alojados en el vástago de la válvula piloto (118) y se procede a retirar el resorte de velocidad (117) que sujeta a la válvula piloto.

Una vez terminado de desensamblar todas las partes internas y externas de nuestro gobernador se procede a darle limpieza general a cada una de sus partes.

3.3 AJUSTES DEL GOBERNADOR TG-13

3.3.1 Conjunto de la bomba (125,124).

Una vez limpias todas las partes de la bomba con el micrómetro de exteriores se sacaran las medidas de las partes que tienen mayor contacto en la flecha para corroborar el desgaste ocasionado en estas partes.

No debe existir un claro mayor a 6 milésimas de pulgada (0.006 pulgadas) entre estas partes, de ser así se sustituirán ambas piezas.

Visualmente se corrobora las partes desgastadas y erosionadas por el trabajo que han sufrido estas por el trabajo excesivo que son el área donde hace contacto el sello de aceite dejando unos surcos en la flecha rotativa, de existir demasiada profundidad en la flecha ocasionado por los labios del sello de aceite se sustituirá por una flecha nueva, así como también en caso de existir alguna erosión o deformación por los elementos que ya ejemplificamos anteriormente se sustituirán por una flecha o eje rotativo.

El perno impulsor de la bomba (124) no deberá tener deformación en el cuadro que sirve como tope a la bomba gerotor de aceite y que no haya sufrido ningún desgaste tanto en la parte del pasador de accionamiento de la bomba y donde se aloja, de existir alguna parte dañada tanto en la flecha o eje rotativo se sustituirán por unos nuevos.

Visualmente se verificara la bomba gerotora de aceite no haya sufrido algún desgaste excesivo como ralladuras ocasionadas por alguna suciedad en el aceite, algún desprendimiento de metal, así como humedad ocasionadas por el medio ambiente.

El cojinete de bolas se deben palpar y girar libremente sobre los dedos de lo contrario deben cambiarse por uno nuevo, el fabricante no indica la marca así que queda a disposición del ingeniero encargado.
El sello de aceite visualmente se corrobora que no tenga desgaste ocasionado por la flecha rotativa, de haber desgaste significativo se cambiara por una nueva.
Se verificara el anillo preformado de empaque duro que no haya sufrido aplastamiento, torcedura u olgamiento, de ser así se cambiara por uno nuevo.
El cuello retenedor de cabezal deberá estar en buenas condiciones, el tornillo de cabeza Allen que no haya sufrido daños en su estructura, así como el cuello retenedor del cabezal, en lo cual de existir daño alguno se sustituirá.

3.3.2 Conjunto de la válvula piloto (118).

Con el micrómetro de 0-1” se medirá la parte del embolo de la válvula piloto para verificar el desgaste con respecto al área de contacto del cojinete del cabezal, en caso de ser mayor el desgaste que nos indica el fabricante se reemplazara por otro nuevo.

La chumacera de carga axial se verá físicamente que no tenga ralladura, desgaste excesivo por estar en contacto así como en la pista que no tenga ralladura o erosiones por estar en contacto con el conjunto de chumaceras, en caso de que se vea alguna imperfección tanto en las pistas como en el cojinete de aguja tendrán que ser reemplazadas por unos nuevos como lo indica el fabricante.

El resorte de velocidad se pondrá en la máquina para comprobar su compresión que nos indique las condiciones en las que se encuentra el mismo, de igual forma en caso de no pasar la prueba de compresión se reemplazara por otro nuevo. Una vez terminada la comprobación del resorte y allá pasado la prueba deberá comprobarse el ajuste en la que deberá entrar la válvula piloto que a su vez se ajustara en el tornillo resorte de velocidad, comprobando físicamente que el ajuste quede fijamente en ambos lados.

3.3.3 Tornillo de resorte de velocidad acelerador (145).

Una vez que ya se verifico y se comprobó físicamente los ajuste y el resorte de velocidad, el bloque del pivote deberá entrar ajustado o enroscado como lo indica el fabricante, debiendo entrar con cierta presión porque al ser una tuerca de seguridad nos ayudara a que este evite girar y que se des-calibre nuestro tornillo resorte de velocidad.

3.3.4 Conjunto cojinete-cabezal.

Nuestro conjunto cojinete-cabezal de igual forma se mide con un micrómetro de 0-1” en las partes externas de sus áreas de contacto con respecto a las fundas o

camisas donde se aloja este para poder saber los claros existente entre estas dos partes, en caso de existir un claro fuera de lo permitido que lo indica el fabricante se reemplazara.

El área donde hace contacto la válvula piloto en el interior del cojinete- cabezal tendrá que observarse a contra luz su desgaste que sufrió por estar en contacto con el embolo de la válvula piloto, en caso de ser necesario se reemplazara.

Los contrapesos deberán estar sin desgaste alguno que nos impida su buen funcionamiento, así como sus pernos pasadores deben estar en condiciones de trabajo que no tenga desgaste excesivo.

El bafle de aceite no deberá estar con alguna torcedura que nos impida que gire libremente el conjunto del cojinete-cabezal.
Con un micrómetro de 0-1” se medirá la parte exterior del servo pistón y se tomaran las medidas como referencia con respecto al cojinete del servo pistón debiendo ser medido este con un compás de interiores para luego corroborar la medida con el micrómetro y dándonos el resultado del claro que tienen ambos por el desgaste de trabajo.

Se pasa a medir el embolo del servo pistón con el micrómetro de 1-2” y con el compás #6 para interiores, se sacara la medida de la camisa o funda y esto nos arroja la medida del claro total entre el servo pistón la camisa o funda, si hay un claro más de lo permitido serán reemplazados tanto el cojinete del servo pistón.

3.3.5 Conjunto eslabón conector (111).

El eslabón se verifica físicamente que entre ajustado para sujetar al servo pistón y a la palanca terminal, así como su broche sujetador que no tenga holgura alguna que evite que este se salga de su posición y a su vez que el eslabón conector no debe tener holgura alguna con respecto a la sujeción de la palanca terminal con el

conjunto del servo pistón si se llega a detectar alguna imperfección en el ajuste por holgura se reemplazara.

3.3.6 Palanca terminal (109).

La palanca terminal igual que el eslabón conector se verifica visualmente que las flechas terminales que sujetan la palanca terminal entren libremente en los estriados tanto de la palanca terminal como de la flecha.

Los tornillos que sujetan a las flechas terminales a su vez a la palanca de ajuste de caída deberán correr libremente en estos.

3.3.7 Palanca ajuste de estatismo (108).

La palanca de ajuste deberá estar libremente en su posición sin que este se obstruya o que impida su calibración necesaria para su funcionamiento, de igual forma se verá físicamente que no haya sufrido desgaste alguno en la parte que hace contacto la palanca de ajuste con la palanca de realimentación.

3.3.8 Palanca de realimentación (105).

El tornillo fijador de velocidad deberá enroscarse en el perno sin que este se llegue atorar por alguna torcedura, golpe o desgaste que este sufrió por su trabajo normal, en caso de tener alguna de estas fallas se reemplazara, también se corroborara que el perno de giro (104) se desplace libremente en la parte destinada en la palanca de realimentación así como sus rondanas de tope de alta velocidad.

El broche de resorte no deberá estar holgado para poder sujetar al bloque de giro, y sobre todo que no tenga desgaste excesivo entre la parte de contacto de la palanca de ajuste de estatismo y la palanca de realimentación.

Por ultimo visualmente se verifica al anillo empaque preformado que no esté comprimido excesivamente o endurecido o alguna ruptura, de ser necesario se reemplazara por uno nuevo.
La rondana plana .515x.875 deberá estar libre de desgaste así como la rondana ondulada no esté fuera de su estado normal, en caso de que esta se encuentre deformada por desgaste excesivo se reemplazaran por unas nuevas.

3.3.9 Conjunto pistón acumulador (137).

Con el micrómetro de 1-2” se mide la parte exterior del pistón y con un compás del #6 de interiores, la funda o la camisa se hace una diferencia de medidas para saber el claro entre estas dos partes del actuador, en caso de que estén fuera de claro se reemplazara.

Ambos resortes acumuladores (grande y pequeño) se probaran en la maquina destinado para el cual nos dará la medida de compresión de cada resorte, de no pasar la prueba se tendrán que reemplazar aunque es muy difícil que estos resortes se venzan.
Visualmente se corrobora tanto al anillo reten como al asiento del resorte no haya sufrido ningún desgaste o que el anillo reten no este deformado y este se aloje a la ranura para el cual está destinado en caso de que se visualice cualquiera de estas fallas se reemplazaran.

3.3.10 Flecha terminal (150).

Las flechas terminales deberán ser inspeccionadas visualmente que no exista una fuga por el sello de aceite o no tenga marcas hechas por la erosión generada por la humedad del medio ambiente del aceite o golpeteo que haya tenido durante su trabajo.
El retén o sello de aceite deberá ser reemplazado necesariamente por su desgaste de trabajo.

Los cojinetes de rodillos se analizan cada uno de ellos visualmente que no tenga desgaste en sus agujas, que giren libremente que no tengan golpeteo alguno por la erosión ocasionada de igual forma por humedad generada por el medio ambiente, o por el aceite contaminado. Así como también deberá entrar ajustadamente en su área de trabajo sin existir holgura.

La tapa del respiradero de llenado deberá ser abierta para ver el estado del filtro, valorado su estado, en caso de que no se encuentre en buen estado se reemplaza.
La tapa del gobernador deberá estar libre de golpes, deformaciones ocasionadas por altas temperaturas que prevalecen con el equipo.

3.4 EMSAMBLE DEL GOBERNADOR TG-13

En el ensamble se debe tener cuidado de ciertos elementos que se presentan a continuación, de lo contrario si colocamos alguna pieza incorrecta nuestro gobernador no funcionara.

3.4.1 Conjunto de cabezal

Se le pondrá en su posición los contrapesos y estos serán fijados al conjunto cojinete de bolas, y los pernos fijadores verificando que estos giren libremente, las palancas accionen sin ningún impedimento que las trabe, lo siguiente será ponerle la tapa al conjunto cojinete de bola fijándola firmemente que no pueda salir de su lugar.

3.4.2 Servo pistón

Se introduce el cojinete del servo pistón al servo pistón corroborando que este se deslice libremente de un lado a otro.

Se unirá el eslabón conector de cadena el servo pistón y el extremo de la palanca terminal asegurando a ambos el seguro verificando que ambos tengan un juego libre o estancamientos.

3.4.3 Palanca terminal.

Se enroscaran los tornillos correspondientes en cada una de sus posiciones y a estos con sus rondanas planas, a su vez se le colocara la palanca de ajuste de estatismo (o de caída de velocidad) de igual forma se verifica que quede libre en su recorrido.

3.4.4 Válvula piloto

Se introduce el resorte en la válvula piloto y de igual forma el tornillo resorte de velocidad por ambos extremos del resorte debiendo quedar debidamente fijos ambas piezas.

Se le enrosca el bloque de giro al tornillo resorte de velocidad, para que este sea fijado posteriormente a la palanca realimentación que será sujeta por el broche resorte y esta a su vez deberá ser vista físicamente que no tenga ningún atascamiento.

3.4.5 Palanca de retroalimentación.

A la palanca de retroalimentación se le pondrá el perno giro con las rondanas tope de velocidad para luego enroscarle el tornillo fijador de velocidad debiéndole permitir al tornillo enroscar con facilidad hacia arriba o hacia abajo.

Una vez terminada esta acción se le pondrá la rondana ondulada y a su vez la rondana plana.

3.4.6 Pistón acumulador.

Se introduce el pistón dentro de la funda o camisa con el resorte acumulador grande y el resorte acumulador pequeño, y con la palanca especial extractora de pistón se empujaran el asiento del resorte que deberán quedar sujetadas por el anillo reten.

3.4.7 Servo pistón

Al igual que el pistón acumulador el servo pistón se meterá en su funda o camisa que se tendrá sujeta con sus tornillos de cabeza hexagonal, debiendo quedar nivelado para evitar cualquier atascamiento, una vez terminado esto se hace la prueba manual con la palanca terminal ya que ambos se encuentran sujetados con el broche eslabón de cadena, debiendo deslizarse el servo pistón libremente.

3.4.8 Conjunto de cabezal.

Se introduce el conjunto cabezal en la parte correspondiente de la carcasa para posteriormente meter el conjunto por el otro extremo de la carcasa.

3.4.9 Conjunto de la bomba.

Se colocan los espaciadores dentro de la carcasa de la bomba con su perno recto que queden en su posición en la cual deberán coincidir entre los espaciadores y la carcasa.

Se mete el perno cuadrado de la bomba en la flecha introduciendo en la misma flecha el engrane gerotor inferior coincidiendo con el cuadrado de perno cuadrado, terminando de colocar el engrane interior se coloca el engrane exterior con su anillo excéntrico, para luego meter la carcasa de la bomba, ya con su anillo empaque preformado deslizando este por la flecha y quedar sujetados por los pernos cónicos #5 que a su vez deberán quedar sujetados por los tornillos de cabeza Allen.

Por último se mete el collarín cabeza de bolas que sujetara al cabezal y evitando que este se salga de su posición, quedando con un juego axial de 8 a 10 milésimas.

3.4.10 Flechas terminales.

Se meterán las flechas terminales dentro de los cojinetes de rodillos que serán sujetados también por la palanca terminal con los tornillos de cabeza Allen debiendo tener con un juego suficiente para no trabar ambos conjuntos.

Se enroscaran las mirillas de aceite debiendo quedar apretadas lo suficiente para evitar cualquier tipo de fuga.

3.4.11 Válvula piloto.

La chumacera se meterá en la válvula piloto quedando ajustada y cada una de las piezas en su posición colocando ambos conjuntos palanca de realimentación con todo el conjunto de la válvula piloto dentro del conjunto cojinete cabezal, que a su vez quedara en su posición el tornillo fijador de velocidad, estos tres conjuntos deberán ser manipulados físicamente para saber si tienen algún atascamiento o que provoque algún funcionamiento inestable quedando disponible para ser montado en el banco de pruebas.

3.5 CALIBRACIÓN DEL GOBERNADOR TG-13.

La calibración es un proceso muy importante debido a que es la última etapa de ajustes antes de que los gobernadores se manden al área de producción.

Para llevar a cabo esta tarea se debe tener la seguridad de que todos los elementos del gobernador están colocados correctamente de lo contrario pueden sufrir averías significativas como para que el sistema deje de funcionar.

Los pasos a seguir son los siguientes:

- Reemplazar las piezas que crean necesarias y ensamblar correctamente todos los elementos.

- Colocar aceite en el gobernador hasta un nivel visible en la mirilla, (se aconseja que el aceite llegue a la mitad de la mirilla para poder observar el nivel en las plantas de producción).

- Colocar el coplee sobre la fecha impulsora de la bomba para adaptarlo al banco de pruebas (usar grasa para facilitar la extracción).

- Ajustar los cuatro tornillos tipo Allen de 3/16” para fijar el gobernador sobre el banco de pruebas.

- Quitar uno de los tapones de tipo Allen de 1/2” para colocar la manguera del simulador esto para poder medir la presión de trabajo.

- Arrancar presionando el botón de “star” en el panel de mando, ver figura 1.12.

- Con el switch cw y ccw (ver figura 1.12), indicamos el sentido de giro de la flecha impulsora (si la bomba de aceite del gobernador TG-13 gira en sentido contrario al establecido no existirá presión de aceite y las partes de la bomba se calientan).

- Se ajusta la velocidad con el incrementador de velocidad (la velocidad de trabajo normal se encuentra entre los 2400-2600 rpm en la cual la presión de trabajo será de 150 libras por pulgadas cuadradas para el TG-13, de lo contrario si el gobernador no alcanza esa presión sus elementos no trabajan adecuadamente).

- Colocar el potenciómetro de carga sobre la flecha terminal para observar el recorrido.

- Si ya hemos alcanzado la presión normal de trabajo se realizan variaciones de velocidad para ver si la palanca terminal gira los 40 grados aproximadamente de su recorrido (sabemos que el gobernador debe mantener una velocidad constante en la turbina y cuando existen variaciones entra en juego), si la flecha terminal no gira podemos hacer un ajuste en el tornillo fijador de velocidad.

- Dejar al gobernador funcionando durante unos minutos para ver cómo se comporta, (el ruido y la vibración excesiva nos indica que algo anda mal, por lo que se debe tener en cuenta).

- El aumento de temperatura en el gobernador es normal.

- Si ya cumplimos con los pasos anteriores y no hay ningún problema con el funcionamiento del gobernador ya puede ser usado en las plantas de producción.

3.6 ANÁLISIS DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN DE GOBERNADORES TG-13 DEL COMPLEJO PETROQUÍMICO COSOLEACAQUE.

Las funciones principales de los lubricantes son:

• Controlar la fricción
• Controlar el desgaste
• Controlar la corrosión
• Controlar la temperatura
• Controlar la contaminación
• Transmitir potencia, en el caso de circuitos hidráulicos

El aceite transporta y contiene toda la información acerca de los contaminantes y partículas de desgaste.

El análisis de aceite es una técnica simple, que realizando medidas de algunas propiedades físicas y químicas proporciona información con respecto a:

• La salud del lubricante
• Contaminación del lubricante
• Desgaste de la maquinaria

A continuación se detallan las principales consecuencias sobre la superficie metálica, según el tipo de contaminante.

Tipo de contaminante	**Efectos sobre la superficie de la maquinaria.**
Partículas	Desgaste superficial por abrasión y fatiga.
Agua	Oxidación, rayado.
Combustible	Incremento del desgaste, por pérdida de resistencia de la película lubricante.
Anticongelante	Herrumbre, corrosión. Incremento del desgaste, por pérdida de resistencia de la película lubricante.
Aire	Cavitación

Calor	Formación de baniz. Incremento del desgaste, por pérdida de resistencia de la película lubricante.

Tabla 4.1 Tipos de contaminantes

3.7 CARACTERÍSTICAS QUE DEBE TENER EL ACEITE DEL GOBERNADOR TG-13.

Hay cuatro características importantes a considerar en un aceite: viscosidad, punto de fluidez, estabilidad al cizallamiento y estabilidad térmica.

3.7.1 Viscosidad

Todos los lubricantes naturales se adelgazan cuando se calientan y se espesan a medida que se enfrían. La magnitud de este cambio se mide mediante el Índice de Viscosidad. Cuanto mayor sea el grado, menor es la temperatura del efecto sobre el cambio de viscosidad.

3.7.2 Punto de fluidez

El punto de fluidez de un aceite es una medida de su idoneidad a baja temperatura. Se pueden usar compuestos químico, denominados depresores del punto de vertido, para permitir que el aceite fluya a baja temperatura de funcionamiento cuando el aceite se ha espesado.

3.7.3 Estabilidad del cizallamiento

La viscosidad del aceite también puede cambiar debido al esfuerzo cortante. Los polímeros de cadena actuarán en el aceite para disminuir tanto la viscosidad real en cualquier temperatura y con cualquier Índice de Viscosidad.

3.7.4 Estabilidad térmica

Los cambios en la viscosidad del aceite también ocurrirán con el funcionamiento a largo plazo a altas temperaturas en este caso, el aceite se espesa debido a la oxidación y evaporación de las moléculas más ligeras.

Los aceites de viscosidad múltiple prolongan el margen de temperatura de viscosidad adecuada. Sin embargo, tienen una estabilidad térmica y de cizallamiento relativamente pobre resultando en una vida útil más corta. Una buena alternativa son los aceites sintéticos, ya que tienen buenas características de viscosidad a altas temperaturas.

3.8 ADITIVOS PROTECTORES

También se utilizan aditivos especiales para aumentar la protección de la lubricación dada por aceites, tales aditivos incluyen anti-espumantes, antioxidantes y desactivadores de metales. Si se necesita información sobre el contenido de aditivos de un aceite, puede ser aconsejable verificar con un representante de la compañía del aceite que se utiliza.

3.8.1 Anti-espumante

Cuando se somete a suficiente agitación, todos los aceites atraparán aire y producirán espuma. Esto, a su vez, causa más problemas. La reacción de aceite aumenta la exposición del aceite a oxígeno, lo que aumenta la velocidad de oxidación. El aire y la espuma también reducen la eficiencia del lubricante como refrigerante y como fluido.

3.8.2 Antioxidantes

El proceso de oxidación es complejo y altamente indeseable. A menudo, los aditivos que reducen la oxidación del aceite también reducen la corrosión.

También puede producirse la descomposición del aceite, formando una variedad de compuestos tales como aldehídos, alcoholes y ácidos estos compuestos pueden oxidarse y reaccionar adicionalmente entre sí para formar más compuestos. Algunos de estos compuestos pueden ser solubles en aceite, dando como resultado un aumento de la viscosidad; Otros pueden ser insolubles y formar barniz o lodo.

3.8.3 Desactivadores de metal

Los aditivos que se utilizan como inhibidores de la corrosión y el óxido forman revestimientos sobre metal superficies que también actúan como desactivadores de metal. Los desactivadores de metal también inhiben oxidación mediante el recubrimiento de metales como el plomo, el cobre y el hierro.

3.9 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN ACTUAL.

El rango recomendado de viscosidades para el funcionamiento del gobernador TG-13 es de 50 a 3000 SUS (SUS unidad de viscosidad) que es equivalente a 650 y 7.5 centistokes respectivamente a la temperatura de funcionamiento normal del regulador.

Cuanto mayor sea el número de viscosidad, menos efecto tiene la temperatura en el cambio de este.

Los reguladores Woodward están diseñados para dar un funcionamiento estable con la mayoría de los aceites si la viscosidad del aceite está en el intervalo de temperatura de funcionamiento, dentro de los 50 a 3000 SUS.

En la actualidad el aceite que se utiliza en el Complejo Petroquímico Cosoleacaque es el SAE-40, (Society of Automotive Engineers) por sus siglas en inglés, que es un derivado del petróleo y que es fabricado por la misma empresa PEMEX.

Pero en este caso lo que nos importa es el segundo término (el 40), éste nos indica el grado de viscosidad real del aceite a la temperatura de operación.

Apoyándonos de la figura 2.15, podemos hacer una comparación del rango de temperaturas que se pueden manejar en el SAE-40, el rango de operación ideal es de 60°C a 93°C, en ese rango la viscosidad es de 65 a 20 CST (centistokes) aproximadamente.

Si tomamos en cuenta el límite superior recomendado que es a partir de los 100 °C en adelante, a esa temperatura el aceite ya perdió viscosidad (7.5 cst) lo que provoca una disminución de presión, sin embargo el gobernador puede seguir funcionando pero no tendrá el rendimiento óptimo de funcionamiento.

A continuación se muestra una tabla (tabla 3.2) donde se observa la degradación de lubricantes.

Tabla 3.2 degradación de lubricantes

	Comienza la degradación	
Familia de aceites	**°C**	**°F**
Petróleo natural	93	200
Poliglicoles	107	225
Diésteres	121	250
Hidrocarburos sintéticos	121	250
Ésteres de polioles	135	275
Silicones de metilo	149	300
Fenoles siliconas	204	400
Siliconas halogenadas	218	425
Éteres de polifenilo	246	475
Fluoro éteres	288	550

El uso prolongado a temperaturas por encima de este punto (93°C), sin cambio frecuente de aceite puede resultar en un fallo del gobernador. Para evitar el funcionamiento del regulador cerca del punto de degradación, se recomienda cambiar periódicamente el aceite del gobernador, tomando en cuenta que en el complejo no se trabaja con intercambiadores de calor.

Un punto importante que se debe considerar es el de evitar la presencia de agua o humedad en el gobernador porque contribuye significativamente al fallo prematuro de los cojinetes, así como la formación de óxidos.

3.10 CUANDO DEBE CAMBIARSE EL ACEITE DEL GOBERNADOR

El mejor momento para cambiar el aceite es difícil de determinar debido a que las condiciones de operación varían ya sea la temperatura del ambiente o la humedad. Lo ideal es cambiar el aceite justo antes de que se desgaste, por su puesto antes de cualquier daño al equipo.

Los puntos que se deben tomar en cuenta para cambiar el aceite son los siguientes:

- La apariencia del aceite es diferente de cuando es nuevo.
- El aceite se siente arenoso cuando se frota entre los dedos.
- El aceite huele diferente que cuando es nuevo, (un poco de aceite puede oler a quemado y aún ser aceptable consultar con los representantes de la compañía del lubricante).
- Cualquier contenido de agua, anticongelante u otro material incompatible contamina el aceite.
- Cuando la viscosidad ha cambiado; aumentado o disminuido.

- Cuando se produce desgaste excesivo de las piezas.
- Si el regulador ha funcionado a temperaturas superiores al límite recomendado para el tipo de aceite que se utiliza.
- Si las temperaturas de funcionamiento del regulador han cambiado, la viscosidad del fluido esta fuera del funcionamiento ideal.

Estos son algunos de los parámetros que se deben tener en cuenta para lograr que el aceite funcione adecuadamente y no afecte en el rendimiento del gobernador.

CAPITULO IV

4. CONCLUSION Y RECOMENDACIONES

Los gobernadores son dispositivos de mucha importancia en la industria y trabajar con ellos brinda confianza y seguridad en las plantas de producción. Pero si no existe un control en el cambio de aceite porque no llevar a cabo un plan de manteamiento que involucre un análisis de aceite.

Parece contradictorio pero, no es una solución práctica sobre una base continua. El análisis se puede utilizar para establecer un programa de mantenimiento que debe permanecer en efecto mientras las condiciones originales no cambien, pero las condiciones de funcionamiento varían por lo que se hace difícil hacer este análisis, es por eso que WOODWARD no especifica el cambio de aceite como tal, sin embargo tomando en cuenta los parámetros del capítulo III podremos identificar cuando es necesario cambiar el aceite y cuáles son las fallas que pueden ocurrir debido al mal uso de este, de esta manera optimizamos el rendimiento del gobernador TG-13.

En cuanto a la calibración que va de la mano con el mantenimiento preventivo es un trabajo que no debe omitirse debido a que nos da la seguridad de que el gobernador está funcionando adecuadamente.

El objetivo de la empresa es evitar paros consecutivos en las plantas de producción y como prioridad la seguridad, por lo tanto se debe tener la iniciativa y el compromiso de los trabajadores para poder lograrlo ya que son ellos quienes llevan a cabo los trabajos de mantenimiento, calibración y lubricación en los diferentes equipos.

Cabe mencionar que los programas de mantenimiento deben estar sujetos a cambios con el propósito de elevar los estándares de calidad en la ejecución de los trabajos de mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

1.- Especial turbinas de vapor. (2011). Energiza.org, 4-5.

2.- ET 830 central termica de vapor 1.5 kw. (2016). Gunt Hamburg, 2.

3.- Ing. Flores, Jorge Jacobo. (s.f.). Proceso de Producción de una Planta de Amoniaco. Pemex Petroqumica.

4.- Woodward Governor Company. (1984). Installation and Operation Manual.