

EVALUACIÓN DE TIEMPOS DE FUNCIONAMIENTO POR MODELOS DE TURBINAS EN LAS UNIDADES DE REFINACIÓN

Samuel Ricardo Rodas Sánchez, samuel233856@hotmail.com

Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, Calle 45, Carrera 30 Facultad de Ingeniería.

Resumen : *Tener conocimiento de los tiempos de funcionamiento de los diferentes modelos de turbinas que se tienen en operación en una refinería se convierte en un valor agregado en el momento de pensar en compras para reposición, repotenciación, ampliación o construcción de una nueva planta, ya que puede ser el dato de mayor peso en la toma de decisiones para escoger entre un modelo y otro.*

Hacer una relación entre los tiempos de funcionamiento, costos de mantenimiento, niveles de vibración y niveles de temperatura, entre los diferentes modelos de turbina podría dar una apreciación real de la cantidad de tiempo, recursos humanos y económicos, que consumen cada modelo, lo que permitiría comparar y conocer los que más gastos le generan a la empresa.

Comprar un modelo de turbina que por experiencia propia, de los mismos modelos instalados en la empresa, se deduce que tendrá un alto costo durante su ciclo de vida, no tienen ningún sentido. Por ello es muy importante clasificar los modelos de turbinas desde los tienen un mayor a un menor costo de ciclo de vida.

En la refinería de ECOPETROL S.A. ubicada en Barrancabermeja, GRB , las unidades de refinación de crudos son las que tienen mayor número de turbinas y modelos de las mismas, por lo que estas unidades se convierten en un gran laboratorio para la ejecución de este proyecto.

Palabras-clave: *turbina, perfil operacional, refinación*

1. INTRODUCCIÓN

ECOPETROL S.A. atraviesa por una etapa de ampliación y modernización de todas sus refinerías, oleoductos y campos de exploración. Tiene como meta para el año 2015 producir un millón de barriles de petróleo equivalente (BPDE), para cumplir con esa meta debe ampliar y modernizar gran parte de sus refinerías, oleoductos y campos de producción así como también aumentar su inversión en exploración de nuevas fuentes de energía.

En la actualidad no existe un punto de comparación entre diferentes modelos de turbinas que muestre la forma en que operan y la cantidad posible de fallas que sufrirá el equipo en su vida útil.

Si existen modelos de turbinas que en la realidad necesitan más intervenciones de mantenimiento que otros modelos bajo las mismas condiciones de uso, ¿porque comprar esos modelos de turbina que aunque el costo de compra llegue a ser menor, el costo de operación y mantenimiento supera por mucho los demás modelos?

En el momento de confrontar propuestas de esos modelos de turbinas que se tienen instalados en la refinería poder contar con un dato comprobado en la práctica que le permitirá a la empresa no incurrir en compras de equipos que históricamente modelos similares instalados sufren de frecuentes mantenimientos.

2. TURBINAS DE VAPOR DE PROPÓSITO GENERAL

Según AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, organismo encargado de establecer las normas y requerimientos para la construcción de equipos para la industria del petróleo y otras, en su norma API 6111 “Las turbinas de propósito general son turbinas horizontales y verticales usadas para mover equipos que generalmente son escatimados, relativamente pequeños en tamaño y potencia, o su servicio no es crítico”. Como la mostrada en la figura 1.

“Son generalmente utilizadas donde las condiciones del vapor no exceden una presión de 48Bar (700PSI) y una temperatura de 400°C (750°F) o donde la velocidad no exceda los 6000RPM”

1 General-purpose Steam Turbines for Petroleum, Chemical, and Gas Industry Services

“Las turbinas, incluidos sus accesorios, deben ser diseñados y construidos para un mínimo de servicio de 20 años y al menos 3 años de operación ininterrumpida, siempre y cuando se opere y se mantenga el equipo bajo las recomendaciones del fabricante en los DATASHEETS”.



Figura 1 Turbinas COPPUS de propósito general

2.1. Causas y modos de falla de las turbinas de propósito general

Las causas de falla son los eventos origen que pueden generar una falla en un equipo y los modos de falla son la forma en la que la turbina puede fallar e incumplir con los requerimientos para los que fue diseñada.

Las causas de falla más comunes que se presentan en las turbinas de propósito general instaladas en las unidades de refinación de crudos son: Aislamiento defectuoso, Agotamiento de vida útil de diseño, Equipo-repuesto no suministrado, Mantenimiento no programado, Balanceo inadecuado, Alineamiento inadecuado, Montaje e instalación inadecuado, Programa de mantenimiento mal definido, Cuidado básico inadecuado, Repuesto inadecuado, Ventana operativa mal definida, Operación fuera de ventana.

Los modos de falla asociados a las anteriores causas de falla son los siguientes: Acople dañado, Fuga por sellos de vapor, Rodamiento dañado, Chumaceras dañadas, Válvula descalibrada, Gobernador defectuoso, Eje dañado, Carcaza defectuosa, Ensuciamiento del líquido lubricador, Cristalización del acople al gobernador.

3. Metodología de adquisición de datos

3.1 Vibración en caja de chumaceras

Los puntos para inspección y monitoreo de vibraciones son los mostrados en la siguiente figura.

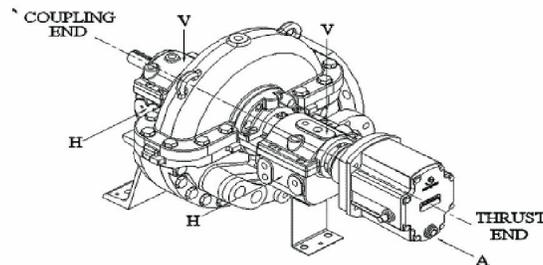


Figura 2 Puntos para medición de vibraciones

Para la toma de datos de magnitud de la vibración en las cajas de chumaceras se utilizó un equipo de toma y análisis de vibraciones CSI 2120 como el de la figura 3. Con el que se puede conocer el estado de funcionamiento del equipo, sus frecuencias de vibración, posibles problemas presentes en el equipo como roces, solduras, RPMs de giro y demás datos que permitan determinar el estado de funcionamiento del equipo y hacer análisis para predecir el momento de hacer mantenimientos preventivos o paradas programadas del equipo, con base en el monitoreo por condición.

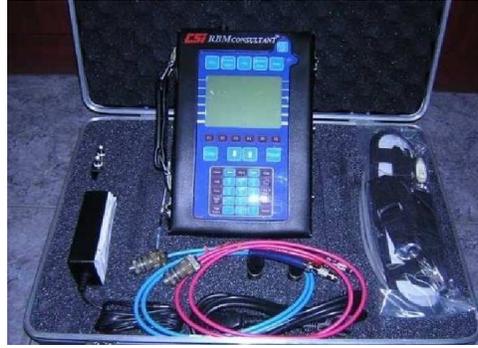


Figura 3 Vibration Analyzer CSI 2120

Se tuvieron en cuenta algunas recomendaciones como:

Asegurar que se las conexiones ente el sensor, cable y equipo estuvieran bien realizadas.

Ubicar el sensor en el punto de medición justo en el momento de realizar la medición, para evitar que el conjunto cable sensor queden expuestos a altas temperaturas.

La ubicación del sensor en el punto de medición se hizo teniendo en cuenta las características de superficie entre el sensor y el punto de medida como se muestra en la figura 4.

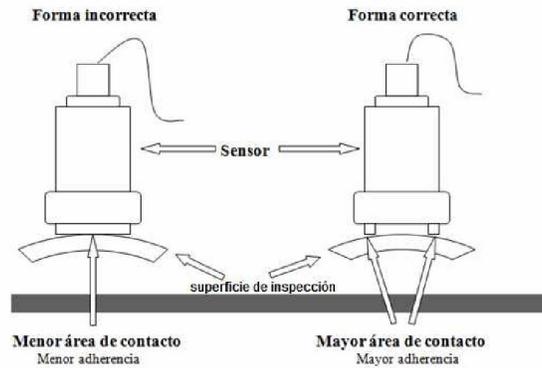


Figura 4 Formas de posicionar el sensor de vibraciones

3.1.1 Descarga de datos

Para la descarga y análisis de la información de vibraciones se usó el programa RBMWARE de donde se descargaron los datos medidos en campo y se obtuvieron las gráficas de los espectros de vibraciones de cada uno de los puntos inspeccionados en las turbinas como el mostrado en la figura 5.

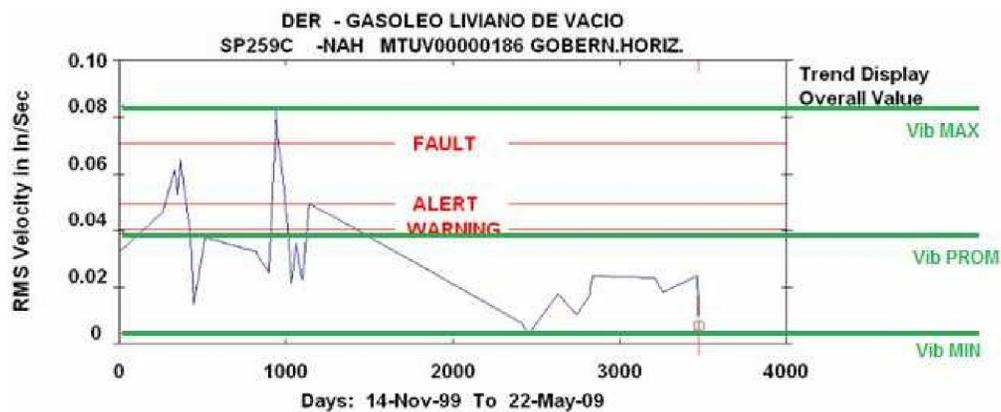


Figura 5. Análisis Del Espectro de Vibraciones

3.2 Temperatura en caja de chumaceras

La magnitud de la temperatura en la caja de chumaceras es importante tenerla controlada, con buena lubricación y constante inspección visual, ya que el aumento no controlado de la temperatura puede conllevar al “derretimiento” de la superficie de BABBIT en las chumaceras o de las bolas en los rodamientos, provocando una operación incorrecta del equipo o una falla catastrófica.

La medición de la temperatura en las cajas de chumaceras lado gobernador y lado acople se hizo con un termómetro LASER TMTL 1400K como el mostrado en la figura 6, Con el que se puede hacer la medición de la temperatura usando un detector por infrarrojos o una sonda que puede ser usado en aplicaciones donde las superficies son reflectivas como el aluminio y los rodamientos o donde el chequeo de la temperatura no se puede hacer por contacto por posible contaminación.



Figura 6 Termómetro Laser TMTL 1400K

3.3 Perfil de funcionalidad

Ecopetrol S.A. cuenta con el software ELLIPSE como herramienta para la planeación y control del mantenimiento, este sistema trabaja con datos compartidos e interrelacionados, lo que permite que la información fluya entre distintas dependencias en tiempo real



Figura 7 Pantalla de entrada a ELLIPSE

Por medio de la inspección en campo de los equipos a través del personal de confiabilidad, de operaciones y mantenimiento se hace un seguimiento permanente del estado de funcionamiento de los equipos y es registrado cualquier cambio, evento o falla del equipo en el sistema ELLIPSE.

Estos eventos generan cambios en la condición de los equipos registrados en el sistema, estados que pueden variar entre los siguientes:

TIEMPOS OPERATIVOS

- OP. El equipo se encuentra operando correctamente.
- SB. El equipo se encuentra Stand by listo para operar.
- OF. El equipo se encuentra operando pero presenta alguna falla.
- SF. El equipo se encuentra disponible como relevo del equipo principal pero presenta alguna falla.

TIEMPOS DE FALLA

MT. El equipo se encuentra en un mantenimiento planeado.

MC. El equipo se encuentra en mantenimiento correctivo.

EF. El equipo se encuentra detenido por presentar falla y está a la espera de la programación del mantenimiento.

FS. El equipo se encuentra fuera de servicio.

Los estados que representan tiempos útiles de funcionamiento y tiempos de falla según el perfil de funcionalidad se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1 Estados del Perfil de Funcionalidad

SOFU	SOFA
OP	EF
OF	MT
SF	MC

El fallo del sistema puede ser definido como un suceso cuya realización provoca, o bien la pérdida de capacidad para realizar las funciones requeridas, o bien la pérdida de capacidad para satisfacer los requisitos de desempeño especificados (Knezevic, 1996,18).

El punto de partida para el estudio de la confiabilidad es el funcionamiento correcto, el opuesto del funcionamiento correcto es el fallo. Por tanto, su estudio trata la dicotomía de que un dispositivo o bien funciona correctamente o está en falla, es decir, reconoce que solo se asumen dos estados posibles y mutuamente excluyentes que son: estado de funcionamiento SOFU² y estado de fallo SOFA³ (Nachlas, 1995,19).

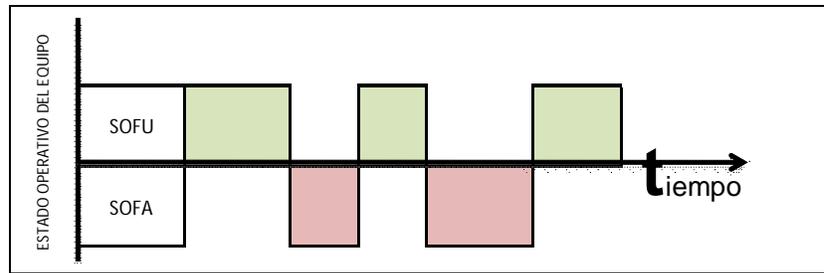


Figura 8 Perfil de Funcionalidad

3.3.1 Tiempo operativo y de falla

Se midieron los tiempos operativos y tiempos de falla, desde el primero de enero de 2005 hasta el 27 de julio de 2009, de cada turbina de propósito general instalada en las plantas donde se implementó el proyecto.

Pudiendo obtener así, la cantidad de tiempo (en días) en los que las turbinas se encontraban en estado operativo y de falla

4 ANALISIS DE RESULTADOS

Los análisis de vibraciones, temperaturas y funcionamiento, se realizaron comparando los comportamientos promedio de los modelos mostrados en la siguiente tabla.

² La abreviación en ingles de SOFU es “State of Functioning” ³ La abreviación en ingles de SOFA es “State of Failure”

Tabla 2 Cantidad de Turbinas por Modelos

FABRICANTE	MODELO	CANTIDAD
WORTHINGTON	R2R	8
COPPUS	RLA20L	6
COPPUS	RLA22L	5
TURBODYNE	503T	4
TURBODYNE	163M	4
COPPUS	RLA16E	3
COPPUS	RL23L	3
ELLIOTT	BYR	3
TURBODYNE	703T	2
TURBODYNE	203M	2
COPPUS	TF20L	2
TERRY	G	2
TERRY	E	2
COPPUS	RLHA19	1
TURBODYNE	502T	1
TURBODYNE	501T	1
TERRY	ES	1
TERRY	ZS4	1
TERRY	Z1	1
TERRY	GA	1
COPPUS	RLV22L	1
TERRY	Z451T	1
WESTINGHOUSE	E116	1
ELLIOTT	2BYRPG	1

4.1 VIBRACIONES

Se tomaron las vibraciones en el punto NAH, NAV, NBH, NBV de todas las turbinas de las unidades evaluadas y se promediaron los valores de la vibración por modelos iguales

4.1.1 Vibración en el punto NAH

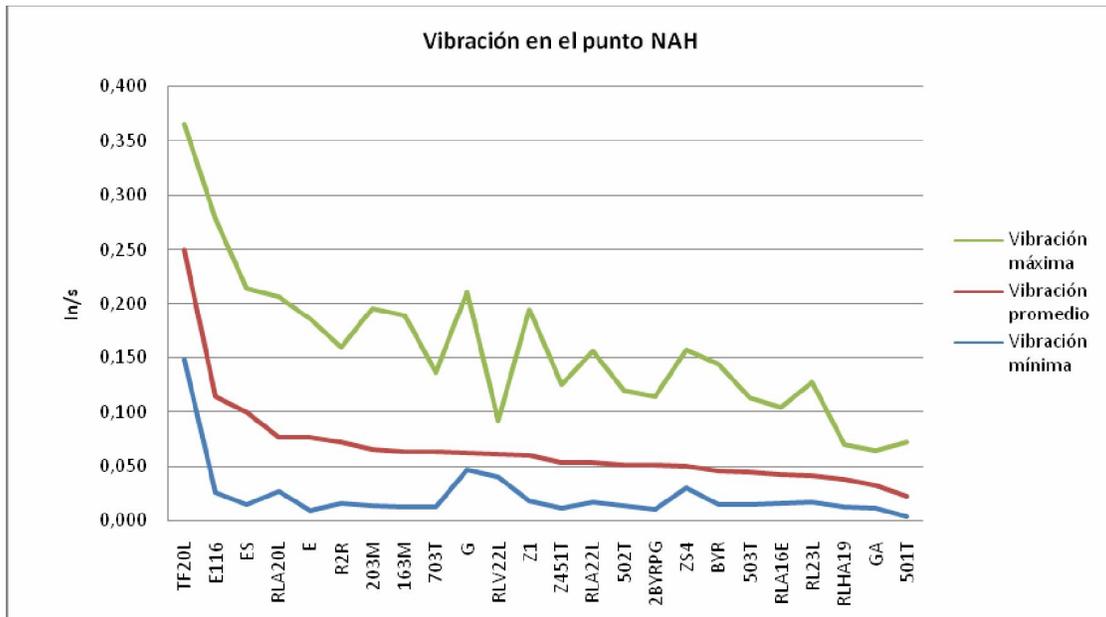


Figura 9 Vibración en el punto NAH

4.1.2 Vibración en el punto NAV

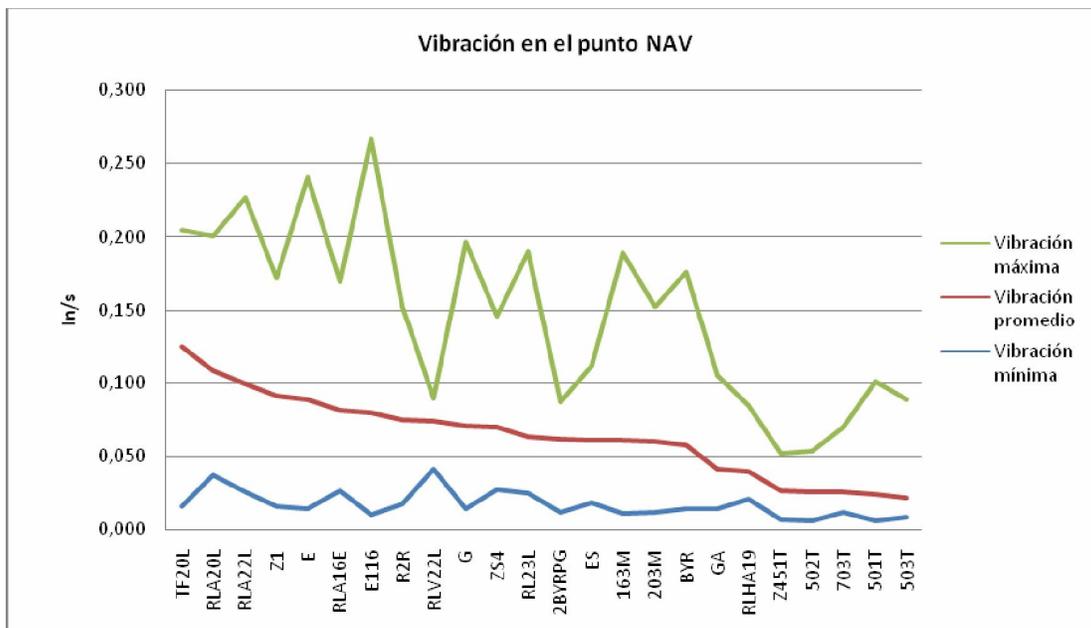


Figura 10 Vibración en el punto NAV

4.1.3 Vibración en el punto NBH

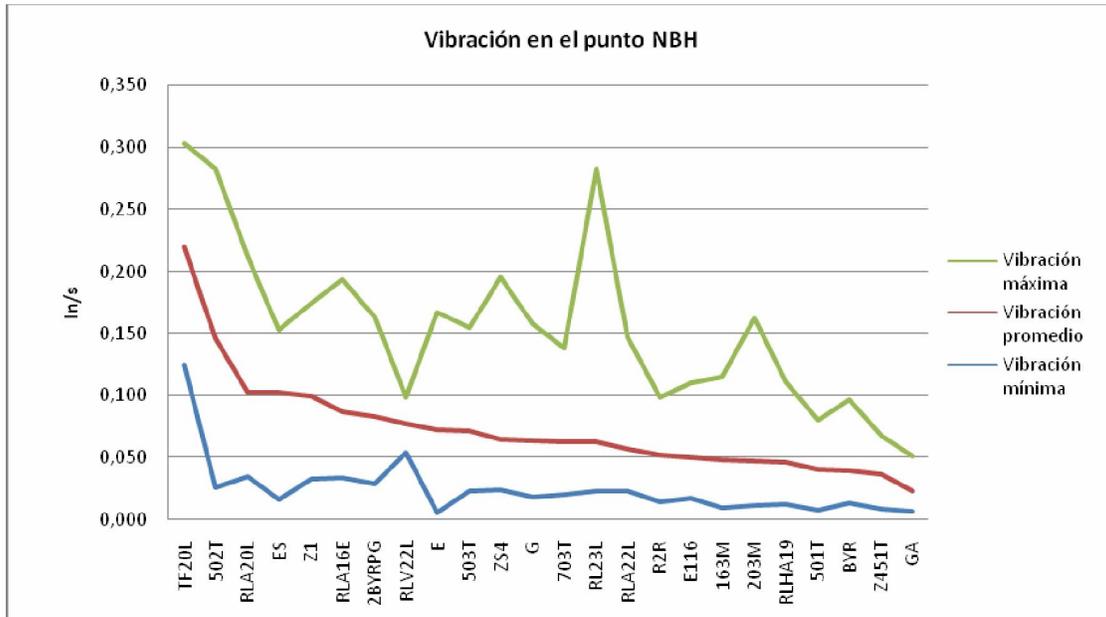


Figura 11 Vibración en el punto NBH

4.1.4 Vibración en el punto NBV

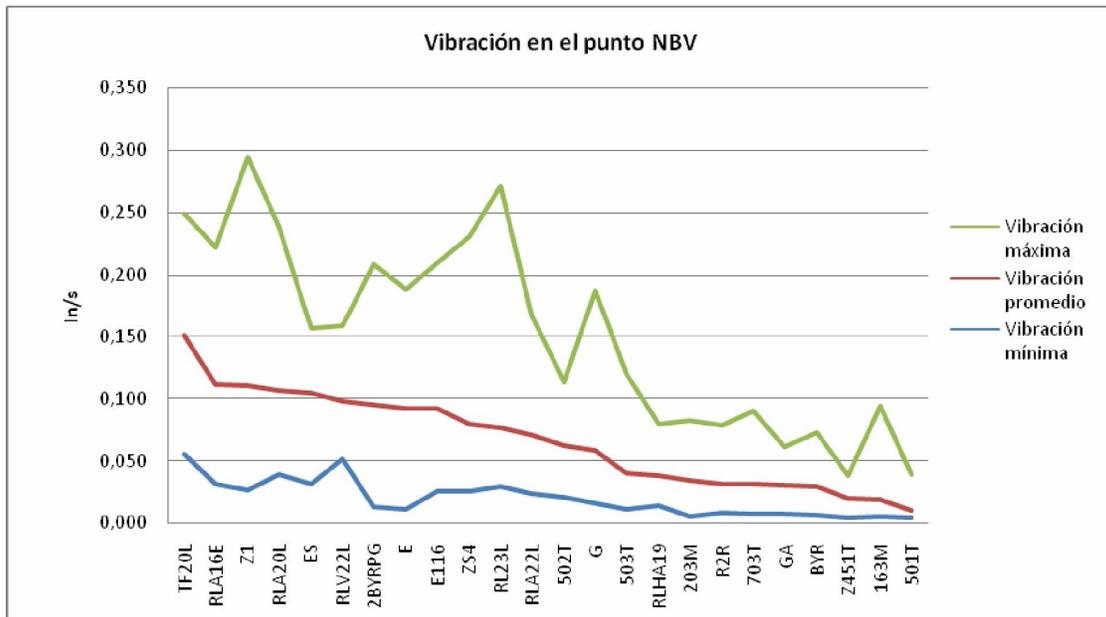


Figura 12 Vibración en el punto NBV

4.1.5 Temperatura lado gobernador

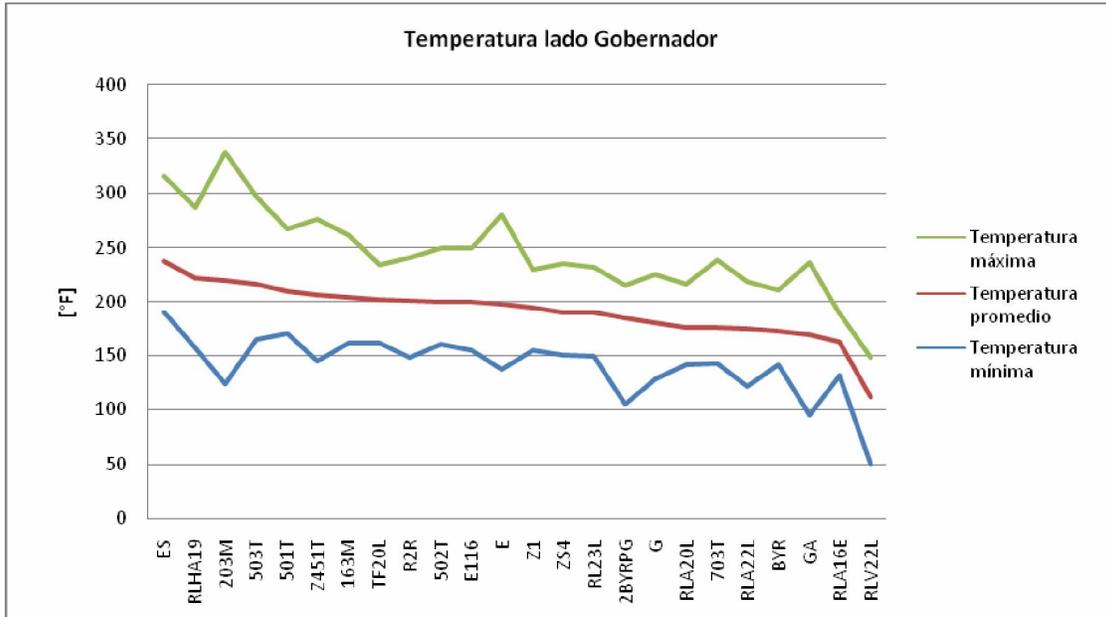


Figura 13 Temperatura en la chumacera lado Gobernador

4.1.6 Temperatura lado acople

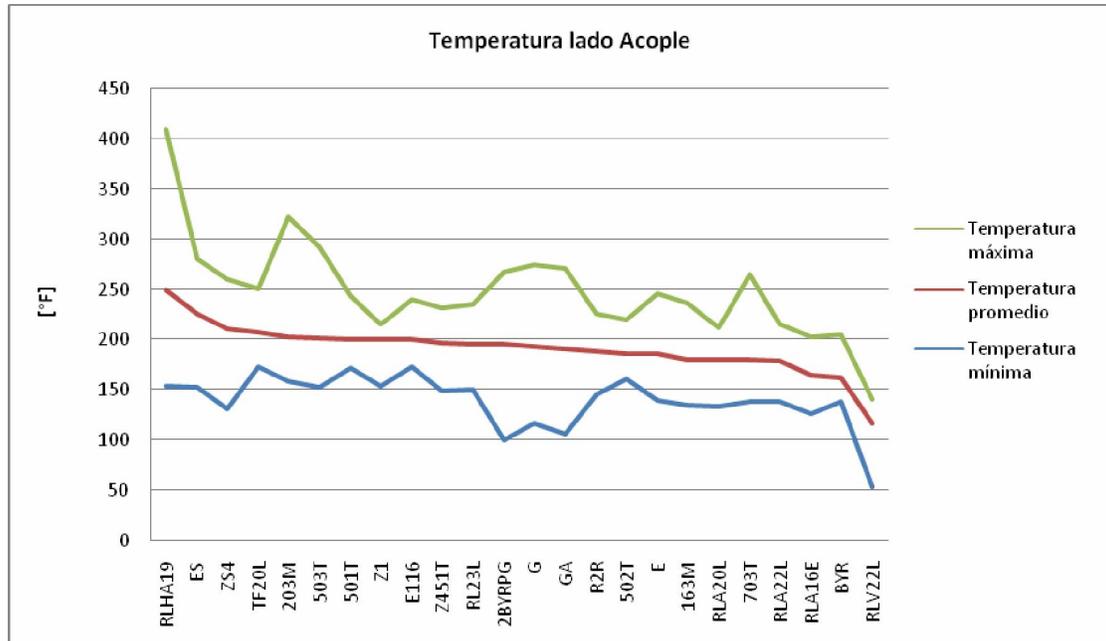


Figura 14 Temperatura de la chumacera lado Acople

4.2 Perfil de funcionalidad

Según los datos registrados en el sistema ELLIPSE de los estados operacionales de las turbinas desde el 1 de enero de 2005 hasta el 27 de julio de 2009, se generaron los tiempos operativos y tiempos de falla de cada turbina revisada.

Se revisaron los tiempos de falla y operación de cada turbina incluida en el proyecto. La forma como se obtuvieron los tiempos del perfil de funcionalidad se muestra como ejemplo de la turbina NC271 en la figura 15.

