



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**Análisis de brechas operativas dentro del ciclo de Gestión  
de Mantenimiento de las centrales hidroeléctricas del  
Grupo LAREIF, con aporte en el análisis de eventos de  
regulación primaria de frecuencia**

**Autor(es)**

**Herney Alejandro Tamayo Flórez**

**Universidad de Antioquia**

**Facultad Ingeniería**

**Medellín, Colombia**

**2020**





**Análisis de brechas operativas dentro del ciclo de Gestión de Mantenimiento de las centrales hidroeléctricas del Grupo LAREIF, con aporte en el análisis de eventos de regulación primaria de frecuencia**

**Herney Alejandro Tamayo Flórez**

**Ingeniería Eléctrica**

**Asesores:**

**Jaime Alejandro Valencia Velásquez  
Mauricio Mendez Urrea**

**2020**

**Medellín, Antioquia**

**Universidad de Antioquia**

## Contenido

1. INTRODUCCIÓN .....	9
2. OBJETIVOS .....	11
2.1 General.....	11
2.2 Específicos .....	11
3. MARCO TEÓRICO .....	12
3.1 Mantenimiento .....	12
3.1.1 Mantenimiento centrado en confiabilidad.....	12
3.2 Gestión de activos.....	12
3.3 Análisis de Criticidad de activos.....	13
3.4 Fichas LOTO (Lockout-Tagout) .....	13
3.5 Ciclo PHVA.....	13
3.5.1 Las fases del ciclo PHVA.....	14
3.6 Regulación Primaria de Frecuencia .....	14
3.6.1 Reserva de Regulación Primaria .....	16
3.6.2 Reserva Rodante, Banda Muerta y Estatismo .....	16
4. METODOLOGÍA .....	17
4.1 Adquisición, revisión y apoyo en la consolidación de las fichas de bloqueo y candado de los sistemas a intervenir. ....	17
4.1.1 Elaborar inventario de las fichas de bloqueo .....	18
4.2 Elaborar, guías, instructivos, nemotécnicos y listas de chequeo.....	18
4.3 Sesiones semanales, tanto de revisión de entregables como de trabajo conjunto con el Gerente de Operación y Mantenimiento, en las cuales se estableció el rumbo del proyecto y se adelantó en la creación de propuestas, cronogramas de entregas, metodologías y estrategias y oportunidades de mejora. ....	19
4.4 Construcción de consolidado de procedimientos críticos dentro del área de mantenimiento, considerando como aspecto clave la seguridad de las personas. ....	19
4.5 Programación de reunión semanal de trabajo conjunto con los Especialistas de Mantenimiento y los Ejecutores, para definir acuerdos e identificar problemáticas dentro del ciclo de Gestión de Mantenimiento. ....	20
4.6 Revisión y seguimiento semanal de diferentes compromisos, los cuales se definieron con la ayuda de la herramienta Planner (Objetivos 2020, Planes Post-Mantenimiento y Compromisos Reunión Planeación). ....	20
4.7 Participación diaria en la reunión de inicio de jornada. ....	21
4.8 Participación semanal de la reunión de planeación .....	21
4.9 Revisión diaria de las variables técnicas de la central San Miguel.....	21

4.10	Revisión semanal y consolidado mensual de los eventos de regulación primaria de frecuencia en la central San Miguel.....	22
5.	ANÁLISIS DE BRECHAS OPERATIVAS Y RESULTADOS.....	22
5.1	Análisis de brechas operativas dentro del Ciclo de Gestión de Mantenimiento.....	22
5.1.1	Análisis de brechas operativas en el paso de Inventarios de Activos.....	23
5.1.2	Análisis de brechas operativas en el paso de Integrar Necesidades de Mantenimiento.....	24
5.1.3	Análisis de brechas operativas en el paso de Planeación de Mantenimiento.....	24
5.1.4	Análisis de brechas operativas en el paso de Alistamiento de Mantenimiento.....	25
5.1.5	Análisis de brechas operativas en el paso de Ejecución de Mantenimiento.....	26
5.2	Soluciones implementadas para el cierre de las brechas operativas dentro del ciclo de Gestión de Mantenimiento.....	26
5.2.1	Soluciones para el cierre de brechas operativas en el paso de Inventarios de Activos.....	27
5.2.2	Soluciones para el cierre de brechas operativas en el paso de Integrar necesidades de Mantenimiento.....	30
5.2.3	Soluciones para el cierre de brechas operativas en el paso de Planeación de Mantenimiento.....	34
5.2.4	Soluciones para el cierre de brechas operativas en el paso de Alistamiento de Mantenimiento.....	38
5.2.5	Soluciones para el cierre de brechas operativas en el paso de Ejecución de Mantenimiento.....	41
5.3	Análisis diario de parámetros técnicos de la central San Miguel.....	42
5.3.1	Generación total del día.....	43
5.3.2	Potencia Activa y Reactiva.....	44
5.3.3	Presión tubería forzada.....	44
5.3.4	Nivel tanque de carga.....	45
5.3.5	Temperatura de los devanados del generador, de los devanados del transformador y de equipos que utilicen aceite como refrigerante....	46
5.4	Análisis técnico de los eventos regulación primaria de frecuencia ....	47
5.4.1	Evento 1.....	48
5.4.2	Evento 2.....	49
6.	CONCLUSIONES .....	52
7.	REFERENCIAS .....	53

8.	ANEXOS.....	54
8.1	Anexo 1- Ficha de bloqueo.....	54
8.2	Anexo 2- Consolidado de actividades criticas de mantenimiento .....	55
8.3	Anexo 3- Consolidado de brechas operativas dentro del ciclo de Gestión de Mantenimiento.....	58
8.4	Anexo 4- informe diario de operación (IDO) .....	60
8.5	Anexo5- PMM predictivo y preventivo.....	62

## Listado de figuras

Figura 1. Comportamiento de la frecuencia ante un evento RPF [5].	15
Figura 2. Comportamiento de la Potencia ante un evento RPF [5].	15
Figura 3. Ciclo de Gestión de Mantenimiento LAREIF.	23
Figura 4. Guía Simplificada identificación de activos.	27
Figura 5. Procedimiento de Criticidad de los activos.	28
Figura 6. Diseño e impresión de etiquetas para la marcación de equipos.	29
Figura 7. Check-list actividades para la incorporación de nuevos activos productivos.	30
Figura 8. Indicadores de cumplimiento de órdenes de trabajo (OTs).	31
Figura 9. Cumplimiento Cierre Solicitudes-2020.	32
Figura 10. Formato de indicadores por central y especialidad (eléctrica, mecánica, civil e instrumentación y control).	32
Figura 11. Metodología del seguimiento al PMM preventivo y predictivo.	33
Figura 12. Guía de planeación de paradas mayores.	35
Figura 13. Indicadores del Planner Objetivos operación y mantenimiento 2020.	36
Figura 14. Indicadores Planner planes post-mantenimiento.	36
Figura 15. Procedimiento de programación semanal de actividades.	37
Figura 16. Plantilla base para planeación de actividades.	38
Figura 17. Formato de recepción de repuestos.	39
Figura 18. Guía de alistamiento.	40
Figura 19. Formato de verificación actividades de alistamiento.	41
Figura 20. Monitoreo en tiempo real de parámetros de potencia, voltaje, corriente y caudal de la central San Miguel.	44
Figura 21. Sistema reja coladera/ tanque de carga.	45
Figura 22. Relación potencia-nivel tanque de carga.	46
Figura 23. Frecuencia/Potencia durante evento de frecuencia en Unidad 2 - Evento - 1.	48
Figura 24. Frecuencia/Potencia durante evento de frecuencia en Unidad 1 - Evento - 1.	48
Figura 25. Frecuencia/Potencia durante evento de frecuencia en Unidad 1 - Evento No. 2.	49
Figura 26. Frecuencia/Potencia durante evento de frecuencia en Unidad 2 - Evento No. 2.	49
Figura 27. Frecuencia/Apertura del Distribuidor durante evento de frecuencia en Unidad 1 - Evento No. 2.	50
Figura 28. Frecuencia/Apertura del Distribuidor durante evento de frecuencia en Unidad 2 - Evento No. 2.	50
Figura 29. Frecuencia/Presión debajo la Turbina durante evento de frecuencia en Unidad 1 - Evento No. 2.	51
Figura 30. Frecuencia/Presión debajo la Turbina durante evento de frecuencia en Unidad 2 - Evento No. 2.	51

## *Listado de Tablas*

<i>Tabla 1. Consolidado de parámetros técnicos generales central San Miguel.</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 2. Consolidado de temperaturas de Sistemas comunes de la central San Miguel U1.</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 3. Detalles de los eventos analizados.</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 4. Resumen Actividades de Mantenimiento eléctrico, identificando las críticas y de mayor riesgo eléctrico.</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 5. Resumen Actividades de Mantenimiento mecánico, identificando las críticas y de mayor riesgo mecánico.</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 6. Resumen Actividades de Mantenimiento de instrumentación y control, identificando las críticas y de mayor riesgo.</i>	<i>57</i>

## **Análisis de brechas operativas dentro del ciclo de Gestión de Mantenimiento de las centrales hidroeléctricas del Grupo LAREIF, con aporte en el análisis de eventos de regulación primaria de frecuencia**

---

### **RESUMEN**

Debido al gran volumen de activos administrados por la compañía LAREIF, se hace indispensable tener un ciclo de gestión de mantenimiento que nos permita realizar el seguimiento y control adecuado de cada uno de estos activos, por lo tanto, se creó y se definió dicho ciclo con base a las necesidades del área de mantenimiento e ingeniería de la empresa. Sin embargo, dentro de este ciclo se identificaron una serie de problemáticas o brechas operativas que disminuían la calidad y la eficacia de cada uno de los pasos allí constatados, por lo tanto, en este trabajo se propone un análisis de brechas operativas, el cual consiste básicamente en identificar falencias o vacíos operativos dentro del ciclo de gestión de mantenimiento y a partir de estos crear metodologías y estandarizar procedimientos tanto generales como técnicos y darle cierre a estas brechas con las soluciones más pertinentes y prácticas. Cabe resaltar que los resultados muestran que la mayoría de las brechas críticas se relacionan con las actividades de planeación, alistamiento y ejecución de actividades, ya que se encontró que la mayoría de las brechas operativas estaban relacionadas con la falta de documentación o estándares disponibles, lo que abre la ventana a la diversificación de criterios a la hora de soportar las decisiones que se toman en cada una de estas actividades, lo que con lleva a un aumento del riesgo y a un aumento de la probabilidad de fallos o contratiempos.

Por otro lado, en relación con el gran volumen de activos que se tiene, se hizo un monitoreo de las variables técnicas más importantes dentro de las centrales, lo cual fue de vital importancia a la hora de realizar los respectivos diagnósticos a cada uno de los activos y tener un seguimiento del comportamiento operativo de los mismo, lo cual nos brindó una mejor capacidad de respuesta ante cualquier eventualidad que pudiese ocurrir. Además, este análisis técnico viene acompañado de un análisis de eventos de regulación primaria de frecuencia, los cuales arrojaron resultados concluyentes, que relacionan la falta de respuesta del sistema con variables como la apertura del distribuidor y la caída de presión en la turbina.



## 1. INTRODUCCIÓN

La expansión constante y el crecimiento continuo de nuestra sociedad trae consigo nuevos retos y desafíos que ponen a prueba nuestra capacidad para buscar soluciones y alternativas eficientes, este tipo de alternativas nacen del ingenio y de la creatividad de las personas, de las estrategias definidas y de la habilidad de adaptarse y sobresalir ante condiciones adversas. Como bien es sabido uno de los sectores que más cambios y variaciones sufre es el sector eléctrico, ya que día a día debido a su dinámica nos vemos obligados a implementar estrategias para dar cumplimiento a todos los nuevos requerimientos que se presentan. La demanda de energía es uno de los requerimientos que tiene una mayor volatilidad, por lo que sabemos que esta se ve afectada constantemente por las condiciones demográficas, cantidad del recurso energético, situación económica del país, entre otros. Debido a esto, se debe tener proyectado un plan de expansión que garantice que dicho requerimiento nunca sobrepase en cantidad a los valores que se pueden ofertar, hablando en términos de ofertas de energía, esto con el objeto de llevar un control y realizar programas de expansión para dar garantía de la continuidad del servicio a los usuarios.

En la carrera por lograr una expansión en la oferta de energía eléctrica y así evitar un desabastecimiento debido al desequilibrio entre oferta-demanda, el sector de la generación ha sufrido una gran diversificación, ya que hoy en día no solo se consideran los proyectos tradicionales (grandes hidroeléctricas y termoeléctricas), si no que, debido a la aparición de otras formas de producción de energía, como lo son: Energía solar fotovoltaica, energía eólica y pequeñas centrales hidroeléctricas (PCHs), se viene ampliando constantemente el abanico de posibilidades para la generación de energía eléctrica.

La compañía **LAREIF** es una muestra de que estos nuevos proyectos son una realidad y se perfilan como apuestas fuertes a futuro, ya que en la actualidad la empresa cuenta con 8 PCHs en el departamento de Antioquia y adicionalmente se encuentran en construcción dos proyectos más en el departamento de Santander, lo que reafirma que estos proyectos pueden ser una solución eficiente y económicamente viable, de los cuales se espera que sirvan como alternativa para satisfacer la creciente demanda y así fortalecer aún más el sistema energético del país.

**LAREIF** al tener bajo su cargo un número considerable de centrales, 10 en total, se vuelve un reto la gestión, la operación y el mantenimiento de cada uno de los activos que posee el grupo. De aquí nace la necesidad de establecer políticas, procedimientos, guías, instructivos y todo tipo de material que ayuden a establecer criterios propios de la empresa y a su vez faciliten la transferencia de la información, con el objetivo de aumentar al máximo las condiciones de seguridad y lograr la estandarización de algunas prácticas fundamentales dentro de la empresa.

Este proceso de crear metodologías, estándares, políticas y estrategias, va de la mano con la definición del ciclo de Gestión de Mantenimiento, el cual posee una estructura PHVA (planear, hacer, verificar, actuar), el cual nos ayudó a identificar cada uno de las brechas operativas dentro del proceso de mantenimiento y poder proponer soluciones que nos permitan asegurar la calidad de cada una de las actividades.

Cabe destacar que la mayoría de soluciones propuestas en el proyecto de Gestión de Mantenimiento, nacen gracias a la implementación de una metodología de trabajo conjunto, la cual consistió básicamente en considerar las opiniones y todos los aportes de las personas involucradas en cada uno de los pasos del ciclo de Gestión de Mantenimiento y así, generar soluciones prácticas y efectivas que puedan ayudar notoriamente a mejorar la calidad con la que ejecutan cada una de las actividades de Mantenimiento.

Por otro lado, se desprende de forma paralela otro proyecto que consiste en analizar las variables operativas de la Central San Miguel, esto con el objetivo de llevar un seguimiento constante de variables tales como: temperaturas de cojinetes, presión en las unidades de potencia hidráulica, vibraciones en el conjunto turbina-generator, tensión en bornes del generador, frecuencia, potencia activa y reactiva, etc. A partir del seguimiento constante a estas variables se puede obtener capacidad de reacción ante posibles eventualidades.

Si bien es importante analizar todo tipo de fenómenos eléctricos que se presenten en una central hidroeléctrica, en este proyecto nos centraremos en el análisis de eventos de regulación primaria de frecuencia ya que, al ser San Miguel centralmente despachada, debe cumplir con unos valores de frecuencia que estén dentro de una banda definida y así evitar posibles sanciones por no prestar este servicio.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 General**

Apoyar la gestión operacional del área de mantenimiento del grupo LAREIF, identificando posibles brechas operativas en el ciclo de gestión de mantenimiento, con el objetivo de desarrollar metodologías, guías, listas de chequeo y prácticas que ayuden a mejorar la eficacia operacional y estandarizar los procesos dentro de la compañía.

Además, analizar los eventos y variables operacionales de la central San Miguel, por medio del estudio de las bases de datos de la central, con el objetivo de buscar causas de fallas e identificar oportunidades de mejora.

### **2.2 Específicos**

- Elaborar fichas para bloqueo, candado y etiquetado (LOTO) de equipos y sistemas críticos.
- Seguimiento a plan, acompañamiento en elaboración y consolidación de instructivos críticos de mantenimiento.
- Normalización del ciclo estratégico para el mantenimiento.
- Desarrollar e implementar estrategias para el cierre de las brechas operativas identificadas.
- Desarrollar documentación necesaria para la estandarización de procedimientos y prácticas dentro del área de mantenimiento.
- Divulgar información producida y realizar Gestión de la información del área de mantenimiento en Shared Point.
- Seguimiento diario a los eventos de regulación primaria de frecuencia y realizar un análisis sobre estos.
- Seguimiento diario y reporte de las variables más significativas de cada una de las unidades de generación, bajo la supervisión del grupo **LAREIF**

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 *Mantenimiento*

Combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión, durante el ciclo de vida de un elemento, destinadas a conservarlo o devolverlo a un estado en el que pueda desarrollar la función requerida [1].

Dentro de los diferentes tipos de mantenimiento, se encuentran los siguientes:

- **Mantenimiento correctivo:** Se encarga de corregir los fallos o averías observadas [7].
- **Mantenimiento preventivo:** Este mantenimiento tiene por objeto garantizar la fiabilidad de los equipos en funcionamiento antes de que pueda producirse un accidente o una avería por cualquier deterioro [7].
- **Mantenimiento programado:** Realizado por programa de revisiones, por tiempo de operación, kilometraje, etc.
- **Mantenimiento predictivo:** Es el que realiza las intervenciones prediciendo el momento en que el equipo estará fuera de servicio mediante un seguimiento de su funcionamiento determinando su evolución, y por tanto el momento en que se deben realizar las reparaciones [7].
- **Mantenimiento de la oportunidad:** Es el que aprovecha las paradas o periodos de no utilización del equipo para realizar las operaciones de mantenimiento, realizando las revisiones o reparaciones necesarias para garantizar el buen funcionamiento del equipo en el nuevo periodo de utilización [7].

##### 3.1.1 *Mantenimiento centrado en confiabilidad.*

RCM o Reliability Centred Maintenance, (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad) es una técnica más dentro de las posibles para elaborar un plan de mantenimiento en una instalación industrial. El objetivo fundamental de la implantación de un Mantenimiento Centrado en Fiabilidad o RCM en una planta industrial como se explica en [2], es aumentar la fiabilidad de la instalación, es decir, disminuir el tiempo de parada de planta por averías imprevistas que impidan cumplir con los planes de producción. Los objetivos secundarios, pero igualmente importantes son aumentar la disponibilidad, es decir, la proporción del tiempo que la planta está en disposición de producir, y disminuir al mismo tiempo los costes de mantenimiento.

#### 3.2 *Gestión de activos*

Consiste en darle un valor adicional a los activos físicos, es verlos como parte de un sistema que responde a su medio, que cambia, que por lo general se

deteriora con el uso y que progresivamente envejecen, luego fallan y posteriormente dejan de funcionar y se les da salida.

Aunque como característica fundamental de la gestión de activos se destaque el seguimiento al ciclo de vida del mismo, se debe considerar el análisis de variables propias del activo como lo son: horas de operación, plan de mantenimiento definido, registro de intervenciones y criticidad del activo, ya que estos indicadores se convierten en factores claves a la hora de decidir que decisiones tomar frente al estado de un activo, tipos de mantenimiento, repuestos e incluso reemplazo del mismo [7].

### **3.3 Análisis de Criticidad de activos**

Metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, activos en general, sistemas, equipos y componentes, creando una matriz que facilita la toma de decisiones con mayor asertividad y efectividad, haciendo que el esfuerzo y los recursos sean direccionados a las áreas donde sea más importante y/o necesario, basado en la realidad actual o futura consiguiendo una mayor probabilidad de éxito.

El análisis de criticidades genera una lista desde el elemento más crítico hasta el menos crítico del total de los activos evaluados, ubicando los activos o procesos en cuatro zonas de clasificación: alta, media alta, media y baja. Una vez identificadas estas zonas, es mucho más fácil diseñar una estrategia de mantenimiento.

### **3.4 Fichas LOTO (Lockout-Tagout)**

Bloqueo/Etiquetado (LOTO) se refiere a prácticas y procedimientos específicos para proteger la seguridad de los empleados de la activación o inicio inesperado de máquinas y equipo.

Durante el servicio o mantenimiento de las máquinas, es de importancia crítica asegurar que el equipo no pueda activarse de manera accidental, ni que libere energía peligrosa almacenada. Para bloquear y etiquetar una máquina antes de darle servicio, los trabajadores designados tienen que tomar una serie de medidas de seguridad para asegurar que la máquina no haga daño a la persona que da servicio, además, se debe hacer una socialización de los puntos de bloqueo de los sistemas o equipos a intervenir, esto con el objetivo de que todo el personal que participa de la actividad tenga presente los riesgos de la puesta en marcha de dichos equipos.

### **3.5 Ciclo PHVA**

En la actualidad, las empresas tienen que enfrentarse a un nivel tan alto de competencia que para poder crecer y desarrollarse, y a veces incluso para

lograr su propia supervivencia, han de mejorar continuamente, evolucionar y renovarse de forma fluida y constante [3].

Tras varias décadas de uso, este sistema o método de gestión de calidad se encuentra plenamente vigente (ha sido adoptado recientemente por la familia de normas ISO) por su comprobada eficacia para: reducir costos, optimizar la productividad, ganar cuota de mercado e incrementar la rentabilidad de las organizaciones. Logrando, además, el mantenimiento de todos estos beneficios de una manera continua, progresiva y constante [3].

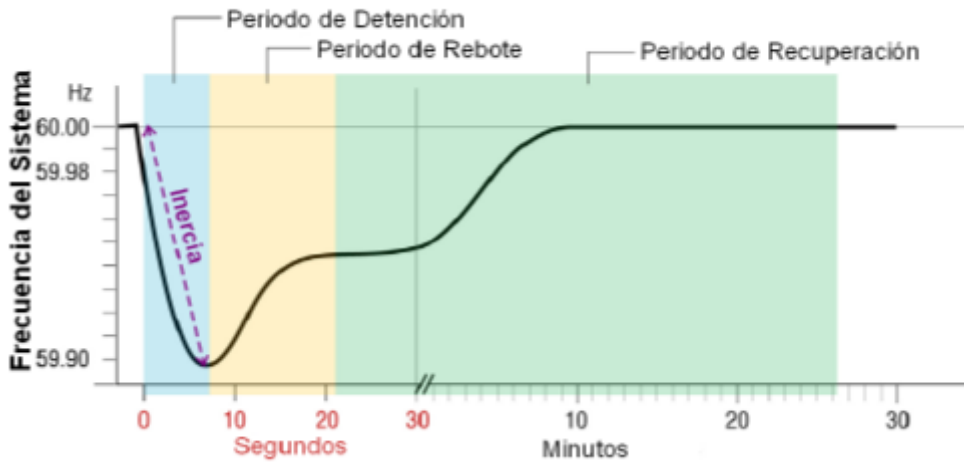
### **3.5.1 Las fases del ciclo PHVA**

Las siglas del ciclo o fórmula PHVA forman un acrónimo compuesto por las iniciales de las palabras Planificar, Hacer Verificar y Actuar. Cada uno de estos 4 conceptos corresponde a una fase o etapa del ciclo [3]:

- **Planificar:** En la etapa de planificación se establecen objetivos y se identifican los procesos necesarios para lograr unos determinados resultados de acuerdo a las políticas de la organización. En esta etapa se determinan también los parámetros de medición que se van a utilizar para controlar y seguir el proceso.
- **Hacer:** Consiste en la implementación de los cambios o acciones necesarias para lograr las mejoras planteadas. Con el objeto de ganar en eficacia y poder corregir fácilmente posibles errores en la ejecución, normalmente se desarrolla un plan piloto a modo de prueba o testeo.
- **Verificar:** Una vez se ha puesto en marcha el plan de mejoras, se establece un periodo de prueba para medir y valorar la efectividad de los cambios. Se trata de una fase de regulación y ajuste.
- **Actuar:** Realizadas las mediciones, en el caso de que los resultados no se ajusten a las expectativas y objetivos predefinidos, se realizan las correcciones y modificaciones necesarias. Por otro lado, se toman las decisiones y acciones pertinentes para mejorar continuamente el desarrollo de los procesos.

### **3.6 Regulación Primaria de Frecuencia**

Servicio en línea que corresponde a la variación automática, mediante el gobernador de velocidad, de la potencia entregada por la unidad de generación como respuesta a cambios de frecuencia en el sistema. Los tiempos característicos de respuesta están entre 0 y 10 segundos. La variación de carga del generador debe ser sostenible al menos durante los siguientes 30 segundos [4].



**Figura 1.** Comportamiento de la frecuencia ante un evento RPF [5].



**Figura 2.** Comportamiento de la Potencia ante un evento RPF [5].

En la **Figura 1 y 2**, podemos observar el comportamiento tanto de la potencia activa como de la frecuencia cuando sucede este tipo de eventos. Inicialmente en los primeros segundos del evento se entrará en una zona de respuesta rápida de frecuencia (RRF), la cual se asocia con la inercia misma de la máquina y la capacidad de la misma para responder ante estos eventos [5].

Luego pasamos a la zona de la regulación primaria de frecuencia, en la cual el sistema tratará de ajustar el regulador de velocidad de tal modo que pueda aumentar o disminuir la potencia activa, con el objetivo de devolver la frecuencia al rango de valores permitidos.

En caso tal de que la regulación primaria no sea suficiente para controlar la caída o el aumento súbito de la frecuencia, se debe recurrir al AGC (control automático de generación), este control entraría a compensar la relación oferta-demanda, inyectando o dejando de inyectar potencia activa con el objetivo de ayudar a regular la frecuencia del sistema [5]. En caso tal de que este tampoco funcione, entraríamos en la regulación terciaria o deslastre de carga, que como su nombre lo indica tiene como objeto la desconexión de algunos usuarios y así devolver la frecuencia a los rangos permitidos.

### **3.6.1 Reserva de Regulación Primaria**

Capacidad en las plantas y/o unidades de generación necesaria para la prestación del Servicio de Regulación Primaria de Frecuencia [4].

### **3.6.2 Reserva Rodante, Banda Muerta y Estatismo**

Todas las plantas y/o unidades de generación despachadas centralmente, deben estar en capacidad de prestar el servicio de Regulación Primaria de Frecuencia, equivalente al 3% de su generación horaria programada. Para dar cumplimiento a lo anterior, las plantas y/o unidades de generación deben estar habilitadas para incrementar o decrementar su generación, incluso cuando sean despachadas con la disponibilidad máxima declarada o en su mínimo técnico, durante los tiempos de actuación definidos en la presente Resolución para la Reserva de Regulación Primaria. Se exceptúa de lo aquí dispuesto, el decremento cuando las plantas y/o unidades operan en su mínimo técnico [4].

Para una adecuada calidad de la frecuencia, las unidades generadoras deberán tener una Banda Muerta de respuesta a los cambios de frecuencia menor o igual a 30 mHz. Este valor podrá ser revaluado por el CND cuando lo considere conveniente.

El Estatismo de las unidades generadoras despachadas centralmente debe ser un valor entre el 4% y el 6%, el cual deberá ser declarado por el agente al CND.



## **4. METODOLOGÍA**

### **4.1 Adquisición, revisión y apoyo en la consolidación de las fichas de bloqueo y candado de los sistemas a intervenir.**

Como bien sabemos las fichas LOTO o de bloqueo son esenciales para garantizar la seguridad de cada una de las personas que participan de las actividades del área Mantenimiento, por lo tanto, se decidió implementar una metodología para su adquisición, revisión y consolidación final.

Esta metodología consiste en dos grandes pasos, los cuales son:

- Contextualización del mantenimiento o la intervención
- Desarrollo y divulgación de la ficha de bloqueo

El primer paso consiste principalmente en la adquisición de información esencial para iniciar con la elaboración de una ficha de bloqueo parcial, esta información esencial se concentra en identificar los equipos a intervenir, posibles causales de riesgo en la intervención y recibir apoyo y/o sugerencias por parte del área de SST (seguridad y salud en el trabajo). Esta información se adquiere en el transcurso de las reuniones de planeación y preparación para la intervención.

Una vez iniciada la elaboración de la ficha parcial, se procede a iniciar el paso 2, el cual consiste en el desarrollo y divulgación de la ficha de bloqueo, sin embargo, debemos tener en cuenta que el paso 2 se subdivide en 2 fases adicionales:

- Fase 1, reunión de discusión de las fichas de bloqueo parciales
- Fase 2, revisión, almacenamiento y divulgación

Dentro de la Fase 1 se deben tener en cuenta los desarrollar las siguientes actividades:

- Descripción por parte de los Especialistas de Mantenimiento del método de bloqueo que se utilizará para cada uno de los equipos o sistemas a intervenir.
- Dejar evidencia fotográfica en la ficha de bloqueo preliminar sobre el equipo o sistema a intervenir.

Una vez finalizada la Fase 1, se procede a iniciar la Fase 2, en la cual se deben desarrollar las siguientes actividades:

- Verificar en sitio el proceso de bloqueo de los equipos a intervenir.
- Revisar y validar la lista de chequeo de todos los puntos de bloqueo definidos para la intervención.

- Tomar evidencia fotográfica de los equipos en posición de bloqueo y en posición de cero energías.
- Complementar la ficha preliminar y consolidar una versión final de la ficha.
- Asignar un código de recuperación.
- Divulgar y almacenar la ficha de bloqueo en Shared Point.

En el Anexo 1 de este documento se deja un ejemplo de una ficha de bloqueo para el sistema turbina-generador.

#### **4.1.1 Elaborar inventario de las fichas de bloqueo**

Una vez desarrolladas las fichas de bloqueo, estas se almacenaron en Shared Point y se procedió a consolidar un inventario en Excel el cual contiene cada una de las fichas que fueron elaboradas.

#### **4.2 Elaborar, guías, instructivos, nemotécnicos y listas de chequeo.**

En este paso se elaboraron una serie de documentos estratégicos para la estandarización de los procesos dentro del área de Mantenimiento. Además, surgen otro tipo de herramientas prácticas como lo son los nemotécnicos y las listas de chequeo.

Algunos de estos documentos estratégicos elaborados:

- Guía de planeación de paradas mayores
- Guía de alistamiento
- Lista de chequeo alistamiento
- Procedimiento Recepción de repuestos
- Lista de chequeo recepción de repuestos
- Guía de programación
- Procedimiento de seguimiento al PMM predictivo y preventivo.
- Guía simplificada de codificación KKS
- Lista de chequeo incorporación de activo nuevo
- Documento de criticidad
- Nemotecnicos MindManger, ciclo Gestión de Mantenimiento y ciclo de Seguimiento de PMM predictivo y preventivo.
- Guía de marcación y etiquetado

**4.3 Sesiones semanales, tanto de revisión de entregables como de trabajo conjunto con el Gerente de Operación y Mantenimiento, en las cuales se estableció el rumbo del proyecto y se adelantó en la creación de propuestas, cronogramas de entregas, metodologías y estrategias y oportunidades de mejora.**

Se definió un espacio semanalmente, inicialmente los martes a las 9 am (modificado después debido a la contingencia martes 4 pm) con el objetivo de revisar la documentación desarrollada, definir e identificar las posibles brechas que existen dentro del ciclo de Mantenimiento y explorar las posibles soluciones que mejor se adapten a las necesidades del área.

Esta parte de la metodología consistió en:

- Definir con la ayuda del programa MindManager del ciclo de Gestión de Mantenimiento.
- Incorporar conceptos de la Gestión de Mantenimiento.
- Contextualización más detallada de la dinámica del negocio.
- Seguimiento a la documentación desarrollada, forma, contenido y pertinencia de la información.
- Seguimiento al estado y la construcción de las fichas de bloqueo de cada una de las centrales.
- Seguimiento al análisis de brechas operativas al ciclo de Gestión de Mantenimiento.
- Asignación de tareas adicionales de soporte a los Especialistas de Mantenimiento.

**4.4 Construcción de consolidado de procedimientos críticos dentro del área de mantenimiento, considerando como aspecto clave la seguridad de las personas.**

Esta parte de la metodología se desarrolló con ayuda de los Especialista del área de Mantenimiento, básicamente se tuvieron charlas y reuniones donde logramos identificar cada una de las actividades que representan un mayor riesgo para la salud de las personas.

En metodología consistió en lo siguiente:

- Desarrollar un listado de procedimientos que enfatizan en la disminución del riesgo eléctrico, mecánico e instrumentación y control.
- Definir acuerdos con cada uno del Especialista para determinar las fechas y la cantidad de procedimientos a elaborar.

- Brindar apoyo en la revisión de forma de cada uno de los procedimientos entregados, garantizando así que cumpla con todas las especificaciones que exige el área de Gestión Documental.

En el Anexo 2 de este documento se comparte el consolidado de actividades críticas de mantenimiento.

#### **4.5 Programación de reunión semanal de trabajo conjunto con los Especialistas de Mantenimiento y los Ejecutores, para definir acuerdos e identificar problemáticas dentro del ciclo de Gestión de Mantenimiento.**

Semanalmente se definió un espacio con los Especialista y los Ejecutores, con el objetivo de realizar una socialización parcial de la documentación y las metodologías a implementar y así, poder recibir los puntos de vista de cada una de las personas implicadas dentro del ciclo de Gestión de Mantenimiento.

En este tipo de reuniones de trabajo conjunto se discutía lo siguiente:

- Brechas del ciclo de Gestión de Mantenimiento identificadas por los Especialistas o por los Ejecutores.
- Propuestas y mejoras a las prácticas y a los procedimientos actuales que se estaban llevando a cabo dentro del área de mantenimiento.
- Discusión de la información desarrollada, nemotécnicos, diagramas de flujo, fichas loto, guías y procedimientos.
- Utilidad y pertinencia de la documentación desarrollada, propuestas y mejoras.

En el Anexo 3 se deja el consolidado del análisis de brechas operativas dentro del ciclo de Gestión de Mantenimiento.

#### **4.6 Revisión y seguimiento semanal de diferentes compromisos, los cuales se definieron con la ayuda de la herramienta Planner (Objetivos 2020, Planes Post-Mantenimiento y Compromisos Reunión Planeación).**

En esta parte se realizó un seguimiento semanal de cada uno de los compromisos que se iban adquiriendo con el equipo de Mantenimiento, además, era muy importante la participación en esta revisión ya que esta proporcionó una visión más amplia de todos los temas dentro del área de Mantenimiento. Los compromisos que más se abordaron fueron:

- Seguimiento y estado de herramientas y repuestos especializado.
- Estado de los servicios de los contratistas.
- Seguimiento al Plan Maestro de Mantenimiento (PMM).
- Planificación de futuras intervenciones, fechas, recursos y todo tipo de actividades de alistamiento.

- Documentación y capacitaciones a desarrollar por el área de Mantenimiento.
- Programación de actividades y coordinación de ingresos a las centrales debido a la contingencia Covid-19.

#### **4.7 Participación diaria en la reunión de inicio de jornada.**

Esta reunión se hace con todo el equipo del área de Mantenimiento y con la participación del Coordinador de Operaciones y el Director de Operaciones. Con dicha reunión se buscaba abordar temas como:

- Actualidad de las centrales, generación, cumplimiento PLC (pague lo contratado), intervenciones programadas, intervenciones futuras, etc.
- Solicitudes de trabajo generadas semanalmente por el personal de operaciones.
- Novedades generales de toda la empresa.

En esta parte de la metodología se adquirió información relevante para la construcción de cada uno de los documentos desarrollados, ya que esta reunión de brindó información actualizada del actuar diario del grupo y nos ayuda a identificar más fácilmente los puntos débiles y así, buscar que nuestras soluciones se centren en fortalecer dichos puntos.

#### **4.8 Participación semanal de la reunión de planeación**

Esta reunión sirvió para visualizar el panorama general de la empresa, adquiriendo información relevante sobre aspectos de Seguridad y Salud en el trabajo, compras, actualidad ambiental y social, entre otros, y así ayudar a definir las soluciones apropiadas para implementar, con el fin de garantizar la calidad del proceso de Mantenimiento.

#### **4.9 Revisión diaria de las variables técnicas de la central San Miguel**

Diariamente los operadores de la central San Miguel comparten un archivo consolidado donde se muestran el seguimiento de las variables más importantes de la central. En esta parte de la metodología se hizo lo siguiente:

- Verificar y validar que las variables estén dentro de los rangos permitidos.
- Validar que la información de este consolidado diario coincida con la información del IDO (informe diario operativo).
- Informar al Coordinador de operación en caso tal de identificar alguna anomalía en alguno de los valores.

- Análisis del comportamiento anómalo de alguna de las variables medidas en el consolidado y constatar con los Especialista de Mantenimiento.

En el Anexo 4 se comparte el formato de seguimiento técnico de variables y del informe diario operativo (IDO).

#### **4.10 Revisión semanal y consolidado mensual de los eventos de regulación primaria de frecuencia en la central San Miguel**

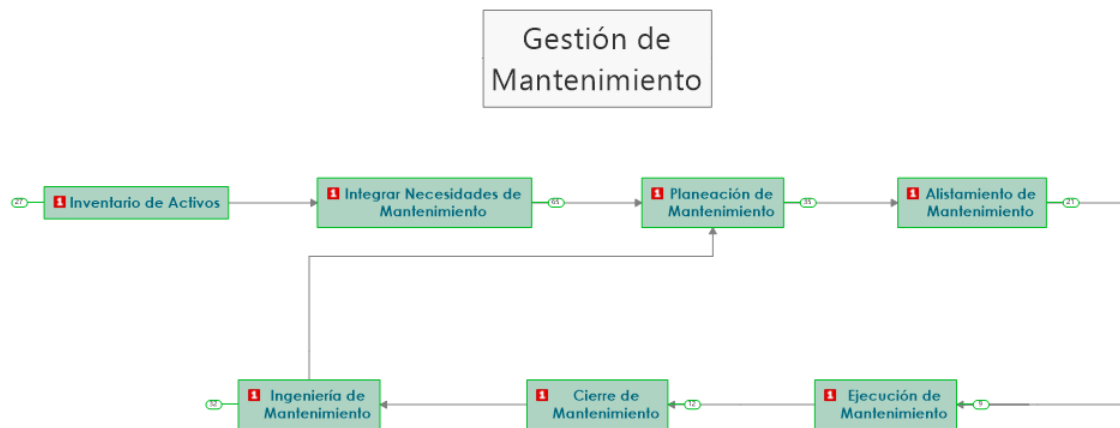
Semanalmente se recibió la información de los eventos de regulación primaria de frecuencia por parte de los operadores de la central San Miguel, el propósito de este paso de la metodología, era hacer un consolidado y un seguimiento a este tipo de eventos.

### **5. ANÁLISIS DE BRECHAS OPERATIVAS Y RESULTADOS**

#### **5.1 Análisis de brechas operativas dentro del Ciclo de Gestión de Mantenimiento**

Este análisis se puede hacer gracias a la definición de un ciclo PHVA, el cual nos permite ver cada uno de los aspectos importantes dentro de un proceso, inicialmente tenemos una planeación de alguna actividad, la cual se hace sobre unos activos que tenemos definidos en la compañía, una vez se planean, pasamos al paso de hacerlas, lo que se traduce en una ejecución, una vez finalizada la ejecución, se realizan verificaciones, revisiones, pruebas y validaciones de cierre de actividades, dada la eventualidad de que alguna tarea no cumpla alguna de estas verificaciones, actuaremos, implementaremos el concepto de ingeniera de Mantenimiento e implementaremos planes post-mantenimiento para corregir la falla y evitar repetirla, bajo el concepto de lecciones aprendidas.

Ya definido el flujo de trabajo y el ciclo que se debe seguir en las actividades de Mantenimiento, construimos el ciclo de Gestión de Mantenimiento, con la ayuda de MindManager como se ve en la **Figura 3**:



**Figura 3.** Ciclo de Gestión de Mantenimiento LAREIF.

Una vez definido del ciclo de Gestión de Mantenimiento, como se ve en la **Figura 3**, se procede a enlistar todas las brechas operativas que se han identificado dentro de este ciclo y que en muchas ocasiones pone en duda la calidad de las actividades desarrolladas por el grupo de Mantenimiento.

### **5.1.1 Análisis de brechas operativas en el paso de Inventarios de Activos.**

En este paso se identificaron las siguientes brechas operativas:

- Se identifica problemas en la taxonomía o codificación de los activos ya que la guía actual de este proceso no es práctica y se extiende demasiado.
- Se identificaron problemas en la definición de criticidad de los activos, debido a que no se tiene definido un procedimiento o un estándar que aclare este tema.
- Se identificó que hay brechas en la marcación y etiquetado de algunos activos. Además, no se ha definido cuales activos deben llevar marcación y etiquetado.
- Se encontró problemáticas en todo el proceso de seguimiento, incorporación y puesta en marcha de activos nuevos.

El análisis de brechas dentro del paso de Inventarios de Activos, deja en evidencia la falta de seguimiento a la documentación desarrollada y a la pertinencia de la misma, además, deja en evidencia que existe documentación por desarrollar y que esto genera diversificación en las decisiones que puedan tomar cada una de las personas, lo que va en dirección contraria a estandarizar el actuar del personal.

Otro de los aspectos importantes que podemos analizar dentro del paso de Inventarios de Activos, es la integración de un activo nuevo, actualmente no

se tiene seguimiento desde la compra hasta la entrega del activo en funcionamiento al área de Operación, por tal motivo se ve una falencia enorme en este aspecto ya que en muchas ocasiones al activo nuevo no se le logra identificar plan de mantenimiento, subsistema al que pertenece, criticidad, acuerdos operativos, entre otros.

### **5.1.2 Análisis de brechas operativas en el paso de Integrar Necesidades de Mantenimiento.**

En este paso se identificaron las siguientes brechas operativas:

- Problemáticas en el seguimiento de las actividades del PMM (plan maestro de mantenimiento) preventivo y predictivo.
- No se tienen definidas las frecuencias e intervalos de intervenciones.
- No se tiene definida una metodología de Seguimiento-Planeación-Ejecución y cierre de Actividades preventivas y predictivas.
- Alto volumen de solicitudes de trabajo que llegan desde las centrales.
- Definiciones de Estrategias de Mantenimiento para cada activo.

El análisis de brechas operativas dentro del paso Integrar Necesidades de Mantenimiento deja entre ver que se debe mejorar en el aspecto de seguimiento y análisis de indicadores propios del área de mantenimiento, además, se deben lograr acuerdos para la activación de las actividades que se encuentran dentro del plan maestro de mantenimiento de actividades preventivas y predictivas.

### **5.1.3 Análisis de brechas operativas en el paso de Planeación de Mantenimiento**

En este paso se identificaron las siguientes brechas operativas:

- No se cuenta con guía de planeación de paradas mayores, lo que supone un problema para la estandarización de este tipo de actividades.
- No se tiene un seguimiento constante en los compromisos adquiridos en las reuniones de planeación.
- No se tiene bien definido el cómo, a la hora de construir el cronograma de actividades de las paradas mayores.
- No se cuenta con un estándar, guía o metodología para planear y ejecutar tareas por fuera del PMM o consideradas mínimas.
- Cronograma de actividades para la planeación de una actividad menor.

El análisis de brechas operativas dentro del paso Planeación de Mantenimiento, deja en evidencia las problemáticas que se tienen a la hora



definir fechas de intervención, cronogramas de trabajo, alcance, seguimiento al histórico de intervenciones, etc. Esto impacta negativamente en la optimización de las horas/hombre disponibles y en la calidad de los trabajos a ejecutar.

#### **5.1.4 Análisis de brechas operativas en el paso de Alistamiento de Mantenimiento**

En este paso se identificaron las siguientes brechas operativas:

- No se tiene definido un pre-alistamiento, además no se tiene como práctica operativa los chequeos cruzados.
- No se tiene un consolidado de los repuestos críticos para las intervenciones.
- Se presentan inconvenientes en la recepción de repuestos, tanto en las centrales como en las bodegas, ya que no se tiene definido un procedimiento para esto.
- Se presentan inconvenientes para la salida de repuestos de las centrales para los casos que se necesite reparación, no se tiene estandarizado un procedimiento o una práctica para esto.
- No se cuenta con una guía formal de alistamiento donde se especifiquen algunos puntos clave a la hora de enlistar todo tipo de recursos (humano, herramientas, repuestos, consumibles, insumos, logística, estadía, servicios especializados, etc.)
- No se tiene definido un plan de emergencia ante posibles modificaciones a la fecha de intervención debido a una contingencia o eventualidad.

El análisis de brechas operativas dentro del paso Alistamiento de Mantenimiento lo que busca es establecer un seguimiento, validación y verificación final de los recursos enlistados para la ejecución de una actividad.

En este análisis se encontró que se tienen falencias en las revisiones finales, no se tiene definido los responsables de las validaciones y no se tiene un estándar definido sobre el correcto alistamiento de una actividad dentro del área de Mantenimiento. Además, lo que se busca con el análisis en este paso es que el Especialista de Mantenimiento se esté preguntando constantemente por el estado de los recursos críticos, los cuales pueden ser repuestos, herramientas, entre otros.

Se debe considerar que al tener bajo supervisión 13 unidades de generación, la dinámica de las intervenciones suele ser muy volátil, por lo que se debe estar

preparado para cuando surja una solicitud de trabajo y tener un seguimiento de que recursos se han utilizado para llevar a cabo dicha actividad.

### **5.1.5 Análisis de brechas operativas en el paso de Ejecución de Mantenimiento**

En este paso se identificaron las siguientes brechas operativas:

- No hay verificación y confirmación de que se hicieron todos los bloqueos a los equipos a intervenir
- Problemas en el cumplimiento de los tiempos establecidos de la intervención.
- Aseguramiento de la calidad de cada uno de los trabajos ejecutados

En el análisis de brechas operativas dentro del paso Ejecución de Mantenimiento se encontró que se tienen falencias en la definición de los tiempos de ejecución de las actividades, falencias en la ejecución de las tareas, ya que no se tienen estandarizados procedimientos para ciertas actividades lo que da cabida al aumento de la probabilidad de un error, además, se tienen falencias en el seguimiento a la trazabilidad y la validación de los valores que arrojan las pruebas de mantenimiento, no se tienen tablas de chequeo, listas de verificación y procedimientos secuenciales que ayuden a dar garantía de que las actividades se están haciendo bien.

Si bien la idea es estandarizar los procesos y tener prácticas que definan el método con el que trabaja la compañía, lo que principalmente se busca con el análisis de brechas operativas dentro de la ejecución, es mejorar el rendimiento y la calidad de las intervenciones, no olvidar pasos de ejecución, no olvidar actividades, trabajar de forma segura y procurar reducir al máximo los factores de incurrencia de fallas.


*Nota: Cabe resaltar que este análisis de brechas operativas solo se hace hasta el paso de Ejecución, debido a que en 6 meses no se logra abarcar el análisis y las propuestas de solución de todos los pasos del ciclo de Gestión de Mantenimiento*

### **5.2 Soluciones implementadas para el cierre de las brechas operativas dentro del ciclo de Gestión de Mantenimiento.**

Una vez identificadas las brechas operativas de cada uno del paso del ciclo de Gestión de Mantenimiento, se procedió a implementar soluciones viables y prácticas para darle cierre a estas y mejorar la calidad de todo el ciclo.

### 5.2.1 Soluciones para el cierre de brechas operativas en el paso de Inventarios de Activos.

- Se creó una guía práctica y rápida, para explicar de una manera más fácil y didáctica la codificación KKS, ya que la que se tiene actualmente es un documento muy denso que consta de 30 páginas, la idea era compactar la guía y resaltar los aspectos claves de la codificación KKS. En la **Figura 4** podemos observar la portada de la guía, la cual tiene como objetivo fundamental volver más amigable la lectura de este proceso de codificación y así lograr que todo el personal de mantenimiento tenga dominio del tema. Por lo tanto, con esta nueva guía se busca cerrar la brecha de codificación y pertinencia de la información que se había definido anteriormente.


						
MANTENIMIENTO						
GUIA SIMPLIFICADA IDENTIFICACIÓN DE ACTIVOS						
GUI-MTO-010 VERSIÓN No. 01						
Versión	Modificaciones					Fecha
01	Emisión original					13/03/2020
Elaboración – Revisión – Aprobación						
Versión	Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:	
	Nombre	Cargo	Nombre	Cargo	Nombre	Cargo
01	ATF	Practicante	MMU	GOM	MMU	GOM

**Figura 4.** Guía Simplificada identificación de activos.

- Se realizó un procedimiento estándar de criticidad de los activos que están bajo la supervisión del grupo LAREIF como se observa en la **Figura 5**, esto con el objetivo de fijar el estándar de la compañía para definir la

criticidad de cada uno de sus activos, con base en los siguientes criterios fundamentales: impacto en la producción, impacto en el medio ambiente, impacto en las personas, tiempo promedio de reparación, costos de reparación y probabilidad de falla.

Con este procedimiento lo que se busca es cerrar el vacío que existía en la interpretación de la criticidad de los activos y esto nos ayudará a definir con mayor claridad una priorización en las actividades, teniendo como soporte este procedimiento.

						
<b>MANTENIMIENTO</b>						
<b>CRITICIDAD DE LOS ACTIVOS</b>						
<b>PRO-MTO-006</b>						
<b>REVISIÓN No. 01</b>						
<b>Revisión</b>	<b>Modificaciones</b>					<b>Fecha</b>
01	Emisión original					3/03/2020
<b>Elaboración – Revisión – Aprobación</b>						
<b>Revisión</b>	<b>Elaborado por:</b>		<b>Revisado por:</b>		<b>Aprobado por:</b>	
	Nombre	Firma	Nombre	Firma	Nombre	Firma
01	APD	DOP	ATF	Practicante	MMU	GOM

**Figura 5.** Procedimiento de Criticidad de los activos.

- Otra de las soluciones implementadas para lograr hacer un cierre de brechas operativas en este paso fue desarrollar un procedimiento de marcación y etiquetado, además proponer un seguimiento al porcentaje de activos que llevan marcación y etiquetado, ya que consideramos pertinente definir que activos deben llevar esta etiqueta.

En la **Figura 6** se puede observar el procedimiento desarrollado, el cual tiene como objetivo final estandarizar esta práctica y ayudar a que el

personal del área de Mantenimiento tenga mayor facilidad a la hora de identificar un activo.

						
<b>MANTENIMIENTO</b>						
<b>DISEÑO E IMPRESIÓN DE ETIQUETAS PARA MARCACIÓN DE EQUIPOS PRO-MTO-007 REVISIÓN No. 01 </b>						
<b>Revisión</b>	<b>Modificaciones</b>					<b>Fecha</b>
01	Emisión original					1/04/2020
<b>Elaboración – Revisión – Aprobación</b>						
<b>Revisión</b>	<b>Elaborado por:</b>		<b>Revisado por:</b>		<b>Aprobado por:</b>	
	Nombre	Cargo	Nombre	Cargo	Nombre	Cargo
01	ATF	Practicante	MMU	GOM	MMU	GOM

**Figura 6.** Diseño e impresión de etiquetas para la marcación de equipos.

- Se desarrolló un formato Check-List, en el cual se le hace seguimiento a la incorporación de un activo nuevo, para desarrollar este formato se consideraron los siguientes criterios: Formulario activo nuevo, Codificación KKS, ingreso a Fractal del activo, definición de plan de mantenimiento, puesta en marcha y manuales de operación, acuerdos operativos con personal del área de operación y formalización de entrega.

Esta lista de chequeo sirve para hacer todo un seguimiento a la incorporación de un activo nuevo, ya que en el análisis de brechas operativas en este paso se identificaron falencias en esta práctica, debido a que en muchas ocasiones y a la dinámica que se tiene con las intervenciones, no se le estaba haciendo el respectivo seguimiento al activo desde su llegada a bodega hasta su puesta en marcha.

Lo que se buscó al implementar este formato de lista de chequeo que se muestra en la **Figura 7**, es que tanto los Especialistas de Mantenimiento como el Ingeniero de Planeación puedan hacer seguimiento en línea del estado del activo, su información, sus manuales, criticidad, sus consideraciones de operación, sus planes de mantenimiento, historial de intervenciones, entre otros, y así aumentar la calidad de la gestión de los activos, algo que luego se va a ver reflejado en la calidad de las intervenciones, debido a que vamos a reconocer más rápidamente cada detalle relacionado con el activo y podremos identificar con mayor facilidad algún problema.

LAREIF		CHECK LIST - ACTIVIDADES PARA LA INCORPORACIÓN DE NUEVOS ACTIVOS PRODUCTIVOS			FTO-MTO-RRR	
GESTIÓN DE MANTENIMIENTO						
NOMBRE ACTIVO / EQUIPO		Caseta de Químicos		CENTRAL	BRS	Barroso
FECHA RECEPCIÓN ACTIVO / EQUIPO		Septiembre 20 de 2020	ESPECIALIDAD ENCARGADA	Mecánicos	Diligenciado por:	
				Ing. Gustavo Montoya		
VERIFICACIÓN DE ACTIVIDADES PARA LA INCORPORACIÓN DE UN ACTIVO NUEVO						
Item	ACTIVIDAD A COMPROBAR	A CARGO DE	OBSERVACIÓN	ESTADO	V.B.	
1	Entregar la ficha técnica del equipo al ingeniero de planeación	Resp Proyecto IP			<input type="checkbox"/>	
2	Ubicar del Activo dentro de su respectivo subsistema (árbol				<input type="checkbox"/>	
3	Definir código KKS para el activo				<input type="checkbox"/>	
4	Crear el equipo en el Sistema EAM (Fractal)				<input type="checkbox"/>	
6	Recepción del activo funcional y operativo				<input type="checkbox"/>	
7	Recepción de Manuales de Operación del Activo				<input type="checkbox"/>	
8	Capacitación general sobre el funcionamiento y la operación del activo				<input type="checkbox"/>	
9	Definir acuerdos con el área de operación (si aplica)				<input type="checkbox"/>	
10	Entrega formal del activo al área de operación				<input type="checkbox"/>	
11	Alta contable del Activo (Valor de Salvamento - Vida Útil)				<input type="checkbox"/>	
12	Marcación física de equipo en sitio (según guía de marcación)				<input type="checkbox"/>	
13	Definir plan de mantenimiento para el activo				<input type="checkbox"/>	
14	Establecer listado de repuestos críticos				<input type="checkbox"/>	
15					<input type="checkbox"/>	

FIRMA PERSONA QUE DILIGENCIA \_\_\_\_\_ FECHA DE CIERRE \_\_\_\_\_

**Figura 7.** Check-list actividades para la incorporación de nuevos activos productivos.

### 5.2.2 Soluciones para el cierre de brechas operativas en el paso de Integrar necesidades de Mantenimiento.

- Se definieron los indicadores de cumplimiento de las ordenes de trabajo (OTs) con ayuda del Ingeniero de Planeación, esto con el objetivo de tener un seguimiento de la condición actual del flujo de trabajo dentro del área de mantenimiento. Con la ayuda del Software de Gestión de activos Fractal EAM, se realizó un análisis por central de los indicadores de cumplimiento actuales de cada una de las centrales del grupo LAREIF.

En la **Figura 8, 9 y 10** podemos observar claramente el estado actual del flujo de trabajo de cada uno de las centrales del grupo LAREIF, la idea

es dejar en evidencia el estado actual de este flujo y tomar decisiones respecto a este tema. Si bien actualmente los indicadores reflejan un problema en el cierre de las ordenes de trabajo, esto obedece a la contingencia actual del Covid-19, ya que debido a esta se ha visto reducida notoriamente la capacidad de intervención del equipo de Mantenimiento y por ende se han visto afectados los indicadores de cierres de OTs.

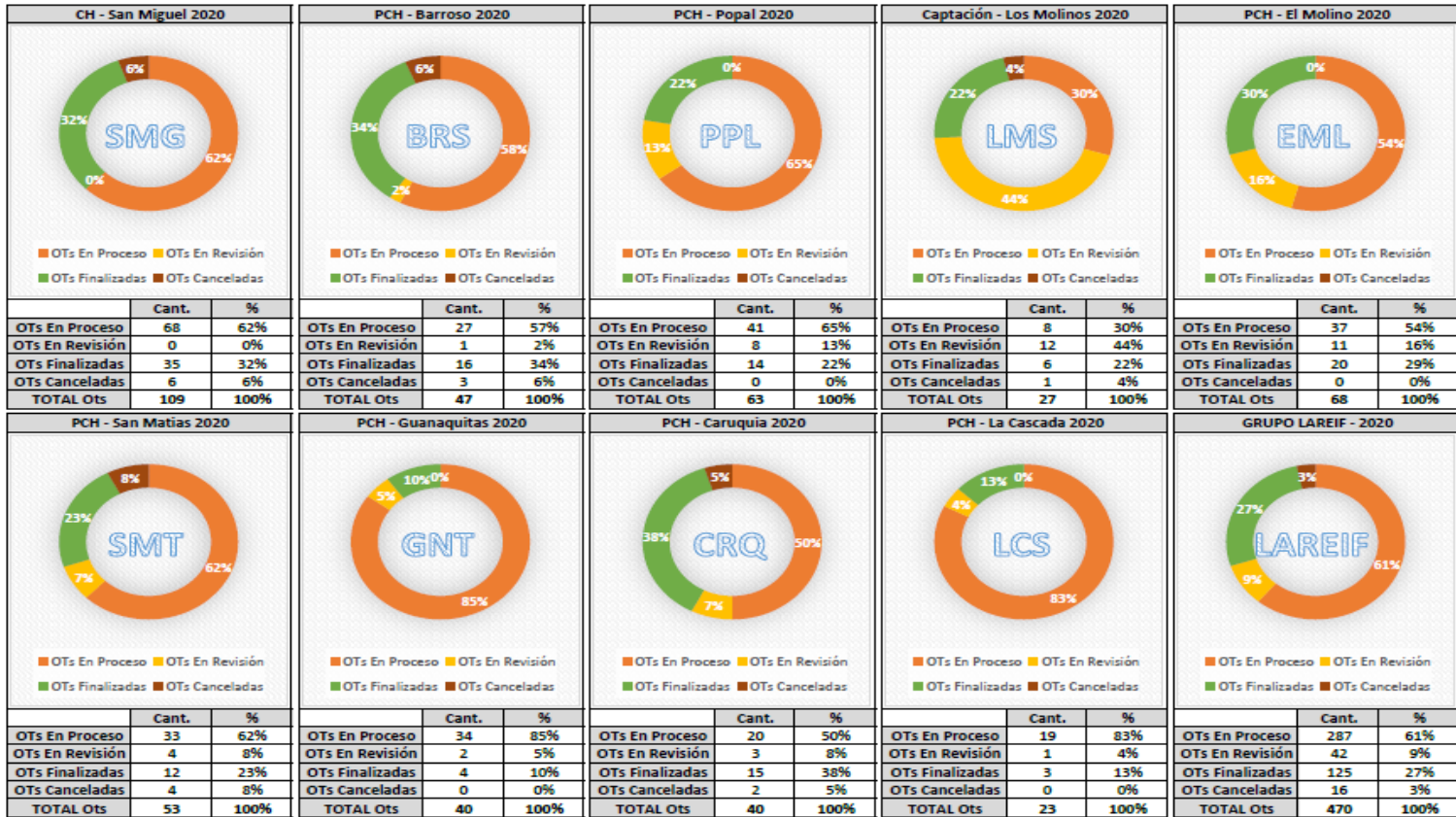
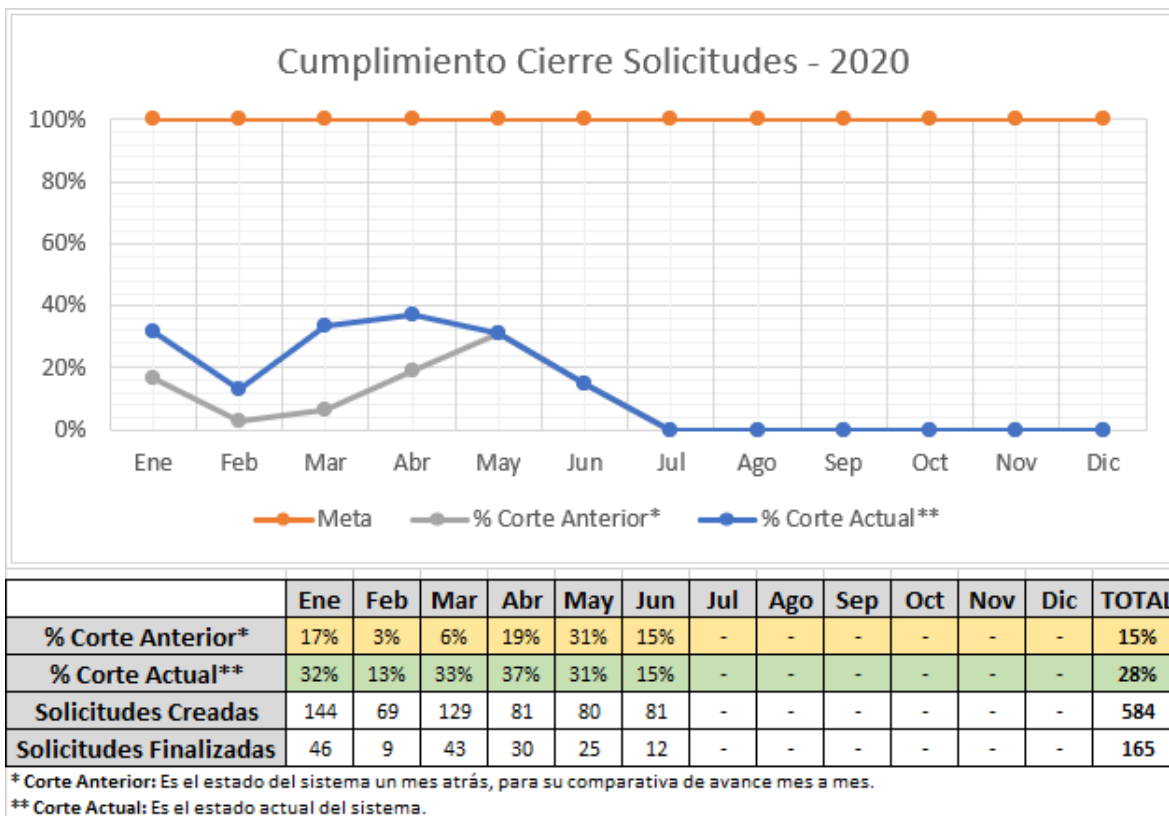
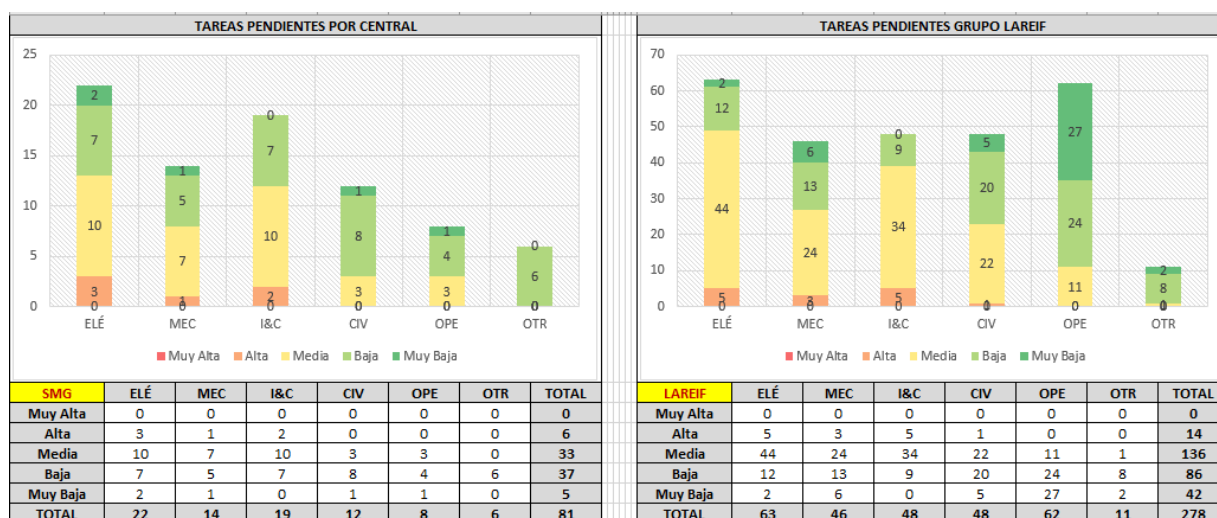


Figura 8. Indicadores de cumplimiento de órdenes de trabajo (OTs).



**Figura 9.** Cumplimiento Cierre Solicitudes-2020.



**Figura 10.** Formato de indicadores por central y especialidad (eléctrica, mecánica, civil e instrumentación y control).

- Se desarrolló una metodología de seguimiento- planeación-ejecución de tareas contenidas en el PMM preventivo y predictivo (Ver Anexo5), esto con el objetivo de estandarizar este proceso y llevar control de las



frecuencias de intervención de los activos que tienen definidas este tipo de actividades.

En la **Figura 11** podemos observar la metodología que se desarrolló, con la cual se buscó establecer una práctica de comunicación y trabajo conjunto entre los Especialistas de Mantenimiento y el Ingeniero de Planeación y así lograr una correcta activación de las tareas del PMM predictivo y predictivo, y a su vez mejorar los indicadores de cumplimiento de actividades.

						
<b>MANTENIMIENTO</b>						
<b>METODOLGÍA DE SEGUIMIENTO AL PMM PREVENTIVO Y PREDICTIVO</b> <b>PRO-MTO-006</b> <b>VERSIÓN No. 01</b>						
<b>Versión</b>	<b>Modificaciones</b>					<b>Fecha</b>
01	Publicación					04/05/2020
<b>Elaboración – Revisión – Aprobación</b>						
<b>Versión</b>	<b>Elaborado por:</b>		<b>Revisado por:</b>		<b>Aprobado por:</b>	
	Nombre	Cargo	Nombre	Cargo	Nombre	Cargo
01	ATF	Practicante	MMU	GOM	MMU	GOM

**Figura 11.** Metodología del seguimiento al PMM preventivo y predictivo.

- Se implementó una estrategia de reportes diarios, en la cual diariamente se realizaba un seguimiento de las actividades que cada una de las personas del personal de Mantenimiento e Ingeniería debía realizar, con esto se logró llegar a acuerdos diarios sobre qué temas se debían abordar y que temas se debían priorizar dentro del área de Mantenimiento e Ingeniería.

Con esta estrategia se tuvieron excelentes resultados, ya que la estrategia contempla una reunión diaria, rápida de 45 minutos, donde se expone el estado actual de las tareas desarrolladas por cada miembro del área y se discuten posibles oportunidades de mejora, temas críticos, prioridades y toda la información relacionada con las centrales de generación.

### **5.2.3 Soluciones para el cierre de brechas operativas en el paso de Planeación de Mantenimiento.**

- Se desarrolló una guía para planeación de paradas mayores, ya que en el análisis de brechas en este paso de Planeación de Mantenimiento se identificaron problemáticas en este aspecto, por lo tanto, se consideró pertinente crear una guía donde se dieran los puntos clave para planear una parada mayor.

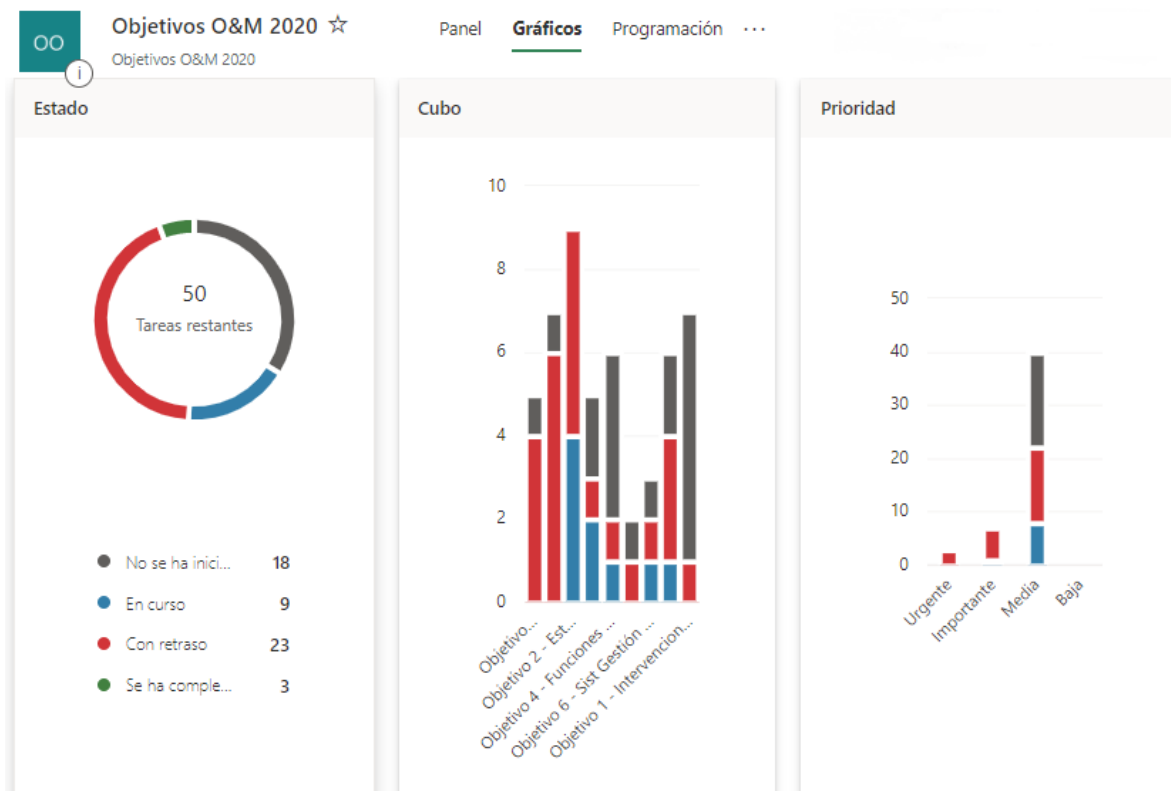
En la **Figura 12** podemos observar la portada del documento, el cual cuenta con instrucciones precisas y útiles para planear una intervención mayor, además cuenta con el paso a paso de las actividades, los compromisos y los entregables que se deben ir definiendo para lograr una correcta planeación de esta actividad. Con esta guía lo que se busca es estandarizar la forma en la que se planean este tipo de actividades y tener un soporte que respalde las decisiones tomadas a la hora de planear estas actividades.

						
<b>MANTENIMIENTO</b>						
<b>GUÍA DE PLANEACIÓN DE PARADAS MAYORES</b> <b>GUI-MTO-004</b> <b>VERSIÓN No. 01</b>						
<b>Versión</b>	<b>Modificaciones</b>					<b>Fecha</b>
01	Emisión Original					19/04/2020
<b>Elaboración – Revisión – Aprobación</b>						
<b>Versión</b>	<b>Elaborado por:</b>		<b>Revisado por:</b>		<b>Aprobado por:</b>	
	<b>Nombre</b>	<b>Cargo</b>	<b>Nombre</b>	<b>Cargo</b>	<b>Nombre</b>	<b>Cargo</b>
01	ATF	Practicante	MMU	GOM	MMU	GOM

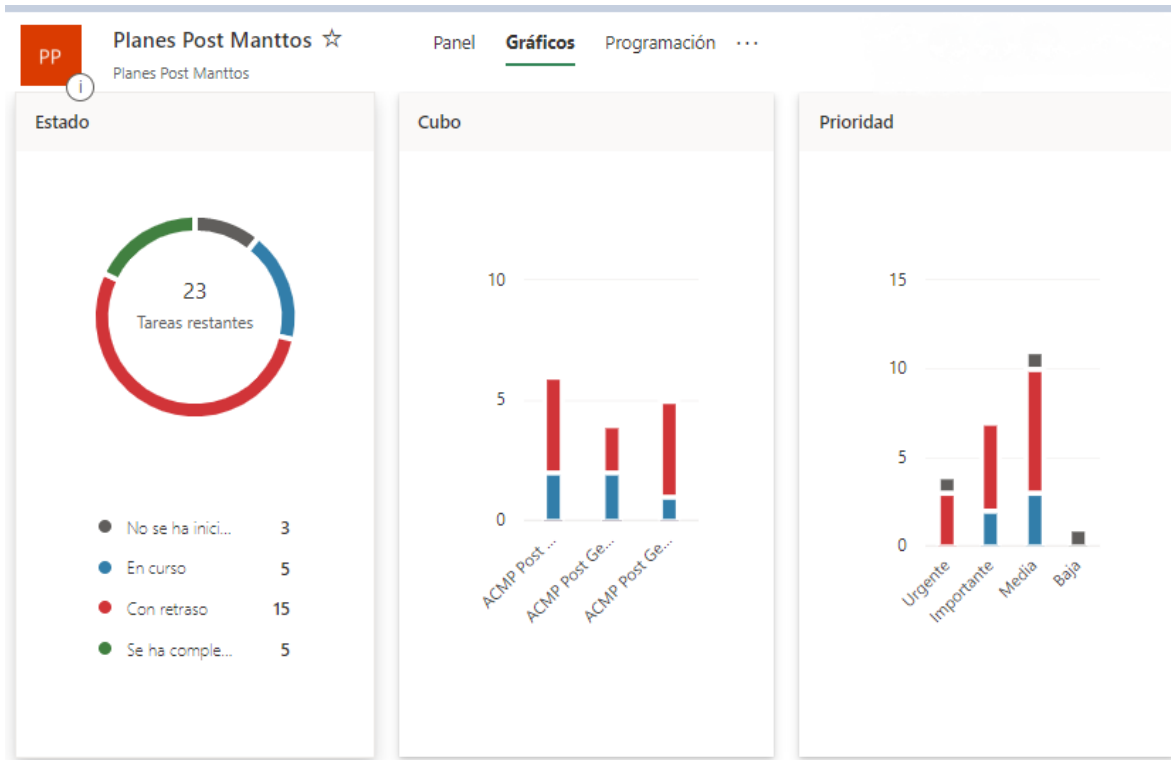
**Figura 12.** Guía de planeación de paradas mayores.

- Se implementó una práctica de seguimiento semanal de compromisos con la ayuda de la herramienta de office 365 Planner, la cual nos permite hacer un seguimiento del estado del compromiso adquiridos en las diferentes etapas de planeación de las actividades. Esta aplicación nos permite definir la importancia de las actividades, fechas de entrega, cumplimiento, anexar documentación, generar alertas de vencimiento y otras bondades que fueron aprovechadas para evitar perder de vista estos compromisos y que a posteriori se conviertan en situaciones críticas debido a su olvido.

En las **Figuras 13 y 14** podemos observar el seguimiento al Planner de objetivos 2020 y el seguimiento al Planner Planes post Mantenimiento respectivamente.




**Figura 13.** Indicadores del Planner Objetivos operación y mantenimiento 2020.



**Figura 14.** Indicadores Planner planes post-mantenimiento.

- Se estableció un procedimiento semanal de programación de actividades menores, esto con el objetivo de mejorar los resultados de la logística organizacional del área y optimizar las horas/hombre con las que se cuenta.

Lo que se logró establecer con el procedimiento presentado en **Figura 15**, fueron mejoras en la calidad de la planeación de las actividades que se consideran menores, ya que normalmente la empresa no tenía un criterio bien definido y cada uno de los Especialistas programaba lo que le parecía pertinente. Ahora con el procedimiento, definimos un estándar y unas reglas de trabajo, las cuales se adaptaron satisfactoriamente al mejoramiento de la calidad del ciclo de Gestión de Mantenimiento.

						
<b>MANTENIMIENTO</b>						
<b>PROCEDIMIENTO DE PROGRAMACIÓN SEMANAL DE ACTIVIDADES</b> <b>PRO-MTO-009</b> <b>VERSIÓN No. 01</b>						
<b>Versión</b>	<b>Modificaciones</b>					<b>Fecha</b>
01	Emisión original					01/07/2020
<b>Elaboración – Revisión – Aprobación</b>						
<b>Versión</b>	<b>Elaborado por:</b>		<b>Revisado por:</b>		<b>Aprobado por:</b>	
	Nombre	Cargo	Nombre	Cargo	Nombre	Cargo
01	ATF	Practicante	MMU	GOM	MMU	GOM

**Figura 15.** Procedimiento de programación semanal de actividades.

- Como bien sabemos las tareas de Mantenimiento suelen ser repetitivas, ya que en la mayoría de los activos se tienen definidas unas frecuencias

de intervención dentro de sus planes de mantenimiento. Se trató de aprovechar esta característica cíclica para crear plantillas o esquemáticos bases, con el propósito de estandarizar los mantenimientos y aprovechar ese histórico de información que se obtiene de intervenciones pasadas, para tener una base fundamental y planear las intervenciones futuras.

Por lo tanto, se creó una plantilla en el programa Project (Ver **Figura 16**) donde se enlistan las principales actividades que se deben tener en cuenta cuando se planea una parada mayor, con esto logramos fortalecer la planeación y evitar que se pase por alto alguna de estas actividades.

	EDT	Mc de tar	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesor
4	1.3		Bloqueo, candado y etiquetado	1,5 horas	mar 3/03/20	mar 3/03/20	3
5	1.4		Proceso desmontaje de Turbina	27,7 horas	mar 3/03/20	jue 5/03/20	
6	1.4.1		Turbina, distribuidor - Desmontaje de componentes principales - Movimiento de Generador	27,7 horas	mar 3/03/20	jue 5/03/20	
7	1.4.1.1		Actividades Mecánicas	22,7 horas	mar 3/03/20	jue 5/03/20	
34	1.4.1.2		Fin actividades Mecánicas - Desmontaje	0 horas	jue 5/03/20	jue 5/03/20	33
35	1.4.1.3		Inspección y pruebas de líquido Penetrante a Rodete	2,5 horas	jue 5/03/20	jue 5/03/20	33
36	1.4.1.4		Inspección visual general de la Turbina	0,5 horas	jue 5/03/20	jue 5/03/20	35
37	1.4.1.5		Inspección y mantenimiento de la junta de Eje de la Turbina	2 horas	jue 5/03/20	jue 5/03/20	36
38	1.4.1.6		Actividades Eléctricas	5,5 horas	mar 3/03/20	mar 3/03/20	
39	1.4.1.6		Desconexión de cables de potencia del Generador	2,5 horas	mar 3/03/20	mar 3/03/20	4FC+2 horas
40	1.4.1.6		Desconexión eléctrica excitatriz	3 horas	mar 3/03/20	mar 3/03/20	39
41	1.4.1.7		Fin actividades Eléctricas - Desmontaje	0 horas	mar 3/03/20	mar 3/03/20	40
42	1.4.1.8		Actividades Instrumentación	3,5 horas	mar 3/03/20	mar 3/03/20	
43	1.4.1.8		Desconexión cableado sensores bielas pando	1,5 horas	mar 3/03/20	mar 3/03/20	4
44	1.4.1.8		Desmontaje vibraciones y caja agrupamiento de señales cojinetes, generador	2 horas	mar 3/03/20	mar 3/03/20	43
45	1.4.1.9		Fin actividades Instrumentación - Desmontaje	0 horas	mar 3/03/20	mar 3/03/20	44
46	1.4.2		Fin actividades desmontaje	0 horas	jue 5/03/20	jue 5/03/20	45;41;34

**Figura 16.** Plantilla base para planeación de actividades.

#### 5.2.4 Soluciones para el cierre de brechas operativas en el paso de Alistamiento de Mantenimiento.

- Se definió un espacio con los Especialistas del área de Mantenimiento y el Coordinador de compras, para enlistar los repuestos críticos, la herramienta especializada y los servicios especiales necesarios para llevar a cabo las actividades, esta práctica nace como alternativa a la falta de coordinación en estos temas de alistamiento y ha ayudado al mejoramiento del seguimiento de estos recursos. Se debe considerar que en muchas ocasiones este tipo de recursos toman un tiempo adicional antes de su obtención por tal motivo se debe realizar un pre-alistamiento de los mismos y anticiparse a cualquier eventualidad que

se pueda presentar. El seguimiento y el estado de los recursos se hace semanalmente mediante la aplicación Planner.

- Se construyó un formato de recepción de repuestos e insumos tanto para ejecución como para almacenaje en bodega, esto con el objetivo de llevar un adecuado control a estos recursos.

La problemática común consistía en que no había una revisión completa de los recursos que se recibían, ya sea en las centrales o en la bodega de la compañía, en muchas ocasiones no se revisaban los repuestos críticos y a la hora de su montaje tenían fallas o no cumplían con las especificaciones técnicas, lo que producía graves problemas en la ejecución de los trabajos.

Ahora con el formato que se muestra en la **Figura 17**, se generó una conciencia de revisión- verificación y validación de cada uno de los recursos que se esté recibiendo y esto ha ayudado a mejorar los tiempos de respuesta ante una eventualidad, ha mejorado el control y la organización de los recursos.

LARELF		FORMATO RECEPCIÓN DE REPUESTOS								FTO-MTO-XXX	
		GESTIÓN DE MANTENIMIENTO								Versión: 01	
										Vigente desde: Mayo de 2020	
FECHA DE RECEPCIÓN:				CENTRAL:							
NOMBRE DEL PROVEEDOR:				ESPECIALIDAD ENCARGADA:							
PERSONA QUE DILIGENCIA:				LOCALIZACIÓN:							
ITEMS	CRITERIOS DE REVISIÓN								¿CÓMO SE EVALUAN LOS CRITERIOS DE REVISIÓN?		
1	¿EL EMPAQUE O CONTENEDOR ESTA TOTALMENTE SELLADO?								✓	SE DA APROBACIÓN Y VALIDEZ AL CRITERIO	
2	¿LA CANTIDAD ES LA ESTIPULADA?								X	NO SE DA APROBACIÓN AL CRITERIO	
3	¿EL REPUESTO SE ENCUENTRA EN BUENAS CONDICIONES? (GOLPES,RAYONES)								N/A	EL CRITERIO NO APLICA PARA EL REPUESTO	
4	SI EL REPUESTO TIENE REFERENCIA, ¿COINCIDE CON LA ESPERADA?										
5	¿CUMPLE LAS ESPECIFICACIONES REQUERIDAS?										
6									PV	FOR VERIFICAR, CUANDO NO SE CUMPLE ALGUN CRITERIO	
7									AP	APROBADO, CUMPLEN TODOS LOS CRITERIOS	
8											
NOTA: En caso tal de que no se cumpla alguno de los criterios de revisión, informar inmediatamente al especialista del área encargada del repuesto para la aprobación.											
Ítem	MATERIALES / OBSERVACIONES	Evaluación Criterios								Firmas	
		1	2	3	4	5	6	7	8	PV FIRMA	AP FIRMA
1	Material:										
	Observación:										
	Mtrl:										

**Figura 17.** Formato de recepción de repuestos.

- Se diseñó una guía de alistamiento, la cual tiene como objetivo establecer las instrucciones o los pasos necesarios para hacer un correcto alistamiento de los recursos necesarios para ejecutar una actividad. Con esta guía lo que se logra es que la persona tenga a la

mano un documento de apoyo, el cual los pueda dirigir y ayudar para alistar los recursos adecuados para la ejecución de una actividad.

Normalmente el problema radicaba en que no se tenía información escrita acerca de cómo es el alistamiento dentro de la empresa, algo que es del día a día del área de mantenimiento. Además, se trató de dejar al detalle cada uno de los aspectos claves y que posibles riesgos se pueden presentar en caso tal de no considerar alguno de estos aspectos. En la **Figura 18** podemos observar la portada de la guía de alistamiento.

						
<b>MANTENIMIENTO</b>						
<b>GUÍA ALISTAMIENTO</b>						
GUI-MTO-005  VERSIÓN No. 01						
Versión	Modificaciones					Fecha
01	Emisión original					01/07/2020
<b>Elaboración – Revisión – Aprobación</b>						
Versión	Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:	
	Nombre	Cargo	Nombre	Cargo	Nombre	Cargo
01	ATF	Practicante	MMU	GOM	MMU	GOM

**Figura 18.** Guía de alistamiento.

La guía de alistamiento se complementa con el formato de alistamiento mostrado en la **Figura 19**, ya que este formato es más versátil y práctico y es más fácil de utilizar en campo. Este formato nace con el objetivo de hacer una revisión al alistamiento, asegúranos que si se estén considerando todos los aspectos fundamentales.



LARELF		CHECK LIST ACTIVIDADES PARA ALISTAMIENTO GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	FTO-MTO-000 Versión: 01 Vigente desde: Junio de 2020	
TIPO DE INTERVENCIÓN		CENTRAL Y UNIDAD A INTERVENIR		
FECHA INTERVENCIÓN		LIDER DE LA INTERVENCIÓN		
VERIFICACIÓN DE ACTIVIDADES PARA LLEVAR A CABO UN CORRECTO ALISTAMIENTO				
Ítem	LISTADO ACTIVIDADES	OBSERVACIÓN	NA	ESTADO
1	Definir y verificar el recurso humano para llevar a cabo la		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Definir y establecer seguimiento a la herramienta especializada (si aplica).		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Definir y establecer seguimiento a los repuestos críticos (si aplica).		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Definir y establecer seguimiento a los servicios especiales (si aplica).		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Definir y establecer seguimiento a los contratos con terceros (si aplica).		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Definir y dimensionar consumibles e insumos para la intervención.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Definir logística, transporte, estadía y anticipos.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Definir y verificar toda la documentación de terceros (si aplica).		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Definir y verificar documentación propia, ATS, consignación de equipos, permisos especiales, etc.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Revisión final de cada uno de los ítems enlistados anteriormente.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Figura 19.** Formato de verificación actividades de alistamiento.

### 5.2.5 Soluciones para el cierre de brechas operativas en el paso de Ejecución de Mantenimiento.

- Se propuso un análisis del histórico de la actividad a realizar y así definir un estimado más preciso, del tiempo que toma llevar a cabo cada una de las actividades. Esta solución va de la mano con la plantilla base que se muestra en la Figura 16, ya que allí se establecen unos estimados de tiempo con base al histórico de intervenciones pasadas.

Básicamente lo que se logra con esto es optimizar los tiempos de parada, ya que como bien sabemos es indispensable para la empresa que las maquinas estén generando, sin embargo, la definición de los tiempos es exigente solo cuando se tienen paradas forzadas, ya que son paradas que no se encuentran programadas y suelen ser problemas de alta complejidad.

- Formatos físicos de registro, secuencias y validaciones donde se pueda llevar a cabo la respectiva verificación de la tarea que se esté desarrollando. Esto con el objetivo de asegurar la calidad de las intervenciones y optimizar los tiempos de las mismas.

Actualmente los formatos se encuentran en construcción. Esta tarea se vio afectada, ya que debido a la contingencia que se presentó por el Covid-19, se me ha hecho casi que imposible desplazarme a las centrales de generación y por lo tanto esta solución se encuentra definida, pero en proceso de construcción.

### 5.3 Análisis diario de parámetros técnicos de la central San Miguel.

Como bien se explicó en la metodología, diariamente se recibían los parámetros técnicos más relevantes de la central San Miguel, para realizar una inspección a fondo sobre cuales parámetros pudiesen estar por fuera de los rangos normales de operación y alertar sobre una posible falla.

Debemos tener en cuenta que inicialmente se hacía una revisión sobre los parámetros generales, los cuales son:

- Voltajes
- Valores de Generación diaria
- Temperatura devanados
- Potencia activa y reactiva
- Frecuencia
- Temperatura aceite
- Nivel tanque de carga
- Presión tubería forzada

En la **Tabla 1** podemos encontrar el consolidado de estos parámetros generales, este consolidado se construyó a partir de los valores promedio del día 19 de enero del 2020.

**Tabla 1.** Consolidado de parámetros técnicos generales central San Miguel.

Generación					
Generación total día		672,27		MWh	
Promedio día		28011,44		kW	
Mínimo Día		27487,21		kW	
Máximo Día		28561,77		kW	
Variables Unidades					
UNIDAD 1			UNIDAD 2		
Temperatura Devanados Generador			Temperatura Devanados Generador		
Fase U1	67,5	°C	Fase U1	65,9	°C
Fase V1	66,2	°C	Fase V1	66,2	°C
Fase W1	68,0	°C	Fase W1	67,4	°C
Generador			Generador		

Tensión	13,6	kV	Tensión	13,6	kV
Frecuencia	60,0	Hz	Frecuencia	60,0	Hz
Potencia Reactiva	1,9	kVAR	Potencia Reactiva	1,2	kVAR
<b>Presión tubería forzada</b>			<b>Presión tubería forzada</b>		
Presión	15,86	Bar	Presión	15,91	Bar
<b>Nivel Tanque de Carga</b>					
Nivel Tanque de Carga			667,33	m.s.n.m	
<b>Tensión de Línea</b>					
Tensión			115,44	kV	
Frecuencia			59,98	Hz	
<b>Transformador de Potencia</b>					
AT			55,69	°C	
BT1			53,29	°C	
BT2			52,08	°C	
Aceite			50,14	°C	

Para analizar correctamente estos parámetros generales mostrados en la **Tabla 1**, se debe tener en cuenta que la mayoría de estos parámetros generan señal de disparo en las unidades de generación, lo que se traduce en paro inminente de la misma y pérdidas económicas.

Ahora, se procede a analizar los parámetros que generaron problemas y se da a conocer las posibles causas de estos problemas:

### 5.3.1 Generación total del día

Este parámetro es uno de los que más cambios sufre y es algo obvio si consideramos que la central San Miguel es a filo de agua, pero en muchas ocasiones este valor puede variar debido a otros escenarios como lo son: operación con derrateo, mantenimiento en ventana de oportunidad, mantenimiento forzado, bajo nivel del tanque de carga, problemas en las compuertas desarenadoras y despacho de energía.

El escenario que más repetitivo es el de operación por derrateo, este escenario es muy común encontrarlo, si bien cuando el nivel de tanque de carga comienza a bajar o cuando hay una restricción por parte del operador de red en el nodo de salida de la generación. La caída en el nivel de tanque de carga se da debido a la acumulación de material playa en las rejillas coladeras, lo cual disminuye el flujo de agua y ocasiona una caída en el nivel del tanque de carga, esto se soluciona derrateando la generación y realizando maniobras de limpieza.

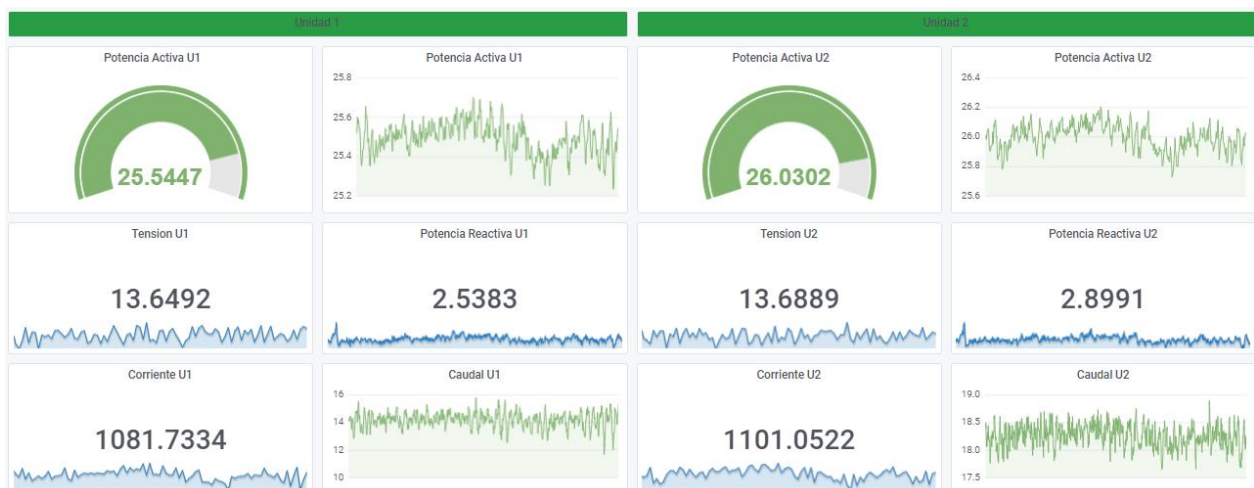
Por otro lado, el derrateo se puede presentar por restricciones en el nodo de salida, este es un escenario sobre el cual no se tiene mucho control y

básicamente se da cuando se tienen salidas de líneas ya sea por mantenimientos o por fallas.

### 5.3.2 Potencia Activa y Reactiva

La potencia activa y la potencia reactiva son parámetros que tienen una alta variabilidad dentro de la central San Miguel, esto debido a que la primera varía en función del despacho y los re-despachos que se hacen, y la segunda varía según el comportamiento del sistema, principalmente el comportamiento del voltaje de la red.

Es común encontrarnos que esta variabilidad obedezca a acuerdos comerciales de venta de energía, como también obedezca a la disponibilidad del recurso hídrico e incluso obedece a una repuesta ante un evento o falla en el sistema. A diferencia de los otros parámetros las potencia tanto activa como reactiva, los respectivos voltajes y la corriente tanto de la unidad 1 como de la unidad 2, pueden ser monitoreadas casi en tiempo real con la ayuda de la aplicación **Grafana** como se puede ver en la **Figura 20**:



**Figura 20.** Monitoreo en tiempo real de parámetros de potencia, voltaje, corriente y caudal de la central San Miguel.

### 5.3.3 Presión tubería forzada

Este es uno de los parámetros más críticos en una central, ya que esta tubería es la que conduce el agua hasta la turbina del sistema turbo-generador. Las variaciones de esta presión pueden ser consecuencia de una ruptura en la tubería o debido a la presencia de burbujas de aire dentro de la tubería, a esto se le conoce como cavitación. El límite de la presión en la tubería forzada es aproximadamente **20 Bar** por encima y **14 Bar** como límite inferior, si se

llegase a superar este se accionaria la protección mecánica y la maquina saldría de operación.

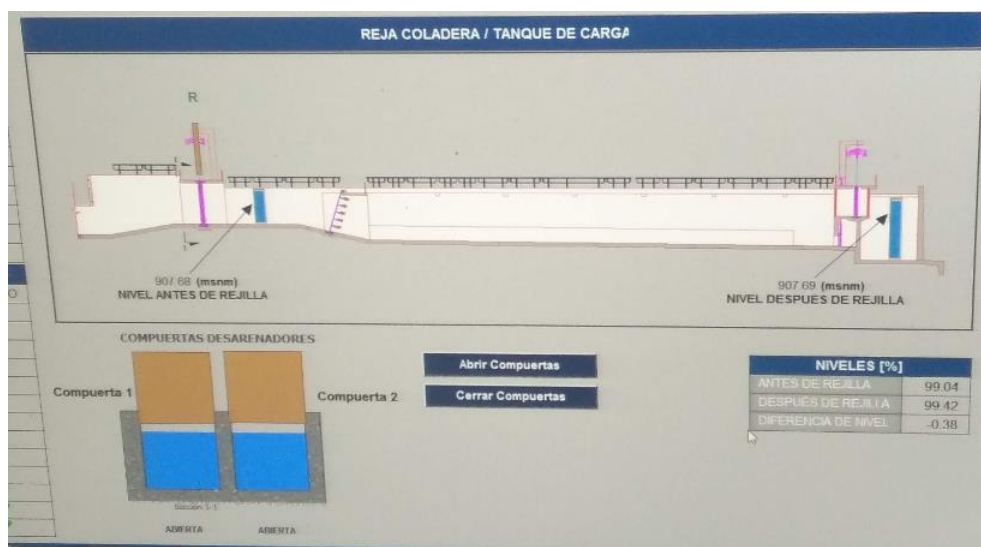
Cabe resaltar que la central San Miguel no posee almenará, la cual es un dispositivo que evita las sobrepresiones que se dan debido al fenómeno de golpe de ariete, este fenómeno puede ocasionar ruptura de la tubería de presión, así que es importante dar a conocer esta característica constructiva de la central.

En vez de almenara se cuenta con una válvula de presión súbita, la cual es la encargada de aliviar estas sobrepresiones que se puedan presentar en el sistema de conducción.

### 5.3.4 Nivel tanque de carga

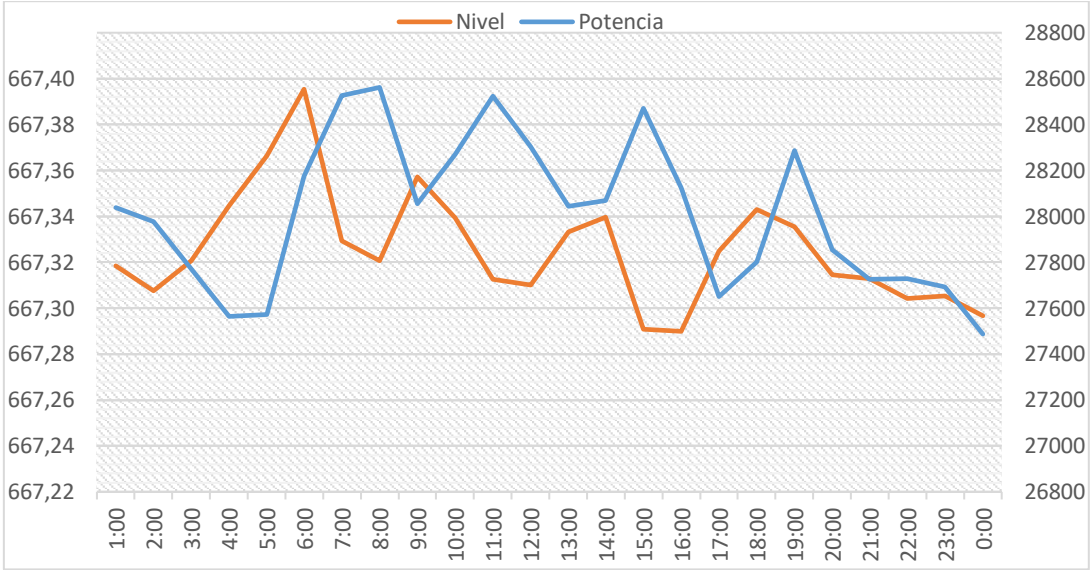
Si bien anteriormente mencionamos que una de las causales de la variación del nivel del tanque de carga es debido al bloqueo de las rejillas coladeras, existen otras causales que generan variación en este parámetro, las cuales son: limpieza programada en los tanques desarenadores, bajo nivel del recurso hídrico o una mala calibración del sensor de nivel. Además, es importante conocer el valor sobre los cuales es nivel del tanque de carga comienza a dar alertas, ya que es sería más fácil prever un disparo de máquina y evitar la salida del generador, estos valores son: para advertencia de **667,25 msnm** y para disparo **667,10 msnm**.

El monitoreo de este parámetro es fundamental, ya que a partir de este se establece el valor de generación para cada una de las unidades, por tal motivo y de forma similar al de la potencia, este parámetro tiene un monitoreo en tiempo real desde el Scada de la central como se puede observar en la **Figura 21**:



**Figura 21.** Sistema reja coladera/ tanque de carga.

En la **Figura 21** podemos observar que se calcula una diferencia de nivel, la cual es muy importante ya que esta diferencia es el detonante del disparo de la protección por bajo nivel de tanque de carga, ya que al notar una variación muy grande esta se ve obligada a sacar la máquina de operación. En el reporte diario se consolidan los valores y la relación entre el nivel de tanque de carga y la potencia, estos resultados se pueden observar en la **Figura 22**, en la cual observamos una dependencia directa de la potencia generada en relación al nivel de tanque de carga.



**Figura 22.** Relación potencia-nivel tanque de carga.

**5.3.5 Temperatura de los devanados del generador, de los devanados del transformador y de equipos que utilicen aceite como refrigerante.**

Como se puede apreciar en la **Tabla 1**, la temperatura en los equipos es de vital importancia a la hora de detectar anomalías en su operación y sirve como ayuda diagnóstica para inferir las posibles causales de falla. Sin embargo, la **Tabla 1** muestra solamente los valores de temperatura de los devanados del generador y los devanados y el aceite del transformador.

El análisis de temperatura no solo se restringe a estos dos equipos si no que cubre a equipos tales como: cojinetes del lado acoplado al generador, cojinetes del lado no acoplado al generador, sistema de refrigeración cerrado (RC), sistema de refrigeración abierto (RA), intercambiadores de calor, núcleos del transformador y la temperatura del aceite de las unidades de potencia hidráulica (HPU).

En la **Tabla 2** podemos encontrar el consolidado de estos valores, allí podremos notar que los valores promedio adquiridos diariamente están muy alejados de

los valores límite, lo que es una buena señal operativa de todos los sistemas dentro de la central de generación.

**Tabla 2.** Consolidado de temperaturas de Sistemas comunes de la central San Miguel U1.

Ítem	COJINETES	SISTEMA RC	SISTEMA RA	N1	N2	N3	N4	COOLER 1-2	COOLER 3-4	ACEITE HPU
Temperatura Promedio (C°)	47,37	28,84	23,40	55,95	52,72	67,64	67,98	51,65	53,75	42,99
Temperatura Advertencia (C°)	75,00	30,00	30,00	95,00	95,00	95,00	95,00	80,00	80,00	55,00
Temperatura de Disparo (C°)	80,00	35,00	35,00	100,00	100,00	100,00	100,00	85,00	85,00	60,00

Si bien no se tuvieron problemas con las temperaturas en la central, es importante saber identificar las principales causas por las cuales estas temperaturas se puedan salir de los rangos de operación normal. En el caso del generador se pueden dar aumentos de temperatura debido a fallas de su aislamiento, lo que provoca pequeños cortocircuitos internos que aumentan la temperatura en cada uno de los enrollamientos de la máquina. Este escenario no es común, pero se da debido a que las descargas parciales perforan el aislamiento y dan cabida a estas corrientes.

Por otro lado, en los transformadores el aumento de su temperatura está muy relacionado con la calidad de su aceite refrigerante, cantidad de agua presente en el mismo, cantidad de furanos y cantidad de gases contaminantes como lo son el metileno y el etileno, los cuales son productos de fallas y de descargas parciales sobre el equipo.

En lo que respecta a los sistemas de refrigeración tanto el abierto como el cerrado, su temperatura depende mucho de la correcta circulación del agua y el correcto funcionamiento de los intercambiadores de calor. En lo que respecta a los cojinetes y a la unidad de potencia hidráulica, las variaciones en la temperatura de los mismos dependen mucho de la cantidad y la calidad del aceite.

#### **5.4 Análisis técnico de los eventos regulación primaria de frecuencia**

A continuación, se presentan los detalles técnicos de dos eventos representativos reportados uno por incumplimiento de la regulación primaria de frecuencia y otro por cumplimiento. Para mayor claridad, en la **Tabla 3**, se detallan los análisis y gráficas comparativas que se realizaron, además se debe considerar que durante los eventos a analizar la máquina se encontraba

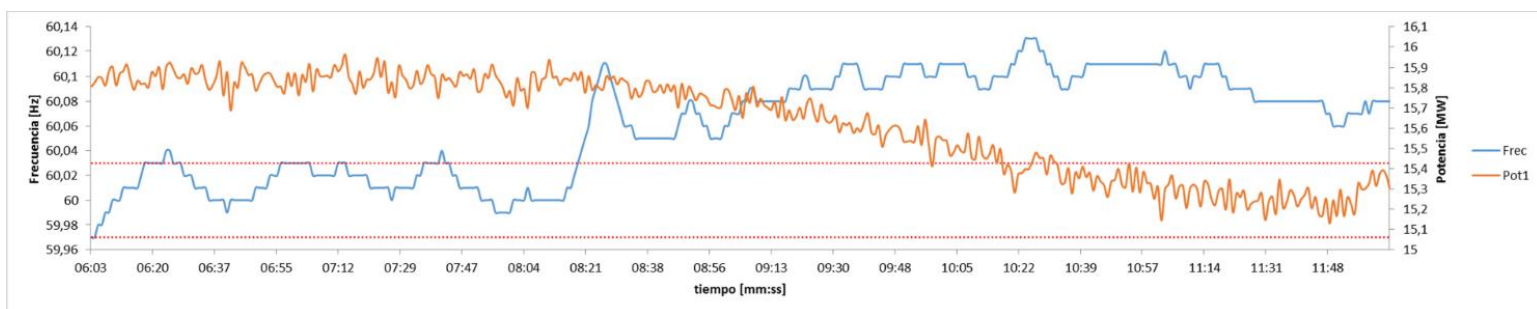
operando en modo control de potencia, lo que significa que se le define una consigna de potencia activa fija y durante los eventos cambia de forma tal que pueda responder ante los eventos de frecuencia.

Evento No.	Fecha y hora	Tipo de Evento	Unidad en Operación	Análisis realizados
1	29/04/2020 12:08 a.m.	Excursión por encima de la banda muerta	1, 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frecuencia/Potencia</li> </ul>
2	12/05/2020 12:11 p.m.	Excursión por debajo de la banda muerta	1, 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frecuencia/Potencia</li> <li>• Frecuencia/Apertura</li> <li>• Frecuencia/Presión</li> </ul>

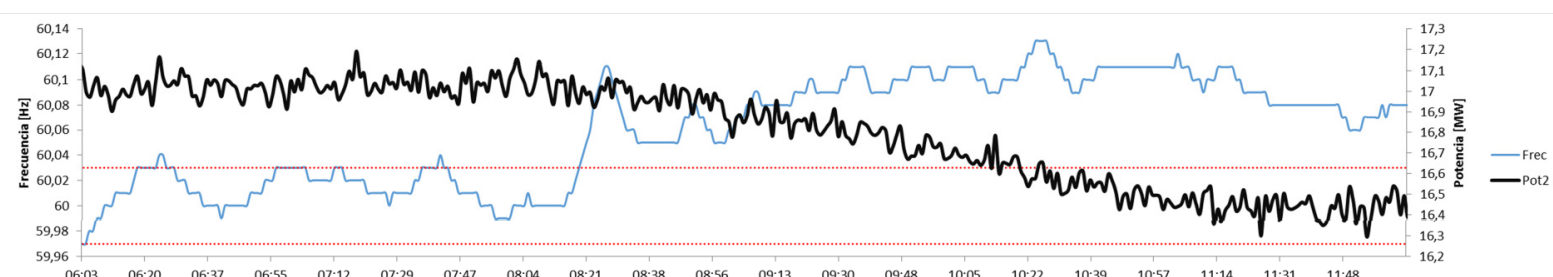
**Tabla 3.** Detalles de los eventos analizados.

### 5.4.1 Evento 1

Aproximadamente a las 12:08:21 a.m. del 29 de abril, las unidades 1 y 2 estaban operando y hubo una excursión de frecuencia por encima de la franja superior de la banda muerta. En la **Figura 23** y la **Figura 24** se presenta el comportamiento de la potencia activa en cada unidad respecto a los cambios de frecuencia en el tiempo en el que ocurrió el evento. Las figuras muestran cómo la RPF trabaja correctamente para este evento.



**Figura 24.** Frecuencia/Potencia durante evento de frecuencia en Unidad 1 - Evento – 1.

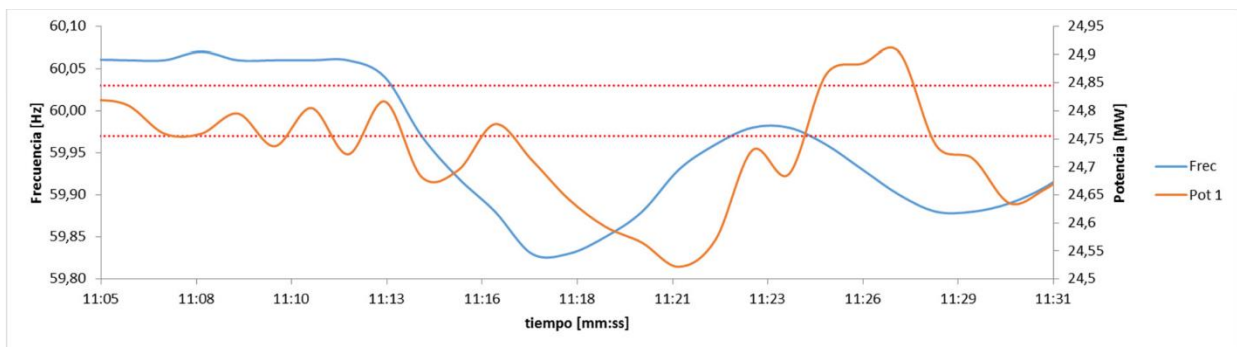


**Figura 23.** Frecuencia/Potencia durante evento de frecuencia en Unidad 2 - Evento – 1.

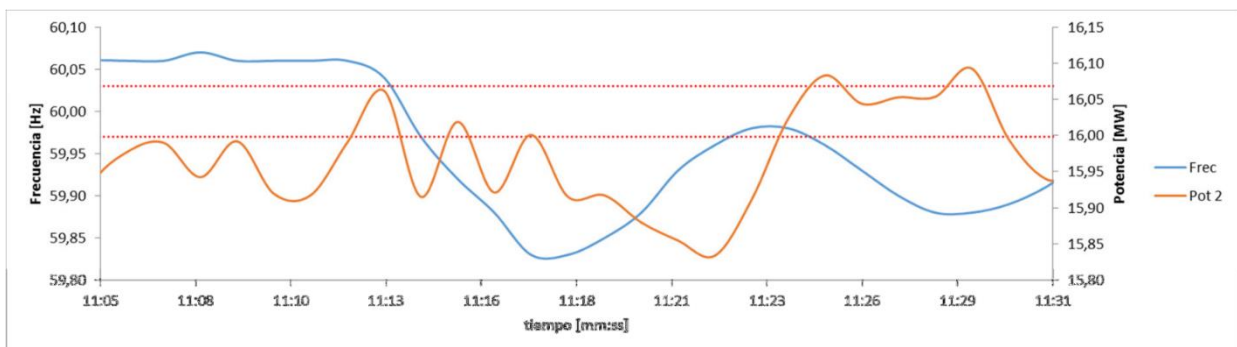


### 5.4.2 Evento 2

Alrededor del mediodía del 12 de mayo de 2020, las unidades 1 y 2 estaban operando y hubo una excursión de frecuencia por debajo de la franja inferior de la banda muerta a las 12 horas entre el minuto 13 al minuto 23 aproximadamente. En la **Figura 25** y la **Figura 26** se presenta el comportamiento de la potencia activa en cada unidad respecto a los cambios de frecuencia en el tiempo durante el evento.



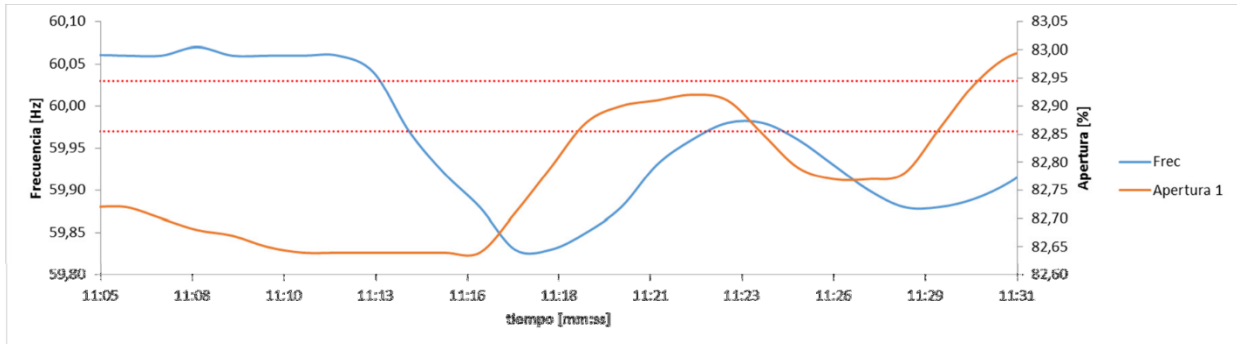
**Figura 25.** Frecuencia/Potencia durante evento de frecuencia en Unidad 1 - Evento No. 2.



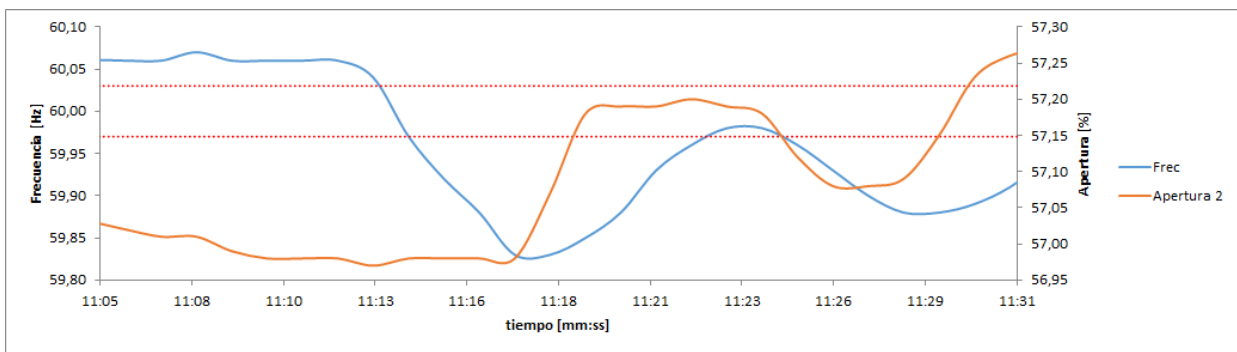
**Figura 26.** Frecuencia/Potencia durante evento de frecuencia en Unidad 2 - Evento No. 2.

En las **Figuras 25 y 26** podemos observar que la regulación primaria funciona correctamente, ya que se aumentó la potencia activa con el objetivo de llevar el valor de la frecuencia nuevamente a su rango de operación normal, ya que esta se encontraba superando el límite inferior, pero una vez se llega al tiempo 11:13, la potencia de ambas unidades comienza un decremento brusco hasta 11:17, algo que no debería pasar, ya que esta caída de la potencia generó una caída súbita en la frecuencia, algo totalmente opuesto a la regulación primaria de frecuencia. Alrededor de las 11:17 y algunas milésimas de segundo, el sistema comienza a reaccionar y se trata de establecer nuevamente en los valores normales de operación.

Ahora realizaremos unos análisis adicionales para tratar de explicar el comportamiento anómalo de la potencia y esclarecer el por qué no se cumplió la regulación primaria de frecuencia en este caso.

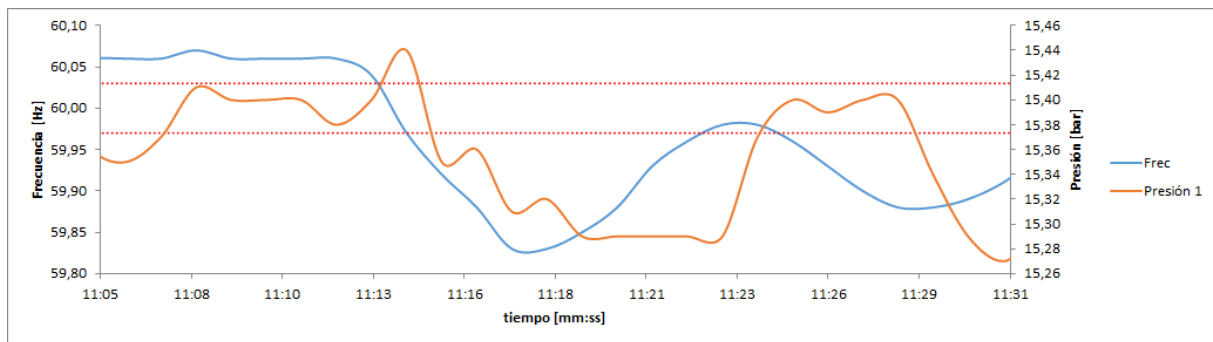


**Figura 27.** Frecuencia/Apertura del Distribuidor durante evento de frecuencia en Unidad 1 - Evento No. 2.

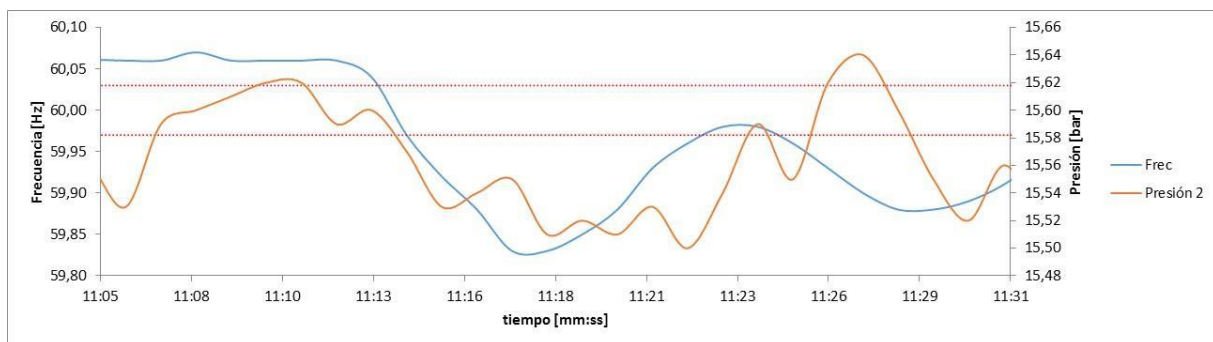


**Figura 28.** Frecuencia/Apertura del Distribuidor durante evento de frecuencia en Unidad 2 - Evento No. 2.

Podemos observar en las **Figuras 27 y 28** que el distribuidor opero correctamente en ambas unidades, ya que al darse una caída de frecuencia este aumento su porcentaje de apertura para permitir un flujo mayor de agua y así lograr mayor potencia. Sin embargo, podemos observar que esta respuesta no es inmediata y se genera con un retraso de 3 segundos, por lo tanto, el aumento de potencia no se da de forma inmediata lo que puede explicar el comportamiento dado en las **Figuras 25 y 26** analizadas anteriormente.



**Figura 29.** Frecuencia/Presión debajo la Turbina durante evento de frecuencia en Unidad 1 - Evento No. 2.



**Figura 30.** Frecuencia/Presión debajo la Turbina durante evento de frecuencia en Unidad 2 - Evento No. 2.

Para concluir con el análisis de este evento, se puede observar en las **Figuras 29 y 30** un comportamiento inesperado en la presión, ya que esta tiene un comportamiento muy similar al de la potencia y al disminuir la frecuencia, esta también comienza a disminuir. Esto nos indica que existe una correlación directa entre la potencia y la presión y que por lo tanto la presión en algún punto de la tubería se vio afectada y esto ocasiono que la maquina no pudiese responder ante la caída de la frecuencia.

## 6. CONCLUSIONES

- Se destaca el análisis de brechas operativas dentro del ciclo de Gestión de Mantenimiento, ya que, al identificar estos problemas se pudo proponer las respectivas soluciones, las cuales en muchas ocasiones iban de la mano de documentación o formatos que no se tenían dentro de la empresa, sin embargo, también se implementaron soluciones metodológicas, practicas semanales, reuniones, revisiones y sesiones de trabajo conjunto.
- Cabe resaltar la importancia que tiene la seguridad dentro de la empresa y con el objetivo de mejorarla se desarrolló satisfactoriamente el proyecto de fichas LOTO y paralelamente se completó satisfactoriamente el catálogo de procedimientos de riesgo eléctrico, mecánico e instrumentación y control. Esto nos da un buen indicio en la mejora de aspectos de seguridad en la ejecución, la cual es una de las problemáticas analizada.
- Si bien solo se alcanzó a cubrir hasta el paso de ejecución dentro del ciclo de Gestión de Mantenimiento, los resultados se muestran contundentes en las labores realizadas, ya que se proporcionó una solución práctica para cada una de las brechas analizadas, además, se destaca el aporte de los Especialistas de Mantenimiento, del Ingeniero de Planeación, de los ejecutores, del Coordinador de Operación y del Gerente de Operación y Mantenimiento en la realización de toda la documentación presentada, lo que reafirma el compromiso de todo el grupo LAREIF en el mejoramiento continuo.
- Es importante analizar todos los parámetros técnicos de las centrales diariamente, ya que al hacer esto podemos tener indicios de problemáticas que pueden suceder y aumentar la capacidad de respuesta. No se debe olvidar que la temperatura, la presión, las fugas de agua, las vibraciones responden a un estado de operación, si este estado esta perturbado por un daño o una falla, esto se verá reflejado en estos parámetros.
- Se pudo observar los factores adicionales que influyen en el servicio de regulación primaria de frecuencia, para nuestro caso el retardo en la apertura del distribuidor y la caída de presión en la turbina, afectaron negativamente la capacidad de respuesta ante un evento de frecuencia, lo cual obedece a aspectos netamente mecánicos.

## 7. REFERENCIAS

[1] Que es mantenimiento - Mantenimiento. (2020). Retrieved 5 July 2020, from <https://mantenimiento.win/>

[2] Garrido, S. (2020). Plan de mantenimiento basado en RCM. Retrieved 21 February 2020, from <http://ingenieriadelmantenimiento.com/index.php/26-articulos-destacados/17-plan-de-mantenimiento-basado-en-rcm>

[3] ¿En qué consiste el ciclo PHVA de mejora continua? (2020). Retrieved 5 July 2020, from <https://www.isotools.org/2015/02/20/en-que-consiste-el-ciclo-phva-de-mejora-continua/>

[4] (XM). Retrieved 21 February 2020, from [https://www.xm.com.co/Documents/PDF/Operacion/Mecanismo\\_Verificaci%C3%B3n\\_Regulaci%C3%B3n\\_Primeria\\_de\\_Frecuencia.pdf](https://www.xm.com.co/Documents/PDF/Operacion/Mecanismo_Verificaci%C3%B3n_Regulaci%C3%B3n_Primeria_de_Frecuencia.pdf)

[5] (XM). Retrieved 05 June 2020, from <https://www.xm.com.co/corporativo/Memorias%20Seminarios/Taller%20moderado%20de%20mantenimiento%20y%20controles%20-%20Agosto%202018.pdf>

[6] Siemens. Kraftwerk-Kennzeichen-System Identification System for Power Plants. 2010 Edition, 2010. Revisado 15 mayo de 2018. Recuperado de <https://diskuse.elektrika.cz/index.php?action=dlattach;topic=18673.0;attach=10786>







[7] González, Francisco. Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado. Madrid, España FC Editorial, 2005.

## 8. ANEXOS

### 8.1 Anexo 1- Ficha de bloqueo

		<b>ANTES DE INTERVENIR ESTE EQUIPO, LEA Y APLIQUE ESTA FICHA</b> <b>MAPA CERO ENERGÍAS</b> <b>FICHA DE BLOQUEO Y ETIQUETADO (LOTO)</b>			FTO-SST-046 Versión: 04 Vigente desde: Febrero de 2020		
PC/R/C: E:	SAN MATIAS	Área o Proceso:	MANTENIMIENTO TURBINA SAN MATIAS UNIDAD 2		Sistema o Equipo (en preferencia indicar el KKS)	TURBINA SMT2 ME	
Fecha de creación del mapa:	26/02/2020	Personas que construyeron el	RODRIGO GARCIA		Revisado por:		
							
<b>PROCEDIMIENTO DE BLOQUEO Y ETIQUETADO</b>		<b>1. Preparar para apagar</b> - Identifique los tipo de energías involucradas en el proceso - Identifique los peligros y riesgos, establezca un control par a cada riesgo - Establezca el control y método de bloqueo para cada energía  <b>2. Apagar / Parar</b> - Apague el equipo usando el procedimiento normal, aplique el procedimiento sugerido en esta tarjeta		<b>3. Aislar el equipo</b> - Corte todas las fuentes energía que alimentan el equipo  <b>4. Señalice y aplicación de candadoo</b> - Instale el bloqueo departamental y la tarjeta departamental - Instale los mecanismos para la aplicación del candadoo (Tijeras, placas, etc.) instale los candados del personal involucrado en el trabajo. <b>Nota:</b> Todo el personal involucrado en el trabajo indiferente de su sección, deben instalar un candadoo y su tarjeta, en la que indique el trabajo a realizar.		<b>5. Liberación de la energía acumulada</b> - Aliviar la energía residual o acumulada, descargue líneas, tuberías, o cualquier otro sistema que pueda contener energía almacenada - Alivie las mangueras que puedan tener aire comprimido  <b>6. Verificar el aislamiento / Prueba</b> - Accione los mecanismos para encender la maquina o equipo nuevamente y verifique que la maquina no realice ningún movimiento	

DESCRIPCIÓN Y PUNTO DE BLOQUEO	FOTO DEL PUNTO DE BLOQUEO	ACTIVIDAD EN LA QUE APLICA	MÉTODO DE BLOQUEO	RESTRICCIONES	FOTO POSICIÓN CERO ENERGÍA	FOTO VERIFICACIÓN AUSENCIA DE ENERGÍA (Si aplica)	DESCRIPCIÓN Y FOTO DE VERIFICACIÓN DEL BLOQUEO
Cuarto de media tensión celda -K02-K02.01		1. Mantenimiento anual del generador. 2. Inspecciones internas del generador. 3. Mantenimiento general de turbina. 4. Inspecciones de turbina.	1. En el cuarto de media tensión de identifica la celda -K02-K02.01. 2. Verifique que el interruptor al interior de la celda este en posición <b>OPEN</b> . (Abierto). 3. Verifique ausencia de tensión en el indicador ubicado en el panel frontal de la celda (POTENTIAL INDICATOR). Los LED deben estar apagados totalmente. 3. Utilizando la manija del interruptor, se extrae hasta que llegue a la puerta frontal. 4. Instale el dispositivo de bloqueo, con candadoo y tarjetas en el punto indicado en imagen.	1. Debe ser aplicado por persona competente. 2. De utilizar guantes clase 0, careta y overol clase 2, para la apertura del interruptor.			
Cuarto de servicios auxiliares tablero -NE21 Interruptor -Q101 y -Q102		1. Mantenimiento motores M1 y M2 de la HPU. 2. Mantenimiento de las bombas de la HPU Bomba 1 o Bomba 2.	1. En el tablero -NE21 se identifican los interruptores -Q101 y -Q102 2. Coloque el interruptor en posición <b>OFF</b> 3. Verifique ausencia de tensión, en el motor a intervenir. 4. Instale el bloqueo en el interruptor.	1. Debe ser aplicado por persona competente. 2. De utilizar guantes clase 0, careta y overol clase 2, para la apertura del interruptor.			

Válvula mariposa U2		<ol style="list-style-type: none"> <li>Mantenimiento anual del generador.</li> <li>Inspecciones internas del generador.</li> <li>Mantenimiento general de turbina.</li> <li>Inspecciones de turbina.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Verifique que la válvula esté totalmente cerrada.</li> <li>Verifique en el manómetro instalado en el sistema de equilibrio de presiones que no hay presión en la carcasa espiral.</li> <li>Instale el pin de seguridad.</li> <li>Instale candado y tarjeta en el pin de bloqueo de válvula.</li> </ol>	NA		
Válvula By pass U2 válvulas manuales		<ol style="list-style-type: none"> <li>Mantenimiento anual del generador.</li> <li>Inspecciones internas del generador.</li> <li>Mantenimiento general de turbina.</li> <li>Inspecciones de turbina.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Verifique que la válvula by pass esté totalmente cerrada.</li> <li>Cierre la válvula manual aguce arriba de la válvula by pass.</li> <li>Instale el sistema de bloqueo en la válvula manual.</li> <li>Instale candado y tarjeta.</li> </ol>	NA		

## 8.2 Anexo 2- Consolidado de actividades críticas de mantenimiento

**Tabla 4.** Resumen Actividades de Mantenimiento eléctrico, identificando las críticas y de mayor riesgo eléctrico.

ÁREA ELÉCTRICA RESUMEN DE ACTIVIDADES
Actividad
Pruebas eléctricas a equipos de subestación, transformadores de potencia, interruptores de potencia, seccionadores, PTs, CTs
Mantenimiento preventivo de subestación, limpieza de equipos ajuste de conexiones
Mantenimiento correctivo en subestación, puntos calientes, cambio de componentes, intervenciones en transformadores.
Toma de muestra de aceite al transformador de potencia
Termografía infrarroja general, casa de máquinas, subestación
Pruebas a generadores
Mantenimiento de generadores, limpieza y ajuste de conexiones
Mantenimiento de tableros en servicios auxiliares, limpieza, ajuste de conexiones, cambio de elementos
Mantenimiento de transformadores puente grúa
<b>Mantenimiento de transformadores de servicios auxiliares</b>

<b>Mantenimiento de motores trifásicos y monofásicos</b>
Mantenimiento de plantas Diésel
Correctivos de plantas Diésel, cambio de partes.
<b>Mantenimiento de aire acondicionado</b>
Mantenimiento de sistemas de iluminación
Mantenimiento de UPS
Pruebas a bancos de baterías
Mantenimiento a bancos de baterías, limpieza, ajuste de conexiones, cambio de baterías
<b>Mantenimiento a cargadores de baterías, limpieza y ajuste de conexiones</b>
<b>Mantenimiento anual a puentes grúa</b>
<b>Mantenimiento correctivo a puentes grúa, cambio de partes e inspecciones</b>
Mantenimiento preventivo semestral de polipastos en las captaciones
<b>Mantenimiento correctivo de polipastos en las captaciones, cambio de partes, inspecciones</b>
Pruebas a sistemas de apantallamiento y puesta a tierra
Correctivos del sistema de puesta a tierra, puentes, ajuste de conexiones
Inspección termografía y fotográfica con dron a líneas de transmisión
Mantenimiento correctivo en líneas de transmisión, cambio de aisladores, limpieza, ajuste de conexiones
Medición de sistemas de puesta a tierra en líneas de transmisión
Cambio de vientos a torrecillas en líneas de transmisión
Rocería de franjas de servidumbre en líneas de transmisión
Mantenimiento de tomacorriente y circuitos comunes
Calibración de medidores en fronteras comerciales
Mantenimiento de los sistemas de medida, limpieza y ajuste de conexiones.
Cambio y montaje de postes
Gestión de protecciones, descarga de backups y eventos.
Monitoreo de vibraciones unidad de generación
Pruebas eléctricas a cable de potencia
<b>Medición de aislamiento generadores y motores</b>
<b>Verificación de diodos y varistores-Excitatriz</b>

**Tabla 5.** Resumen Actividades de Mantenimiento mecánico, identificando las críticas y de mayor riesgo mecánico.

<b>ÁREA MECÁNICA RESUMEN DE ACTIVIDADES</b>
<b>Actividad</b>
<b>Inspección de rodete Pelton e inyectores (ensayos END a rodete)</b>
<b>Cambio de rodete Pelton</b>
<b>Cambio de agujas y boquereles en inyectores de turbina</b>



Cambio de aceite cojinetes superior e inferior, HPU, unidad de lubricación y HPU compuertas captación
Toma de muestras de aceite lubricantes cojinetes superior e inferior, HPU, unidad de lubricación y HPU compuertas captación
Inspección sello cojinete guía inferior generador
<b>Mantenimiento compuertas de captación (radial, planas, de fondo, garantía ambiental)</b>
Mantenimiento mecánico generador (radiadores)
Mantenimiento frenos del generador
Mantenimiento sistema de refrigeración abierto
Mantenimiento sistema de refrigeración cerrado
Mantenimiento sistema de turbina Francis
<b>Inspección de rodete Francis (ensayos END)</b>
<b>Cambio o ajuste de sello junta de eje</b>
Cambio o mantenimiento de intercambiadores de calor
mantenimiento filtros autolimpiantes 1 y 2
<b>cambio de diafragmas sistema refrigeración RA</b>
mantenimiento sistema hidráulico y mangueras equipo limpia rejas
Mantenimiento semestral mecánico polipastos
<b>Inspección de recubrimiento cerámico componentes de turbina Francis</b>
Montaje casetas protección polipastos
Inspección de sistema hidráulico, bombas HPU y unidades de lubricación
Cambios de rodamientos en motores eléctricos y bombas
Ajuste de prensaestopa en sello eje turbina
Mantenimiento válvula descarga de lodos
Operación segura de polipastos

**Tabla 6.** Resumen Actividades de Mantenimiento de instrumentación y control, identificando las críticas y de mayor riesgo.

<b>ÁREA INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL RESUMEN DE ACTIVIDADES</b>
<b>Actividad</b>
Calibración instrumentación unidad
<b>Calibración inyectores y deflectores</b>
Mantenimiento CCTV
Mantenimiento electro y servo válvulas de control
Mantenimiento equipos de control captaciones
Mantenimiento equipos de vibraciones
Mantenimiento equipos Radiocomunicaciones
<b>Mantenimiento instrumentación Agua de Sellos</b>

<b>Mantenimiento instrumentación Generadores</b>
<b>Mantenimiento instrumentación HPU</b>
<b>Mantenimiento instrumentación para medición de nivel</b>
<b>Mantenimiento instrumentación Sistema RA</b>
<b>Mantenimiento instrumentación Sistema RC</b>
<b>Mantenimiento instrumentación Sistemas de frenado</b>
<b>Mantenimiento instrumentación Turbina</b>
<b>Mantenimiento Instrumentación Unidad de Lubricación</b>
<b>Mantenimiento instrumentación Válvula de Seguridad</b>
<b>Mantenimiento PLC's</b>
<b>Mantenimiento SCADA</b>
<b>Mantenimiento SCI</b>
<b>Pruebas a equipos de control</b>
<b>Pruebas instrumentación subestación</b>
<b>Pruebas y verificación a protecciones</b>
<b>Verificación precarga acumuladores</b>

### 8.3 Anexo 3- Consolidado de brechas operativas dentro del ciclo de Gestión de Mantenimiento.

PASO GENERAL EN EL ESQUEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	BRECHA IDENTIFICADA	SOLUCIÓN PROPUESTA	ESTADO	DISCUTIDA CON EL EQUIPO DE MANTENIMIENTO
<b>INVENTARIO DE ACTIVOS</b>	Se identifica problemas en la taxonomía o codificación de los activos ya que la guía actual de este proceso no es práctica	Se propone crear una guía practica y rápida, para explicar de una manera mas fácil y didáctica la codificación KKS	Terminada, falta por codificación y divulgación	SI
	Se identificaron problemas en la definición de criticidad de los activos, debido a que no se tiene definido un procedimiento o un estándar que aclare este tema	Se propone realizar un procedimiento estándar de criticidad de los activos que están bajo la supervisión del grupo LAREIF	Terminada, falta por codificación y divulgación	SI
	Se identifico que hay brechas en la marcación y etiquetado de algunos activos	La propuesta es hacer una guía de marcación y etiquetado, además proponer un seguimiento al porcentaje de activos que llevan su marcación y etiquetado	Terminada, falta por codificación y divulgación	SI
	Se encontró problemáticas en todo el proceso de seguimiento, incorporación y puesta en marcha de activos nuevos.	Se propone implementar un formato Check-List, en el cual se le pueda hacer seguimiento a la incorporación del activo nuevo, se considerarían puntos como: Formulario activo nuevo, Codificación KKS, ingreso a Fractal del activo, definición de plan de mantenimiento, puesta en marcha y manuales de operación, acuerdos operativos con personal del área de operación y formalización de entrega.	En fase de corrección y mejoras	SI
<b>INTEGRAR NECESIDADES DE MANTENIMIENTO</b>	Problemáticas en el seguimiento de las actividades del PMM preventivo y predictivo	Establecer con el ingeniero de planeación unos indicadores de cumplimiento y brindar soporte por medio de Fractal	Implementada	SI
	Frecuencias e intervalos de intervenciones	Revisión constate al PMM predictivo y preventivo y activación de alerta temprana de las actividades	Por implementar	SI
	Metodología de Seguimiento-Planeación- ejecución y cierre	Elaboración de un esquemático general y documento guía, que sirva de apoyo a los especialistas para estandarizar estos procesos.	Terminada, falta por codificación y divulgación	SI
	Priorización de actividades	Reunión de reporte diaria, evaluando aspectos sean pueden considerar de mayor prioridad con base a la criticidad del activo	Implementada, posibles cambios	NO
	Alto volumen de solicitudes de trabajo que llegan desde las centrales	Con ayuda del área de operación capacitar a los operadores como mantenedores y además, darles a conocer los procedimientos de mantenimiento y sus respectivos sistemas de flujo de	En desarrollo	SI

	Definiciones de Estrategias de Mantenimiento para cada activo	Con ayuda de los especialistas y del ingeniero de planeación, tratar de completar el porcentaje de activos que tienen definido plan de mantenimiento	Por implementar	SI
<b>PLANEACIÓN DE MANTENIMIENTO</b>	Metodología de Planeación de paradas mayores	Estandarizar y definir una metodología con base al histórico de intervenciones y así, asegurar la calidad de la intervención.	En desarrollo	SI
	Seguimiento a los compromisos adquiridos en las reuniones de planeación	Llevar los compromisos a un Planner y hacerles seguimiento constante, esto cumple una función adicional de chequeo y prealstamiento.	Implementada	SI
	Cronograma de actividades para la planeación de un Mantenimiento Mayor	Definición de un Project base, con las actividades y los tiempos normales que se deben tener en cuenta en la planeación de este tipo de actividades, fijar un estándar.	En desarrollo	NO
	Organización y toda la metodología para planear y ejecutar tareas estándar o consideradas mínimas	Guía de programación de actividades menores y toda la metodología a seguir, planeación, alistamiento, logística, etc.	Terminada, falta por codificación y divulgación	NO
	Definición de planes de trabajo cada área de mantenimiento	Definir con el ingeniero de planeación y los especialistas, el alcance de las actividades de cada una de las áreas y así definir un compromiso en planner de crear un Project con el cronograma de actividades parciales.	Implementada	SI
	Cronograma de actividades para la planeación de una actividad menor	Definición de un Project base, con las actividades y los tiempos normales que se deben tener en cuenta en la planeación de este tipo de actividades, fijar un estándar.	En desarrollo	NO
<b>ALISTAMIENTO DEL MANTENIMIENTO</b>	Prealstamiento y chequeos cruzados	Reunión de revisión de compromisos	Implementada	SI
	Lista de Repuestos críticos por cada especialidad	Establecer una practica con cada uno de los especialistas de enlistar los repuestos críticos y con antelación remitirlos al área de compras	Implementada	SI
	Recepción de repuestos	Formato de recepción de repuestos para ejecución o almacenaje	En revisión	NO
	Salida de repuestos de la centrales	Formato de salida de repuestos de la central	En revisión	NO
	Alistamiento de todo tipo de actividad, repuestos críticos, recursos, logística, EPIs, etc.	Formalizar una guía de alistamiento que incluya todos los aspectos claves del alistamiento, con el objetivo de asegurar la calidad de la ejecución de la actividad.	Terminada, falta por codificación y divulgación	SI

	Alistamiento de todo tipo de actividad, repuestos críticos, recursos, logística, EPIs, etc.	Formalizar una guía de alistamiento que incluya todos los aspectos claves del alistamiento, con el objetivo de asegurar la calidad de la ejecución de la actividad.	Terminada, falta por codificación y divulgación	SI
	Definición de repuestos estratégicos	Realizar un inventario de los repuestos estratégicos, definiendo algunos criterios como tiempo de consecución, para facilitar el alistamiento	En revisión	NO
	Revisiones finales	Implementar con los especialistas y con ayuda de los ejecutores, hacer revisiones finales con el objetivo de corroborar un correcto alistamiento de repuestos, herramientas, equipos de protección personal y consumibles.	En construcción	SI
	Contratos con terceros y servicios especializados	Seguimiento continuo a través de los compromisos en Planner	Implementada	SI
	Plan de emergencia	Definir una practica entre los encargados de la planeación y del alistamiento, en caso de que se presente alguna contingencia o por algún motivo no se pueda realizar la intervención, conservar todo lo planeado y que después a la hora que se active la tarea, no empezar de cero nuevamente	En construcción	SI
	Fichas de bloqueo de los equipos a intervenir	Discusión previa a la intervención de los puntos de bloqueo y establecer unas fichas preliminares de bloqueo, las cuales se complementan en sitio con la ayuda del área de SST	Implementada	SI
<b>EJECUCIÓN</b>	Verificación y confirmación de que se hicieron todos los bloqueos a los equipos a intervenir	Check-list de verificación de cada uno de los puntos de bloqueo	Implementada	SI
	Problemas en el cumplimiento de los tiempos establecidos de la intervención.	Se propone un análisis del histórico de la actividad a realizar y así definir un estimado más preciso, del tiempo que toma llevar a cabo dicha actividad.	Implementada	SI
	Aseguramiento de la calidad de cada uno de los trabajos ejecutados	Formatos físicos de registro, secuencias y validaciones donde se pueda llevar a cabo la respectiva verificación de la tarea que se este desarrollando.	En construcción	SI

# INFORME DIARIO DE OPERACIÓN

Fecha **sábado, 4 de julio de 2020**  
 Precio Promedio de Bolsa **190,42 \$/KWh \***

Día del año **186**  
 Día del mes **4**

Semana del año **27**

Planta	Capacidad	Indicadores Día				Planta en reserva		Eventos Día				Acumulado Mes			Acumulado Año					Indisponibilidad Año				
		Generacion	Factor de Planta	Factor de Disponibilidad	Reserva x Alto C	Reserva x Bajo C	Paradas Programadas	Salida Forzada	Falla Externa	Total Indispo	Generacion	Factor de Planta	Cumplimiento vs Ppto Mes	Generacion	Factor de Planta	Factor Planta Ppto	Generacion Ppto	Cumplimiento vs Ppto anual	Paradas Programadas		Paradas no programadas		Factor Indisponibilidad	
		MW	MW-hr	NCF %	EAf %	RSF%	RSF%	Hrs	Hrs	Hrs	Hrs	%	%	MW	MW-hr	%	%	MW-hr	%	Dias	SOF %	Dias	EFOR %	IHF %
San Miguel	50,00	1.087,46	90,62 %	100,00 %	6,15 %	0,00 %	0,00	0,00	0,00	0,00	4.600,82	95,85 %	143,03 %	159.012,82	71,24 %	0,79 %	176.856,77	89,91 %	0,99	0,53 %	0,77	0,41 %	0,94 %	
Barroso	19,90	472,60	98,95 %	100,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00	0,00	0,00	0,00	1.856,91	97,20 %	110,28 %	40.494,50	45,58 %	0,71 %	62.783,87	64,50 %	0,65	0,35 %	0,08	0,04 %	0,39 %	
Popal	19,90	425,16	89,02 %	100,00 %	3,30 %	0,00 %	0,00	0,00	0,00	0,00	1.848,97	96,78 %	119,11 %	67.473,67	75,96 %	0,81 %	71.512,26	94,35 %	0,10	0,05 %	0,45	0,24 %	0,30 %	
El Molino	19,90	463,82	97,12 %	100,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00	0,00	0,00	0,00	1.797,82	94,11 %	153,96 %	43.371,64	48,82 %	0,63 %	55.967,74	77,49 %	0,27	0,14 %	0,05	0,03 %	0,17 %	
San Matias	19,90	462,72	96,89 %	99,27 %	0,00 %	0,00 %	0,01	0,00	0,00	0,01	1.800,39	94,24 %	150,52 %	43.982,86	49,51 %	0,64 %	56.826,13	77,40 %	0,84	0,45 %	0,33	0,18 %	0,63 %	
Guanaquitas	9,50	164,00	71,93 %	96,04 %	0,00 %	0,00 %	0,00	0,00	0,95	0,04	752,24	82,48 %	99,66 %	20.418,73	48,15 %	0,70 %	29.664,84	68,83 %	0,01	0,01 %	0,23	0,12 %	0,13 %	
Caruquia	9,50	143,83	63,08 %	95,49 %	0,00 %	0,00 %	0,00	0,00	1,08	0,05	652,70	71,57 %	103,23 %	13.141,99	30,99 %	0,57 %	24.092,26	54,55 %	0,42	0,23 %	0,40	0,21 %	0,44 %	
La Cascada	2,30	47,13	85,38 %	95,97 %	0,00 %	0,00 %	0,00	0,90	0,07	0,04	181,47	82,19 %	101,18 %	6.152,73	59,93 %	0,71 %	7.329,35	83,95 %	0,11	0,06 %	0,90	0,48 %	0,54 %	
<b>Total Empresa</b>	<b>150,90</b>	<b>3.266,73</b>	<b>90,20 %</b>	<b>99,31 %</b>	<b>2,47 %</b>	<b>0,00 %</b>	<b>0,01</b>	<b>0,90</b>	<b>2,10</b>	<b>3,01</b>	<b>13.491,32</b>	<b>93,13 %</b>	<b>129,93 %</b>	<b>394.048,95</b>	<b>58,50 %</b>	<b>72,00 %</b>	<b>485.033,23</b>	<b>81,24 %</b>		<b>0,32 %</b>		<b>0,23 %</b>	<b>0,55 %</b>	

<b>NCF</b>	<b>Factor de Planta</b> Factor de capacidad neta Generacion real del periodo
------------	--

<b>EAf</b>	<b>Disponibilidad</b> Equivalente factor de disponibilidad (Horas servicio + horas reserva)/horas del periodo
------------	---

<b>RSF</b>	<b>Factor de Reserva de Servicio (alto y bajo caudal)</b> Reserva Factor Servicio horas reserva/horas periodo
------------	---

<b>SOF</b>	<b>Factor Mantenimiento Programado (interno y externo)</b> Corte de horas paradas programadas Horas de mantenimiento/horas del periodo
------------	--

<b>EFOR</b>	<b>Factor de Indisponibilidad Forzada *</b> Equivalente corte de horas paradas no programadas Horas de salida forzada/horas del periodo
-------------	---

<b>IHF</b>	<b>Factor Indisponibilidad</b> (horas totales Indisp.programada + Forzada)/horas del periodo
------------	---

## 8.4 Anexo 4- informe diario de operación (IDO)

### 8.5 Anexo5- PMM predictivo y preventivo

2020		Plan Anual de Actividades Preventivas y Predictivas de las Unidades Centrales LAREIF Dirección de Mantenimiento																																																			
		ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
San Miguel Unidad 1	Programado		M2			A2				A3					M4	M3		A1				A4	I1					M5	M1	A5		M7		M4				M6				M3						A4	M4				
San Miguel Unidad 2	Programado		M2							A3							M3	A1					A4								M1	A5												M3						A4			
San Miguel Captación	Programado															M4		M2					A4							M5																	M2						
Barroso Unidad 1	Programado		M3			R1	A5	A3	A2						M2	M4		A1					A4	R1	A5		M3	M5			M7	M4					M6				M1	A5				A4	M4						
Barroso Unidad 2	Programado				M1	A5	A3	A2										A1					A4	M3	R1	A5							M2										R1	A5				A4	M3				
Barroso Captación	Programado		M2													M4							A4		M2		M5																										
Popal Unidad 1	Programado				M2		A2			A3						M4	M3		A1				A4								M1	A5	M7	M5	M4				M6					M3				A4	M4				
Popal Unidad 2	Programado					M2				A3								M3	A1					A4								M1	A5													M3				A4			
Popal Captación	Programado															M4		M2					A4																										M2				
El Molino Unidad 1	Programado		M2				A2									M3	M4	A1					A4							M1	A5	A3		M7			M5	M6					M3					A4	M4				
El Molino Unidad 2	Programado			M2													M3		A1					A4							M1	A5	A3													M3				A4			
San Matias Unidad 1	Programado					A2	M2										M4	A1		M3			A4								A3		M7	M1	A5	M5	M6									M3				A4	M4		

**Actividades Preventivas**

M1	Mantenimiento Anual
M2	Mantenimiento Semestral
M3	Mantenimiento Trimestral
M4	Mantenimiento Aires Acondicionados
M5	Mantenimiento Plantas Diesel
M6	Mantenimiento Sistemas de Izaje
M7	Mantenimiento Sistemas monitoreo Contra Incendio
R1	Amolado de Rodete

**Actividades Predictivas**

A1	Análisis Termografía
A2	Análisis aceite Dielectrico
A3	Análisis Vibraciones
A4	Análisis aceite Hidráulicos y Lubricación
A5	Pruebas no destructivas Rodete
I1	Inspección Líneas Transmisión

**Especialidades**

Eléctrica
Instrumentación
Mecánica