

Estructuración estratégica de un plan de paradas para mantenimiento de unidades de generación eléctrica en escenarios de restricciones

Mario Alberto Gallo Mejía

Trv. Inferior Cra 30 # 10C - 280

E.mail: mgallo@isagen.com.co – mariogallo21@gmail.com

Medellín – Colombia

Resumen

Los agentes generadores de energía responden a los lineamientos del agente regulador en los escenarios de planeación de recursos. Estos contienen una serie de restricciones por construcción y/u operación que deben respetarse buscando un equilibrio donde todos los actores son importantes. Del lado generador se conocen como *Inflexibilidades* y son una entrada de gran relevancia en la planeación estratégica buscando la mejor oportunidad para mantener los activos.

La cadena Productiva

ISAGEN S.A. como agente generador y comercializador de energía, reconoce que hace parte de una cadena productiva en el sector eléctrico en Colombia y en congruencia con ello, responde a las directrices que se imparten por parte de la entidad designada para la regulación, en los diferentes ejercicios de planeación de recursos del sistema.

Estas directrices contemplan una serie de restricciones por construcción y/u operación de los sistemas eléctricos involucrados, las cuáles deben ser respetadas, con el objetivo de mantener un equilibrio técnico y energético, donde todos los actores cobran relevancia. Del lado de las centrales de generación de energía, dichas restricciones se configuran en aspectos como diseños mismos de las plantas, ciclos de hidrología específicos, características especiales de operación de los equipos, recomendaciones de fabricantes y

aspectos comerciales estratégicos de cada compañía en la cadena productiva.

Estos aspectos comerciales sumados a los aspectos técnicos son los parámetros a tener en cuenta para buscar la mejor oportunidad para realizar las paradas de los diferentes activos de generación, que, sumado a otra serie de decisiones, buscan dar una respuesta integral al plan corporativo de ingresos. Así entonces, es a partir de las necesidades de intervención técnica de equipos, las cuales vienen de forma inicial expresadas en los manuales de fabricantes, y a través de las experiencias tomadas de intervenciones anteriores, y sumando el criterio de expertos, como se priorizan y planean las intervenciones, procurando dar una respuesta oportuna a las necesidades expresas por los actores del proceso.

En la compañía se procura respetar el criterio base: *“El aspecto técnico prima sobre el comercial”*. Este aspecto juega un papel preponderante y redunda en una planeación del mantenimiento mucho más eficiente.

Inflexibilidades y restricciones

Las inflexibilidades son una serie de factores restrictivos para la operación de los diferentes activos en toda la cadena productiva. En el proceso de generación de energía, estas restricciones pueden ser de dos tipos: Técnica y/o ambiental.

Restricciones técnicas: Estas pueden ser asociadas a las condiciones de diseño, o constructivas de los activos de generación de energía (límites de operación de equipos, capacidades de trabajo, rangos, etc.), u operativas (ubicación física, maniobrabilidad de equipos, diseños específicos, tipos de montaje, holguras de operación electromecánica, etc.). Un tipo de inflexibilidad operacional que se tiene siempre en cuenta son los ciclos hidrológicos, los cuales se convierten en una entrada muy importante al momento de tener los ejercicios de planeación. En Colombia, los ciclos hidrológicos están fuertemente influenciados por el fenómeno conocido como El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) [1] y la Oscilación del Atlántico Norte (NAO). Estos fenómenos tienen un particular impacto en los trimestres de septiembre-octubre-noviembre y diciembre-enero-febrero.

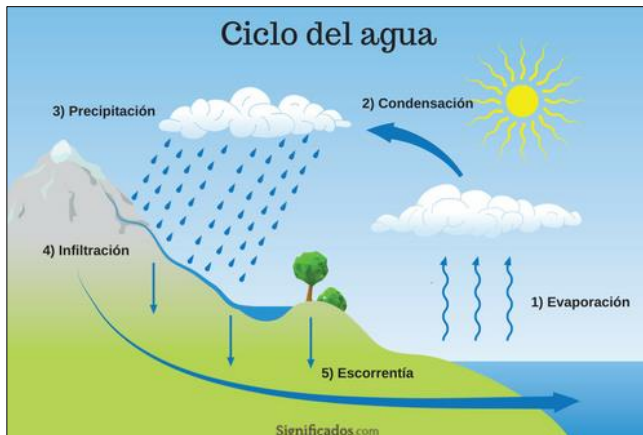


Fig. 1 Ciclo hidrológico del agua. Tomado de la web en www.institutodelagua.es ; 17/12/2024

Así las cosas, los ciclos de hidrología como factor restrictivo operacional son una variable que, si bien la asumen los diferentes agentes en sus distintas etapas de operación, para los ejercicios de planeación del mantenimiento, cobra especial relevancia y son tenidos en cuenta de forma preliminar.

Restricciones ambientales: Son las que están relacionadas con los compromisos adquiridos ante

las entidades de control para obtener la licencia de operación de las plantas objeto del negocio y bajo las cuales se garantizan operaciones sostenibles con el ambiente y las comunidades alrededor de los centros de producción.

Todas estas restricciones se convierten en aspectos de entrada de gran relevancia al momento de realizar los ejercicios de planeación y son tenidas en cuenta no solo por los agentes generadores, sino también por el agente operador y regulador del SIN (Sistema Interconectado Nacional).

Estructura del mantenimiento

En ISAGEN se ha definido al ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar) como la filosofía a seguir en el mantenimiento de los activos de generación, facilitando así una óptima planeación, programación, ejecución y evaluación del mantenimiento.

Esta secuencia permite obtener los planes de mantenimiento tanto de equipos principales asociados a la cadena de generación, como de los equipos periféricos o auxiliares que coadyuvan en la operación de las plantas.

Esta buena práctica le permite hoy a la compañía sostener una distribución del mantenimiento donde predomina el de tipo preventivo, con un porcentaje importante y cada vez más creciente del mantenimiento tipo predictivo y sostener un bajo porcentaje del mantenimiento tipo correctivo.

En la figura siguiente se muestra la estructura del mantenimiento, la cual es soportada en el sistema de información ERP SAP, bajo criterios de riesgo, costo y desempeño, con objetivos claros de respuesta a las variables CMD (Confiability, Mantenibilidad y Disponibilidad) y con respuesta a las directrices en calidad y HSSE (Higiene,

Seguridad, Seguridad Patrimonial y Medio Ambiente).

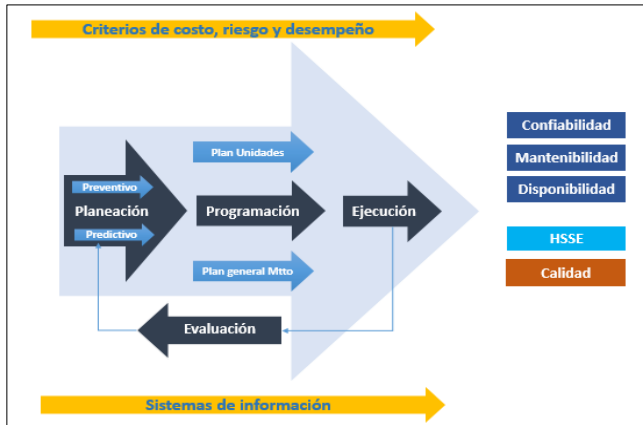


Fig. 2 Estructura del mantenimiento. Tomado de documento normativo interno, ISAGEN, 17/12/2024

Escenarios de planeación de paradas para el mantenimiento de unidades de generación

Largo plazo (20 años): es el primer y más importante escenario, donde teniendo en cuenta los criterios de restricciones anteriormente descritos, se realiza la planeación de paradas hacia el futuro, bajo las periodicidades y alcances previamente definidas dentro de la estrategia interna de intervención de equipos, la cual se soporta de forma preliminar en las recomendaciones de los fabricantes, pero con un gran componente asociado a la experiencia y experticia del personal ejecutor y al concepto de expertos en cada una de las áreas técnicas involucradas.

En este escenario se plasman principalmente las paradas para mantenimiento de unidades de mayor duración y alcance, y se conjugan con los mantenimientos mayores (overhaul) y modernización de equipos por procesos de obsolescencia. Se busca ubicar en esta etapa del proceso, las paradas de cada planta, según las condiciones establecidas para cada una de ellas, donde se consideran las series hidrológicas de su área, las necesidades específicas de intervención

(esto incluye tiempos para modernizaciones, retrofit, etc), se procura realizar una ubicación de cada parada dependiendo de las condiciones operativas particulares y cuidando tener la menor cantidad de potencia (MW) por fuera, para garantizar niveles adecuados de disponibilidad, respondiendo a las necesidades de la parte comercial, aunque cabe recordar que prima el criterio o la necesidad técnica antes que lo comercial.

Una vez se tiene un “primer borrador” del plan de paradas largo plazo, se realiza un ajuste del mismo con todas las necesidades de modernización de equipos y retrofit, hasta el alcance que la proyección así lo permita (usualmente hasta cinco años), información que se suministra a partir de un ejercicio detallado de análisis de obsolescencia tecnológica y vida útil de equipos, y a la posterior construcción de un “banco de proyectos” desde donde se habilitan dichas intervenciones para ser planeadas en conjunto con las intervenciones en las unidades de generación.

Una vez culminado el ejercicio de planeación largo plazo, con el ajuste en alcances y duraciones, se realizan los análisis y cálculos de las disponibilidades operacionales, buscando entregar insumos de valor tanto para las proyecciones financieras como para la planeación energética de la compañía, y poder asegurar el aprovisionamiento de recursos hacia futuro. De esta forma se pueden planear (desde lo técnico y financiero) intervenciones de mayor alcance y modernización de activos por su condición de obsolescencia técnica.

Mediano plazo (5 años): este escenario se deriva del ejercicio de planeación de largo plazo y es muy importante ya que soporta el Plan de Desarrollo Institucional, facilita la planeación de recursos técnicos y financieros en el mediano plazo y permite la afinación de necesidades y el adecuado aprovisionamiento de recursos que permiten el

cumplimiento de las metas propuestas en este lapso.

En esta etapa, existe la opción de realizar ajustes al plan previamente establecido, con modificaciones tanto al plan de paradas para mantenimiento de unidades, como al plan de modernización de equipos, relacionando allí necesidades y/o compromisos contractuales.

Con base en las nuevas realidades y las necesidades técnicas y/u operacionales que se presentan, y así mismo, teniendo en cuenta las restricciones ya conocidas, se realizan los ajustes en fechas, duraciones y alcances y se realimenta el plan de aprovisionamiento de recursos.

Corto plazo (2 años): igualmente derivado del plan de largo plazo, y con los ajustes realizados en el mediano plazo. Es el plan que tiene el ajuste más fino, con las realidades y necesidades analizadas en el corto plazo, y que contiene aspectos específicos en lo técnico, operacional y comercial.

En este escenario se pueden presentar las (CAOP) Condiciones Anormales de Operación, informadas previamente por el agente regulador, lo que implica en algunos casos el ajuste necesario del plan establecido.

Este plan de corto plazo contiene para dos años, las paradas para mantenimiento de unidades, las intervenciones para ejecutar modernización de equipos y retrofit, las intervenciones en algunos casos de equipos en bloque, los mantenimientos predictivos (termografías, aceites de transformadores, aceites hidráulicos, inspecciones, pruebas específicas en las unidades de generación). Así mismo, previamente compartido el plan con el agente operador de red, pueden planearse algunas intervenciones necesarias sobre los activos de conexión.

Si bien ya se ha mencionado que en la compañía prima el aspecto técnico sobre el comercial y el agente regulador usualmente permite que los agentes generadores ejecuten su plan de paradas para mantenimiento de unidades según lo establecido, la declaración de las (CAOP) puede llegar en algún momento a modificar dicho plan, lo cual se convierte en si en una restricción adicional. Bajo estas condiciones en una declaratoria de esta magnitud, las paradas de unidades podrán ser auditadas en justificación y alcance por los entes de regulación, partiendo del plan inicial.

Una vez se tiene ajustado el plan corto plazo, se realiza el cálculo, revisión y proyección de los objetivos de disponibilidad operacional para cada una de las plantas, y se establecen como parte de los objetivos del TBI (Tablero Balanceado de Indicadores).

El plan de corto plazo se debe enviar cada año al agente regulador, quienes, en sus ejercicios de análisis de la proyección operativa, realizan sus modelos para cumplimiento de la demanda energética del corto plazo. Una vez realizado esto, el agente regulador establece reuniones llamadas PSM (Planeación Semestral del Mantenimiento), donde todos los involucrados complementan la información compartida previamente y facilitan el posible ajuste fino del plan integrado del sistema nacional. En esta etapa también existe la posibilidad de realizar ajustes, dependiendo de las necesidades expresadas por el agente regulador, lo que los convierte también en parte de la cadena de restricciones.

Eficiencias en los procesos de planeación de recursos e impactos en ingresos.

Partiendo de la fórmula básica para calcular la ganancia neta en donde [2]:

Fórmula 1. (Ganancia neta = Ingresos – gastos)

Se observa que para mantener siempre positiva la ganancia neta, se hace necesario propender por bajar los gastos asociados al proceso, o en su defecto, mantener y/o aumentar los ingresos.

Con base en lo anterior, en la industria de la generación de energía, una de las formas de mantener o aumentar los ingresos es con la venta de la energía generada, en cualquiera de sus modalidades (contratos a largo plazo y/o en la bolsa), y por medio de la prestación de servicios complementarios como el AGC (Automatic Generation Control o Control de Generación Automática). Adicional a ello, los agentes generadores reciben un pago asociado al Cargo por Confiabilidad que se realiza con el fin de garantizar el suministro de energía eléctrica en momentos de escasez. Este cargo lo diseñó la CREG (Comisión de Regulación de Energía y Gas) en el año 2006 [3].

Ahora bien, para que la compañía pueda alcanzar el logro de los objetivos estratégicos en ingresos, se hace explícitamente necesario que las unidades de generación cuenten con niveles adecuados de disponibilidad, y ello se logra, entre otros aspectos, con un adecuado mantenimiento. En este sentido, la estrategia de planeación de intervenciones juega un papel preponderante y busca trazar en los diferentes horizontes, aquellas intervenciones que no solo respondan a las necesidades técnicas de los equipos, sino también a los planes de generación e ingresos que se trazan los demás grupos de trabajo al interior de la organización.

Algunas acciones que pueden tomarse desde lo estratégico, buscando impactar positivamente las metas corporativas son:

- Distribuir las paradas de mayor alcance (caso de los mantenimientos mayores) entre años consecutivos.
- Crear un rango técnico admisible para ubicación de las paradas, según la periodicidad estratégica utilizada, que

pueda oscilar de entre 4 a 8 semanas antes o después de cumplida la periodicidad.

- Hacer coincidir los trabajos de modernización con las paradas para intervención de equipos principales.
- Planear las paradas cuando se está en épocas de baja afluencia hidrológica (series hidrológicas por áreas).
- Evitar al máximo la programación de paradas de mayor alcance de varias unidades o sub-áreas en un mismo período.
- Realimentar cada escenario del nuevo corto plazo del plan, con base en los resultados de la ejecución anterior, utilizando diversas metodologías como el CBM (Mantenimiento Basado en Condición), RCM (Mantenimiento Basado en Confiabilidad) o IBR (Inspección Basada en Riesgo).
- Priorizar la planeación a partir de los resultados del mantenimiento predictivo, con especial atención en aquellos equipos que por dichos estudios arrojen medidas por fuera de los rangos establecidos o muestren síntomas de deterioro más allá de los límites permitidos.
- Con base en el seguimiento periódico y al análisis de la condición de los equipos, evaluar la posibilidad de pasar algunas intervenciones realizadas por periodicidad, a por condición, incrementando el seguimiento de las variables más importantes, impactando positivamente la expectativa de disponibilidad operacional.

La determinación de un escenario de planeación de corto plazo de dos años es muy importante, ya que se pueden facilitar y optimizar con el suficiente tiempo, los procesos de aprovisionamiento de materiales. Así mismo, en intervenciones mucho más intrusivas, donde se tenga cierto nivel de “dependencia tecnológica” o se requieran procesos dispendiosos de diseño o fabricación de componentes con compras incluso internacionales, un lapso de 2 años ya es incluso insuficiente, y se

hace necesario más tiempo para que los procesos contractuales se surtan adecuadamente, y estos elementos puedan estar en los centros de producción a tiempo para el desarrollo de las intervenciones.

Con la suficiente antelación es posible llegar a acuerdos importantes con fabricantes y/o proveedores de partes, lo que puede redundar en optimización de costos de proceso. Es así entonces como puede encontrarse que los casos de “dependencia tecnológica” pueden llegar a configurarse como una “restricción” al momento de realizar los escenarios de planeación, y dependiendo de la gestión de los activos a través de las estrategias de análisis mencionadas (seguimiento de activos, análisis de vidas útiles, etc.), ubicar las intervenciones según la oportunidad, es clave, para dar respuesta a las diferentes variables involucradas en el proceso.

Una mirada de “segundo piso”

Varios aspectos se han mencionado durante el desarrollo de este artículo, especialmente lo relacionado con aquellos que se convierten en restricciones, al momento de realizar los escenarios de planeación, pero existe uno que cobra mayor relevancia y es el de aplicar el ejercicio de una mirada de “segundo piso”.

Debe entenderse que una mirada de “segundo piso” corresponde a una mirada “holística” [4], de tal forma que sea posible ver las cosas en un todo, con sus complejidades y en conjunto. Extrapolando esta definición al ejercicio de planeación en cada uno de los escenarios, es posible apreciar las diferentes interacciones, procesos y particularidades que no se perciben si se realizaran procesos de forma individual.

Este aspecto cobra especial relevancia si se entiende que, como se compartía al principio del escrito, los agentes generadores forman “parte” de

una cadena productiva, y los resultados de sus ejercicios de planeación “tienen” que ser congruentes, no solo con las necesidades de otros agentes (transportadores) sino también con lo que plantea la regulación y el agente designado para ello. En este sentido, la mirada holística o de “segundo piso” ayuda a evaluar en conjunto todas las restricciones bajo las cuáles un agente generador puede y debe construir su plan de intervenciones en cada uno de sus escenarios.

Una mirada integral del proceso puede permitir la valoración de recursos (mano de obra, materiales y servicios) que pueden necesitarse, y realizar una mejor distribución, lo cual puede redundar en optimización de costos y logística en el momento de la ejecución de las paradas. Tener en cuenta este aspecto es muy importante, especialmente en la planeación de paradas para unidades de producción en una misma área, donde seguramente estos recursos (principalmente de mano de obra) son compartidos o incluso reducidos.

Lecciones aprendidas y conclusiones

Uno de los aspectos de mayor relevancia para el ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar) es sin duda alguna la realimentación de los procesos, y son precisamente las lecciones aprendidas las que más ayudan en ese fin y facilitan su mejoramiento continuo.

Algunas de las principales lecciones aprendidas en el proceso de planeación del mantenimiento son:

- Las restricciones están y permanecerán en el proceso y son una variable constante que debe tenerse siempre en cuenta en los ejercicios de planeación estratégica.
- Es mejor pensar en que las restricciones pueden aumentar y con ello realizar los ejercicios de forma holgada y conservadora.



8° CONGRESO MUNDIAL
DE MANTENIMIENTO Y
GESTIÓN DE ACTIVOS



21 · 22 · 23

MAYO · 2025

Centro de Convenciones
Cartagena de Indias · Colombia



Federación Iberoamericana
de Mantenimiento



 22° Congreso Iberoamericano de Mantenimiento
 27° Congreso Internacional de Mantenimiento y Gestión de Activos - CIMGA

Contacto

Mario Alberto Gallo Mejia

Celular: 3113028168

Dirección residencia: Calle 37B # 96 -54

Dirección oficina: Trv inferior Cra 30 # 10C -280

E.mails: mgallo@isagen.com.co;
mariogallo21@gmail.com

Medellín
Colombia
