

PLAN DE MEJORA EN PROCESO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
MENSUAL EN CENTRAL HIDRAULICA DARIO VALENCIA SAMPER

CHRISTIAN CAMILO BARACALDO RODRIGUEZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE FISICOMECHANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2021

PLAN DE MEJORA EN PROCESO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
MENSUAL EN CENTRAL HIDRAULICA DARIO VALENCIA SAMPER

CHRISTIAN CAMILO BARACALDO RODRIGUEZ

Monografía de grado presentada como requisito para optar al título de:
Especialista en gerencia de mantenimiento

Director:

NATHALIA ANDREA BELTRÁN SOLANO
Especialista en gerencia de mantenimiento

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE FISICOMECHANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2021

DEDICATORIA

De forma muy especial a mi madre y padre María Leonor y Misael, por ser mis maestros de vida, la razón de ser y su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida con los valores, ética y responsabilidad, inculcada en mi educación.

A mi hermana Diana Carolina y sobrina María Victoria, por ser fuente de inspiración con el milagro de la vida, amor, nobleza y sonrisa.

Este título es para ustedes.

CHRISTIAN CAMILO

CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN.....	12
1. OBJETIVOS.....	13
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	13
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
2. JUSTIFICACIÓN.....	14
3. MARCO TEORICO.....	15
3.1 TIPOS DE MANTENIMIENTO.....	15
3.1.1 Mantenimiento preventivo.....	15
3.1.1.1 Mantenimiento de Rutina.....	15
3.1.1.2 Intervenciones posteriores a inspecciones / controles preventivos.....	15
3.1.1.3 Inspección.....	15
3.1.1.5 Mantenimiento extraordinario.....	16
3.1.2 Mantenimiento correctivo.....	16
3.1.2.1 Descompuesto (componente fuera de servicio).....	16
3.1.2.2 Fallo (mal funcionamiento de un componente).....	16
3.1.2.3 Avería o falla inesperada.....	16
3.1.2.4 Falla detectada durante actividades predictivas.....	16
3.1.2.5 Eventos extraordinarios.....	17
3.1.3 Mantenimiento predictivo.....	17
3.1.3.1 Inspecciones y controles de seguimiento.....	17
3.1.3.2 Intervenciones después de inspecciones /controles predictivos.....	17
3.2 SISTEMAS DE UNIDAD GENERADORA.....	18

3.2.1 Valvula esferica.....	19
3.2.2 Inyectores	19
3.2.3 Turbina Pelton.....	19
3.2.4 Cojinetes	19
3.2.5 Generador.....	19
3.2.6 Estator	19
3.2.7 Rotor	19
3.2.8 Transformador	19
3.3 DESCRIPCIÓN CENTRAL HIDROELECTRICA DARIO VALENCIA SAMPER	20
3.3.1 Tunel de carga a cámara de valvulas	24
3.3.2 Cámara de válvulas	25
3.3.3 Tubería de carga.....	26
3.3.4 Casa de máquinas	27
4. DESARROLLO PLAN DE TRABAJO.....	29
4.1 DIAGNOSTICO ACTUAL.....	29
4.2 ACTIVIDADES A REALIZAR EN CONJUNTO DE LAS AREAS O&M	34
4.2.1 Revision de la situación actual.....	35
4.3 Consignacion de unidad	36
4.3.1 Parada de unidad.....	36
4.3.2 Bloqueo y etiquetado	36
4.3.3 Apertura de permisos de trabajo.....	37
4.3.4 Ejecución de mantenimiento	37
4.3.5 Desconsignación.....	37
4.3.6 Cierre de permisos.....	37
4.3.7 Desbloqueo y des-etiquetado	38
4.3.8 Arranque de unidad	38
4.4 Análisis de las causas.....	40
5. PLAN DE ACCION.....	44

6. CONCLUSIONES46

BIBLIOGRAFÍA..... 47

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1: Jerarquización De Los Sistemas De Unidad Generadora.....	18
Figura 3: Orden De Trabajo	32
Figura 4: Metodología Plan De Trabajo	34
Figura 5: Metodología Situación Actual	35
Figura 6: Grafico Actividades Ejecutas Vs. No Ejecutadas.....	43

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 2: Descripción De Actividades En Fases.....	39
Cuadro 3: Desagregación De Actividades Ejecutadas Vs. No Ejecutadas	41
Cuadro 4: Desagregación De Actividades En Fase 1	44
Cuadro 5: Desagregación De Actividades En Fase 2	45
Cuadro 6: Desagregación De Actividades En Fase 3	45

LISTA DE IMÁGENES

pág.

IMAGEN 1: UNIDAD GENERADORA.....	18
IMAGEN 2: VISTA AÉREA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DARÍO VALENCIA SAMPER	20
IMAGEN 3: VISTA DEL PONDAJE EN CAUCE DEL RIO BOGOTÁ.....	22
IMAGEN 4: BOCATOMA DARÍO VALENCIA SAMPER	23
IMAGEN 5: COMPUERTAS RADIALES BOCATOMA DARÍO VALENCIA SAMPER.....	24
IMAGEN 6: CÁMARA DE VÁLVULAS DARÍO VALENCIA SAMPER.....	25
IMAGEN 7: TUBERÍA DE CONDUCCIÓN DARÍO VALENCIA SAMPER.....	26
IMAGEN 8: VISTA AÉREA DE TUBERÍA DE CARGA A CASA DE MÁQUINAS DVS.....	27
IMAGEN 9: CASA MAQUINAS DARÍO VALENCIA SAMPER	28

RESUMEN

TÍTULO: PLAN DE MEJORA EN PROCESO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO MENSUAL EN CENTRAL HIDROELECTRICA DARIO VALENCIA SAMPER.

AUTOR: CHRISTIAN CAMILO BARACALDO RODRIGUEZ

PALABRAS CLAVE: MANTENIMIENTO PREVENTIVO (PM), OPTIMIZACION PROCESO DE MANTENIMIENTO.

DESCRIPCIÓN:

El propósito de esta monografía es realizar un plan de mejora mediante un análisis cualitativo, con el fin de efectuar un diagnostico actual y evaluar si se está haciendo la completa ejecución y cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo mensual diseñado para la central hidroeléctrica Darío Valencia Samper.

Seguidamente se plantea sobre una línea de tiempo donde se pueden hacer las mejoras que se pueden aplicar, con el objetivo de proponerlas para lograr cumplir con la ejecución de todas las actividades propuestas a realizar en el mantenimiento preventivo mensual.

* Monografía de grado

** Facultad de ingenierías físico-mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento.

Director: Nathalia Andrea Beltrán Solano. Especialista en Gerencia de Mantenimiento

ABSTRACT

TITLE: IMPROVEMENT PLAN IN THE MONTHLY PREVENTIVE MAINTENANCE PROCESS AT THE DARIO VALENCIA SAMPER HYDROELECTRIC PLANT.

AUTHOR: CHRISTIAN CAMILO BARACALDO RODRIGUEZ

KEY WORDS: PREVENTIVE MAINTENANCE, MAINTENANCE PROCESS OPTIMIZATION

DESCRIPTION:

The purpose of this monography is to elaborate a improvement plan through a qualitative analysis and thus perform an actual diagnostic and assess if a complete execution and compliance of the preventive maintenance for the Dario Valencia Samper, Hydropower plant is being performed.

Over a timeline, proposed improvements are presented with the goal of a complete compliance of the execution of all activities proposed for the monthly preventive maintenance.

* Postgraduate theses

** Faculty of Physical –Mechanical Engineering. Specialization in Management of Maintenance.

Director : Nathalia Andrea Beltran Solano. Specialist in Management of Maintenance

INTRODUCCIÓN

La principal fuente de generación eléctrica en Colombia es proporcionada en su mayoría por fuentes renovables convencionales en este caso el agua de los ríos y embalses.

En el departamento de Cundinamarca en los municipios de Soacha y el Colegio donde hay una serie de centrales hidroeléctricas las cuales están asociadas al río Bogotá, y se generan 296 MW, distribuidos en seis centrales Hidroeléctricas, de las cuales la central Darío Valencia Samper es la que tiene un porcentaje de 50,6%, generando un total de 150 MW.

La central Darío Valencia Samper cuenta con tres unidades de generación cada una de 50 MW, las cuales deben ser mantenidas de manera adecuada mediante un plan de mantenimiento preventivo mensual, el cual está estructurado para abarcar los diferentes sistemas y subsistemas que conforman cada unidad de generación.

La presente monografía está encaminada a mejorar el plan de mantenimiento, diseñado para la central hidroeléctrica Darío Valencia Samper, debido a que por diferentes motivos no se está llevando a cabo el total cumplimiento de las actividades propuestas, impactando severamente en la confiabilidad y disponibilidad, además de desviaciones operacionales que se reflejan en multas y afectación al servicio prestado.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer la optimización del proceso de consignación previo y posterior a la ejecución del mantenimiento, para lograr cumplir con las actividades de mantenimiento preventivas establecidas en el plan y a su vez buscar realizar otras actividades extras de mejora reportadas por operación para mejorar o solucionar en la ventana de tiempo efectivo del mantenimiento preventivo.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar, las causas que impiden dar agilidad al proceso de:
Consignación (parada de la unidad, bloqueo y etiquetado, ejecución del mantenimiento).
Des consignación (des etiquetado, desbloques, arranque unidad).
- Analizar las causas causas identificadas de forma cualitativa que están generando las restricciones en el proceso de consignación donde se tiene la parada de unidad, bloqueo y etiquetado, ejecución del mantenimiento, des etiquetado, desbloques, arranque de unidad previo a la intervención de la maquina por parte del equipo de operación y mantenimiento.
- Determinar donde se pueden hacer optimizaciones en estas rutas críticas para lograr dar cumplimiento completo al plan de mantenimiento preventivo mensual, entregar la unidad en tiempos establecidos y no tener desviaciones con el ente regulador
- Proponer las mejoras viables encontradas y cómo impacta positivamente al mantenimiento preventivo mensual en las áreas de mantenimiento, seguridad y operación.

2. JUSTIFICACIÓN

En la estrategia se tiene el mantenimiento preventivo con frecuencias mensual, semestral y anual.

Nos vamos a enfocar en el Mantenimiento mensual el cual es rutinario y se debe cumplir.

Con base en este plan establecido, se puede dinamizar aumentando el tiempo efectivo de intervención en el mantenimiento preventivo mensual, sacando el máximo provecho impactando positivamente en el activo, la operación y la seguridad.

Se hace necesario realizar una optimización en el proceso en general de tiempos muertos, rutas críticas, cuellos de botella y tiempos de parada de máquina, apertura en permisos de seguridad para así evitar desviaciones con operación y el ente regulador que castiga con multas dichas desviaciones

3. MARCO TEORICO

El proceso de mantenimiento de la central Hidroeléctrica Darío Valencia Samper, tiene como objetivo lograr el aseguramiento de los activos siempre buscando un alto porcentaje de disponibilidad y confiabilidad, teniendo como base el talento humano calificado, herramientas y equipos, además de los procesos de gestión, con el fin de que los equipos cumplan los niveles de producción para los que fueron diseñados, dando cumplimiento a las políticas de seguridad & salud, medio ambiente y calidad

3.1 TIPOS DE MANTENIMIENTO

3.1.1 Mantenimiento preventivo. Mantenimiento Preventivo se define como el conjunto de actividades que son realizadas en los equipos de planta, maquinaria y sistemas antes de la ocurrencia de una falla con el fin de protegerlos y de prevenir o eliminar cualquier degradación en sus condiciones operativas

3.1.1.1 Mantenimiento de Rutina. Actividades de mantenimiento que son de naturaleza repetitiva y periódica, como lubricación, limpieza y pequeños ajustes.

3.1.1.2 Intervenciones posteriores a inspecciones / controles preventivos. Actividades de mantenimiento por análisis y evaluación de inspecciones y controles preventivos.

3.1.1.3 Inspección. Seguimiento asociado al mantenimiento preventivo, dirigido a la prevención de averías y a la optimización de la actividad de actividad.

3.1.1.4 Inspecciones y controles. Actividades de mantenimiento para la realización de controles periódicos

3.1.1.5 Mantenimiento extraordinario. Mantenimiento extraordinario actividades no repetitivas y diferibles en el tiempo, sujetas a evaluación de análisis de costo / beneficio.

3.1.2 Mantenimiento correctivo. Mantenimiento correctivo se define como las acciones, tales como reparación, reemplazo o reacondicionamiento, que serán llevadas a cabo después de la ocurrencia de una falla con el fin de eliminar la causa de esta misma o con el fin de reducir la frecuencia de ocurrencia.

3.1.2.1 Descompuesto (componente fuera de servicio). Actividades de mantenimiento por avería con el equipo o componente fuera de servicio. Se espera una avería de acuerdo con la estrategia de mantenimiento de ejecución hasta el fallo.

3.1.2.2 Fallo (mal funcionamiento de un componente). Actividades de mantenimiento debido a una falla sin el equipo o componente en servicio. Se espera una falla de acuerdo con la estrategia de mantenimiento de ejecución de falla.

3.1.2.3 Avería o falla inesperada. Actividades de mantenimiento para la reparación de una avería/ falla de un componente sometido a un mantenimiento planificado.

3.1.2.4 Falla detectada durante actividades predictivas. Actividades de mantenimiento correctivo después de controles / inspecciones predictivas.

3.1.2.5 Eventos extraordinarios. Actividades de mantenimiento que pertenecen a un proyecto específico debido a un evento extraordinario relevante.

3.1.3 Mantenimiento predictivo. Mantenimiento predictivo se define como el conjunto de actividades que detectan cambios en la condición física de un equipo (signos de falla) con el fin de llevar a cabo el mantenimiento adecuado para maximizar la vida útil del equipo sin incrementar el riesgo de falla.

3.1.3.1 Inspecciones y controles de seguimiento. Controles e inspecciones diseñados para mostrar el estado de componentes y sistemas para programar futuras actividades de mantenimiento.

3.1.3.2 Intervenciones después de inspecciones /controles predictivos. Actividades de mantenimiento por análisis y evaluación de inspecciones y controles predictivos.

3.2 SISTEMAS DE UNIDAD GENERADORA

Figura 1: Jerarquización de los sistemas de unidad generadora

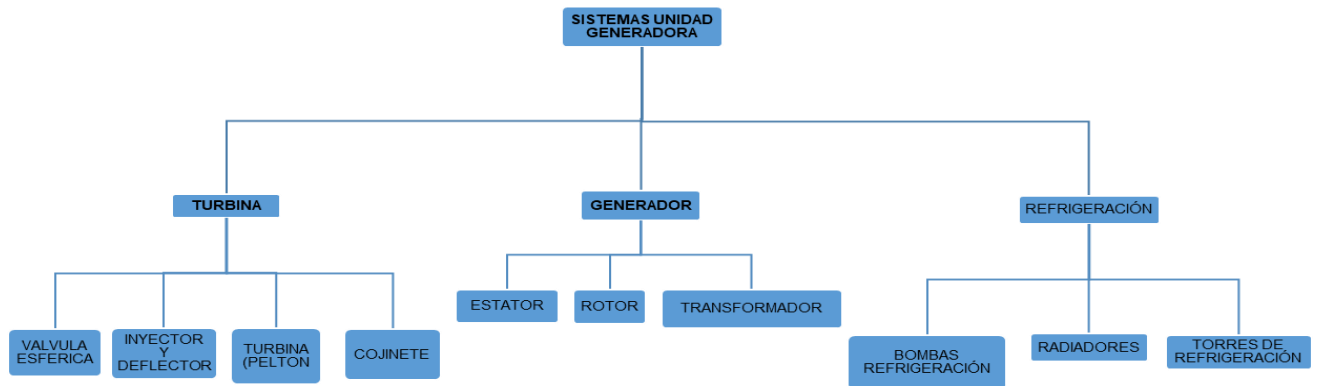


Imagen 1: Unidad generadora



3.2.1 Valvula esferica. Componente que permite o impide el paso de fluido a traves

3.2.2 Inyectores. Componente que lanza el chorro de agua directamente sobre la turbina pelton, este se cierra ose abre mediante el mando del regulador de velocidad.

3.2.3 Turbina Pelton. Componente que transforma la energia cinetica en un momento de torsion giratorio.

3.2.4 Cojinetes. Componente que soporta el peso y el giro del eje del rotor.

3.2.5 Generador. Transforma la energia mecanica en electrica. La accion se desarrolla por el movimiento de una bobina en un campo magnetico, resultando una Fuerza electromecanica inducida que al aplicarla a un circuito externo produce una corriente que interacciona con el campo y desarrolla una fuerza mecanica que se opone al movimiento. En consecuencia , el generador necesita una energia mecanica de entrada para producir la energia electrica correspondiente.

3.2.6 Estator. Es la parte fija de la maquina y tiene forma de cilindro hueco.

3.2.7 Rotor. Componente que gira en el generador electrico con su contraparte fija el estator.

3.2.8 Transformador. Maquina electrica estatica, destinada a funcionar com corriente alterna , constituida por dos arrollamientos, primario y secundario, que permite transformar la energia electrica de magnitudes voltaje y corriente a otras con valores en general diferentes.

Fuente: Emgesa

Fuente:

Maquinas electricas de jesus fraile mora / Maquinas electricas 1 de miguel angel rodriguez pozueta.

Mecanica de fluidos de merle c. potte

3.3 DESCRIPCIÓN CENTRAL HIDROELECTRICA DARIO VALENCIA SAMPER

Imagen 2: Vista aérea central Hidroeléctrica Darío Valencia Samper



Las Central Hidroeléctrica Darío Valencia (La Junca – La Tinta) o (colegio I – Colegio II), está localizada a unos 50 Km. al sureste de Bogotá en cercanías del municipio de El Colegio y Santandercito, sobre la margen izquierda del río Bogotá. Este desarrollo hidroeléctrico fue construido en dos etapas, la primera de ellas entre los años 1962 y 1967 y la segunda entre los años 1967 y 1971.

Las estructuras principales de la central hidroeléctrica comprenden captación, bocatoma, túnel de carga, almenara, casa de válvulas, dos tuberías de carga superficiales paralelas y casa de máquinas.

En la primera parte del desarrollo, fueron construidas todas las obras de captación, el túnel de presión, una tubería de carga y fueron instaladas tres unidades generadoras de 50MW cada una, y las demás obras anexas a la central. También se construyó la primera etapa o subestructura de los anclajes requeridos para instalar la segunda tubería de carga, y la primera etapa o subestructura para la extensión de la casa de máquinas. Estas obras se terminaron en 1967 y se denominó Colegio I.

En la segunda etapa de dicho desarrollo Colegio II, ahora denominada segunda etapa de la central Darío Valencia y la central menor La Tinta, se construyeron las obras necesarias para la instalación de la segunda tubería de carga, extensión de la casa de máquinas, instalación de tres nuevas unidades generadoras de 50 MW cada una, extensión del patío de conexiones y obras varias accesorias.

La central Darío Valencia Samper no tiene un embalse, su recurso hídrico se da mediante captación que se encuentra ubicada aguas arriba, en la cual se forma un pequeño Pondaje sobre el cauce del Río Bogotá el cual genera el nivel para la captación, este recurso hídrico se conduce por un túnel de carga que se dirige a la cámara de válvulas y de ahí conecta con la tubería de carga conduce el recurso hídrico y termina en la casa de máquinas.

Imagen 3: Vista del Pondaje en cauce del Rio Bogotá



La captación de la central, está localizada sobre el río Bogotá por la bocatoma compuesta por una torre de captación con dos compuertas deslizantes de accionamiento eléctrico que abastecen el túnel y dos compuertas radiales para rebosar los excesos de 6,20 metros de alto. La estructura en concreto y las compuertas cumplen la función de presa derivador.

Imagen 4: Bocatoma Darío Valencia Samper

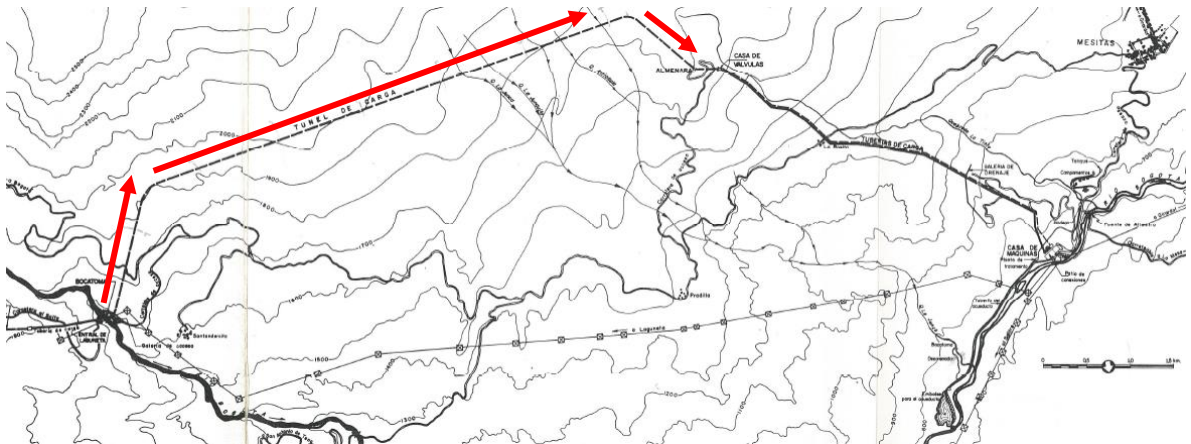


La bocatoma está constituida por torre de captación, estructura de purga, compuertas radiales automática para rebosar los excesos, compuertas deslizantes y conductos hidráulicos de conexión con el túnel y con la descarga directa de la central Laguneta y Limonar construidos bajo el cauce del río.

Imagen 5: Compuertas radiales bocatoma Darío Valencia Samper



3.3.1 Tunel de carga a cámara de valvulas. La conducción de las centrales hidroeléctricas Darío Valencia, La Junca y La Tinta está compuesta por el túnel de carga de 3,60 metros de diámetro y 8588 metros de longitud, revestido en concreto, la almenara del tipo diferencial con cámara horizontal, cámara de válvulas, dos tuberías de carga de 4.800 metros de longitud y diámetros de 2,40 metros a 1,90 metros.



3.3.2 Cámara de válvulas. La cámara de válvulas se encuentra en el portal de salida del Túnel de presión, la cámara aloja cuatro válvulas mariposa, dos en cada tubería

Imagen 6: Cámara de válvulas Darío Valencia Samper



3.3.3 Tubería de carga. La tubería de carga de las centrales Darío Valencia, es la parte de la conducción superficial que comienza en la cámara de válvulas a continuación del portal de salida del Túnel de presión mediante una bifurcación y termina en las casas de máquinas de la central. Está constituida por dos tuberías paralelas con una longitud de 4700 metros y diámetro de 2.40 mts.

Imagen 7: Tubería de conducción Darío Valencia Samper



Imagen 8: Vista aérea de tubería de carga a casa de máquinas DVS



3.3.4 Casa de máquinas. Cuenta con seis unidades, la edificación tiene estructura metálica y en concreto fachada en mampostería y cubierta en placa de concreto y teja de asbesto cemento.

A continuación, se presenta características más importantes de la casa de máquinas:

- Ancho: 12 metros
- Largo: 1380 metros
- Altura: 21 metros
- Tipo de estructura: Concreto reforzado y superestructura metálica conformada mediante pórticos de alma llena, muro de ladrillo y

canaleta de asbesto cemento, la cubierta es en estructura metálica en celosía y teja de asbesto cemento.

Imagen 9: Casa maquinas Darío Valencia Samper



FUENTE:

INGETEC S.A (2006). Centrales hidroeléctricas Darío Valencia, La Junca Y La Tinta, informe de clasificación y evaluación vida útil de activos. Documento no: ae-dv-01-rev.1.

INGETEC LTDA(1965). Plano casa de máquinas exteriores, referència N°25078330.

INGETEC LTDA(1965). Plano casa de máquinas- pátio de conexiones corte transversal, referència N°25078411.

INGETEC LTDA(1965). Plano Boca toma general, referència N°25076111.

OLAP- INGENIERIA (1961). Plano casa de máquinas corte transversal, Referencia N° 25055254.

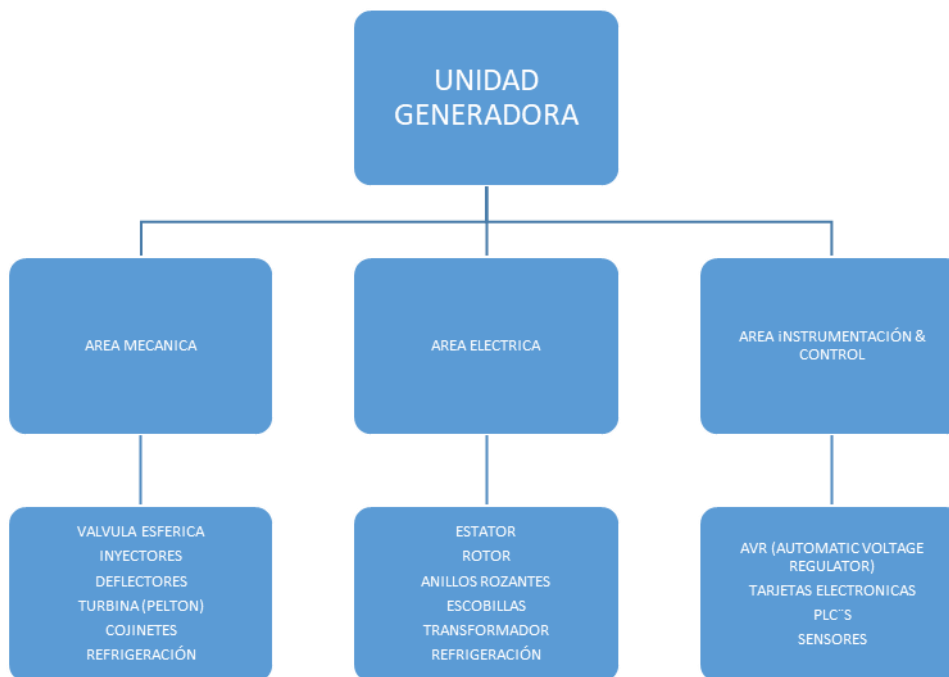
EMGESA S.A E.S.P (2012). Concepto técnico para desagüe inspección y llenado del túnel La Junca- La Tinta Volumen 1 de 1. Documento No PJT-DT-02

4. DESARROLLO PLAN DE TRABAJO

4.1 DIAGNOSTICO ACTUAL

La central hidroeléctrica Darío Valencia Samper, en la estrategia de mantenimiento tiene planes de mantenimiento, preventivos con frecuencias mensuales, semestrales y anuales para cada área: Mecánica, Eléctricas, Instrumentación & Control y se intervienen sistemas y componentes principales para seguimiento controlado.

Los componentes intervenidos por área se pueden apreciar en el siguiente diagrama:




Los planes de mantenimiento se manejan por medio del erp sap E4E, donde están determinados las actividades a ejecutar por medio de una orden de trabajo, ver cuadro 1

ÁREA	SISTEMA	COMPONENTE	ACTIVIDAD	# TECNICOS
MECANICA	GENERADOR	1) MECANISMO SOBREVOLUCIDAD 2) TAPAS GENERADOR 3) ANILLOS ROZANTES 4) NIVELES DE ACEITE EN COJINETES	INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO	4
MECANICA	REFRIGERACIÓN	1) TUBERIA SUCCIÓN Y DEDSCARGA 2) VALVULAS 3) BOMBAS 1 Y 2 DE REFRIGERACIÓN	INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO	
MECANICA	VALVULA ESFERICA	1) SELLO DE MANTENIMIENTO 2) VALVULA AUTOMATICA Y BY-PASS	INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO	
MECANICA	TURBINA (PELTON)	1) TURBINA PELTON (END) 2) VERIFICACIÓN DE PERFIL HIDRAULICO 3) INYECTORES 4) DEFLECTORES	INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO	
MECANICA	REGULADOR DE VELOCIDAD	1) BLOQUE HIDRAULICO	INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO	

ELECTRICO	GENERADOR	<ol style="list-style-type: none"> 1) ANILLOS ROZANTES 2) 2)MEDICIÓN Y CAMBIO DE ESCOBILLAS 3) PRUEBA DE AISLAMIENTO A POLOS 4) PRUEBA DE AISLAMIENTO A ROTOR 	INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO	2
INSTRUMENTACIÓN & CONTROL	EXCITACIÓN	<ol style="list-style-type: none"> 1) EXCITACIÓN 2) REGULADOR DE VOLTAJE 3) TARJETAS ELECTRONICAS 	INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO	
INSTRUMENTACIÓN & CONTROL	REGULADOR VELOCIDAD	<ol style="list-style-type: none"> 1) INSTRUMENTOS DE VIBRACIÓN 2) MODULOS ELECTRONICOS 3) HMI Y SCADA 4) PLC 5) MODULOS PERIFERICOS 6) SENSORES VELOCIDAD 7) ALARMAS Y PROTECCIONES 	INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO	2

Las órdenes de trabajo salen con cada una de las actividades antes descritas:

Figura 2: Orden de trabajo

		Mantenimiento Programado			Fecha	30.04.2021	
		210000317605			Página	1 de 2	
DATOS BÁSICOS DEL AVISO							
Aviso:		Fecha del aviso:		Prioridad:			
Solicitante:		Síntoma avería:					
Texto del aviso:		-					
DATOS BÁSICOS DE LA ORDEN							
Descripción OT:		DAVS U1 MTTO MECÁNICO TURBINAS 1 Y 2.					
Pto Tbj. Responsable:	I_DARMC - MTTO. MECANICO DVS_INTERNO	Plan de Mantenimiento:	COHDAVSM U101	Prioridad:	3 3-Medio		
Grupo de HR.:	HRBDMMTU	Fecha ini. programada:	10.05.2021	Fecha inicio real:			
Ubicación técnica:	COH-DAVS-U1-TU1 SISTEMA TURBINA LADO 1 - UNIDAD 1	Fecha fin. programada:	30.05.2021	Fecha fin real:			
Equipo:	-	Duración total:	10,0	Duración real:	0,000		
DETALLE DE OPERACIONES Y TIEMPOS DE EJECUCIÓN							
Op / Subop	Descripción de la Operación	Puesto de Trabajo	No. Personas		Fecha Inicio	Duración (H)	
			Plan	Real		Plan	Real
0010	CONSIGNACION DE EQUIPOS	I_DARMC	2		10.05.2021	1	0
0020	INSPECCION TURBINA LADO 1	I_DARMC	3		10.05.2021	4	0
0030	INSPECCION TURBINA LADO 2	I_DARMC	3		10.05.2021	4	0
0040	DESCONSIGNACION DE EQUIPOS	I_DARMC	2		10.05.2021	1	0
PROCEDIMIENTOS A TENER EN CUENTA POR OPERACIÓN							
Op / Subop	Descripción de la Operación	LISTA DE PROCEDIMIENTOS					
0010	CONSIGNACION DE EQUIPOS						
0020	INSPECCION TURBINA LADO 1	INSPECCION TURBINA LADO 1 Desmontaje Tapa de Turbina Lado 1 Insp. Tintas Penetrantes Rodete Lado 1. Reparaciones Menor. Perfil Hidráulico RL1 Inspección servomotor inyector Lado 1 Inspección y mantenimiento Foso Turbina Lado 1. Lubricación serv. Inyector y Deflector L1					
0030	INSPECCION TURBINA LADO 2	INSPECCION TURBINA LADO 2 Desmontaje Tapa de Turbina Lado 2 Insp. Tintas Penetrantes Rodete Lado 2. Reparaciones Menor. Perfil Hidráulico RL2 Inspección servomotor inyector Lado 2 Inspección Foso Turbina Lado 2. Lubricación serv. Inyector y Deflector L2 Recuperación perfiles					

FUENTE: SAP- EMGESA

Como se puede apreciar el plan de mantenimiento está estructurado para cubrir los sistemas y componentes a los que se debe realizar seguimiento mensual para garantizar las condiciones de disponibilidad y confiabilidad de las unidades generadoras.

Una vez contextualizado en que consiste el mantenimiento mensual preventivo, el principal problema identificado que se tiene es que no se está dando cumplimiento al 100%, de estas actividades propuestas por diferentes situaciones las cuales son directamente por el área de operación al momento de la entrega de la unidad generadora al área de mantenimiento, para su respectivo mantenimiento programado, donde se está quitando del tiempo efectivo para mantenimiento que de ser de 10 horas pasa a ser de 5 horas efectivas en el mejor de los casos y en el peor de los casos a 3 o máximo 4 horas, Lo que impacta duramente en la operación porque no se alcanzan a validar todos los puntos que implican las actividades en las ordenes de trabajo previamente explicado.

Con el área de operación & mantenimiento se realizó un trabajo en conjunto para poder optimizar estos tiempos de entrega de la unidad generadora, donde se definieron las actividades a realizar como se precia en la figura 4, cumpliendo con los protocolos de seguridad en bloqueo y etiquetado para garantizar la integridad del personal técnico de mantenimiento.

4.2 ACTIVIDADES A REALIZAR EN CONJUNTO DE LAS AREAS O&M

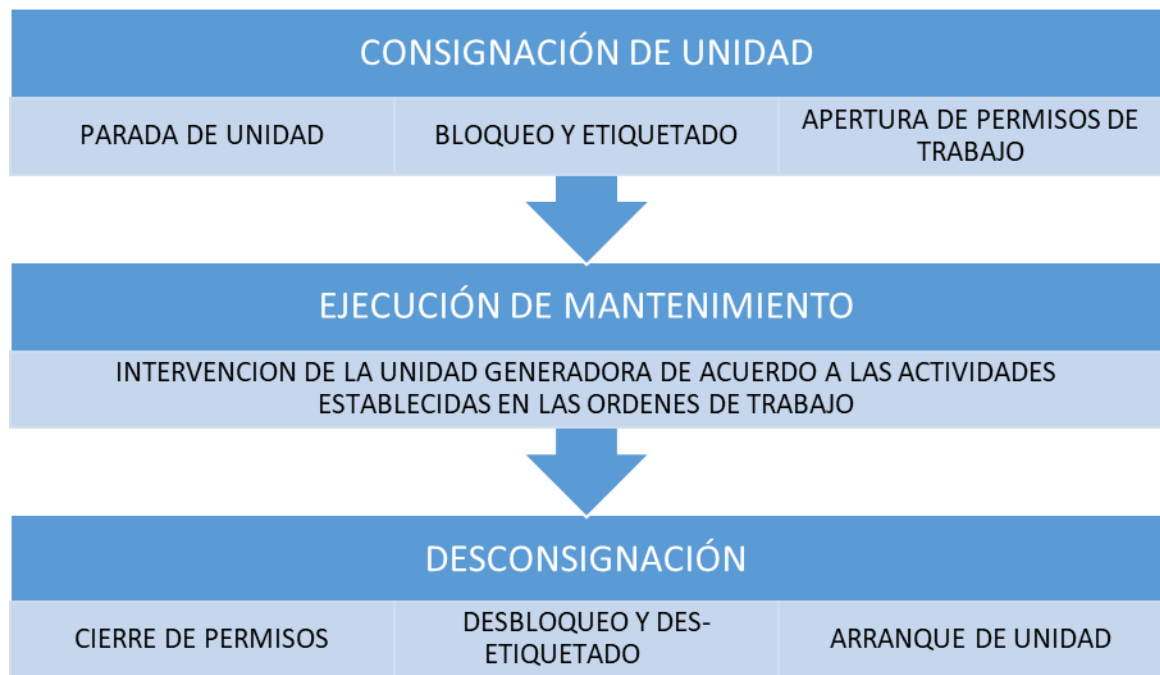
Figura 3: Metodología plan de trabajo



4.2.1 Revision de la situación actual. Para llevar a cabo el mantenimiento mensual de las unidades generadoras se tienen que cumplir los protocolos de seguridad establecidos por HSEQ de Emgesa, para garantizar que no se vayan a presentar actos o condiciones inseguras al momento de ejecutar el mantenimiento.

De acuerdo al siguiente esquema se contextualiza el proceso de ejecución de mantenimiento preventivo mensual el cual está previsto para ejecutarse en una jornada ordinaria diaria con horario de 7 am a 5 pm, la cual se conforma entre Emgesa y el ente regulador el cual de no cumplirse generara desviaciones acarreando multas a Emgesa.

Figura 4: Metodología situación actual



Fuente: Autor

4.3 Consignacion de unidad

Consiste en llevar a cabo los puntos expuestos para dar condiciones de seguridad y así poder realizar la intervención de mantenimiento, donde se debe cumplir la siguiente secuencia:

4.3.1 Parada de unidad. La parada de unidad se da mediante un despacho establecido donde la empresa realiza con el ente regulatorio nacional, que la maquina estará fuera de servicio por mantenimiento preventivo programado, en este caso de 7 am a 5 pm.

El operador realiza la secuencia de parada de la unidad generadora lo cual toma una hora desde el momento en que se da la orden de parada hasta llegar a velocidad cero revoluciones por minuto de la unidad generadora.

4.3.2 Bloqueo y etiquetado. Una vez se da la orden de secuencia parada de maquina controlada y la unidad este en cero revoluciones por minuto, el área de operación y mantenimiento procede a la actividad de bloqueo y etiquetado, donde queda estipulado los sistemas a bloquear y etiquetar con candados y tarjetas del responsable de cada área, para que absolutamente nadie llegue a realizar maniobras en los sistemas bloqueados que pueda poner en riesgo la integridad del personal de mantenimiento.

Si se llegase hacer necesario alguna maniobra durante el mantenimiento, se requiere que en el permiso de trabajo establecido firmen las áreas que tienen interferencia y divulgarlo a todo el personal de mantenimiento para no llegar a tener riesgos de accidentes.

4.3.3 Apertura de permisos de trabajo. La apertura de permisos de trabajo, se realiza una vez se tenga la unidad generadora consignada en todos los sistemas a ser intervenidos para cada área y actividades establecidas ver cuadro 1.

El permiso de trabajo debe contar con la documentación de seguridad que contempla permiso de trabajo debidamente diligenciado, análisis de riesgo por oficio y la firma de todos los participantes donde declaran que conocen las actividades a realizar y los posibles riesgos que se tendrán, para la ejecución de las actividades de mantenimiento

4.3.4 Ejecución de mantenimiento. Cuando la unidad generadora está totalmente bloqueada y etiquetada, se procede a ejecutar las actividades de mantenimiento establecidas para cada área (eléctrica, mecánica, instrumentación y control), establecidas en las ordenes de trabajo, ver cuadro 1.

4.3.5 Desconsignación. Consiste en devolver las maniobras de consignación una vez sea ejecutado el mantenimiento establecido y todas sus actividades.

4.3.6 Cierre de permiso. El área de mantenimiento debe entregar la unidad generadora en las condiciones físicas como la recibió, es decir con tapas, gavetas, y demás componentes listos para operar la unidad de forma segura, una vez se cumple esta condición se procede hacer el cierre de permisos de las tres áreas (mecánica, eléctrica e instrumentación y control).

4.3.7 Desbloqueo y des-etiquetado. Como protocolo todos los permisos del mantenimiento deben estar cerrados para proceder a desbloquear y des-etiquetar la unidad generadora.

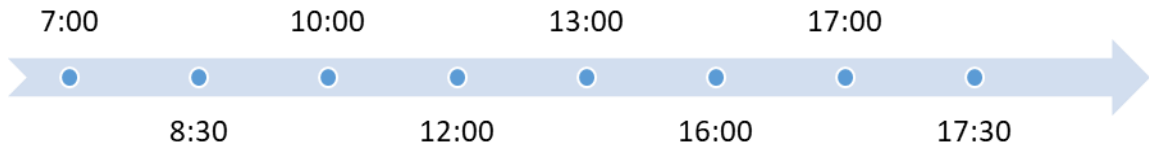
La apertura de permisos de trabajo, se realiza una vez se tenga la unidad generadora consignada en todos los sistemas a ser intervenidos para cada área y actividades establecidas ver cuadro 1.

El permiso de trabajo debe contar con la documentación de seguridad que contempla permiso de trabajo debidamente diligenciado, análisis de riesgo por oficio y la firma de todos los participantes donde declaran que conocen las actividades a realizar y los posibles riesgos que se tendrán, para la ejecución de las actividades de mantenimiento

4.3.8 Arranque de unidad. Cuando ya se ha cumplido con los pasos previos de cierre de permisos y desbloqueo y des-etiquetado, se procede a realizar barrido de condiciones y dar secuencia de arranque a la unidad generadora, para cumplir con el despacho y entrar a generar a la hora acordada entre Emgesa y el ente regulador.

Línea de tiempo de proceso consignación, ejecución de mantenimiento y des consignación:

Cuadro 1: Descripción de actividades en fases



F A S E 1	07:00	Orden de parada de unidad de forma controlada
	08:00	Hora en que la unidad llega a cero rpm, inicia bloqueo y etiquetado de la unidad generadora
	08:30	Finaliza bloqueo y etiquetado de la unidad generadora, se da inicio a la apertura de permisos de trabajo para todas las áreas de mantenimiento y se realiza reunión de apertura del mantenimiento donde se nombran las actividades a realizar y las posibles interferencias que se puedan generar entre las áreas de mecánica, eléctrica e instrumentación & control
F A S E 2	10:00	Finaliza la apertura de permisos de trabajo y se da inicio a la ejecución del mantenimiento
	12:00	Hora de almuerzo
	13:00	
	16:00	Continuación de la ejecución de mantenimiento, de cada área con actividades que se hacen independientemente.
F A S E 3	16:00	Finaliza actividades de mantenimiento, se inicia cierre de permisos, inicia actividades, desbloqueo y des etiquetado de unidad generadora
	17:00	Desvió de programación por despacho establecido
	17:30	Arranque y sincronización de unidad, con impacto económico por desviación

Fuente: Autor

4.4 Análisis de las causas

Para el análisis de las causas se dividió en tres fases para mayor comprensión de las causas.

FASE 1:

En los periodos de 7:00 a 10:00, se tienen tres horas, con solo actividades del área de operación en parada de máquina, bloqueo y etiquetado y apertura de permisos de trabajo.

FASE 2: En los periodos comprendidos entre 10:00 a 16:00, se tienen cinco horas de tiempo efectivo para el mantenimiento, y de acuerdo al cuadro 2, de las actividades programadas a realizar solo se alcanzan a ejecutar las actividades resaltadas en rojo:

Cuadro 2: Desagregación de actividades ejecutadas Vs. No ejecutadas

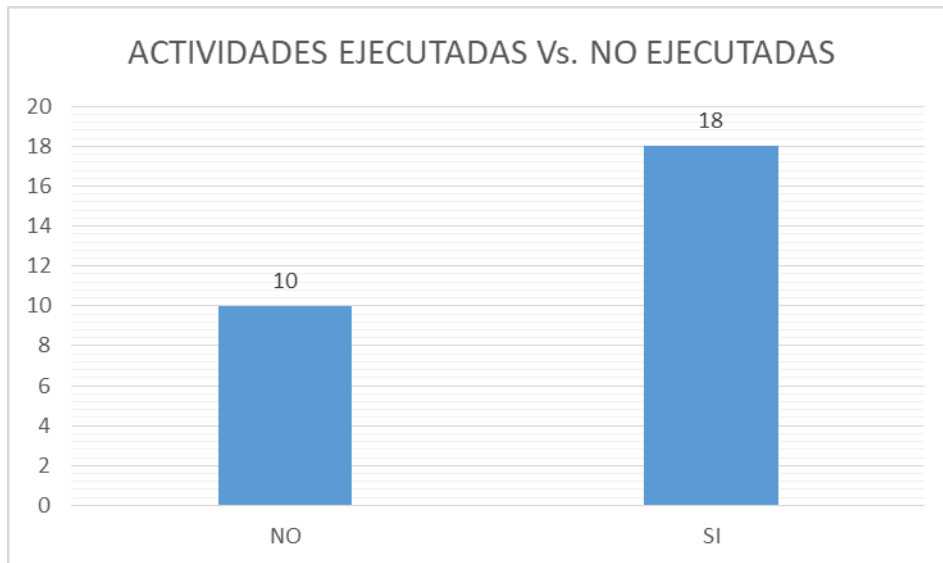
ÁREA	SISTEMA	COMPONENTE	ACTIVIDAD	# TECNICOS
MECANICA	GENERADOR	1) MECANISMO SOBREVOLUCIDAD 2) TAPAS GENERADOR 3) ANILLOS ROZANTES 4) NIVELES DE ACEITE EN COJINETES	INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO	4
MECANICA	REFRIGERACIÓN	1) TUBERIA SUCCIÓN Y DESCARGA 2) VALVULAS 3) BOMBAS 1 Y 2 DE REFRIGERACIÓN	INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO	
MECANICA	VALVULA ESFERICA	1) SELLO DE MANTENIMIENTO 2) VALVULA AUTOMATICA Y BY-PASS	INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO	
MECANICA	TURBINA (PELTON)	1) TURBINA PELTON (END) 1) VERIFICACIÓN DE PERFIL HIDRAULICO 2) INYECTORES 3) DEFLECTORES	INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO	
MECANICA	REGULADOR DE VELOCIDAD	1) BLOQUE HIDRAULICO	INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO	

ELECTRICO	GENERADOR	<ul style="list-style-type: none"> 1) ANILLOS ROZANTES 2) MEDICIÓN Y CAMBIO DE ESCOBILLAS 3) PRUEBA DE AISLAMIENTO A POLOS 4) PRUEBA DE AISLAMIENTO A ROTOR 	INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO	2
INSTRUMENTACIÓN & CONTROL	EXCITACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> 1) EXCITACIÓN 2) REGULADOR DE VOLTAJE 3) TARJETAS ELECTRONICAS 	INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO	
INSTRUMENTACIÓN & CONTROL	REGULADOR VELOCIDAD	<ul style="list-style-type: none"> 1) INSTRUMENTOS DE VIBRACIÓN 2) MODULOS ELECTRONICOS 3) HMI Y SCADA 4) PLC 5) MODULOS PERIFERICOS 6) SENSORES VELOCIDAD 7) ALARMAS Y PROTECCIONES 	INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO	2

Fuente: Autor

GRAFICO DE ACTIVIDADES REALIZADAS VS. NO REALIZADAS

Figura 5: Grafico actividades ejecutas Vs. no ejecutadas



Se puede apreciar que del 100% de tareas se terminan ejecutando solo el 68%, lo cual impacta bastante, en el mantenimiento programado afectando la disponibilidad y confiabilidad de las unidades generadoras.

FASE 3: En los periodos de 16:00 a 17:00, de acuerdo a la hora de entrega pactada entre Emgesa y el ente regulador de la unidad hay una hora para cierre de permisos, des consignación y arranque de unidad, lo cual se extiende por más tiempo debido al protocolo de arranque que en el mejor de los casos se da hacia las 17:30, si no salen fallas ocultas que impiden el arranque normal excediendo los tiempo y generando desviaciones y a su vez multas por re despachos no programados.

5. PLAN DE ACCION

Como plan de acción se proponen las siguientes acciones:

FASE 1:

Optimizar los tiempos de apertura de permisos, bloqueo y etiquetado, para dar vía libre al mantenimiento más temprano.

En conjunto con el área de operaciones y Seguridad, evaluar la viabilidad que una vez se dé parada a la unidad se abran los permisos durante la unidad llega a cero rpm, en este transcurso de tiempo se validarían permisos y la documentación definida, y una vez se tenga la unidad en cero rpm, empezar el proceso de bloqueo y etiquetado, para iniciar la ejecución de mantenimiento.

El área de operación gestione los permisos desde el turno anterior al mantenimiento para agilizar esta actividad, lo cual generaría un ahorro de tiempo de una hora

Cuadro 3: Desagregación de actividades en fase 1



FASE 1	05:00	✓ Gestión de permisos y validación de consignas, alistamiento de bloqueos y etiquetados
	07:00	✓ Orden de parada unidad ✓ Apertura de permisos con áreas de mtto
	08.00	✓ Proceso de bloqueo y etiquetado con permiso en mano, para optimizar tiempo de consignación. ✓ Via libre para dar inicio a la ejecución del mantenimiento

FASE 2:

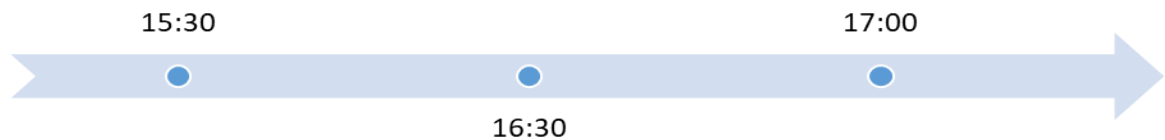
Cuadro 4: Desagregación de actividades en fase 2



FASE 2	08:00	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Optimizar las actividades de mantenimiento, para que no tener restricciones entre áreas y así cumplir al 100% ✓ De las actividades que se terminen antes de la hora de entrega de la unidad generadora gestionar el cierre de permisos para optimizar la entrega de unidad a operación y con esto ahorrar tiempo al final del mantenimiento con el cierre de permisos y no dejarlos todos para el final.
	15:30	

FASE 3

Cuadro 5: Desagregación de actividades en fase 3



FASE 3	15:30	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Inicia proceso de cierre permisos faltantes ✓ Inicia proceso de desbloqueo y des etiquetado una vez se hallan cerrado permisos para garantizar que todos los sistemas están disponibles para entrar en operación.
	16:30	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se da arranque de la unidad en forma controlada, se verifican parámetros de operación, se descartan anomalías que hayan quedado del mantenimiento.
	17:00	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Con la unidad en operación y todos sus sistemas con parámetros operativos bien y estables, se cumple con los tiempos y no se generan desviaciones y multas con el ente regulador.

6. CONCLUSIONES

El plan de mantenimiento preventivo garantiza mejorar la disponibilidad operacional de la planta, minimizando el impacto por desviaciones lo que se vería reflejado en disminución de multas por concepto de las desviaciones la mejora propuesta en tiempos del proceso de Consignación (parada de la unidad, bloqueo y etiquetado, ejecución del mantenimiento).

Des consignación (des etiquetado, desbloques, arranque unidad).

Vamos a tener mejoras en el cumplimiento de todas las actividades propuestas, por que estamos pasando de 5 horas efectivas de mantenimiento a 7,5 horas efectivas lo cual impacta positivamente.

Las mejoras se tienen en el ahorro de 2 horas en el tiempo de consignacion, 0,5 horas en el preciso momento en que se finaliza el proceso de desconsignacion, lo que impacta positivamente al tiempo de mantenimiento efectivo en 2,5 horas pasando de 5 horas a 7,5 horas.

Dando cumplimiento del 100% de actividades propuestas en la orden de mantenimiento, para las tres áreas.

No se afecta o modifica los protocolos de seguridad, la ganancia solo se da del área operativa.

La mejora en tiempos, no modifica ninguna de las actividades de mantenimiento por el contrario se proponen actividades que se pueden realizar de manera simultanea sin afectaciones a la unidad por interferencias entre areas.

BIBLIOGRAFÍA

DÍAZ NAVARRO, Juan. Técnicas de mantenimiento Industrial. Calpe Institute of Technology. España, 2010.

EMGESA S.A E.S.P (2012). Concepto técnico para desagüe inspección y llenado del túnel La Junca- La Tinta Volumen 1 de 1. Documento No PJT-DT-02

GÓMEZ, Iván Darío. Nuevos enfoques del RCM (Mantenimiento centrado en confiabilidad). Universidad libre. Facultad de Ingeniería. Bogotá D.C, 2006.

INGETEC S.A (2006). Centrales hidroeléctricas Darío Valencia, La Junca Y La Tinta, informe de clasificación y evaluación vida útil de activos. Documento no: ae-dv-01-rev.1.

INGETEC LTDA(1965). Plano casa de máquinas exteriores, referência N°25078330.

INGETEC LTDA(1965). Plano casa de máquinas- pátio de conexiones corte transversal, referência N°25078411.

INGETEC LTDA(1965). Plano Boca toma general, referência N°25076111.

OLAP- INGENIERIA (1961). Plano casa de máquinas corte transversal, Referencia N° 25055254.

MONTILLA MONTAÑA, Carlos Alberto. Fundamentos de Mantenimiento Industrial 2016.

MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento Planeación, ejecución y control. Alfaomega, Bogotá D.C 2009. p 469. MOUBRAY Jhon. Mantenimiento centrado en confiabilidad. Gran Bretaña Aladon, 2004.

PARRA. Carlos, Implantación de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) en un sistema productivo. EAFIT. Medellín. 2005.

TORRES, Leandro Daniel Gestión integral de activos físicos y mantenimiento 1ª ed. 2015