UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

EVALUACIÓN Y CAMBIO DE LA TURBINA FRANCIS DE LA CENTRAL HUAMPANI

INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

LUIS EDUARDO JAIMES GARCÉS

PROMOCIÓN 2009-I

LIMA – PERÚ

2012

ÍNDICE

PRÓLOGO 1

CAPÍTULO *I* 2

INTRODUCCIÓN 2

1.1 Datos de la Central Huampani 2

1.2 Ventajas e Inconvenientes de la Energía Hidráulica 5

CAPÍTULO II 8

COMPONENTES PRINCIPALES DE UNA CENTRAL HIDROELÉCTRICA 8

2.1 Componentes Civiles 8

2.1.1 La Presa 8

2.1.2 Los aliviaderos 8

2.1.3 Toma de agua 9

2.1.4 Sistema de conducción 10

2.1.5 Desarenador 11

2.1.6 Casa de máquinas 11

2.1.7 Canal de descarga 12

2.2 Componentes Electromecánicos 12

2.2.1 Turbina 12

2.2.2 Regulador de velocidad 13

2.2.3 Generador 14

2.2.4 Transformador 14

2.2.5 Línea de transmisión 15

2.3 Clasificación de las centrales hidroeléctricas 15

2.3.1 Centrales de agua fluente 15

2.3.2 Centrales de agua embalsada 16

2.3.2.1 Centrales de regulación 16

2.3.2.2 Centrales de bombeo 17

2.3.2.3 Centrales de alta presión 17

2.3.2.4 Centrales de media presión 18

2.3.2.5 Centrales de baja presión 18

CAPÍTULO III **20**

EVALUACIÓN DE LA TURBINA FRANCIS **20**

CAPÍTULO IV **29**

CAMBIO DE LA TURBINA FRANCIS **29**

4.1 Desmontaje de Turbina 29

4.1.1 Desmontaje codo de descarga Lado Regulador G1 29

4.1.2 Desmontaje tapa de turbina Lado Regulador G1 31

4.1.3 Desmontaje codo de descarga Lado Generador G1 32

4.1.4 Desmontaje tapa de turbina Lado Generador G1 33

4.1.5 Desmontaje eje de turbina con rueda Francis G1 34

4.2. Montaje preliminar de tapas de turbina, eje, y cojinete de empuje 38

4.3 *Montaje* de la Turbina 41

4.3.1 Montaje tapa de turbina Lado Generador G1 41

4.3.2 Montaje codo de descarga Lado Generador G1 42

4.3.3 Montaje tapa de turbina Lado Regulador G1 43

4.3.4 Montaje codo de descarga Lado Regulador G1 44

4.3.5 Montaje cojinete de empuje Lado Regulador G1 45

CONCLUSIONES **54**

RECOMENDACIONES **55**

BIBLIOGRAFÍA **56**

ANEXOS **57**

PRÓLOGO

El objetivo general del presente trabajo es determinar y detallar el cambio de la turbina Francis de la Central Hidroeléctrica de Huampaní.

En el **primer capítulo**, se detallan los datos principales de la Central, así como las ventajas y desventajas de este tipo de Plantas.

En el **segundo capítulo** se describen los principales componentes Civiles y electromecánicos de una central hidroeléctrica, así como también una clasificación de éstas.

En el **tercer capítulo** se detalla el método de evaluación del estado general de la turbina Francis de la central hidroeléctrica Huampaní.

En el **cuarto capítulo**, se detalla el procedimiento de cambio de la turbina.

Por último, se mencionan las conclusiones del presente informe.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 DATOS DE LA CENTRAL HUAMPANÍ

La Central Hidroeléctrica de Huampaní perteneciente a la empresa Edegel S.A.A. y fue inaugurada en Marzo de 1960 con una potencia de generación de 31 MW, está ubicada a la altura del Km 26 de la Carretera Central, sobre la margen derecha del río Rímac a 645 m.s.n.m.

Figura N°1.1.- Central Huampaní

El caudal de agua utilizado para obtener la energía hidráulica para la central, se obtiene del agua turbinada de la Central Moyopampa y de los ríos Rímac y Santa Eulalia.

La central hidroeléctrica de Huampaní cuenta con 2 grupos generadores con turbinas Francis dobles de eje horizontal que generan cada una 15.5MW con un caudal de 10.5m3/s y una caída de 165 m.

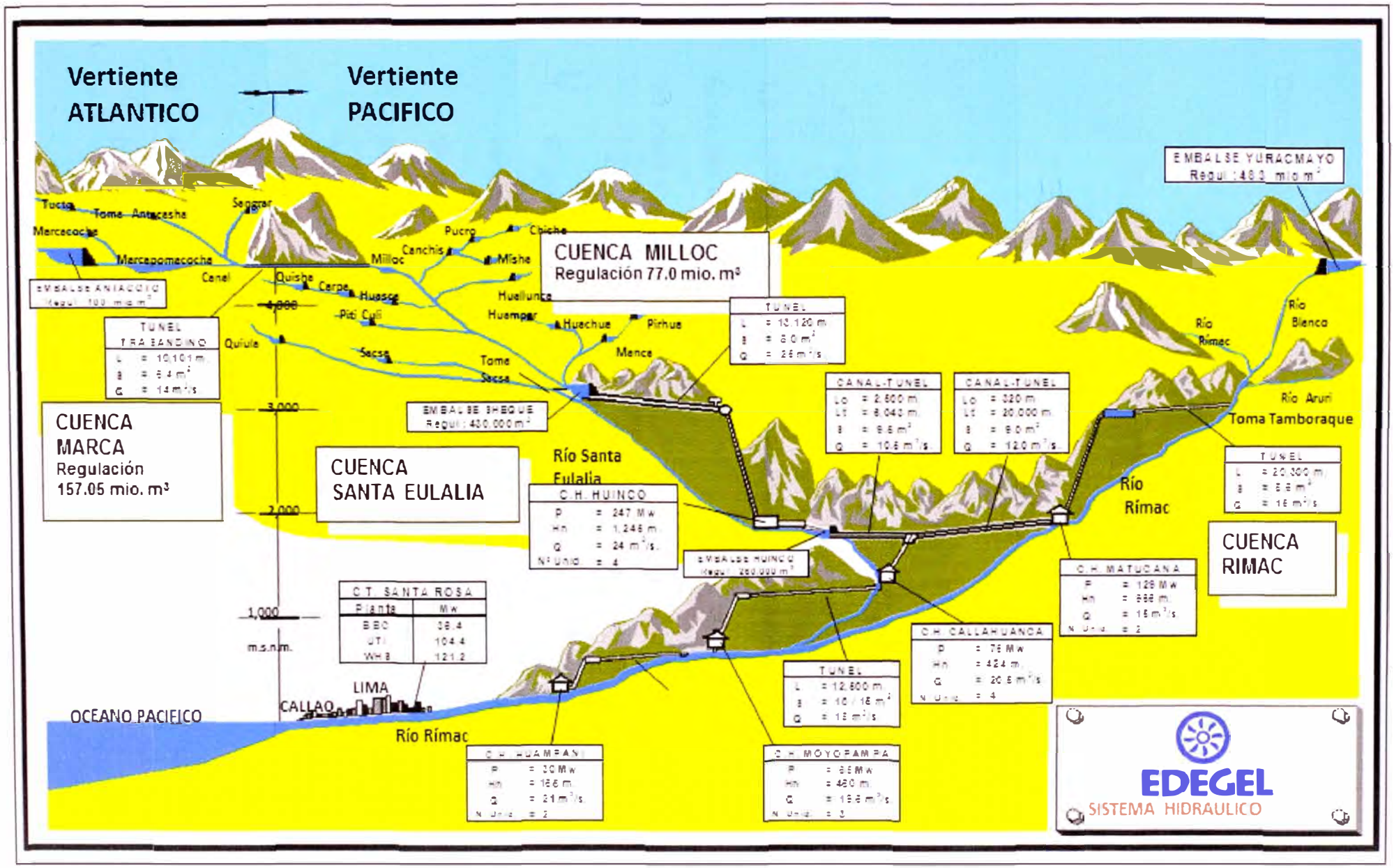


Figura N°2.1.- Sistema hidráulico de la cuenca Rimac - Santa Eulalia.

Datos técnicos de la turbina

Fabricante: CHARMILLES

Tipo: Francis doble horizontal

N° de Serie: 2173

N° de álabes directrices: 18

N° de álabes Rodete: 2x13

Material: X5 Cr Ni 13,4

Potencia: 15.5MW

1.2 VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA

Entre las ventajas que ofrece, tanto el uso de la energía hidráulica como de las Instalaciones que la acompañan, podemos citar las siguientes:

1. El proceso de transformación de la energía hidráulica en eléctrica es «limpio», es decir, no produce residuos ni da lugar a la emisión de gases o partículas sólidas que pudieran contaminar la atmósfera.
2. Las presas que se construyen para embalsar el agua, permiten regular el caudal del río, evitando de esta forma inundaciones en épocas de crecida y haciendo posible el riego de las tierras bajas en los períodos de escasez de lluvias.
3. El agua embalsada puede servir para el abastecimiento a ciudades durante largos períodos de tiempo.

4. Los embalses suelen ser utilizados como zonas de recreo y esparcimiento, donde se pueden practicar una gran cantidad de deportes acuáticos: pesca, remo, vela, etc.

No obstante, la utilización a gran escala de la energía hidráulica también presenta inconvenientes. Entre ellos, mencionaremos:

1. Los embalses de agua anegan extensas zonas de terreno, por lo general muy fértiles y en ocasiones de gran valor ecológico en los valles de los ríos. Incluso, en algunos casos, han inundado pequeños núcleos de población, cuyos habitantes han tenido que ser trasladados a otras zonas, esto significa un trastorno considerable a nivel humano.
2. Las presas retienen las arenas que arrastra la corriente y que son la causa, a lo largo del tiempo, de la formación de deltas en la desembocadura de los ríos. De esta forma se altera el equilibrio, en perjuicio de los seres vivos (animales y vegetales) existentes en la zona.
3. Al interrumpirse el curso natural del río, se producen graves alteraciones en la flora y en la fauna fluvial.
4. Si aguas arriba del río existen vertidos industriales o de alcantarillado, se pueden producir acumulaciones de materia orgánica en el embalse, lo que repercutirá negativamente en la salubridad de sus aguas.
5. Una posible rotura de la presa de un embalse puede dar lugar a una verdadera catástrofe.

6. Por último, la gran dependencia que experimenta la energía hidráulica respecto a las precipitaciones, pues en épocas de sequía es necesario reservar parte del agua embalsada para otros usos no energéticos.

CAPÍTULO II

COMPONENTES PRINCIPALES DE UNA CENTRAL HIDROELÉCTRICA

A continuación se hace una breve descripción de los principales componentes de las centrales hidroeléctricas, los que se ilustran más adelante.

2.1 COMPONENTES CIVILES

2.1.1 La Presa

El primer elemento que encontramos en una central hidroeléctrica es la presa, que se encarga de desviar el cauce del río y remansar las aguas.

Con estas construcciones se logra un determinado nivel del agua antes de la contención, y otro nivel diferente después de la misma, el cual se aprovecha para producir energía.

2.1.2 Los aliviaderos

Los aliviaderos son elementos vitales de la presa que tienen como misión liberar parte del agua detenida sin que esta pase por la turbina.

Se encuentran ubicados en la pared principal de la presa y pueden ser de fondo o de superficie.

Para evitar que el agua liberada pueda producir daños al caer desde gran altura, los aliviaderos se diseñan para que la mayoría del líquido se pierda en una cuenca que se encuentra al pie de presa, llamada de amortiguación.

La liberación del agua se realiza a través de grandes compuertas de acero, que se pueden abrir o cerrar a voluntad, según sea la necesidad.

2.1.3 Toma de agua

Estructura que facilita la entrada del agua al sistema de conducción. Se halla en la pared anterior de la presa que entra en contacto con el agua embalsada.

La instalación posee un sistema de compuertas que permiten regular la cantidad de agua que llega a las turbinas. A su vez, posee elementos de protección como rejillas metálicas que impiden que cuerpos extraños en suspensión o flotación, como troncos, ramas, etc., puedan llegar a los álabes de la turbina y producir desperfectos en ellos.

Figura N°2.1.- Esquema de las Instalaciones de la Central Huampaní

2.1.4 Sistema de conducción

El agua captada es conducida a través de un canal de derivación desde la toma hasta la cámara de carga, estructura que facilita la entrada de agua a la tubería de presión (tubería forzada) que finalmente transporta el agua hacia la turbina de la central.

Al igual que en el caso de la toma de agua, la cámara de carga dispone de rejillas que impiden el paso de ramas o algún otro tipo de objeto que podrían obstruir las tuberías o dañar los álabes de la turbina.

Es normal evitar el canal y aplicar directamente las tuberías forzadas a las tomas de agua de las presas.

2.1.5 Desarenador

Instalación que protege a la turbina de daños por el efecto de partículas sólidas presentes en el agua, provocando la sedimentación de estas, hecho que se logra al reducir la velocidad del agua durante su paso por la instalación, evitando así el ingreso de estas partículas a la tubería de presión.

El desarenador puede formar parte de la toma de agua o de la cámara de carga dependiendo del caudal, terreno, material de construcción del canal de carga y características de diseño.

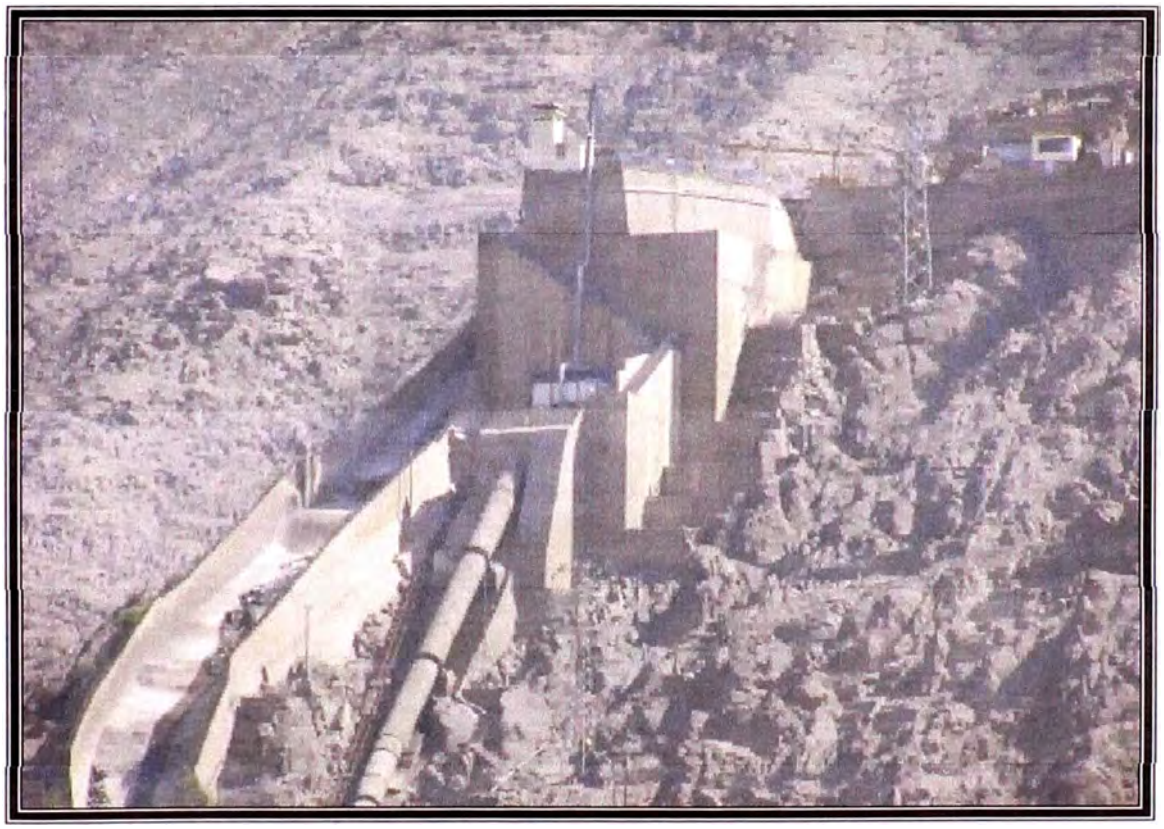


Figura N°2.2.- Cámara de carga de la Central Huampaní

2.1.6 Casa de máquinas

Es la construcción donde se encuentran las máquinas (turbinas, alternadores, etc.) y los elementos de regulación y comando.

Figura N°2.3.- Casa maquinas de la Central Huampaní, mostrando el grupo 1.

2.1.7 Canal de descarga

Estructura que retorna el agua proveniente de la casa de máquinas al cauce original del río.

2.2 COMPONENTES ELECTROMECÁNICOS

2.2.1 Turbina

Componente hidráulico de la central que convierte la energía potencial del agua en energía mecánica. Existen diversos tipos de turbina siendo las principales Pelton, Kaplan y Francis. La elección del tipo de turbina dependerá del salto de agua y de la potencia deseada.

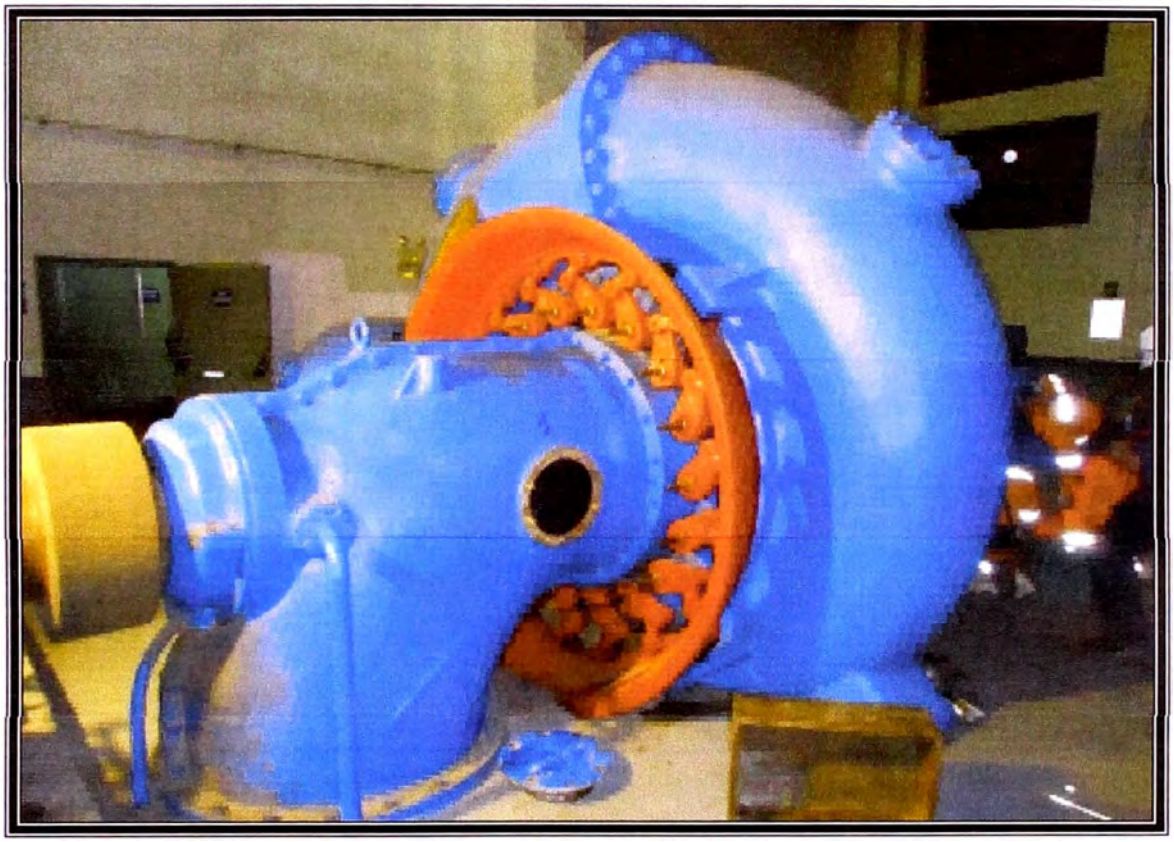


Figura N°2.4.- Turbina Francis doble de eje horizontal, de la Central Huampaní.

2.2.2 Descargador Síncrono

El orificio compensador o simplemente Válvula Orificio es un dispositivo de seguridad para la Tubería en los casos de descargas intempestivas. Tiene un diámetro de 650 milímetros con asientos de acero inoxidable. El cierre está asegurado por la presión constante que recibe su servomotor desde el Regulador a través de una válvula de retención por la presión del agua de su Cámara de Equilibraje tomado directamente de la espiral a través de unos orificios.

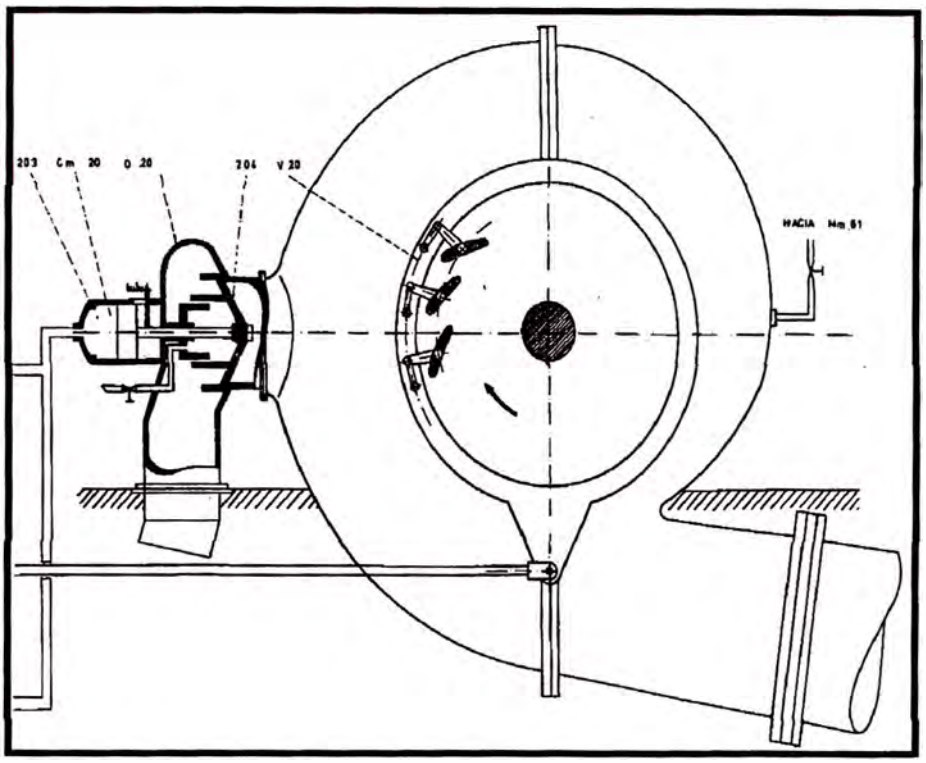


Figura N°2.1.- Esquema del descargador síncrono en el distribuidor

2.2.3 Regulador de velocidad

Servomecanismo que mantiene la velocidad de giro de la turbina constante y por consiguiente mantiene la energía eléctrica generada a una frecuencia constante. Pueden ser de naturaleza mecánica, hidráulica o electrónica.

2.2.4 Generador

Dispositivo eléctrico que se encuentra acoplado a la turbina y que es movido por esta. Su función es convertir la energía mecánica que entrega la turbina en energía eléctrica. Pueden ser del tipo generadores síncronos (alternadores) o generadores asíncronos (motor de inducción).

2.2.5 Transformador

Equipo eléctrico encargado de variar el voltaje de la corriente eléctrica generada permitiendo así el transporte de la energía, de forma económica, a través de largas distancias.

2.2.6 Línea de transmisión

Elementos utilizados para transportar la energía de la planta de generación a las zonas de consumo.

2.3 CLASIFICACIÓN DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS

Las centrales hidroeléctricas se pueden clasificar según varios argumentos, como características técnicas, peculiaridades del asentamiento y condiciones de funcionamiento.

En primer lugar hay que distinguir las que utilizan el agua según discurre normalmente por el cauce de un río, aquellas a las que esta llega, convenientemente regulada, desde un lago o pantano. Según este criterio se tiene:

2.3.1 Centrales de agua fluente

Llamadas también de agua corriente, se construyen en los lugares en donde la energía hidráulica debe ser utilizada en el instante en que se dispone de ella, para accionar las turbinas hidráulicas.

No cuentan prácticamente con reserva de agua, oscilando el caudal suministrado según las estaciones del año. En la temporada de precipitaciones abundantes (de aguas altas), desarrollan su potencia máxima, y dejan pasar el agua excedente. Durante la época seca (aguas bajas), la potencia disminuye en función del caudal, llegando a ser casi nulo en algunos ríos en la época del estío.

Su construcción se realiza mediante presas sobre el cauce de los ríos, para mantener un desnivel constante en la corriente de agua.

2.3.2 Centrales de agua embalsada

Se alimenta del agua de grandes lagos o de pantanos artificiales (embalses), conseguidos mediante la construcción de presas. El embalse es capaz de almacenar los caudales de los ríos afluentes, llegando a elevados porcentajes de captación de agua en ocasiones. El agua es utilizada según la demanda, a través de conductos que la encauzan hacia las turbinas.

A su vez este tipo de centrales se pueden clasificar como:

2.3.2.1 Centrales de regulación:

- Tienen la posibilidad de almacenar volúmenes de agua en el embalse, que representan periodos más o menos prolongados de aportes de caudales medios anuales.
- Prestan un gran servicio en situaciones de bajos caudales, ya que el almacenamiento es continuo, regulando de modo

conveniente para la producción. Se adaptan bien para cubrir horas punta de consumo.

2.3.2.2 Centrales de bombeo:

- Se denominan 'de acumulación'. Acumulan caudal mediante bombeo, con lo que su actuación consiste en acumular energía potencial.
- Pueden ser de dos tipos, de turbina y bomba, o de turbina reversible.
- La alimentación del generador que realiza el bombeo desde aguas abajo, se puede realizar desde otra central hidráulica, térmica o nuclear.
- No es una solución de alto rendimiento, pero se puede admitir como suficientemente rentable, ya que se compensan las pérdidas de agua o combustible.

Otro criterio para clasificar a las centrales hidroeléctricas es según la altura del salto de agua o desnivel existente. De acuerdo a esto las centrales pueden ser:

2.3.2.3 Centrales de alta presión:

- Aquí se incluyen aquellas centrales en las que el salto hidráulico es superior a los 200 metros de altura. Los caudales

desalojados son relativamente pequeños, 20 m3 /s por máquina.

- Situadas en zonas de alta montaña, y aprovechan el agua de torrentes, por medio de conducciones de gran longitud.
- Utilizan turbinas Pelton y Francis.

2.3.2.4 Centrales de media presión:

- Aquí se incluyen aquellas centrales en las que el salto hidráulico es superior a los 200 metros de altura. Los caudales desalojados son relativamente pequeños, 20 m3 /s por máquina.
- Situadas en zonas de alta montaña, y aprovechan el agua de torrentes, por medio de conducciones de gran longitud.
- Utilizan turbinas Pelton y Francis.

2.3.2.5 Centrales de baja presión:

- Sus saltos hidráulicos son inferiores a 20 metros. Cada máquina se alimenta de un caudal que puede superar los 300m3 /s.
- Las turbinas utilizadas son de tipo Francis y especialmente Kaplan.

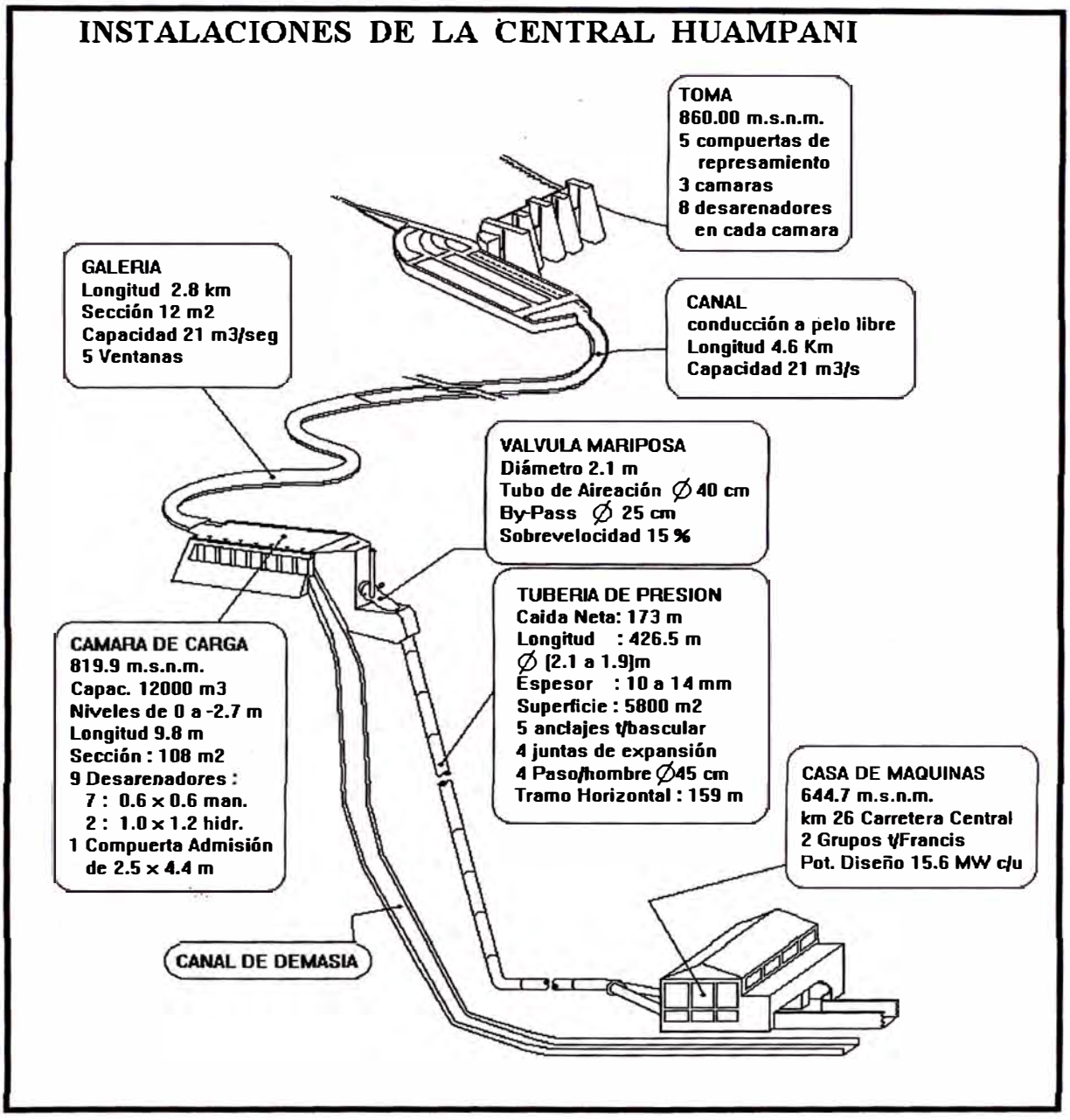


Figura N°2.1.- Esquema de las Instalaciones de la Central Huampaní

CAPÍTULO III

EVALUACIÓN DE LA TURBINA FRANCIS

El cambio de turbina del grupo 1 se realiza después de casi 9 años de operación continua (del 26 al 31de mayo del 2011), por lo que la turbina presenta visibles signos de desgaste los que se corroboran con los protocolos de revisión hidráulica y vibraciones.

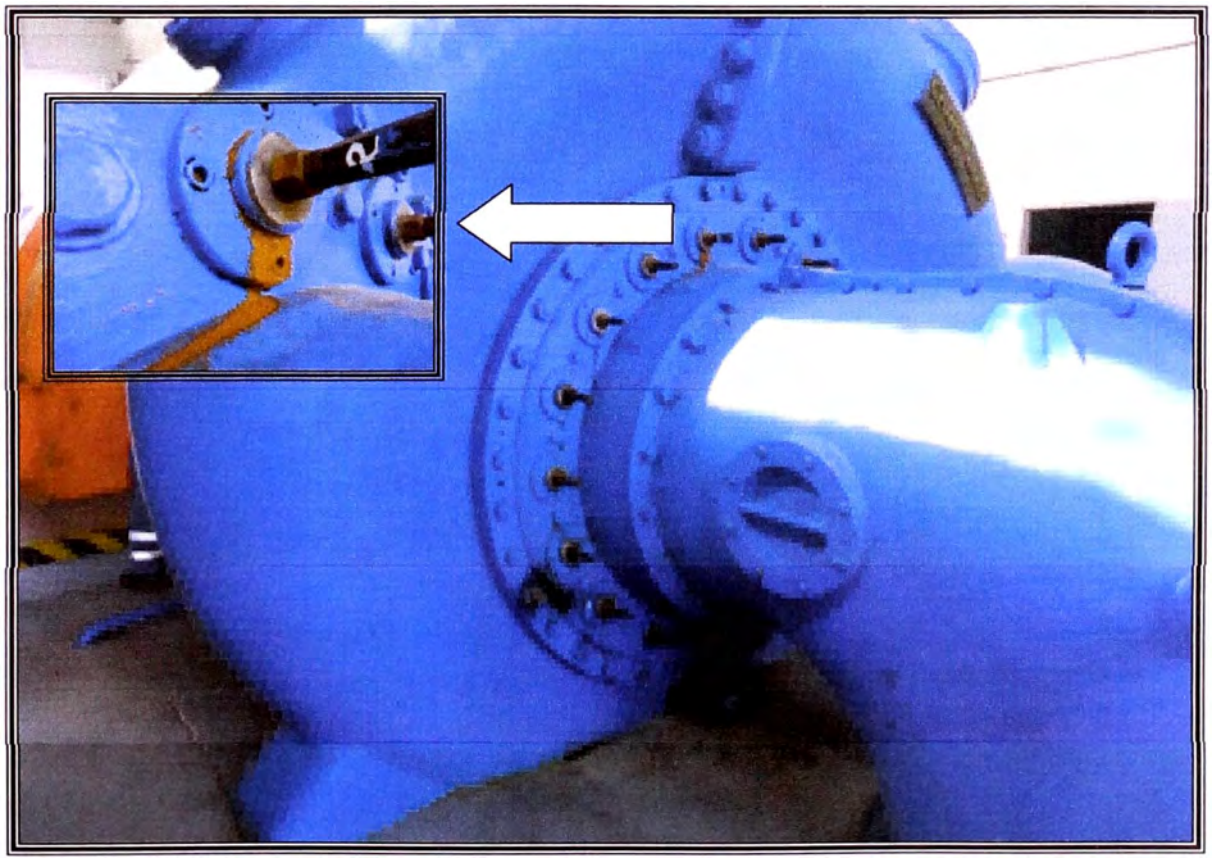


Figura N°3.1.- Vista exterior de la turbina antes de la reparación.

Se puede observar el desgaste pronunciado en los blindajes de las tapas, así como en los muñones lo los álabes directrices de la turbina Francis.

Figura N°3.2.- Desgastes avanzados en blindajes

Figura N°3.3.- Desgaste en muñón de alabe directriz y bocina de bronce de las tapas en revisión hidráulica del 20.05.10

Uno de los factores importantes para el desgaste de la turbina francis es la presencia de solidos en el agua, eston pueden ser desde arenilla hasta desechos plásticos que se han vuelto muy comunes en la actualidad.

Figura N°3.4.- Vista de cruceta con residuos plásticos que impiden su hermeticidad.

Dichos sólidos se presentan debido a las siguientes situaciones:

- Desechos sólidos (plásticos): por estar el canal de aducción expuesto al medio ambiente y atravesar una zona poblada (Chosica), los pobladores vierten sus desechos los cuales saturan las rejas colectoras de desechos en la cámara de carga lo que repercuten en la operación de la central y al llegar a la turbina repercuten en su desgaste
- Sedimentos: al ser vertidas las aguas turbinadas de la Central Moyopampa al rio Rímac, estas levantan el sedimento del rio, el cual es captado en la Toma Huampani ubicada 2 km rio abajo.

Esto causa que en épocas de avenida la Central Huampaní quede fuera de servicio por alta concentración de solidos en el agua, para protegerse de un desgaste prematuro de la turbina.

A continuación se presentan los protocolos de revisión hidráulica y vibraciones tomados antes del cambio de la turbina y que fueron determinantes para realizar el cambio.

En la revisión hidráulica se evidencia el alto desgaste de los alabes y blindajes de la turbina, incluso con desprendimiento de material; por lo que se toma la decisión de realizar su cambio para mejorar su eficiencia.

Se puede apreciar que las vibraciones en el cojinete lado turbina se incrementaron, permaneciendo siempre dentro del rango aceptable (1.6 – 2.5)

Tabla N° 3.1 Revisión Hidrúulica

EDEGEL GERENCIA DE EXPLOTACIÓN	PROTOCOLO DE CONTROL	F.MC.HI.002
	REVISION HIDRAULICA Y CONTROL DESGASTES DE TURBINA FRANCIS DE LA CENTRAL HUAMPANÍ	FECHA: 21.01.2011 GRUPO: 1 RODETE: "K" HRS. SERV.: 62,637 ENCARGADO: W.SALAZAR

A. REPORTE DE REVISION HIDRAULICA
(Marcar con una aspa el estado de cada elemento según leyenda)

LEYENDA	
0	Normal
1	Gastado (Reparar)
2	Muy Gastado (Cambiar)
3	Operación Anormal

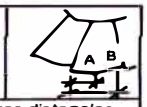
COMPONENTES	ELEMENTOS	ESTADO 0	1	2	3	COMPONENTES	ELEMENTOS	ESTADO 0	1	2	3
TURBINA LADO REGULADOR	Alabes Rueda Francis		X			TURBINA	Predistribuidor		X		
	Tapa de Turbina		X				Válvula de purga del espiral	X			
	Blindaje de Fondo		X			DISTRIBUIDOR	Paletas Directrices		X		
	Blindaje Angular		X				Distribuidor (conjunto)	X			
	Codo de Descarga		X				Servomotor	X			
	Blindaje del codo		X			D. SINCRONO	D. Sincrono (conjunto)	X			
TURBINA LADO ALTERNADOR	Alabes Rueda Francis		X				Anillos de Hermeticidad	X			
	Tapa de Turbina		X				Válvula de Purga	X			
	Blindaje de Fondo		X			VÁLVULA RECTILÍNEA	V. Rectilínea (conjunto)	X			
	Blindaje Angular		X				Anillos de hermeticidad	X			
	Codo de Descarga		X				By-Pass (Manual-Automático)	X			
	Blindaje del codo		X								

B. CONTROL LUCES Y DESGASTE DE LA TURBINA

B.1. CONTROL LUCES (mm.) ENTRE RODETE Y BLINDAJES

a) EN LA SALIDA

Posición Alabe Nº 1



Pos A. y Pos B.

Considerar distancias del vértice en el extremo de cada alábe de:

A:	100 mm
B:	200 mm

Nº Alabe	L. REGULADOR Pos. A	L. REGULADOR Pos. B	L. ALTERNADOR Pos. A	L. ALTERNADOR Pos. B
1	5.3	5.2	5.0	4.9
2	5.2	5.4	5.1	4.9
3	5.2	5.0	5.2	5.1
4	5.4	5.2	5.2	5.1
5	5.1	5.0	5.2	5.2
6	4.2	4.4	6.5	6.3
7	4.5	4.5	6.5	6.0
8	4.9	4.5	6.2	5.5
9	5.5	5.4	5.5	5.0
10	5.5	4.4	6.2	5.1
11	4.4	4.2	5.2	4.5
12	4.4	4.2	5.1	4.0
13	4.5	5.1	4.5	3.8
Promedio	**4.9**	**4.8**	**5.5**	**5.0**

LUCES < 6,0 mm

B.2. CONTROL LUCES (mm.) ENTRE PALETAS Y BLINDAJES

	L.Regulador	L.Alternador
FILO	0.7	0.7
TALÓN	0.6	0.6

LUCES < 1,5 mm

B.3. PROFUNDIDAD (mm.) DEL DESGASTE MAXIMO EN BLINDAJES DE FONDO

L.Regulador	L.Alternador
10	11

DESGASTE < 25 mm

b) EN LA ENTRADA

L.Regulador	L.Alternador
3.2	3.2

LUCES < 7 mm

OBSERVACIONES:

1. 06 Alabes de rueda francis con desgaste pronunciado, lado filo y salida del agua, LA = 6,9,10,13. LR = 5,6. En el filo le falta material de 1 x 1 cm, en la salida del agua el N°13 L.A le falta material, largo 40 x 1 cm de ancho.
2. Desgaste excesivo de muñón de paletas 45%, tambien el alojamiento lado blindaje de fondo con profundidades de 20 a 25 mm.
3. Se recomienda reparar alabes para recuperar material, pérdida o inicio preparativo cambio de componentes rueda turbina.

W.SALAZAR
FIRMA DEL ENCARGADO

OT.: 428079

Tabla N° 3.1 Control de Vibraciones

EDEGEL

CONTROL DE NIVELES DE VIBRACION EN COJINETES (mm/s RMS)

CENTRAL: HUAMPANÍ
RESPONSABLE: A.LOPEZ
CON INSTRUMENTO: CMVP50 SKF
G1 OT: 438116 | G2 OT: 438127

			FECHA:	07.06.10	05.07.10	09.08.10	13.09.10	11.10.10	08.11.10	06.12.10	10.01.11	07.02.11	14.03.11	11.04.11	09.05.11
GR 1	COJ.	MW		14.5	1.3	12.5	15.4	11.5	9.5	14.5	15	15.5	14.7	14.5	15.0
	LT	V		1.4	1.2	1.2	1.4	1.1	1.1	1.3	1.3	1.2	1.2	1.3	1.2
		H		1.2	1.1	1.1	1.5	0.8	0.7	1.5	1.6	1.5	1.5	1.6	1.6
		AI		1.1	1.0	1.0	1.0	0.8	0.7	1.1	0.8	1.1	0.9	1.2	1.0
		AD		1.2	1.2	1.1	1.1	0.7	0.7	1.2	1.1	1.3	1.2	1.0	1.1
	LOE	V		1.0	1.0	1.0	1.1	0.9	0.9	1.2	1.2	1.3	1.2	1.1	1.2
		H		1.2	1.1	1.0	1.2	1.0	0.9	1.3	1.3	1.4	1.3	1.1	1.2
		AI		0.8	0.9	0.8	0.9	0.8	0.9	1.2	0.9	0.9	0.9	1.1	1.2
		AD		0.5	0.7	0.7	1.0	0.9	0.8	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.2
	LE	V		0.4	0.6	0.5	0.3	0.2	0.3	0.8	0.3	0.4	0.6	0.6	0.5
		H		0.8	0.8	0.6	0.6	0.6	0.6	1.1	0.7	0.8	0.7	0.7	0.7
		AI		0.5	0.6	0.8	0.4	0.5	0.6	0.8	0.5	0.6	0.7	0.5	0.5
		AD		0.6	0.6	0.8	0.9	0.7	0.5	0.8	0.5	0.6	0.7	0.4	0.6
GR 2	COJ.	MW		14.0	12.5	12.7	13	13.5	13.5	14.5	15	14.5	14.9	15	15.0
	LT	V		0.7	0.7	0.9	0.5	0.6	0.8	1	0.8	0.7	0.8	0.7	0.7
		H		0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	1.1	1.3	1.4	1	1.4	1.3	1.4
		AI		0.7	0.8	0.8	0.7	0.6	0.8	1.1	0.9	0.7	0.9	0.9	0.8
		AD		0.7	0.7	0.7	0.8	0.7	0.9	1.1	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9
	LOE	V		0.8	0.8	0.7	0.8	0.9	0.9	1.1	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1
		H		1.0	0.9	1.1	0.9	0.9	1.0	1.5	1.5	0.9	1.3	1.4	1.3
		AI		0.7	0.7	0.8	0.7	0.7	0.9	1.1	0.9	0.8	0.9	0.8	1.0
		AD		0.7	0.7	0.8	0.6	0.5	0.7	1	0.9	0.7	0.8	0.9	1.0
	LE	V		0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3	0.8	0.5	0.4	0.6	0.6	0.6
		H		0.6	0.4	0.6	0.4	0.6	0.5	1.5	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7
		AI		0.4	0.3	0.5	0.3	0.2	0.3	0.8	0.5	0.4	0.4	0.4	0.6
		AD		0.4	0.4	0.6	0.4	0.3	0.4	0.7	0.5	0.3	0.5	0.7	0.6

NORMA ISO 10816-5: 2000(E)

EVALUACIÓN DE VIBRACIÓN EN MAQUINAS POR MEDICIONES EN PARTES NO ROTATIVAS
(PARTE 5: Grupos generadores de potencia e instalac. de bombeo hidráulicos)

ZONA A	hasta 1,6	
ZONA B		
ZONA C	2,5	4,0
ZONA D	mayor a 4,0	

NOTA:
LOS GRUPOS EN C. HUAMPANI DEBEN OPERAR CON VALORES MAXIMOS EN LA ZONA "B"

ZONA A: Las vibraciones de máquinas consideradas como nuevas deberían normalmente estar en esta zona.

ZONA B: Corresponde a máquinas con vibraciones consideradas normalmente aceptables para operar sin restricciones a largo plazo.

ZONA C: Máquinas copnsideradas en esta zona son normalmente consideradas no satisfactorias para operación continua a largo plazo. Generalmente la maquina puede ser operada por un periodo limitado en esta condición hasta el momento oportuno para tomar la acción correctiva.

Zona D: Valores de vibración en esta zona son normalmente considerados suficientemente severos para causar daños en las maquinas.

OBSERVACIÓN: Los valores de las vibraciones se encuntran dentro del rango de normalidad.

LT: Lado Turbina, LOE: Lado Opuesto Excitatriz, LE: Lado Excitatriz, V: Vertical,H: Horizontal, AI: Axial Izquierdo, AD: Axial Derecho

Gráfico N°3.1- NIVELES DE VIBRACION EN COJINETE GR1- HUAMPANI – Lado Turbina (antes del cambio)

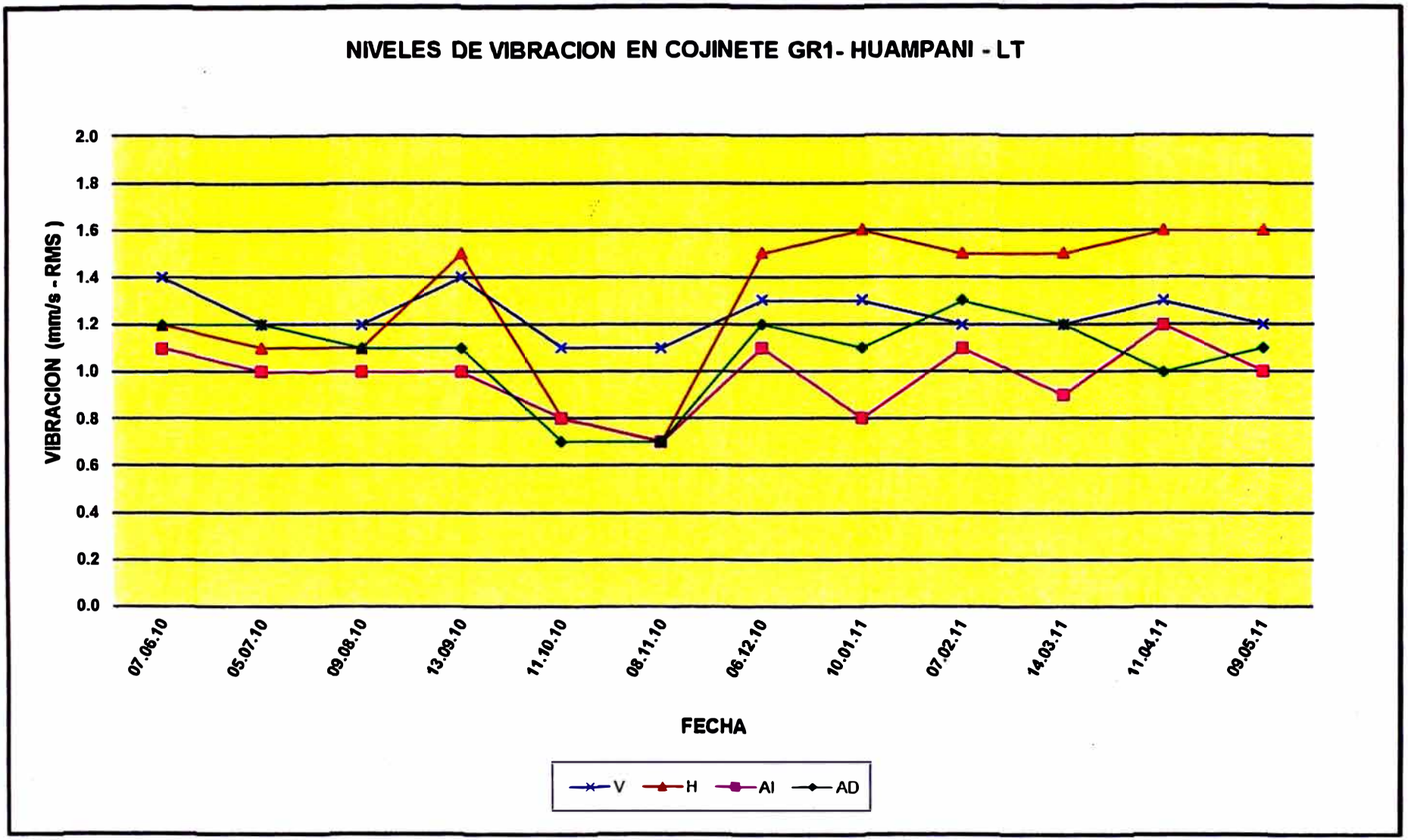


Gráfico N°3.2- NIVELES DE VIBRACION EN COJINETE GR1- HUAMPANI – Lado Opuesto Excitatriz (antes del cambio)

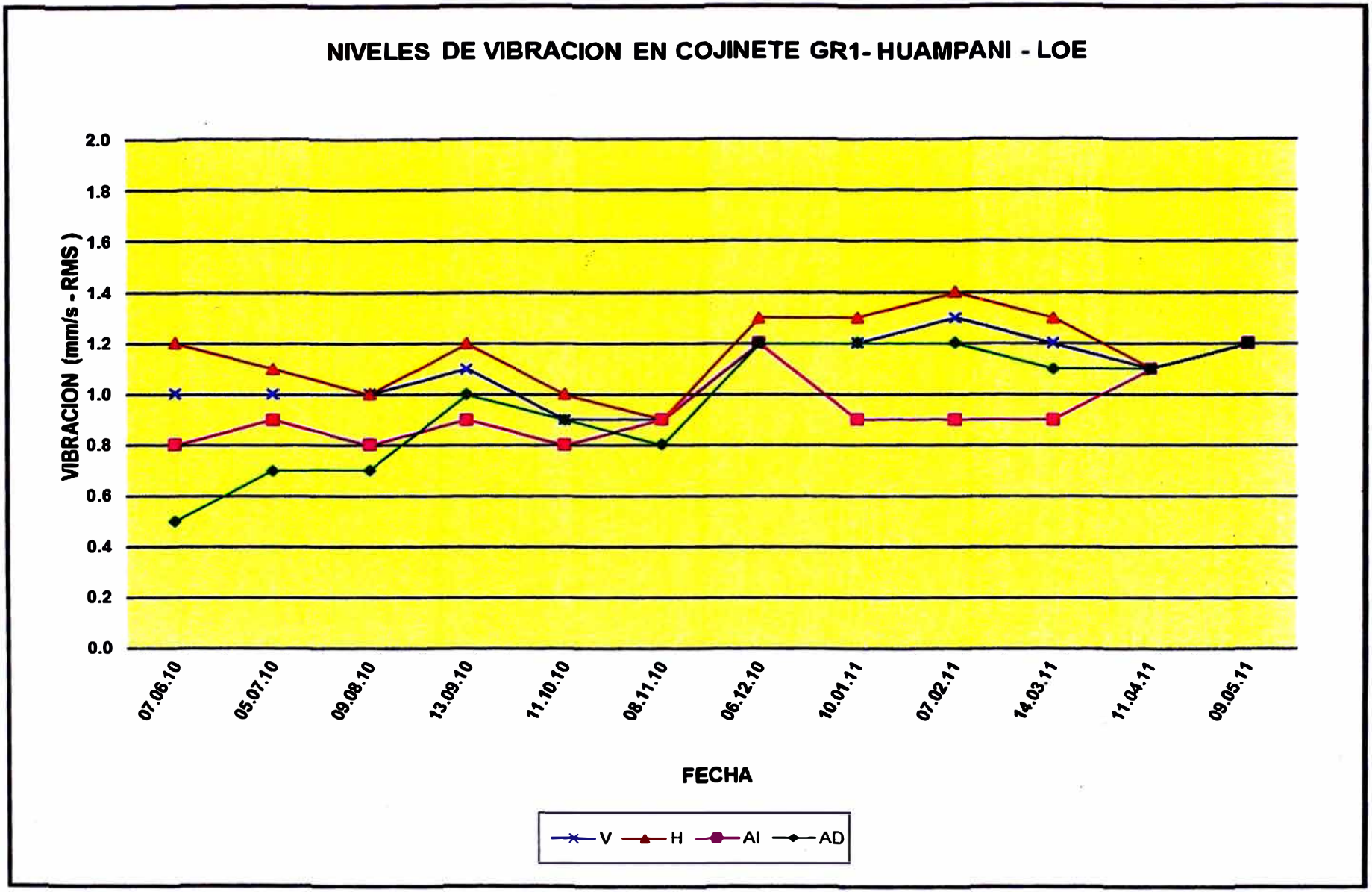
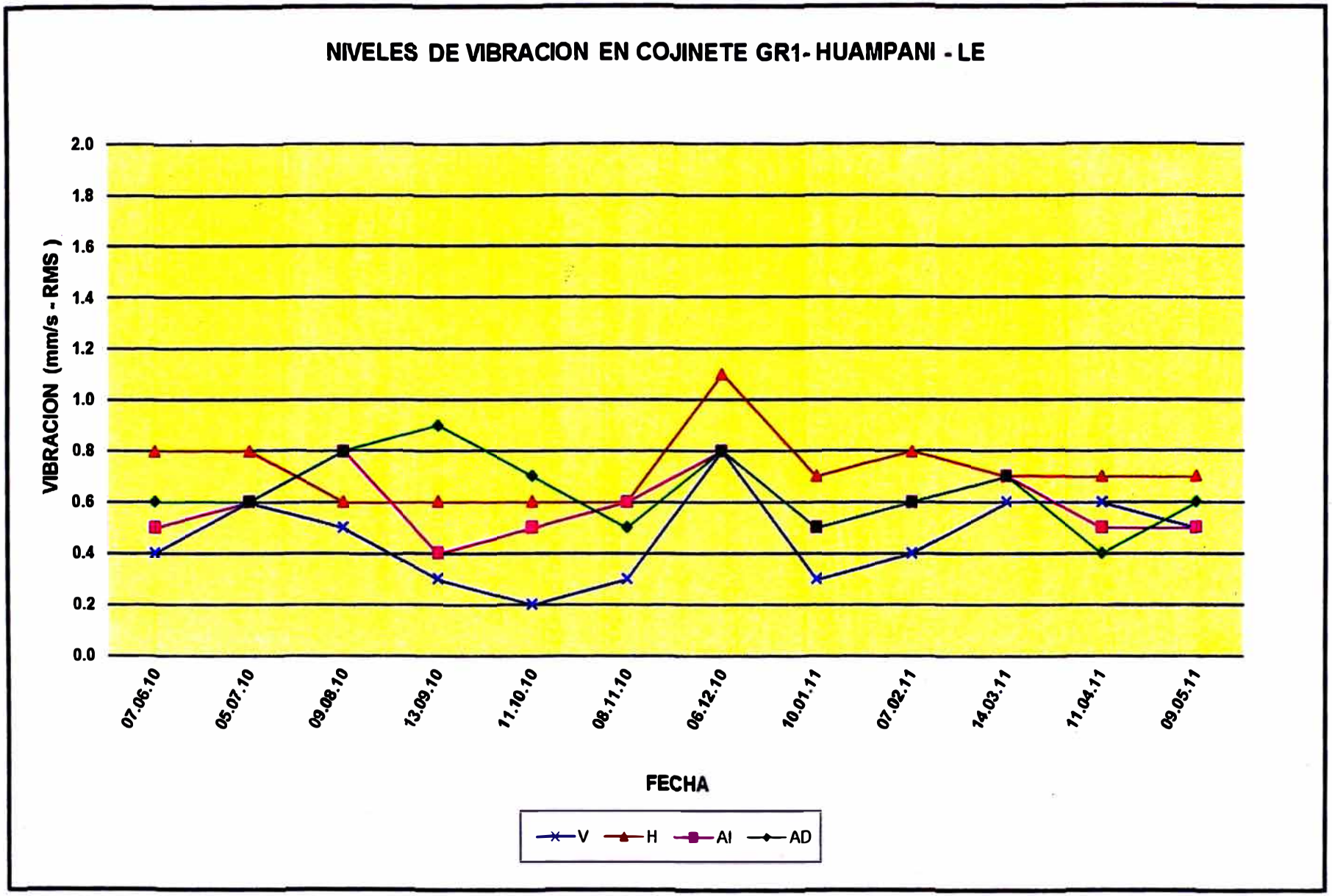


Gráfico N°3.3- NIVELES DE VIBRACION EN COJINETE GR1- HUAMPANI – Lado Excitatriz (antes del cambio)



CAPÍTULO IV

CAMBIO DE LA TURBINA FRANCIS

Para realizar el cambio de componentes de la turbina Francis de la central huampani es necesario realizar el despiece total de la turbina y reemplazarlos por los componentes de repuesto (tapas de turbinas, blindajes, alabes directrices, eje y rodete).

A continuación se detalla el proceso del cambio de turbina.

4.1 DESMONTAJE DE TURBINA

4.1.1 Desmontaje codo de descarga Lado Regulador G1

- Abrir pasos de hombre de codo de descarga Lado Regulador
- Colocar escalera y media luna dentro de codo Lado Regulador por la fosa de turbina.
- Cortar el interior de las uniones del codo de descarga Lado Regulador.

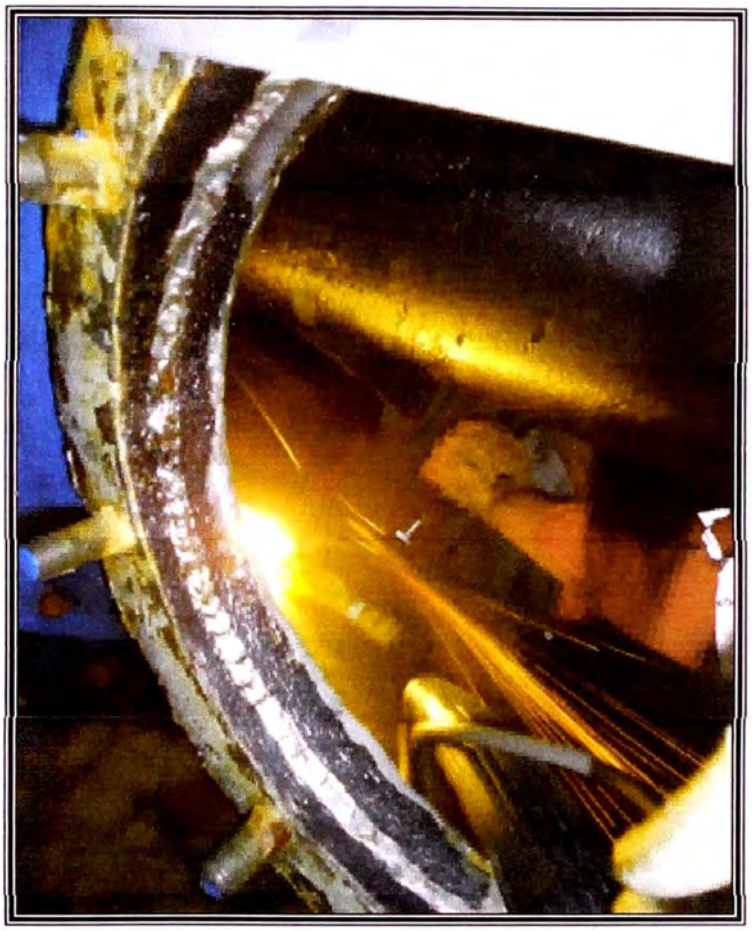


Figura N°4.1.- Esmerilado del codo para separar las mitades

- Desmontar los pernos codo Lado Regulador dejando uno en la parte superior
- Desmontar los tubos de aireación de los codos Lado Regulador
- Desmontar el distanciador entre codo y cojinete de empuje Lado Regulador
- Desmontar los pernos de laberinto entre codo y eje
- Estrobar y desmontar el codo de descarga en dos mitades Lado Regulador.
- Colocar planchas de madera en descarga descubierta Lado Regulador.

- Desacoplar tubería de aceite en parte inferior cojinete de empuje.
- Izar el eje para retirar casquete inferior del cojinete con ayuda del puente grúa.
- Izar y retirar la base del cojinete con la ayuda del polipasto de 5Ton.

Figura N°4.2.- Codo Lado Regulador en proceso de desmontaje.

4.1.2 Desmontaje tapa de turbina Lado Regulador G1

- Retirar pernos de fijación tapa de turbina Lado Regulador dejando 2 pernos opuestos.
- Retirar 18 bridas portadoras de retenes Lado Regulador.
- Estrobar y colocar herramienta de izaje de tapa de turbina en la parte superior tapa de turbina.

- Colocar 18 gatitas de fijación en bielas vs tapa Lado. Generador.
- Colocar 4 espárragos (extractor de tapa de turbina) en Lado Regulador.
- Ajustar los 4 extractores paralelos y conjuntamente con la grúa retirar tapa Lado Regulador.
- Colocar la tapa de turbina sobre su base.

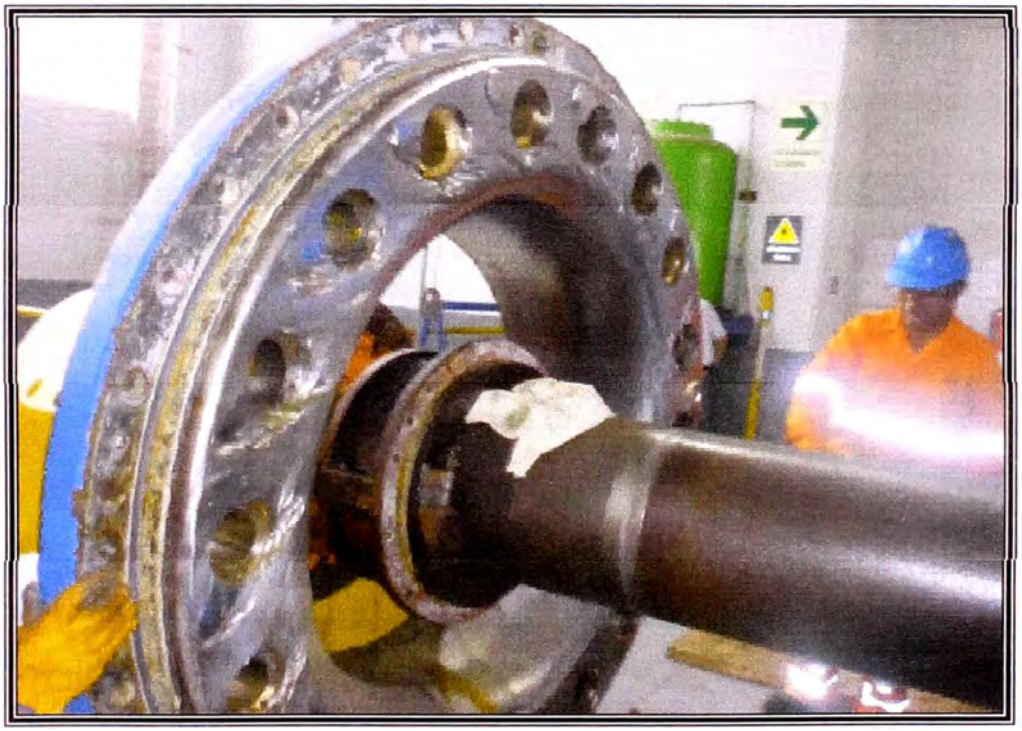


Figura N°4.3.- Tapa de turbina lado regulador con desgaste avanzado.

- Izar eje con la ayuda de la grúa de 40 ton y colocar base detrás de la tapa de turbina.
- Izar tapa de turbina Lado Regulador y retirarla hasta la sala de máquinas a un lugar seguro.

4.1.3 Desmontaje codo de descarga Lado Generador G1

- Abrir pasos de hombre codo de descarga lado Generador
- *Colocar* escalera y media luna dentro de codo Lado Generador por fosa de turbina.
- Iniciar corte interior de uniones codo de descarga Lado Generador.
- Desmontaje de pernos del codo Lado Generador dejando uno en la parte superior.
- Desmontaje de tubos de aireación codos Lado Generador.
- Desmontaje de funda y pernos de laberinto entre codo y eje.
- Retirar18 gatitas de fijación en bielas vs tapa L. Generador.
- Retirar 18 chavetas cuñas de bieletas vs paletas.
- Retirar 18 bielas de la corona distribuidor vs paletas directrices
- Desplazar 100mm las 18 paletas hacia lado regulador.
- Estrobar y desmontar codo de descarga en dos mitades Lado Generador.
- Colocar planchas de madera descarga descubierta Lado Generador.

4.1.4 Desmontaje tapa de turbina Lado Generador G1

- Desacoplar pin de servomotor y corona distribuidor.
- Colocar la herramienta de apoyo de la corona del distribuidor sobre el cojinete central.

- Estrobar distribuidor, izar y realizar maniobras de giro y retiro.
- Apoyar y fijar la corona distribuidor con sogas a carcasa de Generador.
- Retirar 10 pernos de acople eje de turbina y apoyar sobre su base.
- Retirar 18 paletas (alabes directrices) de tapa de turbina.
- Retirar pernos de fijación tapa de turbina Lado Generador dejando 2 pernos opuestos.
- Estrobar y colocar herramienta de izaje de tapa de turbina en la parte superior de la tapa de turbina.
- Colocar 4 espárragos (extractor de tapa de turbina) en Lado Generador.
- Ajustar los 4 extractores en paralelo, y conjuntamente con la grúa retirar tapa Lado Generador.
- Colocar la tapa de turbina sobre su base.

4.1.5 Desmontaje eje de turbina con rueda Francis G1

- Estrobar e izar el eje principal de turbina por encima del caracol con un cable de acero.
- Desacoplar eje principal de turbina con la ayuda de 2 extractores.

Figura N°4.4.- Desacoplando el eje de la turbina. Para retirar los pernos se fabricó una herramienta de impacto.

- Mover el eje hacia el Lado Regulador 2 m con la ayuda de la grúa y descansar sobre su base.
- Estrobar nuevamente el eje en la parte central Lado Regulador.
- Izar eje principal de turbina, retirar a un lugar seguro y delimitarlo.
- Verificación y corrección de posición de rodete Francis (referencia eje saliente)

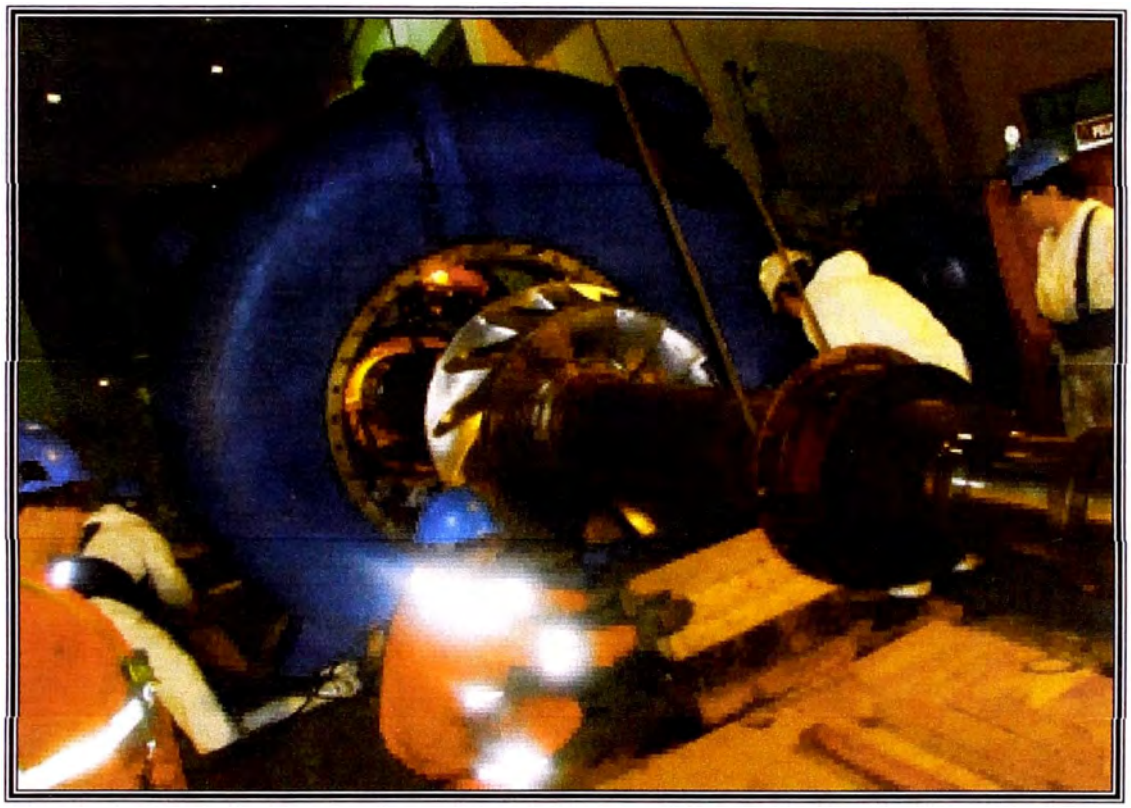


Figura N°4.5.-Extracción del conjunto eje - rodete

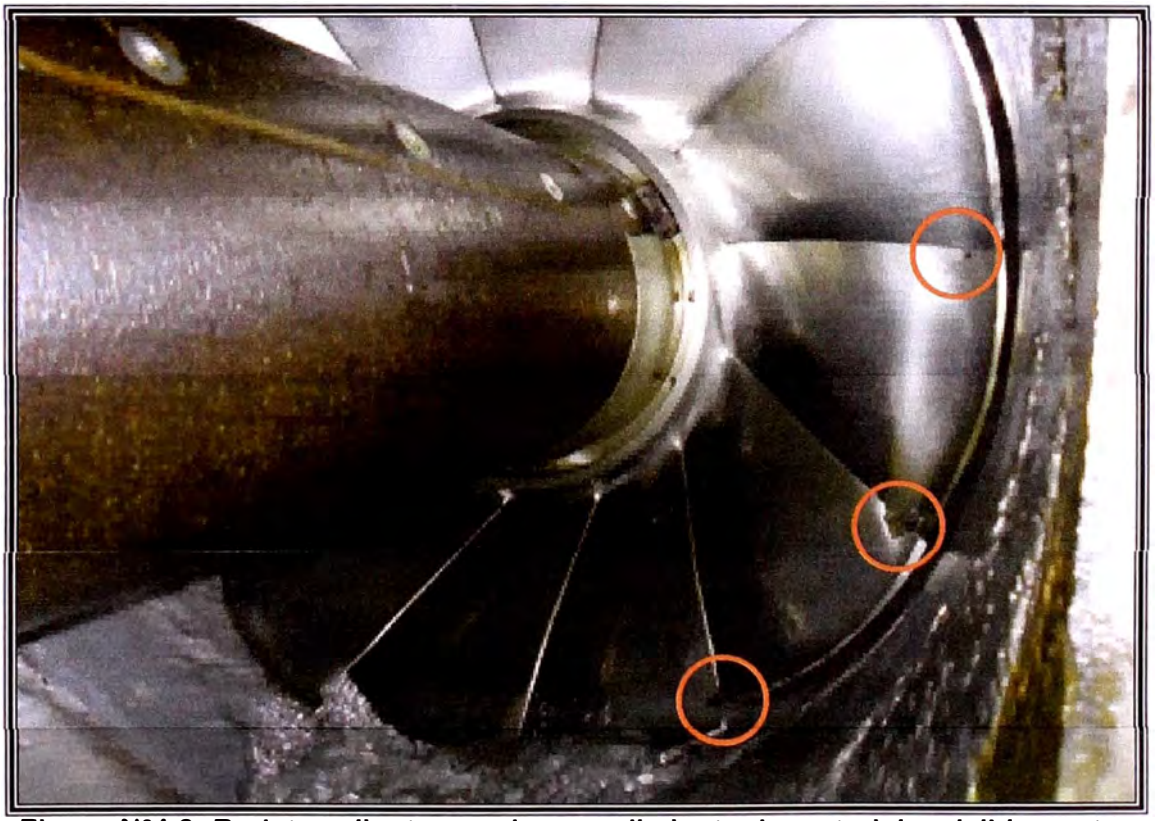


Figura N°4.6.-Rodete saliente con desprendimiento de material y visiblemente gastado.

Figura N°4.7.- Desgaste en los álabes del rodete Francis.

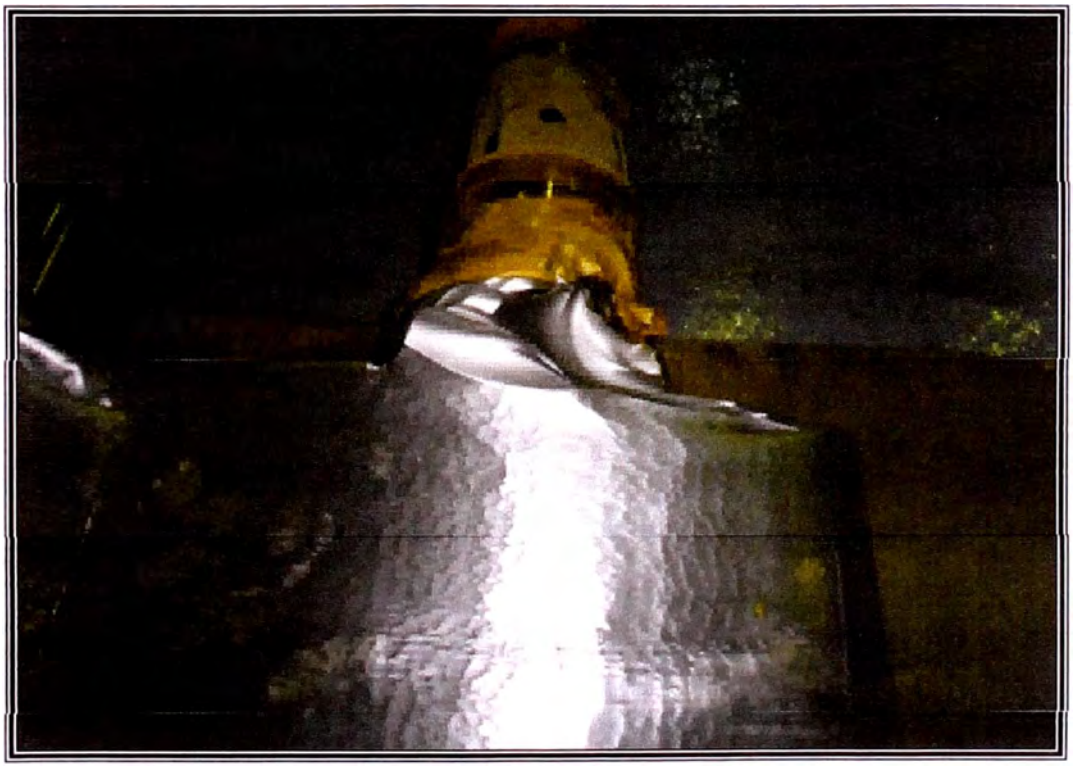


Figura N°4.8.- Estado de las paletas salientes

4.2. MONTAJE PRELIMINAR DE TAPAS DE TURBINA, EJE, Y COJINETE DE EMPUJE.

- Estrobar, izar y montar tapa de turbina en carcasa de caracol con 8 pernos Lado Generador.
- Estrobar eje principal, izar, montar y fijar con 2 pernos opuestos Lado Generador.
- Apoyar el eje principal sobre su base.
- Estrobar, izar e introducir tapa de turbina a eje y apoyar sobre su base.
- Estrobar, izar y montar carcasa de cojinete empuje con sus pernos y guías, según plano A4.
- Montar casquete inferior y superior del cojinete de empuje y fijar con tapa superior, según plano A4..
- Estrobar, izar y montar tapa de turbina en carcasa de caracol con 8 pernos Lado Regulador.
- Tomar medidas de luces entre rueda y blindaje de tapas según protocolo (Tabla 4.1)
- Rectificado de luces entre tapas y rodete
- Presentar y fijar la mitad de los codos Lado Regulador y Lado Generador, determinar altura y juego axial de laberintos.
- Desmontar codos y preparar empaquetaduras si requieren altura o luz axial.
- Desmontar tapa de turbina Lado Regulador y colocar sobre su base.

Las paletas, tapas y rodete a instalar fueron controlados antes de su montaje, en especial el centrado del rodete, ofreciendo los siguientes resultados.

Figura N°4.9.- Centrado del rodete en el eje para controlar las luces con las tapas.

Figura N°4.10.- Montaje del conjunto eje - rodete

Figura N°4.11.- Medición de luces entre rodete y blindajes de tapa.

Figura N°4.12.- Mapeo y marcado de profundidad del área a esmerilar para lograr la excentricidad de la tapa L.R.

4.3. MONTAJE DE LA TURBINA

4.3.1. Montaje tapa de turbina Lado Generador G1

- Estrobar, izar, montar y fijar con pernos tapa de turbina en carcasa del caracol Lado Generador, según plano A2.
- Estrobar, izar y montar la corona del distribuidor.
- Montar y fijar pernos restantes de acoplamiento eje principal Lado Generador.
- Montar 18 paletas directrices a tapa Lado Generador, según plano A1.

Figura N°4.13.- Montaje de tapa de turbina lado generador

4.3.2. Montaje codo de descarga Lado Generador G1

- Estrobar, izar y montar codo de descarga Lado Generador considerando las luces de los laberintos.
- Colocar y fijar pernos axiales, laterales y del piso del codo de descarga Lado Generador.
- Fijar pernos de laberinto vs codo de descarga y colocar funda.
- Montaje de tubos de aireación codos Lado Generador.
- Montar 18 bielas con sus respectivas chavetas.
- Montar pin de brazo servomotor vs corona distribuidor y regular cierre de paletas.
- Colocar tapas de paso de hombre en codo de descarga Lado Generador.

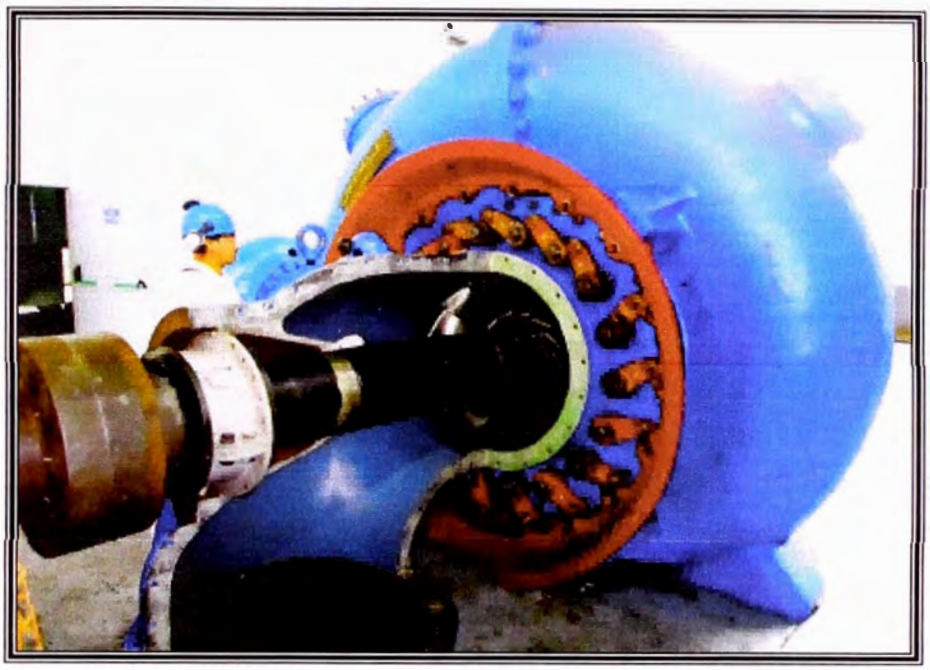


Figura N°4.14.- Instalación de codo lado generador

4.3.3. Montaje tapa de turbina Lado Regulador G1

- Colocar 4 espárragos en carcasa de turbina para montar tapa Lado Regulador.
- Estrobar, izar, montar y fijar con pernos la tapa de turbina en la carcasa de caracol Lado Regulador, según plano A3.
- Colocar 18 bridas porta retenes a tapa de turbina Lado Regulador.

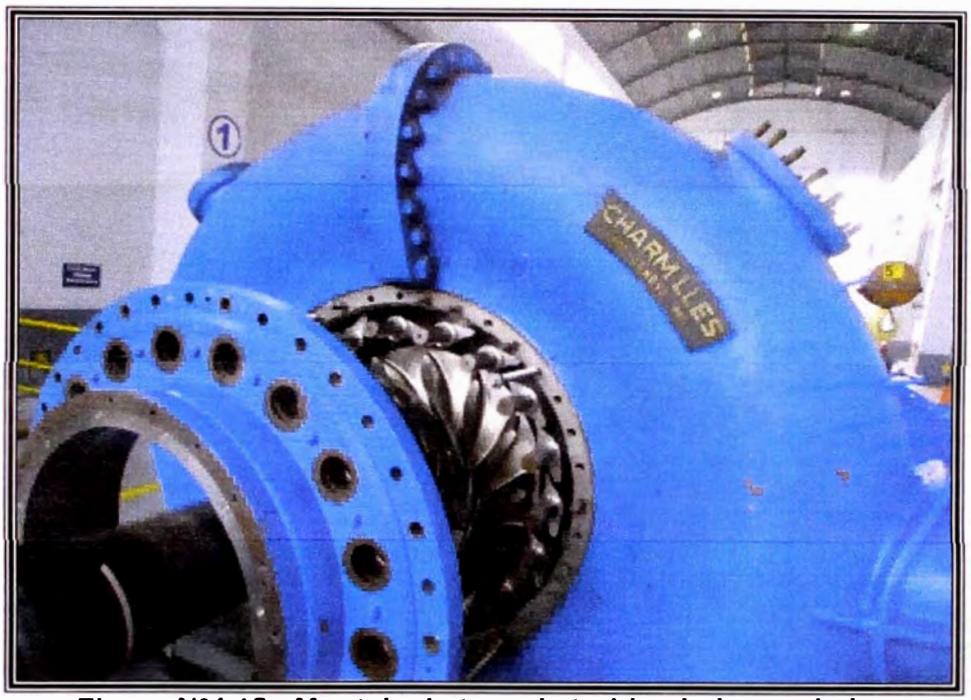


Figura N°4.15.- Montaje de tapa de turbina lado regulador.

4.3.4. Montaje codo de descarga Lado Regulador G1

- Estrobar, izar y montar el codo de descarga Lado Regulador considerando las luces de los laberintos.
- Colocar y fijar pernos axiales, laterales y del piso del codo de descarga Lado Regulador.
- Fijar pernos de laberinto vs codo de descarga y colocar funda.
- Montar tubos de aireación del codo Lado Regulador.
- Montar pernos de laberinto entre codo y eje.
- Montar distanciador entre codo y cojinete de empuje Lado Regulador.
- Colocar tapas pasó de hombre en codo de descarga Lado Regulador.

4.3.5. Montaje cojinete de empuje Lado Regulador G1

- Control dimensional del cojinete de empuje.
- Montaje de tapa superior de cojinete de empuje Lado. Regulador.
- Montaje sensores de temperatura con toda su base y sensor de vibraciones.
- Montar cadenas de trasmisión bomba mecánica y piloto de arrastre, según plano A5
- Colocar dispositivo de sobre velocidad.
- Agregar aceite cárter superior según nivel de la mirilla.
- Acoplar tubería de aceite en parte inferior cojinete de empuje.
- Montaje de tapa lateral del cojinete de empuje Lado Regulador.

Figura N°4.16.- Instalación de la base del cojinete de empuje.

Figura N°4.17.- Montaje del cojinete de empuje

Durante la comprobación de luces en el rodete y los laberintos del eje de la turbina se observó que todos los valores quedaron dentro de los rangos nominales como se muestra a continuación en los respectivos protocolos de montaje.

También se observó una fuerte disminución en las vibraciones tomadas 24 horas después de la reparación (01.06.11)

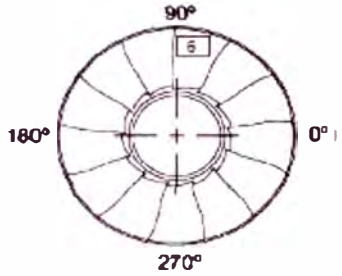
Tabla N° 4.1 Control de luces entre tapas y rodete (protocolo de montaje)

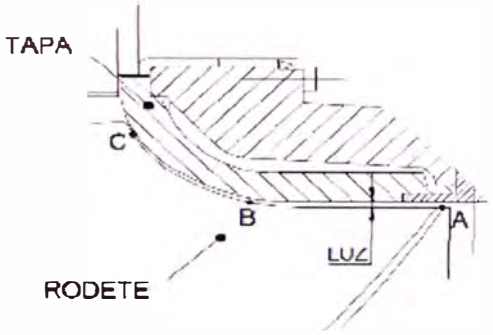
F.MC.HI.006 Rev: 00 — Control de luces entre rodete y tapa de turbina

EDEGEL — MANTENIMIENTO MECANICO

PROTOCOLO DE CONTROL	F.MC.HI.006
CONTROL DE LUCES ENTRE RODETE Y TAPA DE TURBINA	Central: Huampani
	Fecha: 30.05.2011
	Grupo: 1
	Controlado: W. SALAZAR
	Orden Trabajo: 456832

LADO: REGULADOR





DETALLE A

LUCES NOMINALES
AB : 0.60 - 0.70 mm
BC : 0.65 - 0.75 mm

		LUCES (mm)									
	N°	0°		90°		180°		270°		PROMEDIO	
		AB	BC	AB	BC	AB	BC	AB	BC	AB	BC
ALABES	1	0.80	0.80	0.80	0.80	0.79	0.81	0.80	0.80	0.80	0.80
	2	0.79	0.77	0.78	0.77	0.80	0.79	0.81	0.79	0.79	0.78
	3	0.80	0.79	0.78	0.79	0.81	0.82	0.80	0.81	0.79	0.80
	4	0.91	0.81	0.91	0.83	0.90	0.84	0.92	0.83	0.91	0.82
	5	0.88	0.85	0.86	0.85	0.90	0.86	0.89	0.85	0.89	0.85
	6	1.13	1.13	1.11	1.09	1.11	1.10	1.10	1.08	1.11	1.09
	7	1.13	1.12	1.17	1.18	1.14	1.11	1.10	1.10	1.13	1.13
	8	1.07	1.10	1.15	1.22	1.22	1.14	1.10	1.10	1.13	1.14
	9	0.93	0.91	0.92	0.90	0.92	0.89	0.90	0.88	0.92	0.89
	10	0.83	0.83	0.80	0.80	0.84	0.81	0.80	0.79	0.82	0.80
	11	0.72	0.68	0.72	0.72	0.70	0.66	0.73	0.69	0.72	0.69
	12	0.64	0.64	0.64	0.65	0.64	0.65	0.67	0.66	0.64	0.65
	13	0.71	0.72	0.69	0.70	0.69	0.70	0.71	0.71	0.70	0.70
								PROM. GENERAL		0.87	0.86

OBSERVACIONES

1.- Control realizado después del cambio de turbina .

2.- Máximos valores: AB=1.13mm, BC=1.14mm. Mínimos valores: AB=0.64mm, BC=0.65mm. Promedio general: AB=0.87mm, BC=0.86mm. Los valores se encuentran cercanos a los valores nominales.

3.- El álabe N° 6 de la turbina se encontraba en la posición de 90° al momento de iniciar las mediciones.

4.- Durante las pruebas no se registraron interferencias entre los álabes del rodete y la tapa.

Fecha de Aprobación: 31/05/2011

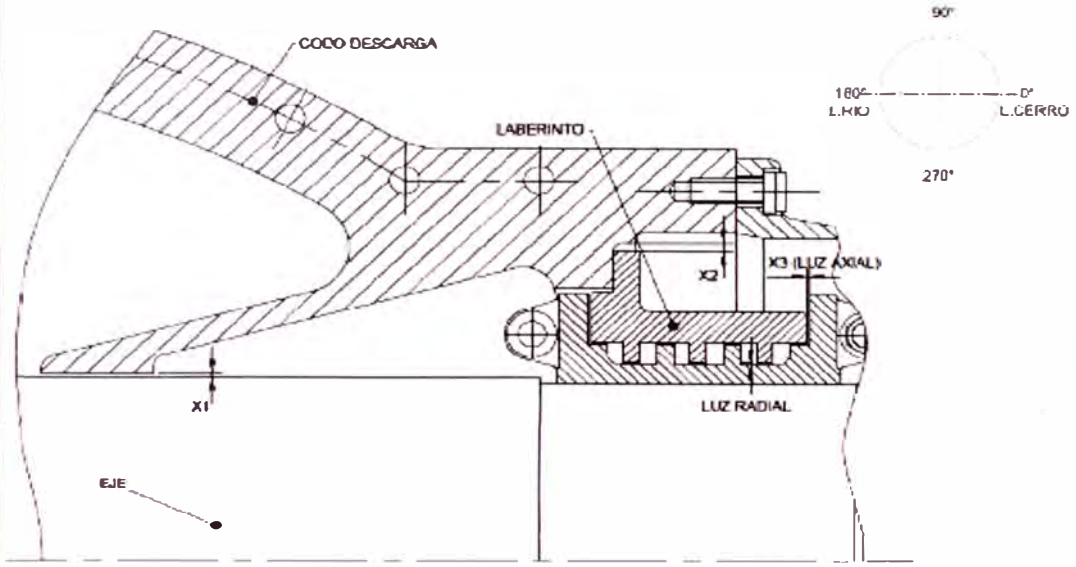
Tabla N° 4.2 Control de luces entre codo y laberinto (protocolo de montaje)

F.MC.HI.007 Rev. 00 Control de luces en el codo y laberinto

EDEGEL
MANTENIMIENTO MECANICO

PROTOCOLO DE CONTROL	F.MC.HI.007	
CONTROL DE LUCES EN EL CODO Y LABERINTO	Central	Huampani
	Fecha	30.05.2011
	Grupo	1
	Controlado	W. SALAZAR
	Orden Trabajo	456832

LADO: ALTERNADOR



$$X2 = \frac{X2_S - X2_I}{2}$$

Donde:

X2s : Luz medida con elementos tirados hacia arriba

X2i : Luz medida con elementos tirados hacia abajo

LUCES EN CODO DE DESCARGA Y LABERINTO (mm)						
MEDIDA	PUNTOS DE MEDICION				LUZ MÍNIMA	NOMINAL
	0°	90°	180°	270°		
X1	3.80	1.70	2.20	4.30	1.70	3.00
X2 (REGULACION RADIAL) (1)	0.95	1.05	—	—	0.95	1.00
X3 (REGULACION AXIAL)	0.80	2.00	2.40	1.00	0.80	2.00

(1) : X2 solo necesita evaluarse en dos puntos.

OBSERVACIONES

1.- Control realizado después del montaje de la turbina

2.- Luces mínimas: **X1 = 1.70mm, X2 = 0.95mm y X3 = 0.8mm**. Se encuentran dentro de los límites nominales.

3.- Durante las pruebas no se registraron interferencias entre el eje, codo y laberintos.

4.- Para X2 se evaluaron las luces a 0° y a 90°.

5.- Se colocó empaquetadura de 4.5mm en la tapa. No se colocó ninguna empaquetadura en la base del codo.

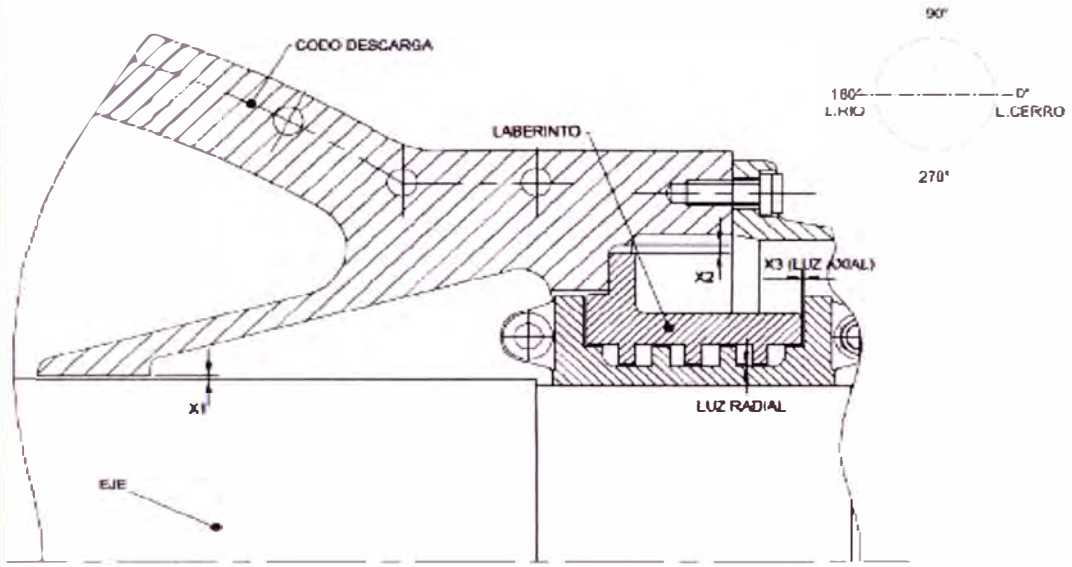
Fecha de Aprobación: 31/05/2011

Tabla N° 4.3 Control de luces entre codo y laberinto (protocolo de montaje)

F.MC.HI.007 Rev. 00 — Control de luces en el codo y laberinto

EDEGEL MANTENIMIENTO MECANICO	PROTOCOLO DE CONTROL	F.MC.HI.007	
	CONTROL DE LUCES EN EL CODO Y LABERINTO	Central	Huampani
		Fecha	30.05.2011
		Grupo	1
		Controlado	W. SALAZAR
		Orden Trabajo	456832

LADO: REGULADOR



$$X2 = \frac{X2s - X2i}{2}$$

Donde:

X2s : Luz medida con elementos tirados hacia arriba

X2i : Luz medida con elementos tirados hacia abajo

LUCES EN CODO DE DESCARGA Y LABERINTO (mm)						
MEDIDA	PUNTOS DE MEDICION				LUZ MÍNIMA	NOMINAL
	0°	90°	180°	270°		
X1	2.40	3.50	3.60	2.50	2.40	3.00
X2 (REGULACION RADIAL) (1)	0.90	0.95	—	—	0.90	1.00
X3 (REGULACION AXIAL)	1.70	2.30	2.30	1.70	1.70	2.00

(1) : X2 solo necesita evaluarse en dos puntos.

OBSERVACIONES

1.- Control realizado después del montaje de la turbina.

2.- Luces mínimas: **X1 = 2.40mm, X2 = 0.90mm y X3 = 1.70mm.** Se encuentran dentro de los límites nominales.

3.- Durante las pruebas no se registraron interferencias entre el eje, codo y laberintos.

4.- Para X2 se evaluaron las luces a 0° y a 90°.

5.- Se colocó empaquetadura de 2.5mm en la tapa. No se colocó ninguna empaquetadura en la base del codo.

Fecha de Aprobación: 31/05/2011

Tabla N° 4.4 Control de Vibraciones

CONTROL DE NIVELES DE VIBRACION EN COJINETES (mm/s RMS)

CENTRAL: HUAMPANÍ
RESPONSABLE: A.LOPEZ
CON INSTRUMENTO: CMVP50 SKF
G1 OT: 438116 | G2 OT: 438127

			FECHA:	09.08.10	13.09.10	11.10.10	08.11.10	06.12.10	10.01.11	07.02.11	14.03.11	11.04.11	09.05.11	01.06.11
GR 1	COJ.	MW		12.5	15.4	11.5	9.5	14.5	15	15.5	14.7	14.5	15.0	16.6
	LT	V		1.2	1.4	1.1	1.1	1.3	1.3	1.2	1.2	1.3	1.2	1.0
		H		1.1	1.5	0.8	0.7	1.5	1.6	1.5	1.5	1.6	1.6	1.0
		AI		1.0	1.0	0.8	0.7	1.1	0.8	1.1	0.9	1.2	1.0	0.7
		AD		1.1	1.1	0.7	0.7	1.2	1.1	1.3	1.2	1.0	1.1	0.6
	LOE	V		1.0	1.1	0.9	0.9	1.2	1.2	1.3	1.2	1.1	1.2	0.8
		H		1.0	1.2	1.0	0.9	1.3	1.3	1.4	1.3	1.1	1.2	0.6
		AI		0.8	0.9	0.8	0.9	1.2	0.9	0.9	0.9	1.1	1.2	0.6
		AD		0.7	1.0	0.9	0.8	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.2	0.6
	LE	V		0.5	0.3	0.2	0.3	0.8	0.3	0.4	0.6	0.6	0.5	0.5
		H		0.6	0.6	0.6	0.6	1.1	0.7	0.8	0.7	0.7	0.7	0.5
		AI		0.8	0.4	0.5	0.6	0.8	0.5	0.6	0.7	0.5	0.5	0.4
		AD		0.8	0.9	0.7	0.5	0.8	0.5	0.6	0.7	0.4	0.6	0.4
GR 2	COJ.	MW		12.7	13	13.5	13.5	14.5	15	14.5	14.9	15	15.0	
	LT	V		0.9	0.5	0.6	0.8	1	0.8	0.7	0.8	0.7	0.7	
		H		0.8	0.8	0.8	1.1	1.3	1.4	1	1.4	1.3	1.4	
		AI		0.8	0.7	0.6	0.8	1.1	0.9	0.7	0.9	0.9	0.8	
		AD		0.7	0.8	0.7	0.9	1.1	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	
	LOE	V		0.7	0.8	0.9	0.9	1.1	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	
		H		1.1	0.9	0.9	1.0	1.5	1.5	0.9	1.3	1.4	1.3	
		AI		0.8	0.7	0.7	0.9	1.1	0.9	0.8	0.9	0.8	1.0	
		AD		0.8	0.6	0.5	0.7	1	0.9	0.7	0.8	0.9	1.0	
	LE	V		0.3	0.2	0.2	0.3	0.8	0.5	0.4	0.6	0.6	0.6	
		H		0.6	0.4	0.6	0.5	1.5	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7	
		AI		0.5	0.3	0.2	0.3	0.8	0.5	0.4	0.4	0.4	0.6	
		AD		0.6	0.4	0.3	0.4	0.7	0.5	0.3	0.5	0.7	0.6	

NORMA ISO 10816-5: 2000(E)

EVALUACIÓN DE VIBRACIÓN EN MAQUINAS POR MEDICIONES EN PARTES NO ROTATIVAS
(PARTE 5: Grupos generadores de potencia e instalac. de bombeo hidráulicos)

ZONA A	hasta 1,6	
ZONA B	1,6	2,5
ZONA C	2,5	4,0
ZONA D	mayor a 4,0	

NOTA:
LOS GRUPOS EN C. HUAMPANI DEBEN OPERAR CON VALORES MAXIMOS EN LA ZONA "B"

ZONA A Las vibraciones de máquinas consideradas como nuevas deberían normalmente estar en esta zona.

ZONA B Corresponde a máquinas con vibraciones consideradas normalmente aceptables para operar sin restricciones a largo plazo.

ZONA C Máquinas copnsideradas en esta zona son normalmente consideradas no satisfactorias para operación continua a largo plazo. Generalmente la maquina puede ser operada por un periodo limitado en esta condición hasta el momento oportuno para tomar la acción correctiva.

Zona D Valores de vibración en esta zona son normalmente considerados suficientemente severos para causar daños en las maquinas.

OBSERVACIÓN: Los valores de las vibraciones se encuntran dentro del rango de normalidad.

LT: Lado Turbina, LOE: Lado Opuesto Excitatriz, LE: Lado Excitatriz, V: Vertical,H: Horizontal, AI: Axial Izquierdo, AD: Axial Derecho

Gráfico N°4.1- NIVELES DE VIBRACION EN COJINETE GR1- HUAMPANI – Lado Turbina (después del cambio)

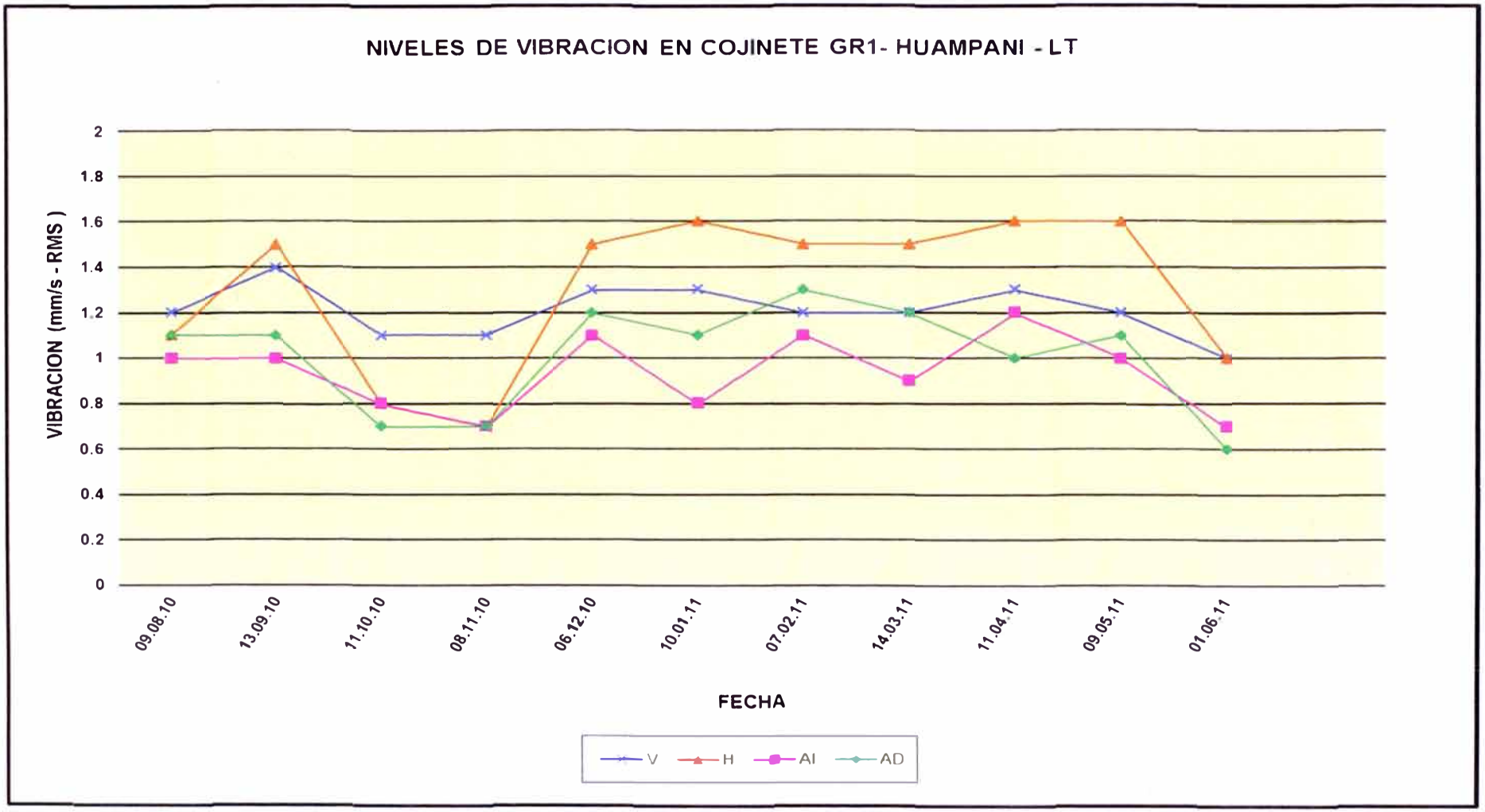


Gráfico N°4.2- NIVELES DE VIBRACION EN COJINETE GR1- HUAMPANI – Lado Opuesto Excitatriz (después del cambio)

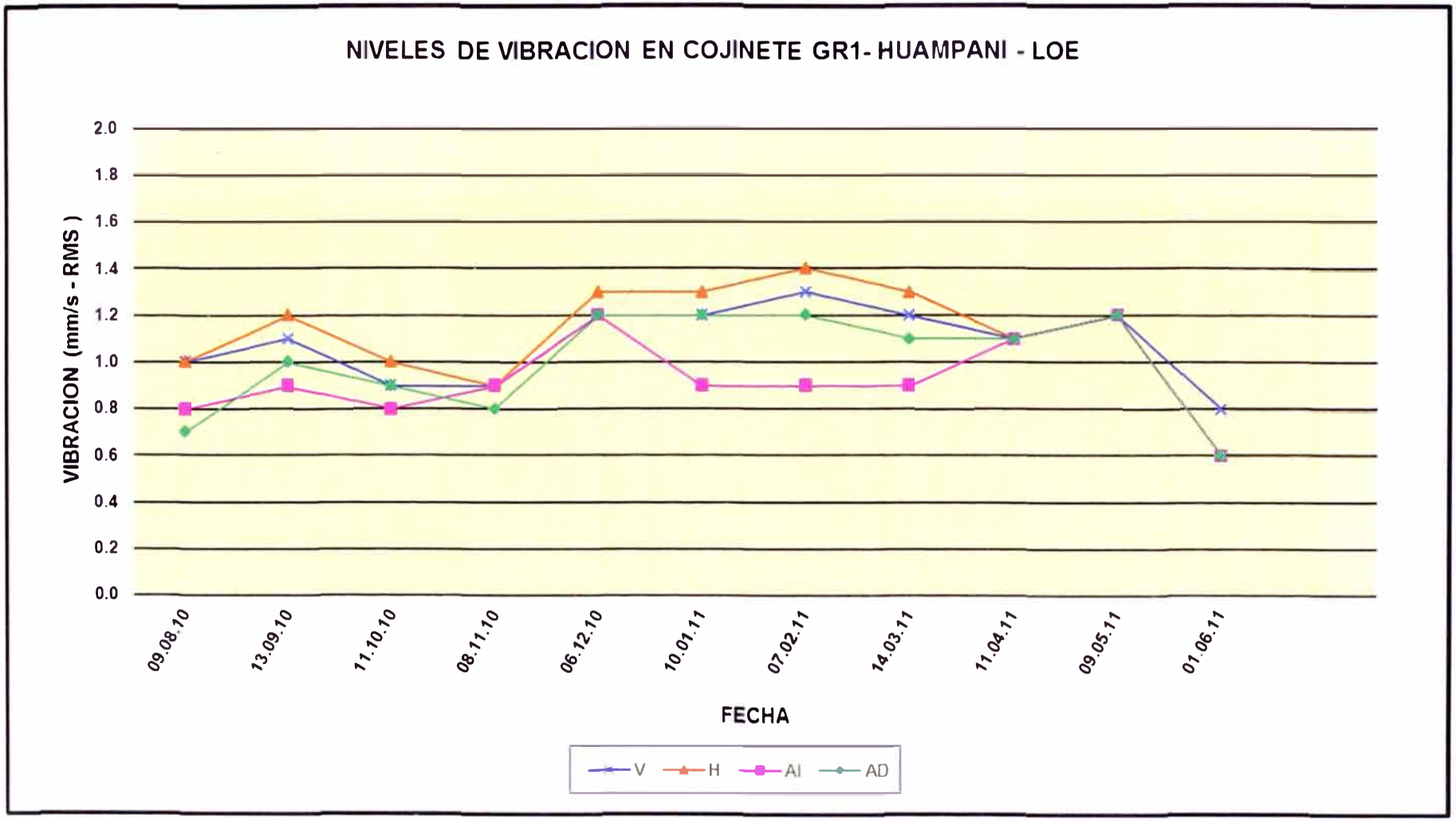
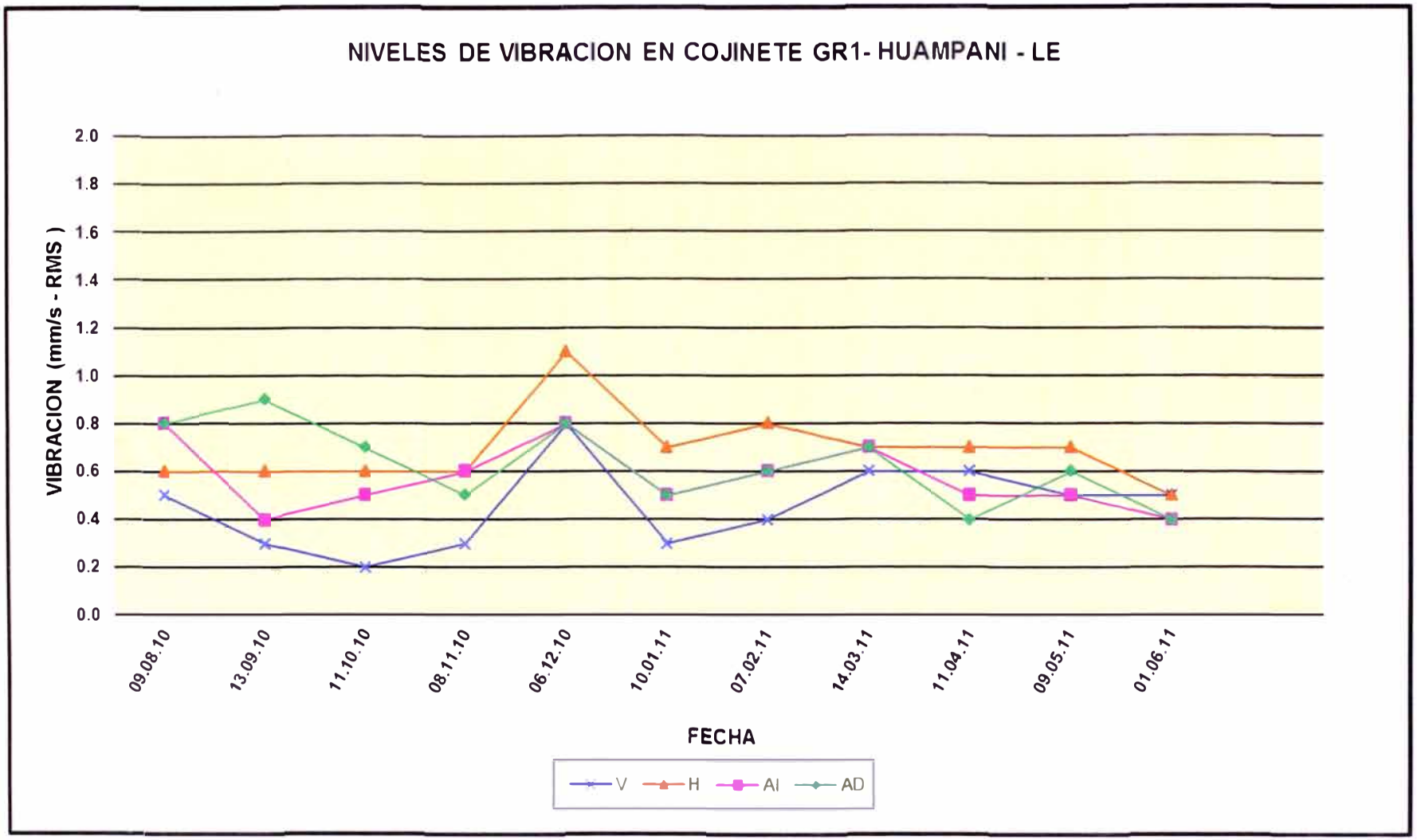


Gráfico N°4.3- NIVELES DE VIBRACION EN COJINETE GR1- HUAMPANI – Lado Excitatriz (después del cambio)



CONCLUSIONES

1. Si bien el nivel de vibraciones se encuentra dentro del rango aceptable (1.6-2.5), el cambio de la turbina Francis fue necesario, ya que se encontraba con desgaste pronunciado; lo cual afectaba su eficiencia y se puede evidenciar en el protocolo de revisión hidráulica (en la sección B.1 ,lado alternador, posición A; Tabla 3.1 Revisión Hidráulica)
2. Se observó una disminución considerable en las vibraciones del cojinete lado turbina, de 1.6mm/s a menos de 1.0mm/s.
3. La eficiencia de la turbina logro mejorarse hasta 16MW por la precisión que se tuvo en la reparación y montaje de la turbina Francis.
4. Quedó detallado el proceso de evaluación y cambio del la turbina Francis de la Central Huampaní, lo que permitió que no se produjeran contratiempos en la etapa de montaje y aseguró la calidad del mismo.

RECOMENDACIONES

1. Se observó que parte del desgaste es debido a los solidos (plásticos) contribuyen a desgaste de la turbina por lo que se recomienda techar el canal de aducción en toda su recorrido (5 km).
2. Para evitar una alta concentración de sólidos en suspensión (arenilla, sedimentos), se recomienda la construcción de un túnel de 2 km de longitud, entre la descarga de la Central Moyopampa y la Toma Huampaní y así evitar la contaminación del agua turbinada de la Central Moyopampa.

BIBLIOGRAFÍA

- J COTILLON (1978): L´hydroélectricité dans le monde. La Houille Blanche, reuve internationale de L´eau, numéro spécial 1-2. Ed. Société Hydrotechnique de France.

- G. ZOPPETTI (1982): Centrales hidroeléctricas, quinta edición. Ed. G. Gili, S.A.

- CLAUDIO MATAIX (1986): Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas, segunda edición. Ed. del Castillo, S.A.

- CEE, ESHA, IDAE (1989): Hidroenergía 89. Conferencia y Exposición Internacional de Energía Hidráulica.

- GRUPO DE FORMACIÓN DE EMPRESAS ELÉCTRICAS (1994): Centrales Hidroeléctricas.

- GRUPO FORMACIÓN DE EMPRESAS ELÉCTRICAS (1994): Centrales Hidroeléctricas Tomo I, Conceptos y Componentes Hidráulicos, Tomo II, Turbinas Hidráulicas. Ed. PARANINFO, S.A.

ANEXOS

INDICE DE ANEXOS

A1 Instructivo revisión hidráulica.

A2 Instructivo cambio de turbina Francis

A3 Corte axial turbina Francis

A4 Tapa turbina Francis lado alternador CH 69660

A5 Tapa turbina Francis lado regulador CH 69659

A6 Ensamble cojinete de empuje CH 69849A

A7 Ensamble del cojinete de apoyo CH 69968

ANEXO 1

INSTRUCTIVO REVISION HIDRAULICA

1. OBJETIVO

El objetivo de la presente instrucción es indicar los elementos que visualmente se inspeccionarán durante la Revisión Hidráulica de una turbina Francis, los parámetros a evaluar en el control de desgastes, y la forma de registrar la información obtenida para que sea útil en la toma de decisiones.

2. ALCANCE

Este procedimiento es aplicable a las turbinas Francis de los Grupos 1 y 2 de la Central Huampaní.

3. DEFINICIONES

No aplicable

4. REFERENCIAS

No aplicable

5. RESPONSABILIDAD

La inspección y control estará a cargo de un técnico Mecánico.

6. PERSONAL, MATERIALES E INSTRUMENTOS

No aplicable

6.1. PERSONAL

- 01 Técnico mecánico
- 01 Ayudante mecánico(operador de grúa)

El tiempo para la ejecución del trabajo es de 4 horas

6.2. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

- 01 Llave mixta de 22 mm y 19 mm.
- 01 Pistola neumática
- 01 Dado de 46 mm.
- 01 Encastre de ½" a ¾" para dado.
- 01 Cuchilla
- 01 Combo de plomo de 12 libras
- 01 Extensión de luz
- 02 Extensión piloto con foco
- 02 Focos
- 01 Lima triangular
- 01 gauge de láminas en mm.
- 01 Estrobo de acero de ½" x 2 m.
- 01 escalera para inspección interna del predistribuidor
- 01 Martillo

6.3. MATERIALES Y REPUESTOS

- ¼ Kg Tocuyo
- ¼ Kg Sebo industrial
- 01 Lija de 100
- ½ Gl Chesterton 274
- 01 pegamento Loctite 401
- ½ m empaquetadura de jebe redondo de 8 mm

7. CONDICIONES TECNICAS, SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE

- Grupo fuera de servicio.
- Colocar Permiso de trabajo
- Fusibles de maniobra retirados.
- Interruptor principal abierto.
- Válvula Principal cerrada.
- Válvula de purga del Predistribuidor abierta.
- Válvula by pass automática y manual cerradas.
- Bomba de aceite excluido.

- Verificar que el eje del Grupo esté detenido antes de retirar las tapas de inspección de codos y la tapa de acceso al Predistribuidor o caracol.
- Señalizar volante de accionamiento manual del distribuidor para que no sea manipulada sin aviso de personal que está en el interior de la turbina.
- Verificar buen estado de escalera a usar para el ingreso al Distribuidor. Amarrarla adecuadamente para que tenga buena estabilidad y evite caídas
- Proveer buena iluminación para ingresar al interior del Distribuidor
- Al aflojar y/o ajustar los pernos de tapa del Distribuidor tener cuidado que la llave se escape. Esto puede ocasionar una caída de la persona.
- Limpiar zona de trabajo eliminando residuos de sebo utilizado para hermetizar las tapas de codos y Distribuidor. Vaciar éstos en los recipientes establecidos

8. CONTENIDO

8.1. INSPECCION Y CONTROL DESGASTES DE COMPONENTES

8.1.1. PRELIMINARES

-
- Retirar tapas de inspección de codos Lado Regulador y Lado Alternador.
- Retirar tapa de acceso al Predistribuidor e instalar escalera.
- Proveer buena iluminación.

8.1.2. POR AGUJEROS DE INSPECCION DE CODOS

- Inspeccionar minuciosamente en forma visual cada álabe del rodete, blindajes de tapas de turbina y blindajes de codos de descarga. Así mismo la superficie interna de los codos.

- Como referencia, anotar en el formato **F.MC.HI.002** la posición de un álabe del lado regulador. Considerar para los siguientes controles el mismo álabe.

- El estado en que se encuentran los principales componentes se indicará en el formato **F.MC.HI.002** marcándolas con una aspa, según las siguientes posiciones señaladas en la Leyenda, donde:

  - 0 es para desgastes normales o pequeñas ondulaciones en forma uniforme.
  - 1 es para desgastes que implicarían reparaciones en el sitio.
  - 2 para desgastes avanzados que demandarían el cambio correspondiente.
  - 3 se refiere a operaciones anormales.

  NOTA: En las Observaciones definir cualquier defecto encontrado, según los términos indicados a continuación:
  PERFIL GASTADO
  POROS
  EROSION: material desprendido y superficies circundantes sin desgaste apreciable
  CAVITACION: zonas bien definidas con superficie áspera y opaca.
  RAJADURA
  SURCOS

  NOTA: Es importante definir la posición de defectos tales como poros, erosión, cavitación, rajadura, etc., por lo que se deben registrar en el formato **F.MC.HI.002.**

- Medición de luces entre álabes del rodete y blindajes de tapas en la salida hacia la descarga, tanto Lado Regulador como Lado Alternador. Este control se efectúa en dos puntos por álabe según formato (Medida nominal: 0,8 a 1,0 mm)

8.1.3. EN EL INTERIOR DEL PREDISTRIBUIDOR

- Proceder a abrir manualmente el distribuidor para observar toda la superficie de los blindajes de fondo, zona de entrada de los álabes del rodete, paletas directrices.
- Inspeccionar el estado de los álabes fijos del predistribuidor.
- Para las anotaciones correspondientes en el formato **F.MC.HI.002** tener en cuenta los aspectos señalados en 8.1.2.
- Medición de luces entre paletas directrices y blindajes de fondo de tapas de turbina Lado Regulador y Lado Alternador, anotando valores promedios en formato **F.MC.HI.002** (Medida nominal: 0,25 mm por lado)
- Medición de luces en la entrada entre álabes del rodete y blindajes de fondo de tapas Lado Regulador y Lado Alternador, anotando valores promedios en formato **F.MC.HI.002**. (Medida nominal: 0,8 a 1,0 mm)

8.1.4. OTROS CONTROLES EN EL INTERIOR DEL PREDISTRIBUIDOR

- Con buena iluminación inspeccionar toda la superficie interior de la carcasa de la turbina para descartar cualquier situación fuera de lo normal.
- Control de luces entre anillos de hermeticidad del descargador síncrono, a fin de verificar existencia de pérdidas de agua por los anillos.
- Control de pérdidas de agua en válvulas by-pass automático y manual.

- Control de pérdidas de agua en Válvula Principal, verificando el grado de desgaste de los anillos de hermeticidad y la existencia de basura aprisionada en la cruceta.

8.1.5. NORMALIZACION

- Montar tapas de codos de descarga y tapa del predistribuidor, luego de verificar que se haya retirado todo accesorio usado para la inspección (escalera, soga, etc.)
- Retirar el permiso de trabajo, liberando el Grupo.

8.2 PRUEBAS Y RESULTADOS

Evaluar la información proveniente de la inspección para determinar las condiciones de los elementos inspeccionados y tomar, si fuera el caso, las decisiones pertinentes. (observación, seguimiento, reparación, cambio, etc.).

9. ACCIONES PARA EL CONTROL DE NO CONFORMIDADES Y EMERGENCIAS

9.1 Comunicar al jefe de mantenimiento mecánico la emergencia y la planificación de actividades a realizar.

9.2 De ser necesario, verificar listado de repuestos, herramientas o equipos de prueba del almacén y/o taller para realizar los tramites respectivos de retiro y traslado del componente.

10. REGISTROS/ANEXOS

10.1 F.MC.HI.002 Protocolo de control: Revisión hidráulica y control desgastes de turbina Francis de la Central Huampani.

ANEXO 2

INSTRUCTIVO CAMBIO DE TURBINA

OBJETIVO

El objetivo de la presente instrucción es indicar el procedimiento a seguir para el cambio de turbina Francis.

1. ALCANCE

Este procedimiento es aplicable a los Grupos 1 y 2 de la Central Huampaní.

2. REFERENCIAS

- Instructivo I.SG.OA.001 Trabajos en altura.
- Instructivo I.SG.OA.002 Uso de andamios y escaleras.
- Instructivo I.SG.OA.003 Equipos de Protección Personal.
- Instructivo I.SG.OA.006 Trabajos de Soldadura.
- Instructivo I.SG.OA 009 Uso de equipos de prueba y herramientas eléctricas portátil.
- Procedimiento P.MA.002 Gestión de Residuos.
- Plan de contingencia PL.SG.001 Emergencias médicas.
- Plan de contingencia PL.SG.002 Emergencia incendio hidráulicas.
- Plan de contingencia PL.SG.004 Evacuación.
- Planos :
  - Corte axial de la turbina Francis - eje horizontal
  - Blindaje angular turbina Francis
  - Blindaje de fondo turbina Francis central huampani
  - Tapa Turbina Francis CH 69660 lado alternador
  - Tapa Turbina Francis CH 69659 lado regulador
  - Rodete HO.12 61320a
  - Detalles del eje CH 69999
  - Codos de descarga CH 69664 B
  - Blindaje de codos CH 215360
  - Cojinete de empuje - Detalles CH-69805A
  - Ensamble del cojinete de empuje CH-69849
  - Tapa del cojinete CH-69804
  - Ensamble cojinete de apoyo Ch-69968

3. DEFINICIONES

No aplicable.

4. RESPONSABILIDAD

El responsable del trabajo es el Jefe de Mantenimiento.

5. PERSONAL, MATERIALES E INSTRUMENTOS

5.1. PERSONAL

Tres Grupos de trabajo donde cada uno esté conformado por:

- 01 Técnico Mecánico
- 06 Ayudantes mecánicos
- 01 Operador de grúa

1	El tiempo para la ejecución del trabajo es de 96 Horas

5.2. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

- 01 Equipo de oxiacetilénica
- 01 Esmeril de disco
- 01 Esmeril de eje flexible
- 02 portalámparas
- 08 combos de plomo medianos
- 02 combos de plomo grandes
- 02 barretas de acero
- 01 juego de llaves de dado (32, 36 y 41 mm)
- 01 jgo. llaves de boca: 13, 14, 17. 19, 22, 24, 27, 30, 32, 36, 41 y 46 mm
- 01 jgo. llaves de corona: 13, 14, 17. 19, 22, 24, 27, 30, 32, 36, 41 y 46 mm
- 02 gatas hidráulicas de botella
- 01 máquina de soldar
- 01 combo de fierro
- 01 nivel de precisión
- 02 sogas
- 01 cable para izaje conjunto eje-rueda
- 01 juego llaves hexagonal: 6, 8, 10, 12 y 14 mm
- 02 punzón
- 04 destornilladores
- 02 martillos
- 02 llaves Francesas de 10"
- 02 llaves Francesas de 12"
- 02 cincel
- 04 rasquetas
- 01 Equipo de Ratchet, extensión, palanca cardánica, encastre 1 / 2"
- 01 pistola neumática
- 02 estrobos 3 m
- 02 estrobos 6 m
- 02 grilletes grandes
- 02 sogas de 3/4" x 7 m
- 02 cáncamos para cojinetes
- 01 lámpara con extensión
- 02 llave Stilson 18"
- 01 piedra de asentar
- 01 tecle diferencial de 3 Tn
- 01 herramienta para izaje de tapas de turbina
- 01 herramienta para apoyo del anillo distribuidor

5.3. MATERIALES Y REPUESTOS

- 06 Kg de wype
- 06 Kg. de tocuyo
- 05 Gl de Chesterton 274
- 01 botella de oxigeno
- 01 botella de acetileno
- 05 Kg de sebo
- 01 lata de molikote
- 01 lima plana de 12"
- 01 piedra de disco
- 06 pliegos de lija N° 220
- 06 pliegos de lija N° 600
- 05 pliegos de tela esmeril
- 01 frasco de antiadherente Chesterton 725

- 02 rollos de teflón
- 01 frasco de gomalaca
- 01 lámparas
- 05 Kg de electrodos E 316 L-16
- 01 m2 empaq. Vitorite de 1/16"
- 01 m2 empaq. Vitorite de 1/32
- 01 ovillo de cáñamo

6. CONDICIONES TECNICAS, SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE

- Grupo fuera de servicio.
- Colocar permiso de trabajo
- Fusibles de maniobra retirados.
- Interruptor principal abierto.
- Válvula Principal cerrada.
- Válvula de purga del Predistribuidor abierta.
- Válvula by pass automática y manual cerradas.
- Bomba de aceite excluido.
- Señalizar la zona de trabajo para evitar circulación innecesaria de personal
- Para ingresar a los codos de descarga verificar buen estado de la escalera. Amarrarla asegurando buena estabilidad.
- Proveer buena iluminación dentro del codo de descarga.
- Verificar buen ajuste de discos, piedras, lamerales, etc. que se utilicen en el esmeril
- Verificar buen estado y condiciones de estabilidad de maderas que sirven de apoyo al eje.
- Definir la única persona que dará instrucciones al operador de grúa en las maniobras
- Verificar conexión adecuada de máquina de soldar a tomacorriente y que no existan empalmes intermedios indebidamente aislados
- Colocar recipiente bajo toda conexión de aceite que se desmonta para evitar que éste se derrame sobre el piso, de igual forma colocar tocuyo en los extremos de las tuberías retiradas para evitar derrames sobre toda la zona de desplazamiento.
- Instalar el extractor de humo con la manguera en el interior del codo de descarga
- Verificar conexión adecuada de máquina de soldar a tomacorriente y que no existan empalmes intermedios indebidamente aislados
- Recolectar los residuos de soldadura y vaciarlos en el recipiente de desechos correspondiente
- Verificar conexión adecuada de máquina de soldar a tomacorriente y que no existan empalmes intermedios indebidamente aislados
- Limpieza general de la zona de trabajo eliminando residuos de grasa y sebo utilizados en el montaje

7. CONTENIDO

7.1. PRELIMINARES

7.1.1. Preparar el Programa de Actividades.

7.1.2. Si el rodete ha sido reparado verificar su estado con los protocolos de control con Tintes Penetrantes, Partículas Magnéticas, Dimensional, Dureza, Balanceo Dinámico, posición relativa y de abertura de los álabes a la salida.

7.1.3. Verificar que el rodete se encuentra en su respectivo eje de reserva.

7.1.4. Trasladar el conjunto eje-rodete a la Central. Verificar en la brida buenas condiciones de la superficie y del alojamiento de acople.

7.1.5. Trasladar a la Central los demás componentes de la turbina a instalar.

7.1.6. Elaborar un registro de datos con las características relevantes de los principales repuestos utilizados, que permite hacer comparaciones respecto al montaje anterior.

7.1.7. Trasladar a la Central las herramientas y materiales a usar.

7.1.8. Evaluar la eficiencia del Grupo y controlar las vibraciones con el instrumento Vibrotip y el Analizador de vibraciones. Estos parámetros servirán de referencia para la evaluación de los efectos del cambio.

NOTA: Se debe controlar la vibración a cargas escalonadas, incluyendo la máxima. (0 – 5 – 10 – 12 – Máx. MW)

7.1.9. Transporte de personal de Moyo pampa a Central Huampani

7.1.10. Rellenar permiso de trabajo y comprobar maniobras con el operador

7.1.11. Vaciado de tubería por parte de operación

7.1.12. Realizar charla de seguridad y medio ambiente

7.1.13. Colocar cronograma IPER y Instructivos en sitio visible zona de trabajo

7.1.14. Retirar planchas de piso y delimitar zona de trabajo

7.1.15. Instalar recipientes para desechos en la zona de trabajo

7.2. DESMONTAJE INTEGRAL DE TURBINA SALIENTE

Comprende el retiro de los componentes, actuando en varios frentes en simultáneo y dando la prioridad de acción al momento de ser retirados con la grúa:

7.2.1. Desmontaje codo de descarga Lado Regulador G1

- 7.2.1.1. Abrir pasos de hombre codo de descarga lado Regulador
- 7.2.1.2. Colocar escalera y media luna dentro de codo L.Regulador por fosa de turbina
- 7.2.1.3. Iniciar corte interior de uniones codo de descarga L. Regulador
- 7.2.1.4. Desmontaje de pernos codo L. Regulador dejando uno en la parte superior
- 7.2.1.5. Desmontaje de tubos de aireación codos L.Regulador
- 7.2.1.6. Desmontaje de distanciador entre codo y cojinete de empuje L. Regulador
- 7.2.1.7. Desmontaje pernos de laberinto entre codo y eje
- 7.2.1.8. Estrobar y desmontar codo de descarga en dos mitades L.Regulador
- 7.2.1.9. Colocar planchas de madera descarga descubierta L.Regulador

7.2.2. Desmontaje cojinete de empuje Lado Regulador G1

- 7.2.2.1. Desmontaje de tapa lateral y superior de cojinete de empuje L. Reg.
- 7.2.2.2. Desmontaje sensores de temperatura con toda su base y sensor de vibraciones
- 7.2.2.3. Desmontaje de pernos y casquete superior cojinete de empuje
- 7.2.2.4. Retirar cadenas de trasmisión bomba mecánica y piloto de arrastre
- 7.2.2.5. Vaciar aceite cárter superior y retirara pernos de fijación base cojinete de empuje
- 7.2.2.6. Retirar dispositivo de sobre velocidad
- 7.2.2.7. Desacoplar tubería de aceite en parte inferior cojinete de empuje
- 7.2.2.8. Izar eje con la ayuda de gata de 40 ton y retirar casquete inferior con grúa
- 7.2.2.9. "Estrobar , izar y retirar base de cojinete con la ayuda de polipasto de 5Ton"
- 7.2.2.10. Cubrir tuberías de aceite con trapos y triplay cojinete de empuje

7.2.3. Desmontaje tapa de turbina Lado Regulador G1

- 7.2.3.1. Retirar pernos de fijación tapa de turbina L.Regulador dejar 2 pernos opuestos
- 7.2.3.2. Retirar 18 bridas portadoras de retenes L.Regulador
- 7.2.3.3. Estrobar y colocar herramienta en la parte superior tapa de turbina

7.2.3.4. Colocar 18 gatitas de fijación en bielas vs tapa L. Generador
7.2.3.5. Colocar 4 espárragos extractor de tapa de turbina L.Regulador
7.2.3.6. Ajustar los 4 extractores paralelos y conjuntamente con la grúa retirar tapa L.Reg
7.2.3.7. Colocar la tapa de turbina sobre su base (herramienta)
7.2.3.8. Izar eje con la ayuda de gata de 40 ton posterior a tapa de turbina
7.2.3.9. Izar tapa de turbina L.Reg y retirarla hasta la sala de maquinas un lugar seguro

7.2.4. Desmontaje codo de descarga Lado Generador G1
7.2.4.1. Abrir pasos de hombre codo de descarga lado Generador
7.2.4.2. Colocar escalera y media luna dentro de codo L.Generador por fosa de turbina
7.2.4.3. Iniciar corte interior de uniones codo de descarga L. Generador
7.2.4.4. Desmontaje de pernos codo L. Generador dejando uno en la parte superior
7.2.4.5. Desmontaje de tubos de aireación codos L.Generador
7.2.4.6. Desmontaje de funda y pernos de laberinto entre codo y eje
7.2.4.7. Retirar18 gatitas de fijación en bielas vs tapa L. Generador
7.2.4.8. Retirar 18 chavetas cuñas de bieletas vs paletas
7.2.4.9. Retirar 18 bielas de la corona distribuidor vs paletas directriz
7.2.4.10. Desplazar 100mm las 18 paletas hacia lado regulador
7.2.4.11. Estrobar y desmontar codo de descarga en dos mitades L.Generador
7.2.4.12. Colocar planchas de madera descarga descubierta L.Generador.

7.2.5. Desmontaje tapa de turbina Lado Generador G1
7.2.5.1. Desacoplar pin de servomotor vs corona distribuidor
7.2.5.2. Colocar herramienta de apoyo corona distribuidor sobre cojinete central
7.2.5.3. Estrobar distribuidor izar realizar maniobras de giro y retirar
7.2.5.4. Corona distribuidor una vez apoyada fijar con sogas a carcasa de Generador
7.2.5.5. Retirar 10 pernos de acople eje de turbina y apoyar sobre su base (herramienta)
7.2.5.6. Retirar 18 paletas directrices de tapa de turbina
7.2.5.7. Retirar pernos de fijación tapa de turbina L.Generador dejar 2 pernos opuestos
7.2.5.8. Estrobar y colocar herramienta en la parte superior tapa de turbina
7.2.5.9. Colocar 4 espárragos extractor de tapa de turbina L.Generador
7.2.5.10. Ajustar los 4 extractores paralelos y conjuntamente con la grúa retirar tapa L.Generador.
7.2.5.11. Colocar la tapa de turbina sobre su base (herramienta)

7.2.6. Desmontaje eje de turbina con rueda Francis G1
7.2.6.1. Estrobar y izar cable de acero a eje principal de turbina por encima del caracol.
7.2.6.2. Desacoplar eje principal de turbina con la ayuda de 2 extractores
7.2.6.3. Avanzar L.Regulador con la grúa 2 mts y descansar sobre sus bases (herramientas)
7.2.6.4. Estrobar nuevamente el eje en la parte central L. Regulador.
7.2.6.5. Izar eje principal de turbina y retirar a un lugar seguro y delimitarlo
7.2.6.6. Verificación y corrección de posición de rodete Francis (referencia eje saliente)

7.3. MONTAJE PRELIMINAR DE TAPAS TURBINA, EJE, Y COJINETE EMPUJE

Esta etapa exige la preparación de las superficies que van en contacto, es decir limpieza y lijado de las áreas de apoyo de las tapas en el caracol y preparación de las tapas con sus empaquetaduras. Comprende:

7.3.1. Estrobar , izar y montar tapa de turbina en carcasa de caracol con 8 pernos L.Generador.
7.3.2. Estrobar eje principal, izar, monta y fijar con 2 pernos opuestos L.Generador.
7.3.3. Apoyar sobre base (herramienta) eje principal.
7.3.4. Estrobar , izar e introducir tapa de turbina a eje ,apoyar sobre base (herramienta).
7.3.5. Estrobar , izar y montar carcasa de cojinete empuje con sus pernos y guías.
7.3.6. Montar casquete inf y sup cojinete de empuje y fijar con tapa superior
7.3.7. Estrobar, izar y montar tapa de turbina en carcasa de caracol con 8 pernos L.R.
7.3.8. Tomar medidas de luces entre rueda y blindaje de tapas según protocolo

7.3.9. Rectificado de luces entre tapas y rodete
7.3.10. Presentar y fijar la mitad codos L.R. y L.G. , determinar altura y axial de laberintos.
7.3.11. Desmontar codos y preparar empaquetaduras si requieren altura o luces axial
7.3.12. Desmontar tapa de turbina L.R. y colocar sobre su base (herramienta).

7.4. CONTROL DE LUCES ENTRE RODETE Y BLINDAJES DE TAPAS. CENTRADO DEL RODETE

7.4.1. Para un control integral se debe efectuar axialmente el centrado del rodete.

7.4.2. El control de luces comprende el control en la entrada, en la zona intermedia y en la salida.

7.4.3. Con la tapa de turbina lado alternador fija, se controla las luces girando el eje para obtener valores en diferentes posiciones de un mismo álabe.

7.4.4. Se retira la tapa de turbina lado alternador y se instala la tapa lado regulador, procediéndose de igual forma que con la primera tapa.

7.5. OPERACIÓN DEPENDIENTE DEL CONTROL ANTERIOR: RECTIFICADO DE BLINDAJES DE TAPAS DE TURBINA

7.5.1. El montaje de la turbina continuará, en caso los resultados del control anterior arrojen valores mínimos de acuerdo a los valores nominales, que son:

En la entrada = 0,6 – 0,7 mm
En la salida = 0,7 – 0,8 mm

Para rodetes reconstruidos se considera 0,8 en la entrada y 1,2 en la salida.

7.5.2. En caso las luces no sean aceptables, se procede al desmontaje de todos los componentes, a fin de trasladar una o las dos tapas de turbina al taller para ser rectificadas.

7.5.3. Esto da lugar a una nueva presentación para el control de luces en el sitio, antes del montaje definitivo.

7.6. MONTAJE DEFINITIVO DE LA TURBINA

7.6.1. Montaje tapa de turbina Lado Generador G1
- 7.6.1.1. Estrobar , izar , montar y fijar con pernos tapa de turbina en carcasa de caracol L.G
- 7.6.1.2. Estrobar , izar y montar corona distribuidor
- 7.6.1.3. Montar y fijar pernos restantes de acoplamiento eje principal L. G.
- 7.6.1.4. Montar 18 paletas directrices a tapa L. G.

7.6.2. Montaje codo de descarga Lado Generador G1

- 7.6.2.1. Estrobar , izar y montar codo de descarga L. G. considerando luces de laberintos
- 7.6.2.2. Colocar y fijar pernos axiales, laterales y del piso codo de descarga L. G.
- 7.6.2.3. Fijar pernos de laberinto vs codo de descarga y colocar funda
- 7.6.2.4. Montaje de tubos de aireación codos L. Generador
- 7.6.2.5. Montar 18 bielas con sus respectivas chavetas
- 7.6.2.6. Montar pin de brazo servomotor vs corona distribuidor y regular cierre de paletas
- 7.6.2.7. Colocar tapas paso de hombre en codo de descarga L.G.

7.6.3. Montaje tapa de turbina Lado Regulador G1
- 7.6.3.1. Colocar 4 espárragos en carcasa de turbina para montar tapa L. R.

7.6.3.2. Estrobar, izar, montar y fijar con pernos tapa de turbina en carcasa de caracol L.R.
7.6.3.3. Colocar 18 bridas porta retenes a tapa de turbina L.R.

7.6.4. Montaje codo de descarga Lado Regulador G1
7.6.4.1. Estrobar , izar y montar codo de descarga L. G. considerando luces de laberintos
7.6.4.2. Colocar y fijar pernos axiales, laterales y del piso codo de descarga L. G.
7.6.4.3. Fijar pernos de laberinto vs codo de descarga y colocar funda
7.6.4.4. Montaje de tubos de aireación codos L.Regulador
7.6.4.5. Montaje pernos de laberinto entre codo y eje
7.6.4.6. Montaje de distanciador entre codo y cojinete de empuje L. Regulador
7.6.4.7. Colocar tapas paso de hombre en codo de descarga L.R.

7.6.5. Montaje cojinete de empuje Lado Regulador G1
7.6.5.1. Montaje de tapa superior de cojinete de empuje L. Reg.
7.6.5.2. Montaje sensores de temperatura con toda su base y sensor de vibraciones
7.6.5.3. Montar cadenas de trasmisión bomba mecánica y piloto de arrastre
7.6.5.4. Colocar dispositivo de sobre velocidad
7.6.5.5. Agregar aceite cárter superior según nivel de mirilla
7.6.5.6. Acoplar tubería de aceite en parte inferior cojinete de empuje
7.6.5.7. Montaje de tapa lateral cojinete de empuje L. Reg.

7.7. REGULACION CIERRE DEL DISTRIBUIDOR

7.7.1. Entre el vástago del servomotor y la parte inferior del anillo distribuidor está el mecanismo de regulación sobre el que se debe actuar, y es el espárrago el que debe girar para darle al anillo su posición de cierre del distribuidor.

7.8. CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA

7.8.1. La holgura entre las tapas y sus alojamientos hace que las luces entre rodete y blindajes varíen cuando se realiza el montaje con empaquetaduras, debido al desplazamiento de las tapas al momento de centrarse.

7.8.2. Se ha verificado que la excentricidad entre alojamiento de tapas y el eje de la turbina es, en el caso del Grupo 1 un desfase radial de 0,75 mm en dirección a la posición de las paletas 11 y 12 y en el caso del Grupo 2 el eje de la turbina está desplazado 0,7 mm en dirección a la posición correspondiente a la paleta directriz No.8.

7.8.3. Las luces nominales en los laberintos de los codos de descarga son de 2 mm en el sentido axial y de 1 mm en el sentido radial, medidas que se deben obtener colocando empaquetaduras adecuadas entre codo y piso o entre codo y tapa.

Los templadores de las cadenas de las bombas de lubricación deben ajustarse adecuadamente, ya que solturas ocasionan recalentamientos en la caja de lubricación.

7.9. NORMALIZACIÓN

7.9.1. Arrancar el Grupo a baja velocidad (20 RPM) y comprobar que no exista rozamiento.

7.9.2. Incrementar lentamente la velocidad hasta la nominal, verificando que no existan anormalidades respecto a ruidos, vibraciones y temperaturas. Comprobar que no existan fugas de agua.

7.9.3. Medir con instrumento Vibrotip los niveles de vibración en los cojinetes, incrementando progresivamente la Carga hasta su valor máximo.

NOTA: Verificar niveles normales de vibración con cada Carga antes de incrementar la misma (Comparar con Protocolo obtenido antes del cambio)

En todo momento verificar valores normales de temperatura en cojinetes.

7.9.4. Probar funcionamiento del dispositivo de sobrevelocidad.

7.9.5. Retirar tarjeta de seguridad, liberando el Grupo.

7.10. PRUEBAS Y RESULTADOS

En días posteriores realizar las siguientes Pruebas y Controles para evaluar el efecto del cambio de rodetes:

- Prueba de Eficiencia
- Control de vibraciones

Adicionalmente, para tener una referencia vibracional del comportamiento del Grupo obtener:

- Espectros vibracionales

8. ACCIONES PARA EL CONTROL DE NO CONFORMIDADES Y EMERGENCIAS

9.1 Comunicar al supervisor de mantenimiento mecánico la emergencia y la planificación de actividades a realizar.

9.2 De ser necesario, verificar listado de repuestos, herramientas o equipos de prueba del almacén y/o taller para realizar los trámites respectivos de retiro y traslado del componente.

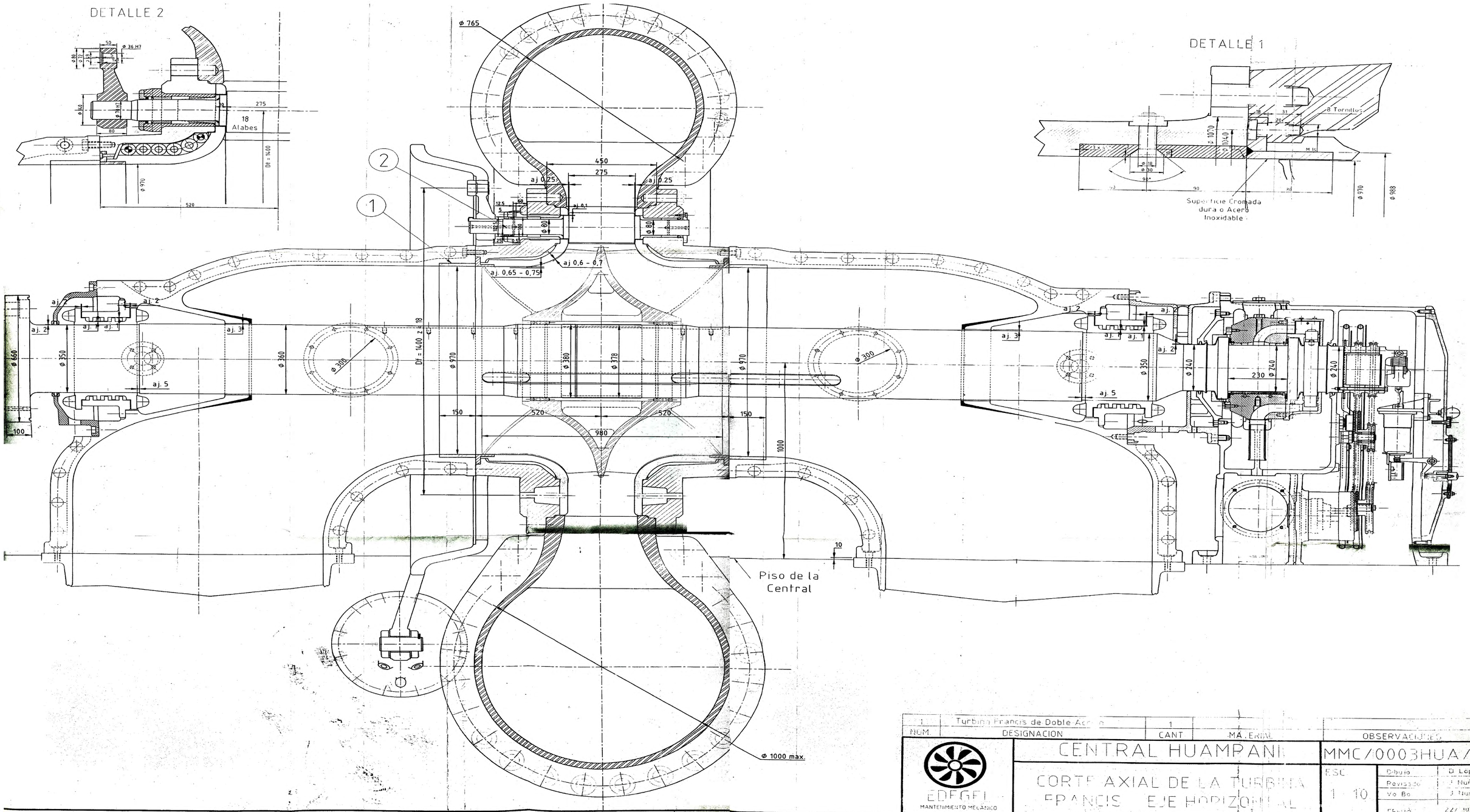
9. REGISTROS/ANEXOS

10.1 F.MC.HI.006 Control de luces entre rodete y tapas de turbina.

10.2 F.MC.HI.007 Control de luces en el codo y laberinto.

ANEXO 3

CORTE AXIAL TRUBINA FRANCIS



NUM.	DESIGNACION	CANT	MATERIAL	OBSERVACIONES
1	Turbina Francis de Doble Acc o	1		

EDEGEL
MANTENIMIENTO MECÁNICO

CENTRAL HUAMPANI

CORTE AXIAL DE LA TURBINA FRANCIS EJE HORIZONTAL

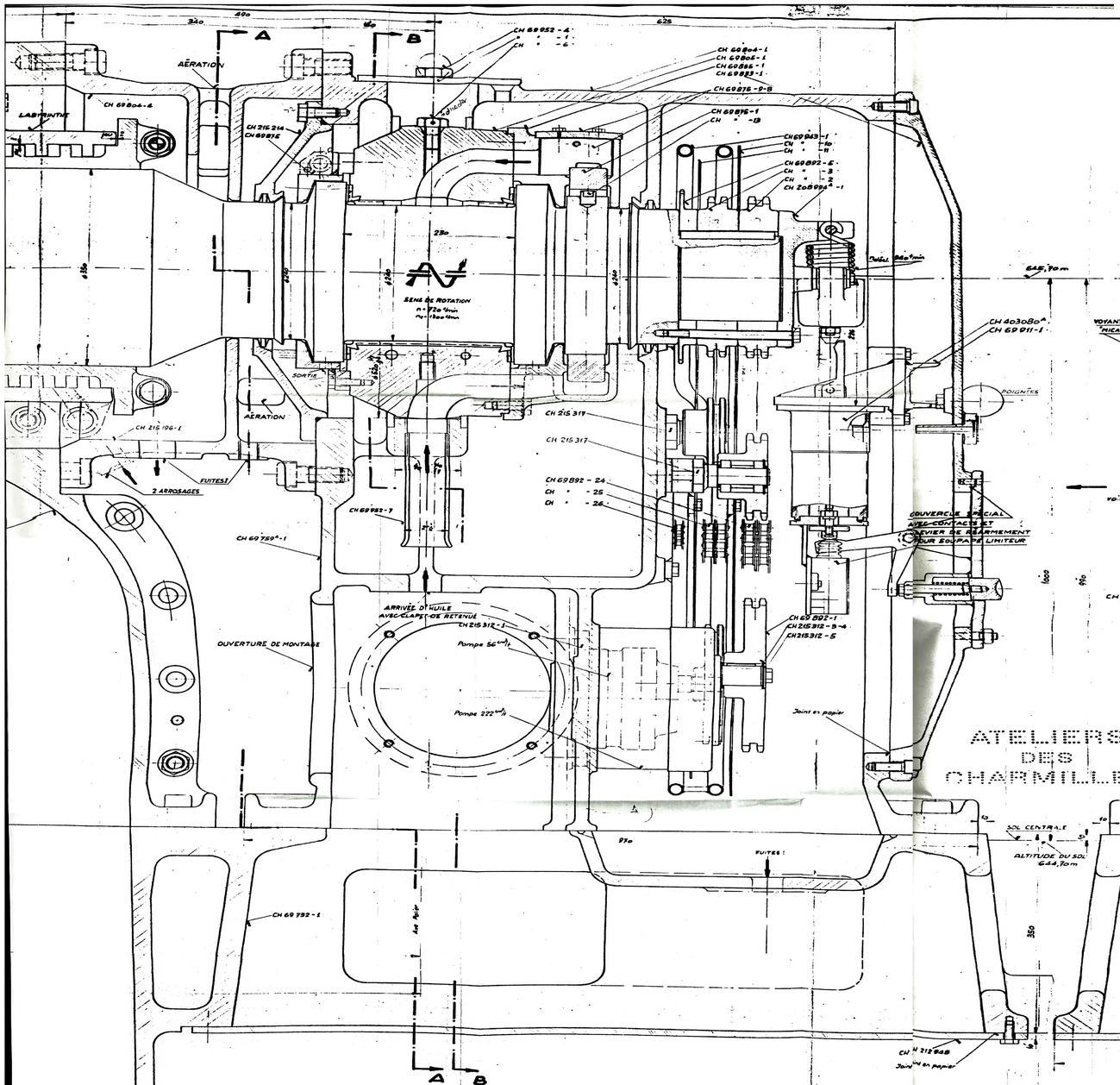
MMC/0003HUA/02

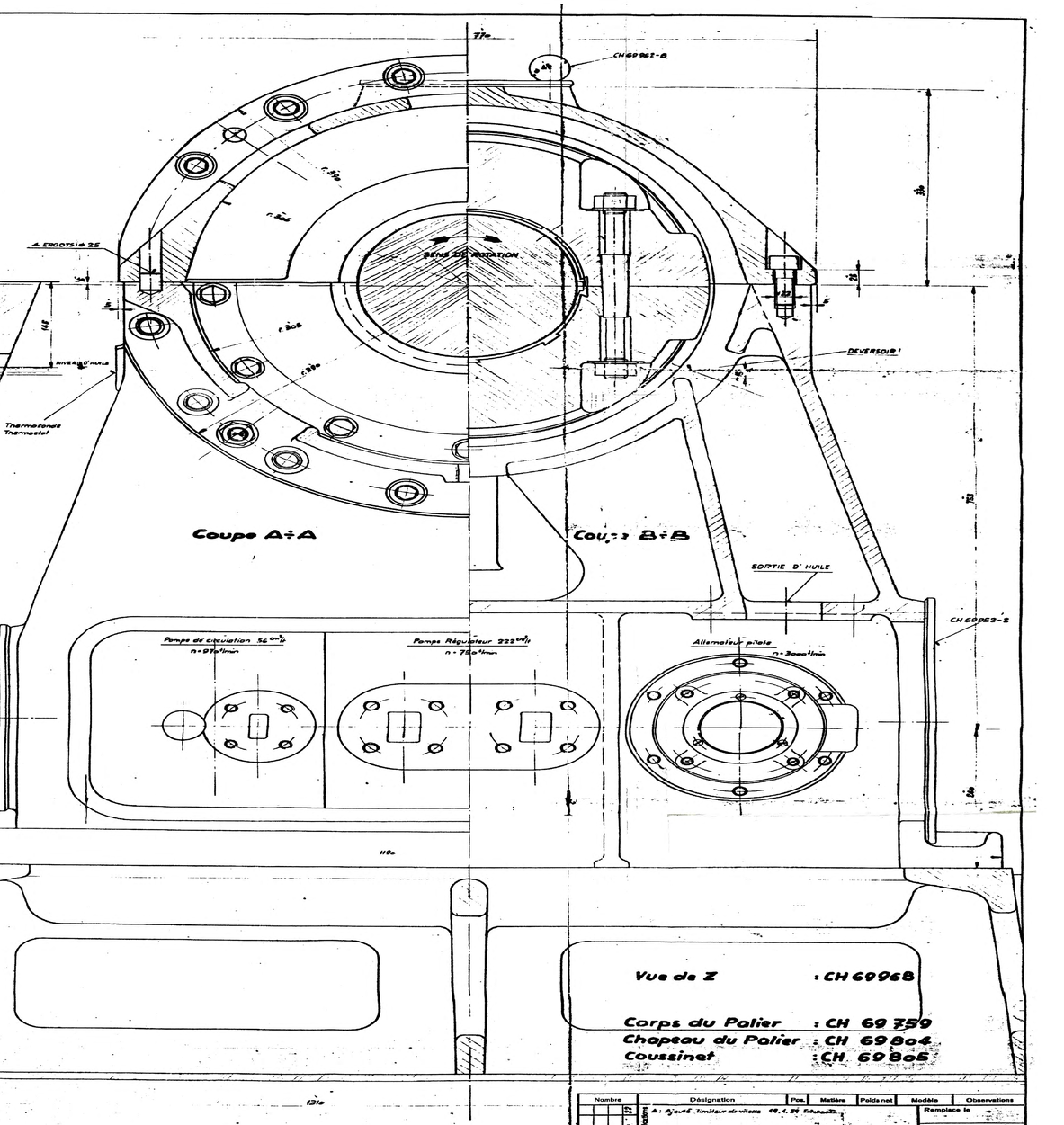
ESC.	
1	10

Dibujo	D. López
Revisado	J. Nuñez
Vo. Bo	J. Nuñez
FECHA	22/ 10 / 0

ANEXO 4

TAPA TURBINA FRANCIS LADO ALTERNADOR





Nombre	Désignation	Pos.	Matière	Poids net	Modèle	Observations
	A: Aligné limiteur de vitesse 69.6.24 Rabaud				Remplace le	
					Remplacé par le	

TURBINE FRANCIS; 3 Roue en Ensemble des Cajnets de service
ENSEMBLE DU PALIER
⌀ 240 n = 720 t/mn Hn = 17 m

Echelle 1:2,5 | Dessiné 66.8.23 | Calqué | Vérifié 23.5.67 | P. Vernes | Visé

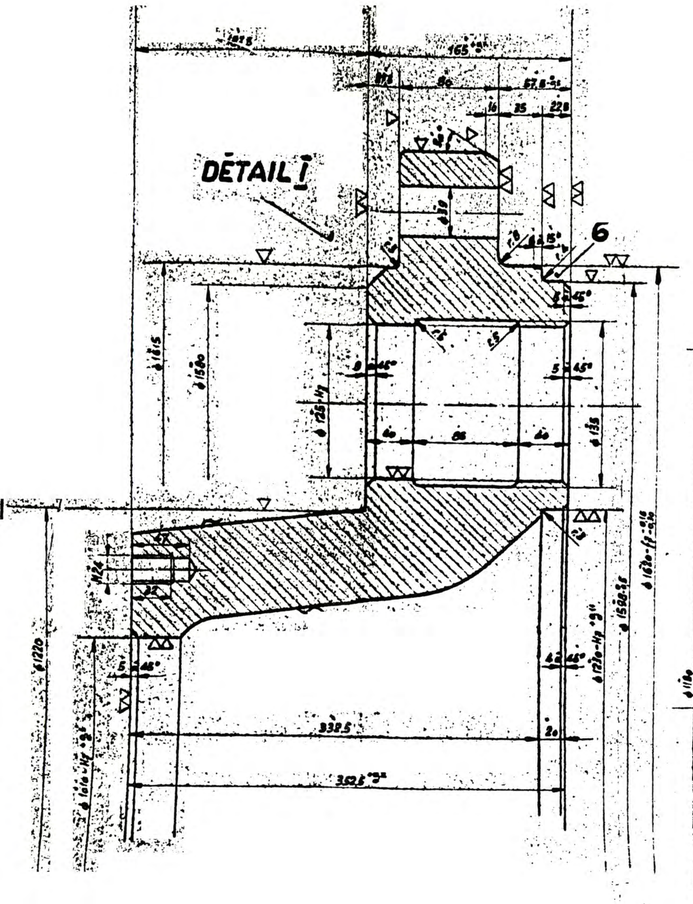
ATELIERS DES CHARMILLES S.A. GENÈVE

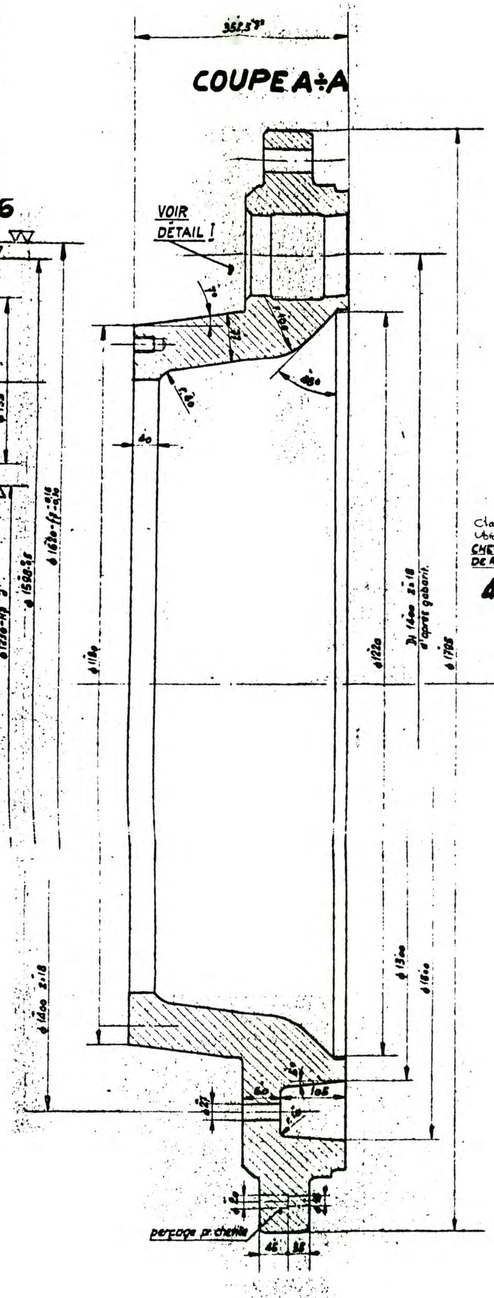
Dossier CH 1198

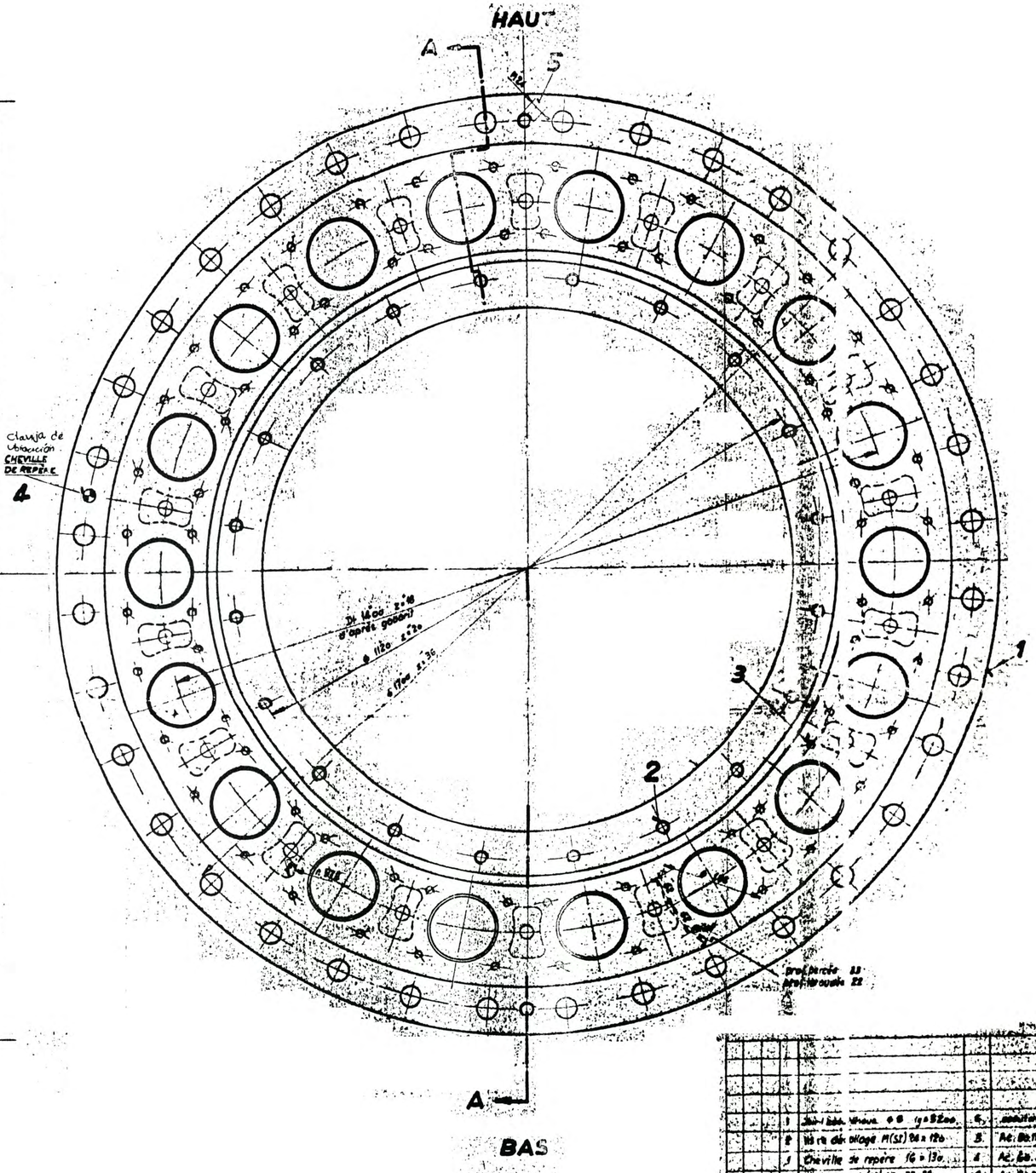
CH - 69849 A 10

ANEXO 5

TAPA TURBINA FRANCIS LADO REGULADOR






HAUT
BAS
A
A
5
1
2
3
4
Clavija de ubicación CHEVILLE DE REPÈRE
Taladro para pasador cónico 1:50 después del montaje
Taladro para pasador cónico 1:50 después del montaje
Taladro para pasador cónico 1:50 después del montaje

ANEXO 6

ENSAMBLE DEL COJINETE DE EMPUJE

Haut

Bas

Coupe A÷A

Détail I

Clavette de calage
Ø 18 x 180
CHEVILLE DE REPERE

Nombre	Désignation	Pos.	Matière	Poids net	Modèle	Observations
	Plomb	1	Fr. Bo. Pf	14 pièces	69 869 / 1	
12	Vis Bpan. M(8x1)20 = 8ol 48	8	Ac. Bo. H		TN 9 k	
12	Vis 2mbus M(8x1)12 = 2o x 2o	9	Ac. Cr. Ni.		TN 9 k	
1	Cheville de repère 16 x 130	6	Ac. Bo. II		TN 22 a	
1	Vis de calage M(8x1)24 = 18o	5	Ac. Bo. I		TN 9c	
1	Clavet. cu-rbure ø 8 lg=52oo	5	Inoxyd.		TN 41 a	

Origen: CENTRAL HUAMPANI
Asunto: Turbinas Francis
Archiv: N° 10 (Equipo)

TURBINE FRANCIS : D Ba N°5 - 22o.o3 M.

FOND côté PALIER

Echelle 1:5 1:1

Dessiné 27.5.57

Vérifié

Visé

ATELIERS DES CHARMILLES S.A.
GENÈVE

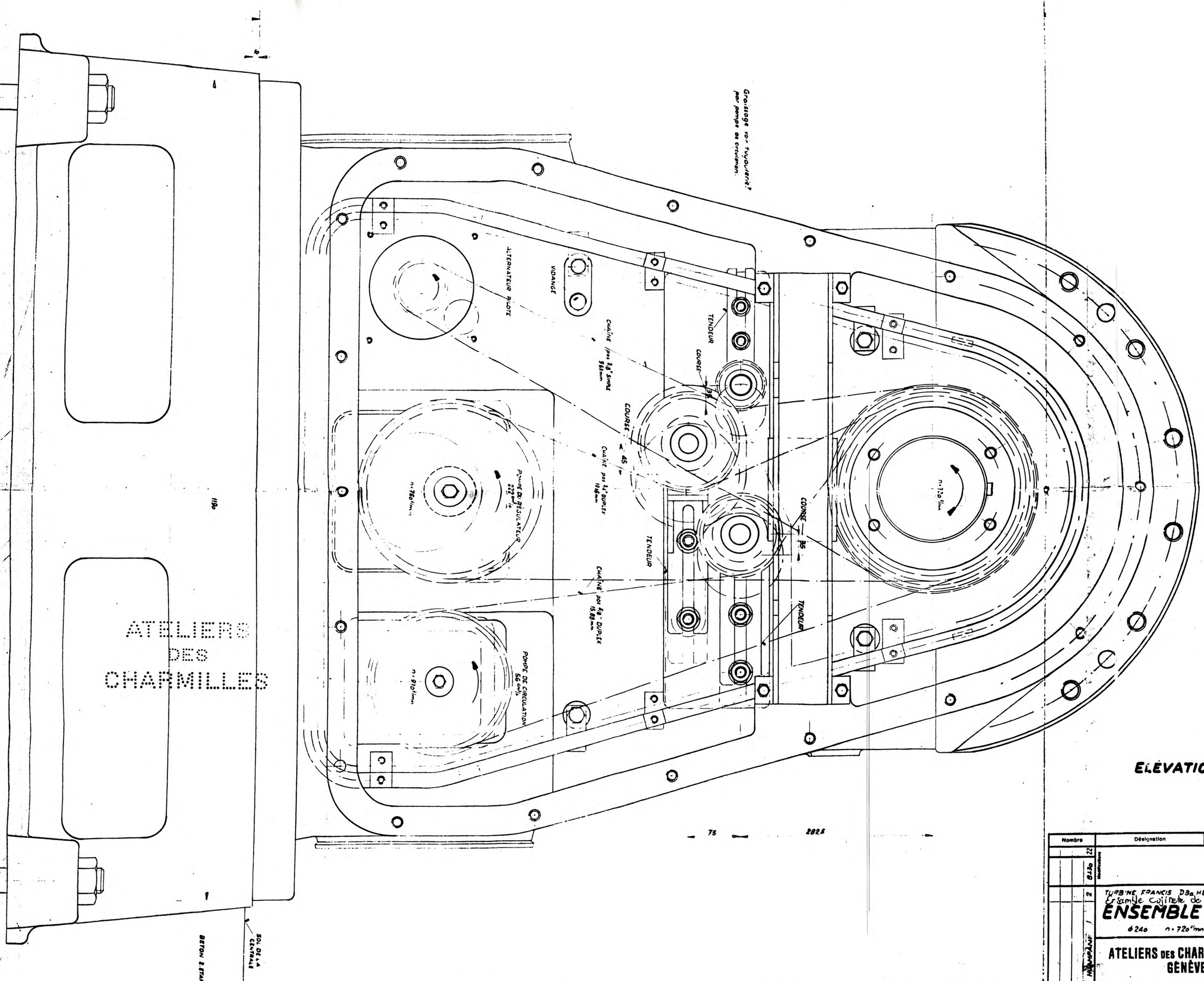
Dossier CH 4198

CH-69 659

ANEXO 7

ENSAMBLE DEL COJINETE DE APOYO

Graissage par tuyauterie par pompe en circuit fermé.



Vue de Z

ELEVATION Voir CH 69849

Ce dessin ne peut être reproduit ni communiqué à des tiers ou à des maisons concurrentes sans notre autorisation
- 7 1983 1950
ATELIERS DES CHARMILLES S.A. GENÈVE

Nombre	Désignation	Pos.	Matière	Poids net	Modèle	Observations
						Remplace le
						Remplacé par le
2	TURBINE FRANCIS D3a HE 22000 en Ensemble Coiffe de appui **ENSEMBLE PALIER** 6240 n. 720 t/mn ns = 1300 t/mn				Echelle 1:25	Dessiné 31.10.57 Schmutz Vérifié Visé
	ATELIERS DES CHARMILLES S.A. GENÈVE					Dossier CH CH-69968 13