



## **PROTOCOLO DE PRUEBAS TURBINAS PELTON PCH AMALFI UG3**

## TABLA DE CONTENIDO

1.	FASE I – INSPECCIONES PREVIAS .....	3
1.1	Inspección visual .....	3
1.2	Comprobaciones generales .....	3
1.3	Sistema de refrigeración de aceite. ....	4
1.4	Sello del eje. ....	4
1.5	Regulador de velocidad hidráulico.....	5
2.	FASE II – ENSAYOS PRE-OPERACIÓN .....	5
2.1	Requisitos previos para el llenado de la tubería de inyectores y tubería forzada. ....	5
2.2	Lleno del canal y tubería principal. ....	6
2.3	Llenado de tubería del inyector.....	6
2.4	Pruebas dinámicas para primera vuelta centrifugado .....	7
3.	ETAPA DE PRUEBA OPERACIONAL III PRUEBAS FINALES .....	7
3.1	Calentamiento de los cojinetes. ....	7
4.	NOTAS.....	9
5.	PERSONAL INVOLUCRADO EN LAS ACTIVIDADES.....	10
6.	ANEXOS .....	11
6.1	Condiciones generales para el funcionamiento en vacío. ....	12
6.2	Condiciones desempeño dinámico, operación con carga. ....	13
6.3	Condiciones generales de funcionamiento.....	14
7.	EJECUCIÓN DE LA PUESTA EN MARCHA .....	15

## HOJA DE RUTA PARA LA PUESTA EN MARCHA

Los procedimientos relacionados en las tablas siguientes deberán ser ejecutados de manera secuencial y debidamente documentados en las Planillas (siempre que aplique), estas planillas harán parte de la fase del informe Final.

Cuando se ejecuten y aprueben debidamente los procedimientos, las siguientes tablas deberán ser diligenciadas por los responsables, por lo tanto corresponden a la aprobación de los respectivos procedimientos.

### 1. FASE I – INSPECCIONES PREVIAS

#### 1.1 Inspección visual

Se debe revisar si el equipo / sistema está en perfecto estado y fue montada de acuerdo con los manuales de diseño y montaje. (Si aplica)

ÍTEM	PROCEDIMIENTO	VoBo	OBS
1	Limpieza de todos los equipos.	✓	
2	Pintura estado y acabado de las piezas expuestas.	✓	
3	Montaje realizado de acuerdo con el proyecto. (sí aplica)	NA	Ver Nota 1
4	Protocolos de control de mantenimiento debidamente diligenciados.	✓	
5	Verificar la existencia de herramientas e instrumentos necesarios.	✓	
6	Compruebe que se encuentren todos los documentos necesarios, protocolos, documentos de referencia, etc.	✓	
<b>VoBo SYDELTA</b>		<b>VoBo CLIENTE</b>	<b>Fecha</b>
Edwin Sánchez Z		Armando Correa	20-07-2016

#### 1.2 Comprobaciones generales

Los siguientes procedimientos deben realizarse con las turbinas y sus equipos auxiliares **DETENIDOS**, Sin necesidad de llenar el depósito, aducción y tubería forzada. Por tanto estas las pruebas y ensayos realizados son antes de energización o puesta en servicio del sistema.

ÍTEM	PROCEDIMIENTO	VoBo	OBS
1	Compruebe en los equipos de control y de potencia que se encuentre el cableado de alimentación, mando y señalización.	✓	Ver Notas 2 y 5

2	Compruebe si hay fugas en los conductos hidráulicos y corregir si es necesario.	✓	
3	Inspeccione los manómetros.	✓	
4	Compruebe el nivel de aceite lubricante en los reguladores de velocidad y de los cojinetes.	✓	
5	Confirme la finalización de los procedimientos para la puesta en marcha de todos los sistemas auxiliares mecánicos	✓	
<b>VoBo SYDELTA</b>		<b>VoBo CLIENTE</b>	<b>Fecha</b>
Edwin Sánchez Z		Armando Correa	20-07-2016

### 1.3 Sistema de refrigeración de aceite.

El sistema de refrigeración del aceite es responsable de la transferencia de calor entre el fluido caliente (Aceite) y el refrigerante (agua) a través de conductos en el interior de los cojinetes de la turbina.

ÍTEM	PROCEDIMIENTO	VoBo	OBS
1	Verifique que el sistema de refrigeración (ductos de agua) se encuentren debidamente instalados.	NA	Ver Nota 3
2	Compruebe si hay fugas en los conductos hidráulicos y corregir si es necesario.	NA	
3	Verifique que hay circulación de agua por los ductos del sistema de refrigeración secundario.	NA	
<b>VoBo SYDELTA</b>		<b>VoBo CLIENTE</b>	<b>Fecha</b>
Edwin Sánchez Z		Armando Correa	20-07-2016

### 1.4 Sello del eje.

El sello del eje es axial, sistema mecánico incorporado en las carcasas de la turbina, el exceso de agua es eliminado a través de los canales en dichas carcasas.

ÍTEM	PROCEDIMIENTO	VoBo	OBS
1	Verifique que el sistema de sello se encuentre instalado.	✓	Ver Nota 4
2	El ajuste del sello se realiza en operación de la turbina.	✓	
<b>VoBo SYDELTA</b>		<b>VoBo CLIENTE</b>	<b>Fecha</b>
Edwin Sánchez Z		Armando Correa	20-07-2016

## 1.5 Regulador de velocidad hidráulico.

ÍTEM	PROCEDIMIENTO	VoBo	OBS
1	Verifique que las bandas del sistema de regulador de velocidad se encuentren instaladas.	✓	
2	Compruebe si hay fugas en el regulador hidráulicos corregir si es necesario.	✓	
<b>VoBo SYDELTA</b>		<b>VoBo CLIENTE</b>	
Edwin Sánchez Z		Armando Correa	
		<b>Fecha</b>	
		20-07-2016	

## 2. FASE II – ENSAYOS PRE-OPERACIÓN

### 2.1 Requisitos previos para el llenado de la tubería de inyectores y tubería forzada.

Confirme la finalización de la puesta en marcha los procedimientos de toma de equipos hidromecánicos de agua de alimentación y de la cámara de carga.

Asegúrese de que también se cumplen todos los requisitos de las pruebas pre-operativas del generador – Ver la puesta en marcha del generador manual.

Compruebe que el nivel de aguas arriba del embalse se encuentra en la condición de funcionamiento normal.

Lleve a cabo la inspección final, prestando especial atención a los siguientes puntos:

ÍTEM	PROCEDIMIENTO	VoBo	OBS
1	Compruebe si la tubería de carga, la carcasa y tubería de aspiración están limpias, si es necesario mediante la eliminación de los restos de obra, piezas de madera, barras de hierro y residuos de hormigón.	✓	
2	Compruebe llenando la tubería forzada.	✓	
3	Compruebe el cierre de la válvula de admisión principal y de by-pass.	✓	
4	Válvulas de retención de suministro de agua de refrigeración, de la carcasa y el sistema de refrigeración secundario se encuentren cerradas.	✓	
5	Compruebe que toda la tubería conectada al circuito de agua, acoplamientos, uniones embridadas, etc., estén bien apretados.	✓	
6	Distribuidor de turbina cerrada.	✓	
7	Asegúrese de que los niveles de aceite de los cojinetes están de acuerdo al nivel especificado en la mirilla.	✓	

8	Verificación de la medición, la calibración y ajuste de todos los instrumentos de control y protección se encuentren instalados.	✓	
<b>VoBo SYDELTA</b>		<b>VoBo CLIENTE</b>	
Edwin Sánchez Z		Armando Correa	
		<b>Fecha</b>	
		20-07-2016	

## 2.2 Lleno del canal y tubería principal.

Estos controles deben ser efectuados para garantizar las condiciones de seguridad para el llenado del canal y la tubería.

ÍTEM	PROCEDIMIENTO	VoBo	OBS
1	Verificar la limpieza y la inspección final de la canal de entrada y la tubería forzada para el llenado con agua.	✓	
2	Compruebe el cierre de la válvula de admisión principal y de by-pass.	✓	
3	Inicie el llenado de la tubería de presión.	✓	
4	Una vez llena la tubería principal y el tanque de carga, compruebe que no existen fugas de agua en el sistema.	✓	
<b>VoBo SYDELTA</b>		<b>VoBo CLIENTE</b>	
Edwin Sánchez Z		Armando Correa	
		<b>Fecha</b>	
		20-07-2016	

## 2.3 Llenado de tubería del inyector.

Estos controles deben ser efectuados para garantizar las condiciones de seguridad para el llenado del tubo de aspiración.

ÍTEM	PROCEDIMIENTO	VoBo	OBS
1	Cierre la válvula de drenaje de la carcasa.	NA	
2	Una vez llena la tubería principal y el tanque de carga, abra la válvula by-pass	✓	
3	Después de la igualación de presión y la ausencia de fugas, con el distribuidor cerrado totalmente, inicie la apertura de la válvula de admisión principal.	✓	
4	Compruebe cuidadosamente el proceso de compensación de la presión, registrar la presión final en la tubería de los inyectores.	✓	290 PSI
<b>VoBo SYDELTA</b>		<b>VoBo CLIENTE</b>	
Edwin Sánchez Z		Armando Correa	
		<b>Fecha</b>	
		20-07-2016	

## 2.4 Pruebas dinámicas para primera vuelta centrifugado

Los procedimientos en esta sección describen las operaciones para las pruebas dinámicas primero.

ÍTEM	PROCEDIMIENTO	VoBo	OBS
1	Compruebe que no hay elementos sueltos cerca de las piezas rotatorias.	✓	
2	Compruebe que no hay elementos sueltos cerca de las piezas rotatorias.	✓	
3	Antes de encender la máquina medida y registrar los siguientes puntos:	✓	
4	Las temperaturas de aceite de los cojinetes de la turbina y el generador.	✓	
5	Abra el distribuidor lentamente al 25% y registre a los 10 minutos de operación la temperatura de cada cojinete.	✓	
6	Verificar y corregir las posibles fugas de agua en el sello.	✓	Ver Nota 4
7	Verificar la presencia de ruidos extraños que puedan indicar una anomalía en el funcionamiento.	✓	
<b>VoBo SYDELTA</b>		<b>VoBo CLIENTE</b>	<b>Fecha</b>
Edwin Sánchez Z		Armando Correa	20-07-2016

## 3. ETAPA DE PRUEBA OPERACIONAL III PRUEBAS FINALES

Procedimientos de la Fase III se incluyen las operaciones para garantizar la explotación comercial de los equipos.

### 3.1 Calentamiento de los cojinetes.

ÍTEM	PROCEDIMIENTO	VoBo	OBS
1	Después de la primera prueba de giro, se realiza pre-condiciones y la movilización del equipo involucrado en la prueba anterior la prueba de rendimiento de los rodamientos, aprovechando todos los preparativos.	✓	
2	Abra el limitador de velocidad (VR) lentamente y de manera constante hasta que el grupo alcance velocidades, 50%, 75% y 100% de la velocidad nominal. Para cada paso de velocidad debe esperar que la tendencia de estabilización de las temperaturas cojinetes, antes de subir la rotación al siguiente nivel.	✓	
	a) registrar las temperaturas más altas de los cojinetes	✓	

	b) Los resultados se consideran satisfactorios si la estabilización de la temperatura de los cojinetes está por debajo del límite establecido por el proyecto.	✓	
	c) Si se produce un aumento muy rápido de la temperatura y los valores de desequilibrio del grupo, más allá de los límites permitidos, o ruidos anormales, pare inmediatamente la unidad generadora y la investigación de las causas.	✓	Ver Nota 7
3	Con los valores de temperatura registrados para cada nivel de velocidad, trazar la curva “temperatura de los cojinetes x tiempo” y adjuntar al informe de puesta en servicio.	✓	
4	Compruebe el correcto funcionamiento del circuito de agua intercambiadores de calor para enfriar el sistema de cojinetes.	✓	
5	Garantizar el buen funcionamiento del sello del eje para todas etapas de prueba.	✓	
6	Compruebe la ausencia de fugas de agua y aceite en las tuberías, las conexiones, válvulas y sistema de refrigeración durante el funcionamiento de la unidad generadora	✓	
7	Inicie el proceso de detener la unidad generadora, verificar el cierre total de los inyectores corroborando el tiempo de inercia de la unidad generadora, registre el tiempo de paro total.	✓	00:17:56 min
8	Una vez detenida la máquina, llevar a cabo una minuciosa inspección por toda la unidad generación y sus equipos auxiliares, eliminando las posibles anomalías encontradas.	✓	Ver Nota 8
<b>VoBo SYDELTA</b>		<b>VoBo CLIENTE</b>	
Edwin Sánchez Z		Armando Correa	
		<b>Fecha</b>	
		20-07-2016	

## 4. NOTAS

Contiene notas sobre el desempeño, las sugerencias de cómo utilizar el equipo, las limitaciones o restricciones operativas y otras observaciones pertinentes.

**Nota 1:** No Aplica, se revisa el montaje de las piezas de la UG3 pero no hay manuales ni planos de referencia.

**Nota 2:** Se realiza verificación del cableado del medidor de energía Landys E550 No serie 51318965 instalado por el personal de ASSA, se corrigen conexiones y se deja operativo el medidor de energía.

**Nota 3:** La UG3 no cuenta con sistema de refrigeración (ductos de agua) para los cojinetes

**Nota 4:** La UG3 se encuentra con el sistema de sello de eje averiado, en la revisión preliminar de mantenimiento se informó que los canales de drenaje se encuentran reventados a ambos lados. En las pruebas de giro sin carga no se detecta ninguna fuga de agua por el sello del eje.

**Nota 5:** El sistema de puesta a tierra se encuentra deshabilitado, los cables desnudos se encuentran sin conexión y no existen varillas de cobre para realizar las conexiones ya que fueron removidas por los desastres ecológicos (deslizamiento y crecientes del río) SIN SISTEMA DE PUESTA ATIERRA NO SE DEBEN REALIZAR PRUEBAS CON CARGA YA QUE PONE EN RIESGO LOS EQUIPOS Y LA VIDA DE LOS OPERADORES Y PERSONAL DE MANTENIMIENTO.

**Nota 6:** No se ha reemplazado el transformador averiado de 170 KVA en el banco de transformadores de la subestación para las unidades generadoras UG2 y UG3; sin el cambio de este transformador NO se debe realizar maniobras de sincronismo ya que compromete el buen funcionamiento de los equipos de la PCH y resta vida útil a los otros dos transformadores.

**Nota 7:** El regulador de velocidad presenta eventualmente un ruido anormal en el interior, parece ser en los piñones, se debe revisar en el próximo mantenimiento.

**Nota 8:** Las inconsistencias encontradas durante las pruebas de giro no se corrigen debido a que se requiere de una inversión económica para la reparación la cual está fuera del alcance del suministro de SYDELTA S.A.S

## 5. PERSONAL INVOLUCRADO EN LAS ACTIVIDADES

### Coordinador de Puesta en Marcha

Nombre: EDWIN SANCHEZ ZAPATA

Cargo: ASISTENTE TÉCNICO

Empresa: SYDELTA S.A.S E.S.P

\_\_\_\_\_  
Firma

### Otros participantes:

Nombre: JUAN ESTEBAN OSPINA

Cargo: COORDINADOR DE MONTAJE Y MANTENIMIENTO

Empresa: SYDELTA S.A.S E.S.P

\_\_\_\_\_  
Firma

Nombre: ARMANDO CORREA

Cargo: MECÁNICO / ELECTRICISTA

Empresa: AAS SA

\_\_\_\_\_  
Firma

Nombre: CRISTINA OSPINA

Cargo: SUPERVISORA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Empresa: ASER SERVICIOS E.S.P S.A

\_\_\_\_\_  
Firma

Nombre: JUAN ELKIN VÉLEZ

Cargo: OPERADOR PCH CARACOLÍ, AMALFI - ANTIOQUIA

Empresa: ASER SERVICIOS E.S.P S.A

\_\_\_\_\_  
Firma

## 6. ANEXOS

Los documentos adjuntos contienen los datos mínimos que deben alcanzarse durante las actividades de puesta en marcha. Otros datos pueden ser agregados a la puesta en marcha para el Informe Final.



## 6.2 Condiciones desempeño dinámico, operación con carga.

Fecha:		Hora inicio/término:		Temperatura Aceite reg.:		
% apertura	%	25%	50%	75%	100%	FE (*)
Energía eléctrica	kW					
Registrar el Caudal	Q					
Rotación Nominal	rpm					
Temperatura MT I (*) metal	°C					
Temperatura MT II (*) metal	°C					
Temperatura MG III (*) metal	°C					
Temperatura MG IV (*) metal	°C					
Equipos utilizados	Medidor de temperatura infrarrojo; Tacómetro digital.					
VoBo SYDELTA	VoBo CLIENTE		Fecha			

(\*) FE => Cierre la válvula de principal para la emergencia. (NA)

(\*) CE => Cojinete de Empuje (temperaturas: laterales de acoplamiento).

(\*) MG I => Rodamiento Generador I (temperaturas: lado opuesto del acoplamiento).

(\*) MG II => Rodamiento Generador II (temperaturas: lado opuesto del acoplamiento).

## 6.3 Condiciones generales de funcionamiento.

### 6.3.1 Condición del aceite de los cojinetes

Malo

Normal

Anormal

### 6.3.2 Nivel de aceite de los cojinetes

Suficiente

Normal

Anormal

### 6.3.3 La temperatura del aceite

Malo

Normal

Excesivo

### 6.3.4 Niveles de ruido de los equipos

Malo

Normal

Anormal

### 6.3.5 Fugas

Eje

Con

Sin (Verificado con agua)

Carcasa

Con

Sin (Verificado con agua)

Conexiones

Con

Sin (Verificado con agua)

**VoBo SYDELTA**

**VoBo CLIENTE**

**Fecha**

## 7. EJECUCIÓN DE LA PUESTA EN MARCHA

proyecto	PCH AMALFI		
Lugar de instalación	Vereda Caracolí, Amalfi - Antioquia		
No. Referencia SYDELTA	AASSA 01006		
diseñado por	NA	Fabricado por	NA
Editado por	NA	Encargado por	NA

Después de todas las pruebas y procedimientos realizados, revisados y firmados por los representantes del mantenedor y el cliente, el producto, con respecto a sus características mecánicas y funcionales, se encuentra en perfecto estado y listo para empezar la generación comercial.

Por lo tanto, se hace constar a partir de esta fecha, su equipo está en servicio y entrega al cliente, iniciando el período de garantía.

“PRUEBAS DE CONJUNTO”.

Representante SYDELTA	Representante PCH AMALFI
Fecha	Fecha