

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la

Producción

"Realización de las pruebas index test de la unidad
generadora 2 del Proyecto Multipropósito Baba"

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Examen Complexivo

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

Freddy Xavier Cires Morán

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2015

Agradecimiento

A Jesús Abandonado que me sigue enseñando una y otra vez como llegar a Jesús Resucitado.

A mi madre por su infinito amor y a mi Padre por su enorme paciencia, ya que entre ambos forjaron mi educación y siempre han sido aquel faro que te guía a puerto seguro.

A mi esposa por su amor incondicional en el tiempo sin tiempo y con tiempo.

Dedicatoria

A mi esposa

A mis padres

Tribunal de Sustentación

VOCAL

Ph.D. Freddy Xavier Jervis Calle

VOCAL

Ing. Gonzalo Rodolfo Zabala Ortiz, MSc.

Declaración Expresa

“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de examen complejo me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Freddy Xavier Cires Morán

Resumen

El objetivo del proyecto es mediante la realización de las pruebas index test en la unidad 2 del Proyecto Multipropósito Baba (PMB) determinar la curva de rendimiento relativo de la turbina y verificar la curva de conjugación entre los álabes directrices y los álabes del rodete de la turbina. Para la ejecución de las pruebas se utilizaron las siguientes normas: IEC60.041; ISO7.919-5; ISO10.816-5. Para conseguir estabilidad en las condiciones de la prueba se estabilizó la potencia de la Unidad Generadora 1 en un valor fijo. Se revisó el funcionamiento de los sensores y del equipo de adquisición de datos; se situó la unidad generadora en diversas condiciones operativas de potencia nominal de la turbina, donde fueron calculados los valores de eficiencia de la misma para cada potencia y su transposición para la caída neta promedio. En cada uno de los puntos de potencia, se trabó la posición del rodete y después se varió la posición del distribuidor hasta encontrarse el pico de eficiencia relativa de aquella apertura del distribuidor por posición fija del rodete. Los resultados mostraron que la curva de conjugación se encontraba optimizada. Se estableció la curva de eficiencia relativa y se observó que los valores medidos y calculados están correctamente posicionados con respecto a la curva de rendimiento presentada en el informe hidráulico y consecuentemente el comportamiento del prototipo es homólogo. En conclusión la turbina 2 del PMB presenta buenas condiciones dinámicas.

Índice General

	Página
Resumen	II
Índice General	III
Abreviaturas	VII
Simbología	VIII
Índice de figuras	IX
Índice de tablas	X
Índice de fotos	XI
Introducción	1
Capítulo 1	
1. Normas y datos técnicos	3
1.1. Normas técnicas	3
1.2. Datos técnicos	3
1.2.1. Planta	3
1.2.2. Turbina	4
1.2.3. Generador	4
Capítulo 2	

2. Precondiciones y preparación	5
2.1. Acuerdos sobre el programa del ensayo	5
2.2. Planta	6
2.3. Rejas de la bocatoma y tomas de presión	6
Capítulo 3	
3. Metodología y Procedimiento utilizado en la prueba	7
3.1. Adquisición de señales	7
3.2. Calibración de parámetros antes de la prueba	8
3.3. Secuencia de la prueba	9
Capítulo 4	
4. Procedimiento de cálculo	10
4.1. Potencia mecánica del eje de la turbina	10
4.2. Caudal relativo- método de presión diferencial, WK	11
4.3. Determinación de la caída bruta	13
4.4. Determinación de la caída neta	13
4.5. Determinación de la pérdida	16
4.6. Eficiencia hidráulica	16
4.7. Transposición de la caída neta para la caída de referencia	17
Capítulo 5	
5 Resultados y Conclusiones	18
5.1 Cronograma	18

5.2 Resultados	19
5.3 Conclusiones	21

Apéndices

Apéndice 1. Curva de la Colina	24
Apéndice 2. Curva de eficiencia del generador	25
Apéndice 3. Curva de eficiencia de la turbina para caída neta 27,5 m	26
Apéndice 4. Ubicación de los sensores	27
Apéndice 5. Tablas y gráficos de la prueba	30
Apéndice 6. Curva de conjugación original	35
Apéndice 7. Eficiencia promedio del modelo hidráulico	36
Apéndice 8. Fotos de la ubicación de los sensores	37
Apéndice 9. Protocolos de calibración de los instrumentos	
Presión en la entrada de la caja espiral	41
Presión en la puerta de acceso a la caja espiral	42
Presión diferencial – Winter Kennedy	43
Presión en la tapa de la turbina	44
Vibración en la tapa de la turbina	45

Presión en el cono de aspiración	47
Vibración en el cono de aspiración	48
Presión en la salida de la aspiración	50
Vibración relativa izquierda en el CGT	51
Vibración relativa aguas arriba CGT	52
Vibración absoluta en el CGG	53
Vibración absoluta axial en el cojinete de empuje	56
Vibración absoluta axial en el CGT	57
Vibración absoluta radial en el cojinete	59
Vatímetro – Potencia activa del generador	61
Bibliografía	62

Abreviaturas

CELEC EP	Corporación Eléctrica del Ecuador Empresa Pública
CGG	Cojinete Guía del Generador
CGT	Cojinete Guía de la Turbina
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
Hidrolitoral EP	Hidroeléctrica del Litoral Empresa Pública
IEC	International Electrotechnical Commission
IEPE	Integrated electronic piezo electric
ISO	International Organization for Standardization
k	Coeficiente de caudal
Lynx ADS2000IP	sistema Lynx para adquisición de datos por computador
on cam	sistema de doble regulación Kaplan encendido
off cam	sistema de doble regulación Kaplan apagado
PMB	Proyecto Multipropósito Baba
TC	Transformadores de corriente
TP	Transformadores de potencial
WK	Winter Kennedy

Simbología

bar	unidad de presión equivalente a 10^5 pascales
Hz	herzios
kV	kilovoltios
MW	Megavatios
MVA	mega voltios amperios
m	metros
m ³ /s	metros cúbicos por segundo
msnm	metros sobre el nivel del mar
mA	miliamperios
mm	milímetros
mV/g	mili voltios por gravedad
%	porcentaje
rpm	revoluciones por minuto

Índice de figuras

	Página
Figura 1 Gráfico de tuberías hormigonadas de medición de presión WK	12
Figura 2 Tomas en la entrada de la caja espiral y en la salida de la aspiración	15
Figura 3 Curva de eficiencia On Cam y Off Cam con caída de referencia utilizada 27,5m	20
Figura 4 Curva de la Colina	24
Figura 5. Curva de eficiencia del generador	25
Figura 6. Curva de eficiencia de la turbina para la caída neta 27,5 m	26
Figura 7. Ubicación de los sensores, parte 1	27
Figura 8. Ubicación de los sensores, parte 2	28
Figura 9 Curva de conjugación original	35

Índice de tablas

	Página
Tabla 1 – Instrumentación utilizada durante la prueba	7
Tabla 2. Datos del ensayo Index Test- on cam	26
Tabla 3. Datos del ensayo Index Test – off cam	27
Tabla 4. Datos Dinámicos de la Unidad – On Cam	28
Tabla 5. Datos Dinámicos de la Unidad – Off Cam (parte 1)	29
Tabla 6. Datos Dinámicos de la Unidad – Off Cam (parte 2)	30

Índice de fotos

	Página
Foto 1. Sensor para la medición presión diferencial en la caja espiral – WK	37
Foto 2. Sensor de presión en la entrada de la caja espiral	37
Foto 3. Presión y vibración en el manhole del cono de aspiración	38
Foto 4. Sensor de la presión en la salida de la aspiración	38
Foto 5. Sensor de presión en el manhole de la caja espiral	39
Foto 6. Sensor medición vibración relativa en cojinete guía de la turbina – aguas arriba	39
Foto 7. Presión en la tapa de la turbina	40
Foto 8. Sistema para el monitoreo de datos	40

Introducción

La central hidroeléctrica Baba se encuentra ubicada en el kilómetro 39 de la vía Quevedo-Santo Domingo, entre los cantones Valencia y Buena Fe en la provincia de Los Rios y genera una potencia de 42,2 MW, a través de dos unidades de generación eléctrica, tipo Kaplan de eje vertical de 21,1 MW cada una y están instaladas en una casa de máquinas tipo abierto.

El caudal de cada una de las dos unidades Kaplan es de $90 \text{ m}^3/\text{s}$, sumando entre las dos $180 \text{ m}^3/\text{s}$ de caudal turbinado, a esto se suma $70 \text{ m}^3/\text{s}$ suministrado por el extravasor, totalizando $250 \text{ m}^3/\text{s}$ que se pueden trasvasar al embalse Daule-Peripa, para producir energía a través de la central hidroeléctrica Marcel Laniado.

Al momento de la prueba la central hidroeléctrica Baba se encontraba en operación comercial, superando las dos mil horas de operación y con el propósito de verificar los valores garantizados que se indican en el contrato suscrito entre Hidrolitoral EP y la compañía suministradora Voith Hydro se ha ejecutado la prueba index test en la unidad No. 2 tal como se estipula contractualmente.

La prueba index test es una prueba de eficiencia relativa de una turbina hidráulica. La eficiencia es relativa porque la tasa de flujo volumétrico es medida indexándolo contra otro parámetro, que a su vez es medido en sus

propios términos y unidades. Los valores relativos se derivan de valores index expresándolos como una proporción del valor en una condición convenida.

El objetivo de este informe es presentar los datos de las pruebas de eficiencia index test de la turbina 2 del PMB para validar la eficiencia de la turbina garantizada y que se cumpla con las siguientes características:

Determinar la curva de rendimiento relativo de la turbina para una caída neta disponible a la fecha de la prueba.

Verificar si la curva de conjugación entre las paletas directrices del distribuidor y los álabes del rodete de la turbina Kaplan es óptima para obtener el mejor rendimiento y mejorar la operación de las unidades a través de los reguladores de velocidad.

Contrastar con el informe del modelo hidráulico realizado en fábrica por la Voith Siemens Power Generation, del 15 de marzo de 2007.

La prueba fue realizada en la unidad generadora 2 en el periodo del 7 hasta el 12 de abril del 2014, se eligió esta unidad ya que al momento de la prueba presentaba un mayor número de horas de operación.

1. Normas y datos técnicos

1.1 Normas técnicas

Para la ejecución de las pruebas index test fueron utilizadas las siguientes normas técnicas:

IEC 60.041 Ensayos de recepción en central de las turbinas hidráulicas, bombas de acumulación y turbinas-bomba, para determinar sus prestaciones hidráulicas.

ISO 7919-5:2005 Mechanical vibration -- Evaluation of machine vibration by measurements on rotating shafts -- Part 5: Machine sets in hydraulic power generating and pumping plants.

ISO 10816-5:2000 Mechanical vibration -- Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts -- Part 5: Machine sets in hydraulic power generating and pumping plants.

1.2 Datos técnicos

1.2.1 Planta

Nivel aguas arriba máximo maximorum: 118,70 msnm

Nivel aguas arriba normal: 116,00 msnm

Nivel aguas arriba mínimo:	115,00 msnm
Nivel aguas abajo máximo maximorum:	90,23 msnm
Nivel aguas abajo mínimo:	86,66 msnm

1.2.2 Turbina

Tipo:	Kaplan vertical 5 álabes
Diámetro del rodete:	3250 mm
Potencia nominal:	21,550 MW
Caída neta nominal:	26,55 m
Caudal nominal:	89,886 m ³ /s
Eficiencia nominal:	92,60 %
Caída bruta máxima:	29,87 m
Caída bruta mínima:	26,01 m

1.2.3 Generador

Fabricante:	Voith Hydro Ltda
Potencia nominal:	23,400 MVA
Voltaje nominal:	13,800 kV
Factor de potencia:	0,90

Frecuencia nominal: 60 Hz

Velocidad nominal: 225,00 rpm (32 polos)

2. Precondiciones y Preparación

2.1 Acuerdos sobre el programa del ensayo

Antes del inicio del ensayo se realizó una reunión de trabajo entre los participantes del mismo, el 8 de abril del 2014, entre el contratante Hidrolitoral EP, el contratista Voith Hydro, la fiscalización Caminosca SA y el operador CELEC EP y con la aprobación unánime de los asistentes se acordó:

Aprobar el cronograma de actividades presentado por Voith Hydro.

Cumplir con la norma IEC 60.041 Ensayos de recepción en central de las turbinas hidráulicas, bombas de acumulación y turbinas-bomba, para determinar sus prestaciones hidráulicas.

Realizar la prueba en la unidad No. 2 y preparar el sitio de la toma de datos.

Efectuar el drenaje de la unidad, del conducto forzado, distribuidor y tubo de aspiración.

Realizar una inspección visual del estado físico de los álabes directrices del distribuidor, del caracol, de los álabes del rodete Kaplan y del tubo de aspiración.

Proceder con el montaje de los sensores de vibración absoluta y relativa, transductores de presión y el transductor diferencial Winter Kennedy.

2.2 Planta

Para conseguir estabilidad de las condiciones en la prueba (niveles aguas arriba, aguas abajo y caída), se estabilizó la potencia de la Unidad Generadora 1 del PMB en un valor fijo, y fueron cerradas las compuertas del vertedero. Cuando fue necesario se bajó la potencia de la unidad 1 para que los niveles de aguas arriba y aguas abajo no cambiasen demasiado. Eso fue posible debido a que cada una de las unidades tiene su conducto independiente.

La prueba fue realizada en las condiciones disponibles de aguas arriba y aguas abajo donde se mantuvieron las condiciones de caída promedio de 27,5m.

2.3 Rejas de la bocatoma y tomas de presión

Las rejas de la bocatoma fueran limpiadas antes de empezar la prueba, se utilizó la grúa limpia-rejas.

Las tomas de presión fueran verificadas, se encontraron limpias y sin obstrucciones.

3. Metodología y Procedimiento utilizado en la prueba

3.1 Adquisición de señales

En la tabla 1 se presenta los sensores utilizados para la prueba y sus características técnicas y en el apéndice 4 se indican sus ubicaciones.

Tabla 1 – Instrumentación utilizada durante la prueba

Señal	Marca	Modelo	Banda	Unidad	Precisión	Rango Señal	Protocolo
Presión entrada Caja espiral	Druck	PTX-610	0 a 5	bar	0.04% rango	4-20 mA	14391
Presión Puerta de la caja espiral	Wika	S-10	-1 a 9	bar	0,25% rango	4-20 mA	17226
WK - Presión Diferencial	Rosemount	3051CD	0 a 2	bar	0,075% rango	4-20 mA	13612
Presión Tapa de la Turbina	Wika	S-10	-1 a 9	bar	0,25% rango	4-20 mA	17224
Vibración Tapa Turbina	Wilcoxon	780C	100	mV/g	--	IEPE	18227
Presión Cono Aspiración	Wika	S-10	-1 a 9	bar	0,25% rango	4-20 mA	17228
Vibración del Cono de Aspiración	Wilcoxon	780C	100	mV/g	--	IEPE	18231
Presión de Salida de la Aspiración	Druck	UNIK 5000	0 a 2	bar	0.04% rango	4-20 mA	17693
Vibración relativa CGT Izquierda	Balluff	BAW-M18	1 a 5	mm	1,00% rango	4-20 mA	17124
Vibración relativa CGT Aguas Arriba	Balluff	BAW-M19	2 a 5	mm	1,00% rango	4-20 mA	17110

Vibración del CGG	Wilcoxon	780C	100	mV/g	--	IEPE	18226
Vibración Cojinete Empuje	Wilcoxon	780C	100	mV/g	--	IEPE	18233
Vibración del CGT Axial	Wilcoxon	780C	100	mV/g	--	IEPE	18230
Vibración del CGT Radial	Wilcoxon	780C	100	mV/g	--	IEPE	18235
Potencia Activa en el Generador	Siemens	WT-230	-	MW	0,1 % rango	Lectura manual	W0052

3.2 Calibración de parámetros antes de la prueba

Después de conectados los cables de la señal de apertura del servomotor del mecanismo distribuidor y rodete de la turbina, los mismos fueron calibrados (0% hasta 100% de la apertura mecánica).

Los sensores de presión de la entrada de la caja espiral, manhole de acceso a la caja espiral, cono y salida del tubo de aspiración fueron chequeados utilizando un calibrador de presión portátil. Adicionalmente se comparó las presiones estáticas con las mediciones de los sensores de la entrada de la caja espiral y de la salida de la aspiración con los valores de aguas arriba y aguas abajo medidas en la sala de mando. Las mediciones presentaron valores satisfactorios.

La unidad fue arrancada para chequear si los sensores y equipos funcionaban adecuadamente. No se presentaron novedades.

3.3 Secuencia de la prueba

Después del chequeo del funcionamiento de los sensores y equipo de adquisición de datos, se realizó la prueba on-cam de la unidad. Este ensayo se realizó para la calibración del factor “ k ” de la unidad generadora. Este factor fue ajustado para la condición más próxima posible al punto de mejor eficiencia de la unidad obedeciendo la curva de la colina, apéndice 1.

Para esta prueba se colocó la unidad generadora en las condiciones de 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 75%, 80%, 85%, 90%, 95% y 100% de potencia nominal de la turbina, el tiempo de ejecución para cada condición fue entre 20 a 35 minutos, donde fueran calculados los valores de eficiencia de la turbina para cada potencia y su respectiva transposición para la caída neta promedio. Esta transposición sigue los parámetros límites definidos por la IEC 60.041.

Después de esa etapa, en cada uno de los 11 puntos de potencia, se trabó la posición del rodete y se varió la posición del distribuidor hasta encontrarse el pico de eficiencia relativa del propulsor de aquella apertura del distribuidor por posición fija del rodete. Esto se hizo para determinar si la curva de conjugación se encontraba optimizada.

Resultado evidente que la curva de conjugación en operación de la unidad se encontraba en estado ideal y por eso no se realizaron cambios.

Como no se hizo cambios en la conjugación del rodete con el distribuidor no fue necesario ejecutar una nueva banda operativa y se mantuvo el rango operacional.

4. Procedimiento de cálculo

4.1 Potencia mecánica del eje de la turbina

La potencia mecánica de eje de la turbina (ecuación (4.1)) fue determinada a través de la medición de la potencia eléctrica en la salida del generador acrecida de las pérdidas del mismo (eficiencia del generador). La potencia eléctrica fue medida con un vatímetro de precisión instalado en una bornera disponible y conectada a los TC's y TP's instalados en la salida del generador. El valor de la potencia activa del generador fue anotado manualmente.

$$P_t = \frac{P_g}{\eta_g} \quad (4.1)$$

Donde:

P_{turbina} = potencia mecánica de eje de la turbina [MW]

$P_{\text{generador}}$ = potencia activa de salida del generador [MW]

$\eta_{\text{generador}}$ = eficiencia del generador con factor de potencia = 1,00

El gráfico indicativo de la eficiencia del generador está en el apéndice 2.

El error de la potencia activa está mostrado por la ecuación (4.2).

$$e(P_g) = \pm \sqrt{3 * e^2(TP) + 3 * e^2(TC) + e^2(vatimetro)} \quad (4.2)$$

e(TP)= error del transformador de potencial = 0,20%

e(TC)= error del transformador de corriente = 0,20 %

e(vatímetro)= error del vatímetro = 0,10 %

El error de la potencia mecánica de la turbina está dado en la ecuación (4.3):

$$e(P_t) = e\left(\frac{P_g}{\eta_g}\right) = \pm \sqrt{e^2(P_g) + e^2(\eta_g)} \quad (4.3)$$

e(η_g)= error de la eficiencia del generador = 1,00%

4.2 Caudal relativo – Método de presión diferencial

WK

El caudal relativo fue determinado a través del método de presión diferencial WK (prueba inicial / medición relativa de caudal). En este método, el caudal relativo puede ser evaluado con una precisión suficiente por medio de la ecuación (4.4):

$$Q = k * \Delta P^n \quad (4.4)$$

Donde:

Q = Caudal [m³/s];

k = coeficiente del caudal;

n = exponente de la presión;

ΔP = presión diferencial Winter-Kennedy [mbar];

La diferencia de presión entre dos puntos de misma sección de la caja espiral, leída en un transmisor de presión diferencial, de acuerdo con el ítem 15 de la norma IEC 60.041. La figura 1 ilustra la ubicación de las tomas de presión en la caja espiral.

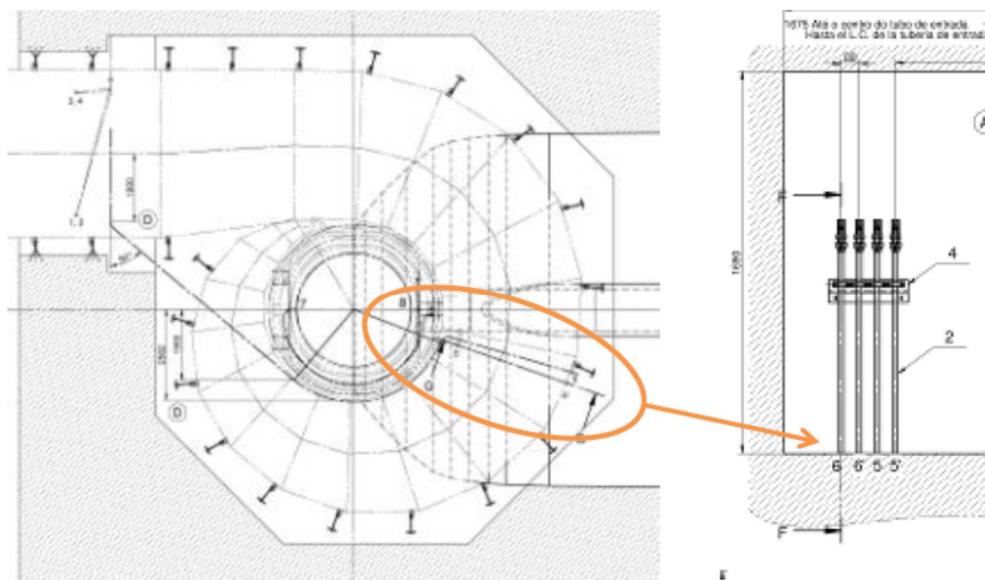


Figura 1 Gráfico de tuberías hormigonadas para medición de presión WK

En la prueba de índice test fueran utilizados los pares 5 y 6 para comparación con los valores definidos en la prueba de modelo reducido transpuesto para el prototipo.

El error del caudal relativo se asume conforme a la norma IEC 60041 de

$$e(Q) = \pm 1,5 \%$$

4.3 Determinación de la caída bruta

La caída bruta (H_B) para turbinas hidráulicas es calculada utilizando la ecuación (4.5):

$$H_B = HWL - TWL \quad (4.5)$$

Donde:

H_B = Caída bruta [m]

HWL = Nivel del agua de aguas arriba [m]

TWL = Nivel del agua de aguas abajo [m]

4.4 Determinación de la caída neta

La caída neta (H_L) para turbinas hidráulicas es calculada utilizando la ecuación de Bernoulli (4.6), según la norma IEC 60.041.

$$H_L = \frac{P_1 - P_2}{\rho g} + z_1 - z_2 + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} = \frac{P_1 - P_2}{\rho g} + z_1 - z_2 + \frac{Q^2}{2gA_1^2} - \frac{Q^2}{2gA_2^2} \quad (4.6)$$

Dónde:

H_L = Caída neta [m]

P_{abs1} = presión absoluta en la entrada de la caja espiral [mca] como indicado en la figura 2.

P_{abs2} = presión absoluta en la salida del tubo de aspiración [mca] como indicado en la figura 2.

ρ = densidad del agua promedio a condiciones locales y 27 °C = 997,08 kg/ m³

g = gravedad local = 9,78 m/ s²

v_1 = velocidad media del agua en la entrada de la caja espiral [m/s]

v_2 = velocidad media del agua en la salida del tubo de aspiración [m/s]

H_B = Caída bruta [m]

z_1 = nivel del transmisor de presión de la entrada de la caja espiral [m] = 81 msnm

z_2 = nivel del transmisor de presión de la salida de la aspiración [m] = 80,05 msnm

Las velocidades v_1 y v_2 no son conocidas en la práctica y, por tanto deben ser calculadas en función de la razón entre el caudal turbinado y las áreas de las secciones donde son medidas P_{abs1} y P_{abs2} .

A_1 = área de la sección de entrada de la caja espiral (sección 1) [m²] = 17,42 m²

A_2 = área de la sección de salida del tubo de aspiración (sección 2) [m²] = 35,49 m²

$$e(H_L) = e \left(\frac{P_1 - P_2}{\rho g} + z_1 - z_2 + \frac{Q^2}{2gA_1^2} - \frac{Q^2}{2gA_2^2} \right) \quad (4.7)$$

$$= \pm \sqrt{\left(\frac{P_1 e(P_1)}{\rho g} \right)^2 + \left(\frac{P_2 e(P_2)}{\rho g} \right)^2 + E^2(z_1) + E^2(z_2) + \left(\frac{Q^2}{gA_1^2} + \frac{Q^2}{gA_2^2} \right) e^2(Q) + \left(\frac{Q^2 e(A_1)}{gA_1^2} \right)^2 + \left(\frac{Q^2 e(A_2)}{gA_2^2} \right)^2}$$

$$e(H_L) = \frac{E(H_L)}{H_L}$$

4.5 Determinación de la pérdida

La pérdida de caída total (ΔH) para turbinas hidráulicas es calculada utilizando la ecuación (4.8):

$$\Delta H = H_B - H_L \quad (4.8)$$

Donde:

ΔH = pérdida de caída de la entrada de la bocatoma hasta la salida del tubo de aspiración [m]

H_B = Caída bruta [m]

H_L = Caída neta [m]

4.6 Eficiencia hidráulica

La eficiencia hidráulica de la turbina es definida por la ecuación (4.9):

$$\eta = \frac{P_t}{\rho * g * Q * H_L} \quad (4.9)$$

Donde:

P_t = potencia mecánica de eje de la turbina [W]

ρ = densidad del agua [kg/m^3] – 997,08 kg/m^3

g = aceleración de la gravedad local [m/s^2] - 9,78 m/s^2

Q = caudal turbinada [m^3/s]

H_L = caída neta [m]

El error relativo para la eficiencia del Index Test está presentado por la ecuación (4.10):

$$e(\eta_t) = e\left(\frac{P_t}{\rho g Q H_N}\right) \quad (4.10)$$

$$e(\eta_t) = \pm \sqrt{e^2(P_t) + e^2(Q) + e^2(H_L)}$$

4.7 Transposición de la caída neta para la caída de referencia

Se hace la transposición de cada punto medido en la caída neta y la velocidad de prueba (H, N) para los valores especificados (H_{SP}, N_{SP}).

Esta transposición se hace de acuerdo con el ítem 6.1.2.2.a y 6.1.2.2.b de la norma IEC60041, el desvío admisible es:

$$0,99 \leq \frac{n/\sqrt{H}}{n_{SP}/\sqrt{H_{SP}}} \leq 1,01$$

Las ecuaciones de transposición están proporcionadas por las ecuaciones (4.11), (4.12) y (4.13):

$$\frac{Q_{HSP}}{Q_H} = \left(\frac{H_{SP}}{H}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (4.11)$$

$$\frac{P_{HSP}}{P_H} = \left(\frac{H_{SP}}{H}\right)^{\frac{3}{2}} \quad (4.12)$$

$$\eta_{HSP} = \eta_H \quad (4.13)$$

5. Cronograma, Resultados y Conclusiones

5.1 Cronograma

Las pruebas siguieron los pasos del siguiente cronograma:

ID	Actividad Programada	Fecha inicio	Fecha fin	Tiempo	Observaciones
1	Drenaje de la unidad	07/04/2014	08/04/2014	1 día	Sin novedad
2	Movilización equipos y personal	07/04/2014	08/04/2014	1 día	Sin novedad -inicio trabajos
3	Medición apertura rodete y distribuidor	08/04/2014	09/04/2014	2 día	Sin novedad
4	Montaje de instrumentación	09/04/2014	09/04/2014	1 día	Sin novedad
5	Llenado de unidad	09/04/2014	10/04/2014	2 día	Actividad demorada *
6	Realización de la prueba. Obtención datos	10/04/2014	11/04/2014	2 día	Resultados satisfactorios
7	Retiro de instrumentación	11/04/2014	11/04/2014	1/2 día	Sin novedad
8	Calibración reguladores v U 1 y 2	11/04/2014	11/04/2014	1/2 día	Sin novedad

*Las compuertas de descarga de la unidad demoraron el inicio de las pruebas por falla en la operación de la viga pescadora, hubo que realizar trabajos con buzos especializados.

5.2 Resultados

Los coeficientes k y n del Winter-Kennedy fueron calibrados utilizando como referencia el punto de mayor eficiencia medido.

La norma IEC 60041 indica que el coeficiente n puede asumir valores entre 0,48 y 0,52. Para la unidad generadora 2 da PMB fue adoptado 0,495 en base a la experiencia del fabricante.

El valor de k fue ajustado de manera que el valor de la máxima eficiencia relativa sea igual al valor teórico para la caída neta de referencia. El ajuste se realizó en la potencia de 14,89MW en la turbina, esto equivale a 15,12MW en la caída de referencia 27,5m. El caudal relativo en este punto es de 60,09m³/s (valor teórico en la caída de referencia 27,5m) y la presión diferencial medida en esa potencia fue de 74,75mbar, utilizando la ecuación (4.4):

$$Q = k * \Delta P^n$$

$$60,09 = k * 74,75^{0,495}$$

$$k = 7,1$$

De esta manera se pudo calcular a todos los caudales y eficiencias medidos. Después de acabadas las mediciones, las mismas fueron transferidas para la caída neta de referencia 27,5m y concentrados en la figura 3.

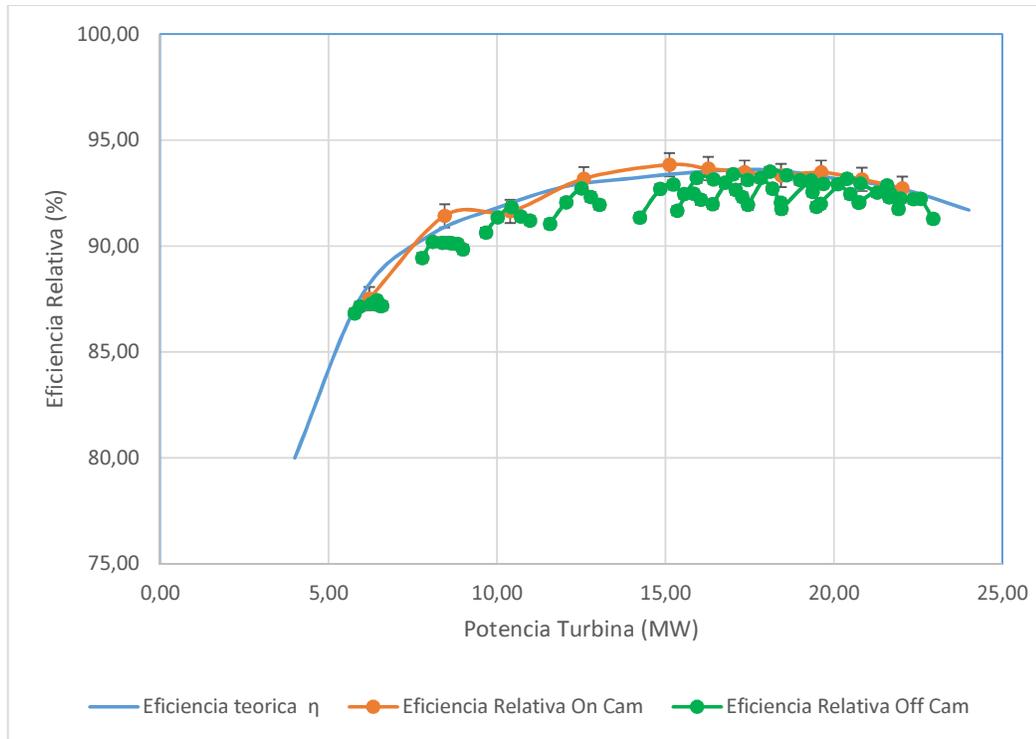


Figura 3. Curva de eficiencia On Cam y Off Cam con caída de referencia utilizada 27,5m, comparada con la curva teórica.

Con los valores calculados se pudo verificar que la curva de conjugación utilizada en el regulador de velocidad es adecuada y que las eficiencias relativas se encuentran de acuerdo a los valores teóricos esperados.

Las tablas 1 y 2 con los valores medidos y calculados de la prueba de índice test están ubicadas en el Apéndice 5. También están ubicadas en el Apéndice

5 las tablas 3, 4 y 5 con los valores de las mediciones dinámicas: vibración relativa, vibración absoluta y oscilación de presión.

5.3 Conclusiones y recomendaciones

La curva de eficiencia relativa presentada en la figura 3 indica que los valores medidos y calculados están correctamente posicionados en relación a la curva de rendimiento presentada en el Informe Hidráulico y, por lo tanto, el comportamiento del prototipo es homólogo.

La conjugación del distribuidor con la apertura de los alabes del rodete utilizada en el regulador se encuentra optimizada con relación a la eficiencia relativa de la turbina y no fue necesario cambiarla.

De acuerdo a las especificaciones técnicas del contrato firmado entre Hidrolitoral EP y Voith Hydro en el capítulo 2.1 Turbina y accesorios, sección 2.1.3.3 garantiza y dice “La eficiencia efectiva ponderada es igual a 93,06%”, ver apéndice 7. Si nosotros utilizamos los mejores 9 puntos para calcular la eficiencia ponderada obtenemos un valor de 93,16% que excede el valor garantizado.

La turbina 2 del PMB presenta buenas condiciones dinámicas de operación.

Se recomienda realizar la prueba index test a la unidad 1 para poder optimizar el regulador de velocidad con datos reales de la conjugación del distribuidor de la respectiva turbina.

La siguiente prueba de eficiencia que se realice se recomienda sea realizada con un consultor privado, para evitar el conflicto de intereses que siempre está presente cuando el proveedor es el que realiza el ensayo.

Se recomienda la instalación de un sistema de medición de vibraciones estacionario, ya que no se contempló en el contrato original por ser considerada una pequeña central hidráulica, pero es un sistema vital para el mantenimiento predictivo y precautelar el correcto funcionamiento de la central.

Apéndices

Apéndice 1

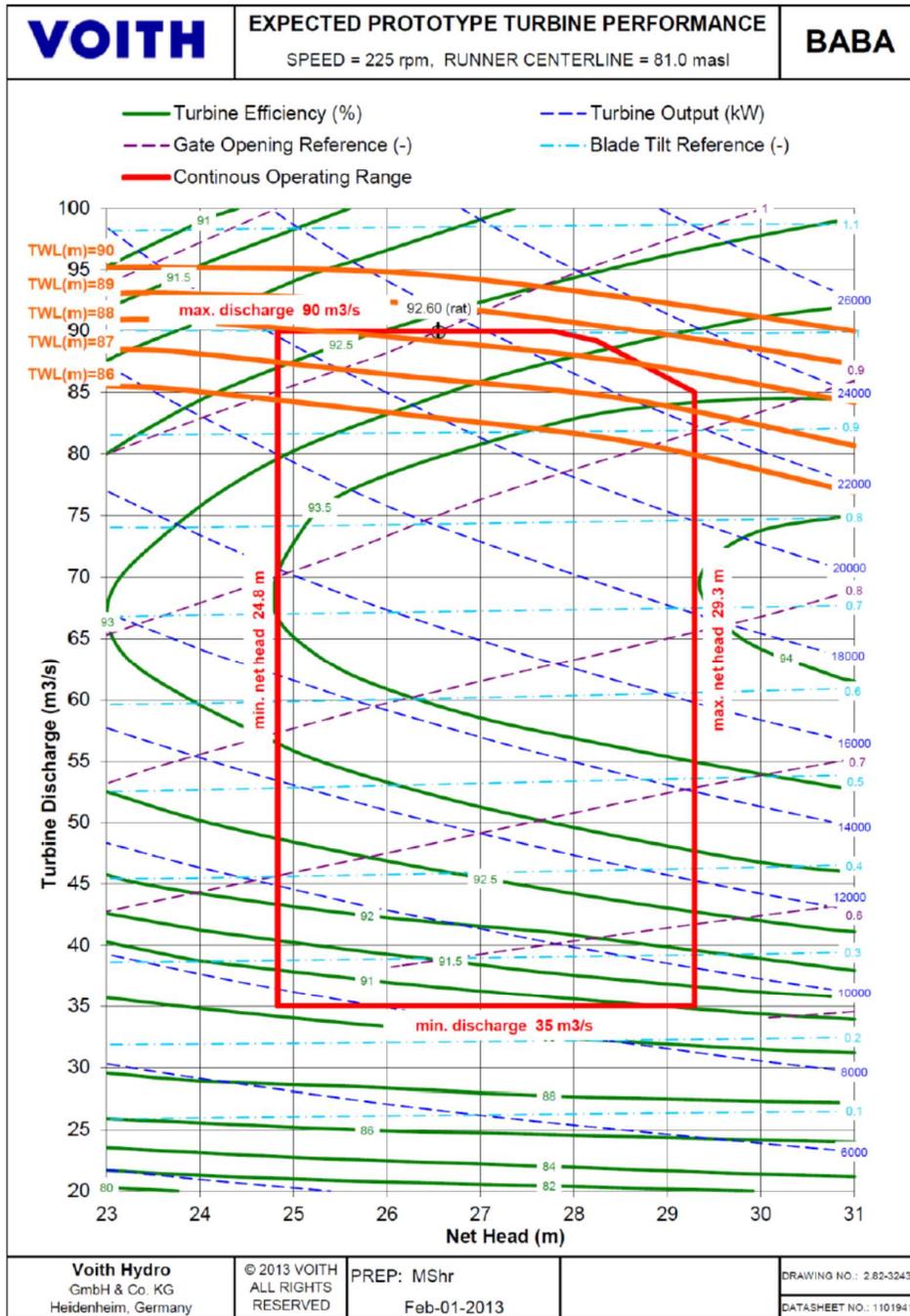


Figura 4 Curva de la Colina

Apéndice 2

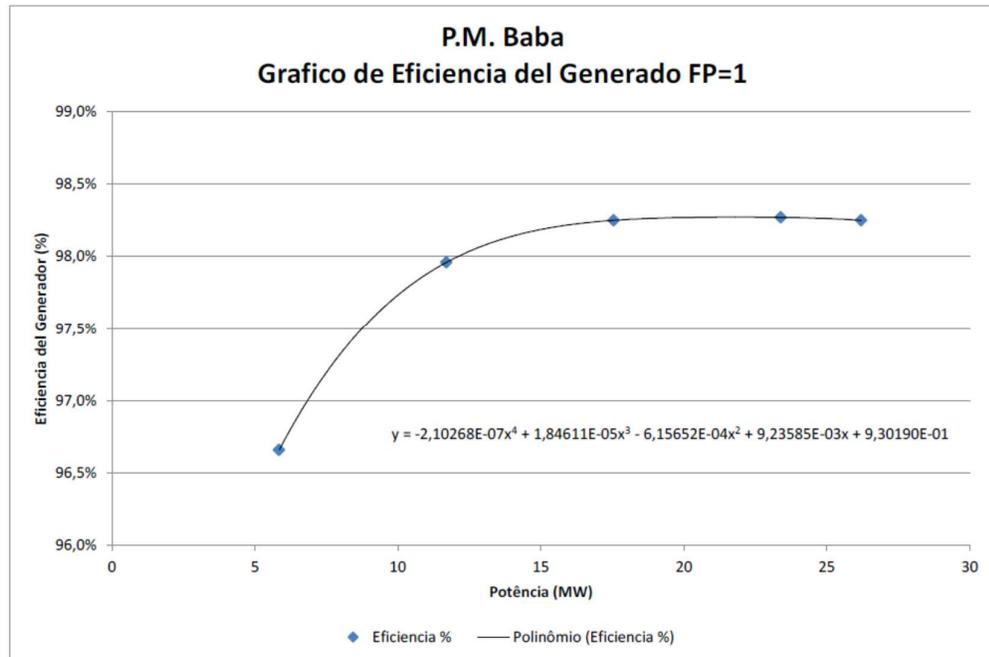


Figura 5. Curva de eficiencia del generador

Apéndice 3

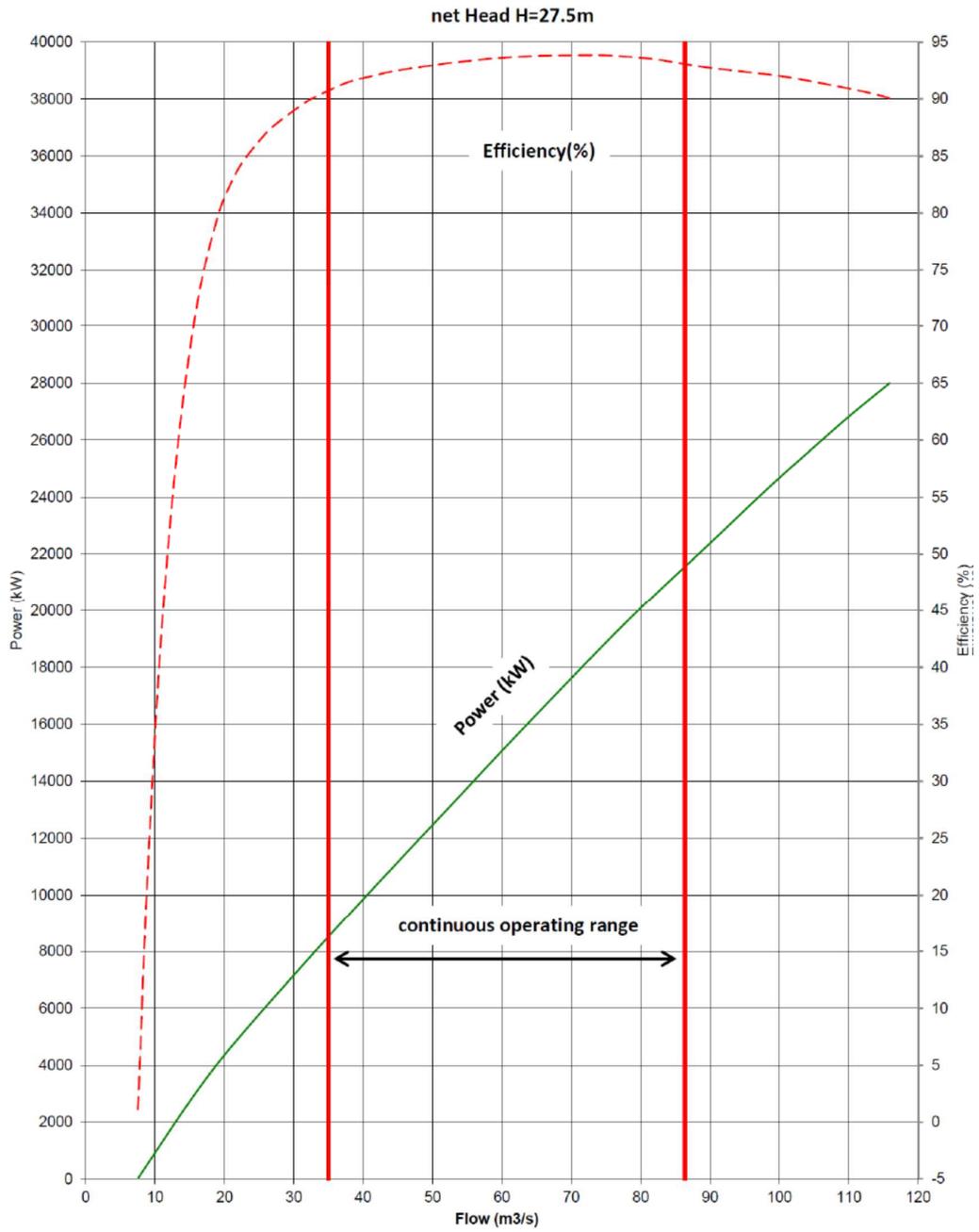


Figura 6. Curva de eficiencia de la turbina para la caída neta 27,5 m

Apéndice 4

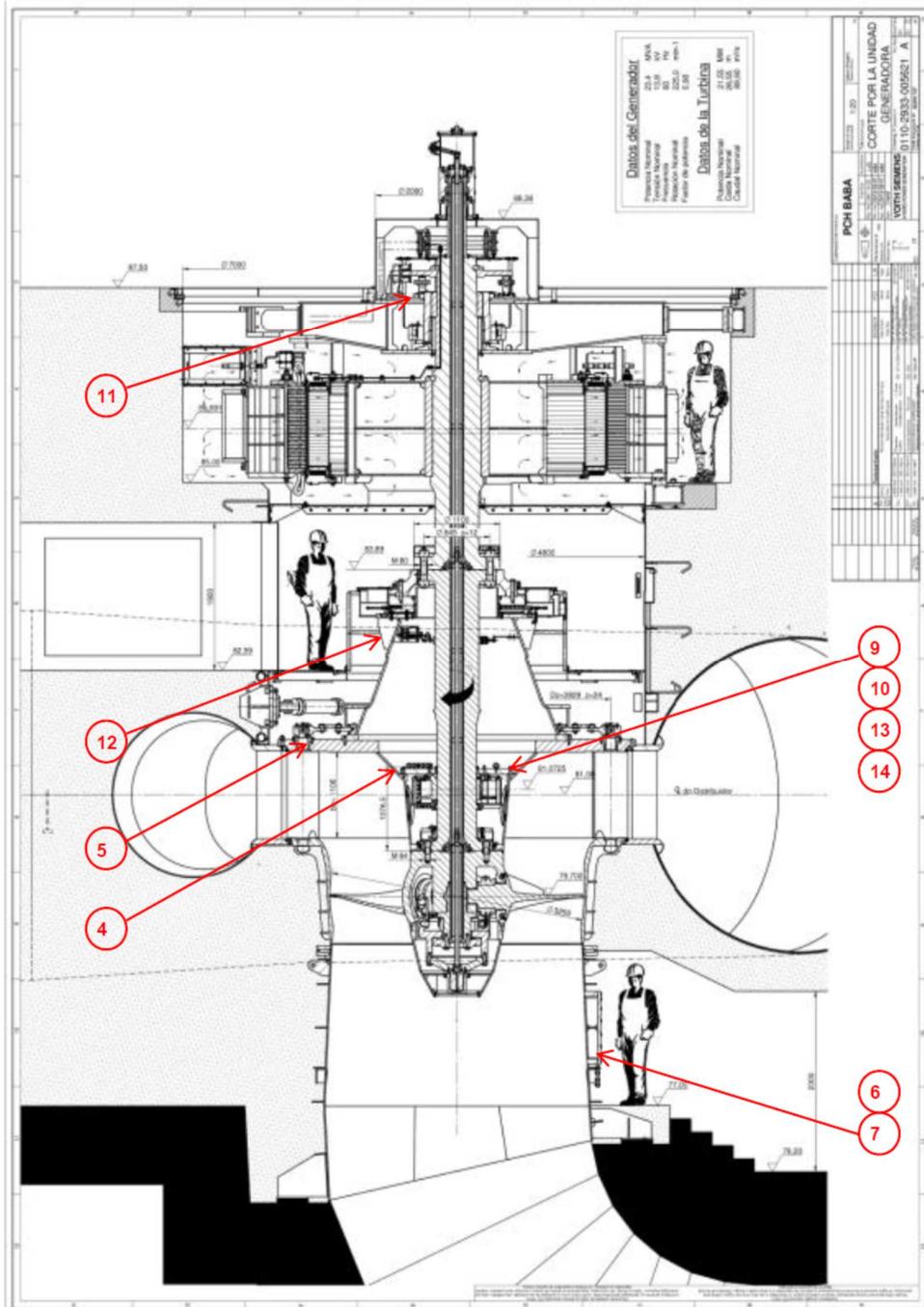


Figura 7. Ubicacion de los sensores, parte 1

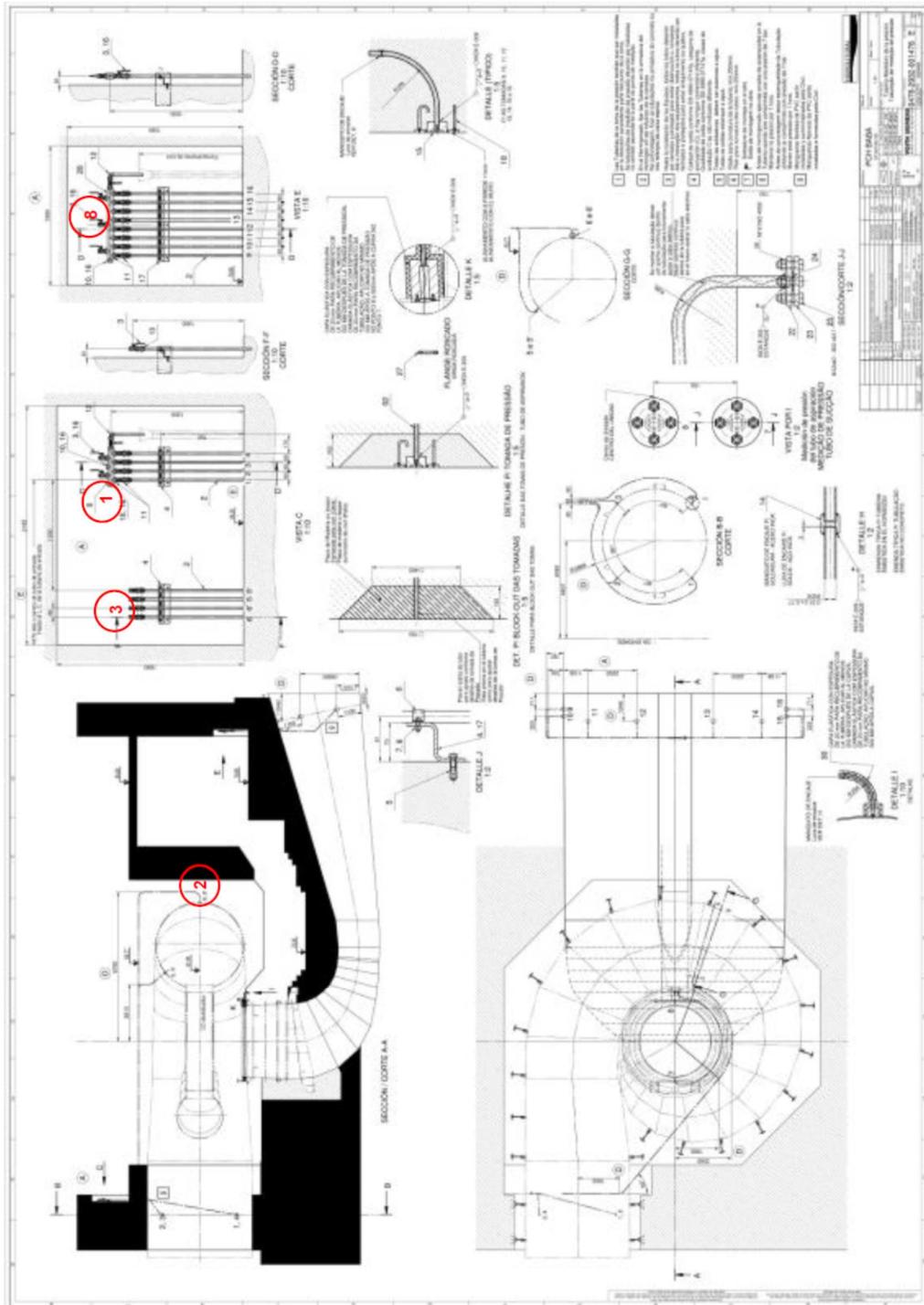


Figura 8. Ubicacion de los sensores, parte 2

Listado de instrumentos de acuerdo a su ubicación en las figuras 7 y 8.

1. Presión en la entrada de la caja espiral
2. Presión en el manhole de la caja espiral
3. Presión diferencial – Winter Kennedy
4. Presión en la tapa de la turbina
5. Vibración absoluta en la tapa de la turbina
6. Presión en el cono de aspiración
7. Vibración absoluta en el cono de aspiración
8. Presión en la salida de la aspiración
9. Vibración relativa en cojinete guía de la turbina lado izquierdo
10. Vibración relativa en cojinete guía de la turbina lado aguas arriba
11. Vibración relativa en cojinete guía del generador
12. Vibración absoluta en el cojinete de empuje
13. Vibración absoluta axial en el cojinete guía de la turbina
14. Vibración absoluta radial en el cojinete guía de la turbina

Apéndice 5

Tabla 2. Datos del ensayo Index Test- on cam

Datos Index Test: CH Baba Unidad No. 2 on cam - 9 abril 2014

Punto Op.	Apertura subterránea (grados)	Presión entrada (mca)	Presión salida (mca)	Diferencial presión (mbars)	Potencia generador (MW)	Eficiencia generador (%)	Potencia bruta (MW)	Nivel agua entrada (metros)	Nivel agua salida (metros)	Descarga turbina (m ³ /s)	Caida neta (m)	Error eficiencia (%)	Caida neta a 275 m		
													Eficiencia relativa (%)	Descarga turbina (m ³ /s)	Potencia bruta (MW)
1	2,56	34,89	7,71	14,61	6,23	96,80	6,96	115,95	87,63	26,81	28,22	1,89	87,52	26,67	6,21
2	5,70	34,56	7,82	24,75	6,67	97,61	8,09	115,92	87,72	34,78	29,04	1,89	91,43	34,05	6,65
3	8,21	34,10	7,89	37,16	10,25	97,70	10,59	115,86	87,79	42,54	27,85	1,89	91,63	42,27	10,39
4	11,33	32,09	7,90	52,69	12,51	98,04	12,76	115,86	87,83	50,58	27,76	1,89	93,18	50,3,4	12,58
5	14,95	35,97	7,95	74,75	14,89	98,20	15,16	115,82	87,90	60,14	27,55	1,89	93,84	60,09	15,12
6	16,57	37,53	8,00	86,58	15,91	98,23	16,30	115,77	87,93	64,68	27,42	1,89	93,65	64,77	16,27
7	18,13	38,95	8,00	98,78	16,92	98,24	17,22	115,77	87,92	69,04	27,36	1,89	93,69	69,21	17,35
8	19,41	40,23	8,01	111,50	17,86	98,25	18,18	115,75	87,95	73,31	27,25	1,89	93,33	73,05	18,43
9	21,58	41,63	8,02	125,68	18,88	98,25	19,22	115,72	87,98	77,72	27,12	1,90	93,08	76,16	19,62
10	23,23	43,25	8,01	142,18	19,95	98,25	20,31	115,72	87,95	82,68	27,04	1,90	93,15	83,18	20,83
11	24,77	44,80	8,02	159,92	20,95	98,25	21,32	115,71	87,98	87,64	26,91	1,90	92,72	88,19	22,03

Tabla 3. Datos del ensayo Index Test – off cam

Datos Index Test: CH Baba Unidad No. 2 off cam - 10 abril 2014

													Caida referencia 27,5 m		
Apertura alabes rodete (grados)	Apertura alabes distribuidor (grados)	Presion entrada (mca)	Presion salida (mca)	Diferencial presion (mbar)	Potencia generador (MW)	Eficiencia generador (%)	Potencia turbina (MW)	Nivel agua entrada (msnm)	Nivel agua salida (msnm)	Descarga turbina (m3/s)	Caida neta (m)	Error eficiencia (%)	Eficiencia relativa (%)	Descarga turbina corregido (m3/s)	Potencia turbina (MW)
2,66	18,59	34,78	7,67	13,40	5,94	96,69	6,14	115,87	87,53	25,68	28,15	1,89	87,15	25,38	5,93
2,67	17,54	34,83	7,64	12,81	5,80	96,64	6,00	115,90	87,54	25,12	28,22	1,89	86,82	24,80	5,77
2,67	21,17	34,82	7,64	14,96	6,31	96,82	6,52	115,93	87,54	27,13	28,23	1,89	87,28	26,78	6,27
2,67	22,74	34,80	7,64	15,69	6,47	96,87	6,68	115,92	87,54	27,77	28,21	1,89	87,44	27,41	6,43
2,67	23,75	34,79	7,64	16,23	6,56	96,90	6,77	115,90	87,54	28,24	28,20	1,89	87,17	27,88	6,52
2,67	24,78	34,79	7,64	16,57	6,63	96,92	6,84	115,90	87,54	28,53	28,20	1,89	87,18	28,18	6,59
5,67	20,84	34,71	7,68	21,95	7,82	97,26	8,04	115,88	87,58	32,79	28,12	1,89	89,44	32,43	7,78
5,67	22,31	34,69	7,70	23,31	8,12	97,33	8,34	115,88	87,56	33,78	28,08	1,89	90,20	33,43	8,09
5,67	24,36	34,66	7,71	25,05	8,41	97,40	8,63	115,88	87,60	35,01	28,06	1,89	90,15	34,66	8,38
5,67	25,91	34,65	7,72	26,21	8,60	97,44	8,83	115,87	87,62	35,80	28,04	1,89	90,15	35,45	8,57
5,67	26,85	34,64	7,72	26,85	8,70	97,47	8,93	115,86	87,61	36,23	28,03	1,88	90,13	35,88	8,67
5,67	28,53	34,62	7,73	27,82	8,85	97,50	9,08	115,86	87,63	36,88	28,02	1,88	90,10	36,53	8,83
5,67	30,39	34,61	7,73	29,01	9,01	97,53	9,24	115,86	87,62	37,64	28,01	1,88	89,85	37,30	8,99
8,37	24,46	34,55	7,74	33,02	9,69	97,66	9,92	115,84	87,64	40,13	27,97	1,88	90,64	39,80	9,67
8,38	25,95	34,52	7,76	34,82	10,02	97,72	10,25	115,83	87,66	41,20	27,93	1,88	91,36	40,88	10,02
8,40	28,13	34,49	7,78	37,35	10,42	97,79	10,66	115,83	87,69	42,66	27,89	1,88	91,84	42,36	10,43
8,40	30,43	34,46	7,79	39,68	10,68	97,83	10,92	115,82	87,70	43,96	27,87	1,88	91,39	43,67	10,7
8,40	32,77	34,42	7,80	41,90	10,94	97,86	11,18	115,81	87,70	45,16	27,83	1,88	91,20	44,89	10,98
11,23	27,89	34,35	7,80	46,72	11,52	97,94	11,76	115,80	87,69	47,66	27,80	1,88	91,05	47,41	11,57
11,24	29,56	34,32	7,82	49,46	11,97	97,99	12,22	115,79	87,74	49,02	27,76	1,88	92,06	48,80	12,05
11,24	31,88	34,27	7,85	52,52	12,40	98,03	12,65	115,77	87,76	50,50	27,70	1,88	92,72	50,32	12,51
11,24	34,05	34,23	7,85	55,23	12,65	98,06	12,90	115,78	87,78	51,78	27,68	1,88	92,32	51,61	12,78
11,24	36,06	34,19	7,86	57,97	12,89	98,08	13,14	115,76	87,77	53,03	27,64	1,88	91,95	52,90	13,04
15,22	32,52	34,03	7,88	69,86	14,00	98,15	14,26	115,76	87,80	58,16	27,53	1,88	91,34	58,13	14,24
15,22	34,06	33,98	7,91	73,59	14,55	98,18	14,82	115,73	87,84	59,68	27,47	1,88	92,69	59,71	14,84
15,22	36,06	33,93	7,93	76,99	14,89	98,20	15,16	115,71	87,86	61,03	27,43	1,88	92,90	61,11	15,23
15,23	38,07	33,87	7,93	81,01	15,18	98,21	15,46	115,73	87,86	62,59	27,40	1,88	92,45	62,70	15,55
15,23	40,17	33,82	7,92	83,97	15,44	98,22	15,72	115,69	87,89	63,71	27,37	1,88	92,47	63,86	15,84
15,23	41,81	33,78	7,94	86,65	15,61	98,22	15,89	115,67	87,88	64,70	27,33	1,88	92,18	64,91	16,05
16,72	34,22	33,85	7,92	80,25	14,97	98,20	15,24	115,68	87,86	62,29	27,37	1,88	91,67	62,44	15,35
16,72	35,66	33,81	7,95	83,51	15,50	98,22	15,78	115,68	87,86	63,53	27,33	1,88	93,21	63,73	15,93
16,75	37,69	33,75	7,97	88,69	15,93	98,23	16,22	115,67	87,90	65,45	27,28	1,88	93,15	65,72	16,42
16,79	39,74	33,68	7,97	92,81	16,24	98,23	16,53	115,67	87,93	66,94	27,23	1,88	92,99	67,27	16,77
16,79	41,92	33,63	7,96	96,89	16,52	98,24	16,82	115,63	87,93	68,38	27,22	1,88	92,65	68,74	17,08
16,79	43,58	33,61	7,92	100,14	16,76	98,24	17,06	115,67	87,86	69,51	27,26	1,88	92,31	69,81	17,28
18,23	35,57	33,74	7,89	91,14	15,99	98,23	16,28	115,70	87,82	66,35	27,36	1,88	91,97	66,52	16,40
18,23	37,03	33,69	7,92	94,83	16,53	98,24	16,83	115,70	87,85	67,66	27,31	1,88	93,38	67,90	17,00
18,23	39,04	33,63	7,93	100,29	16,92	98,24	17,22	115,68	87,86	69,56	27,27	1,88	93,12	69,86	17,44
18,23	41,22	33,57	7,94	104,49	17,26	98,25	17,57	115,68	87,88	70,99	27,23	1,88	93,21	71,34	17,83
18,23	43,42	33,51	7,93	109,63	17,57	98,25	17,88	115,68	87,89	72,70	27,21	1,88	92,71	73,08	18,17
18,23	45,65	33,47	7,91	114,41	17,82	98,25	18,14	115,69	87,87	74,25	27,22	1,88	92,04	74,63	18,42
19,93	36,79	33,60	7,89	103,07	18,95	98,25	17,25	115,70	87,74	70,51	27,29	1,88	91,94	70,77	17,45
19,93	38,23	33,55	7,91	107,13	17,55	98,25	17,86	115,69	87,86	71,87	27,26	1,88	93,51	72,19	18,10
19,93	40,34	33,48	7,92	113,18	17,97	98,25	18,29	115,68	87,86	73,85	27,20	1,88	93,35	74,25	18,59
19,93	42,55	33,40	7,93	118,55	18,31	98,25	18,64	115,68	87,86	75,57	27,16	1,88	93,12	76,04	18,99
19,96	44,79	33,33	7,91	124,76	18,65	98,25	18,98	115,67	87,89	77,50	27,14	1,88	92,55	78,02	19,36
19,96	46,72	33,28	7,89	129,53	18,89	98,25	19,23	115,68	87,86	78,95	27,15	1,88	91,99	79,47	19,60
21,61	37,95	33,45	7,87	115,48	17,86	98,25	18,18	115,70	87,80	74,59	27,24	1,88	91,75	74,95	18,44
21,61	39,96	33,37	7,90	122,87	18,65	98,25	18,98	115,70	87,84	76,92	27,18	1,88	93,11	77,37	19,32
21,61	41,61	33,31	7,91	127,87	18,95	98,25	19,29	115,68	87,85	78,45	27,13	1,88	92,93	78,98	19,68
21,61	43,84	33,23	7,91	133,29	19,31	98,25	19,65	115,67	87,85	80,08	27,09	1,88	92,92	80,69	20,11
21,61	45,97	33,16	7,88	139,83	19,68	98,25	20,03	115,68	87,84	82,00	27,09	1,88	92,46	82,62	20,48
21,61	47,76	33,10	7,88	144,65	19,90	98,25	20,25	115,69	87,85	83,39	27,06	1,89	92,06	84,07	20,75
23,09	39,29	33,28	7,87	128,42	18,79	98,25	19,12	115,69	87,80	78,62	27,16	1,88	91,85	79,11	19,48
23,09	41,45	33,18	7,88	136,40	19,59	98,25	19,94	115,69	87,86	81,00	27,09	1,88	93,17	81,81	20,39
23,14	43,11	33,11	7,90	142,27	19,91	98,25	20,26	115,68	87,85	82,71	27,03	1,89	92,95	83,42	20,79
23,14	45,35	33,01	7,91	150,06	20,30	98,25	20,66	115,65	87,86	84,92	26,97	1,89	92,53	85,75	21,28
23,14	47,18	32,94	7,92	155,86	20,60	98,25	20,97	115,65	87,86	86,53	26,92	1,89	92,30	87,45	21,64
23,14	48,99	32,86	7,92	161,37	20,80	98,25	21,17	115,64	87,87	88,03	26,88	1,89	91,75	89,04	21,91
24,69	40,88	33,06	7,89	144,05	19,82	98,25	20,17	115,64	87,85	83,22	27,01	1,89	92,05	83,97	20,73
24,69	43,07	32,95	7,92	153,00	20,54	98,25	20,91	115,64	87,87	85,74	26,93	1,89	92,87	86,65	21,58
24,69	44,74	32,86	7,92	160,70	20,86	98,25	21,23	115,63	87,88	87,85	26,87	1,89	92,25	88,87	21,98
24,69	46,25	32,78	7,93	166,01	21,15	98,25	21,53	115,62	87,88	89,27	26,82	1,89	92,22	90,40	22,36
24,70	47,15	32,73	7,94	169,05	21,32	98,25	21,70	115,61	87,89	90,08	26,79	1,89	92,23	91,27	22,57
24,73	49,42	32,62	7,96	177,78	21,57	98,25	21,95	115,60	87,87	92,35	26,71	1,89	91,28	93,71	22,94

Tabla 4. Datos Dinámicos de la Unidad – On Cam

Pos. del Distribuidor	Pos. del Rodete	Potencia	Oscilación de Presión (Pico a pico con 3% de rechazo)		Cono Aspiración		Caida neta	Vibración Relativa		Vibración absoluta		C. Aspir.		
			Cj Espiral	Tapa Turbina	mca	% C. Neta		CGT AA	CGT Eq	CGT Radial	CGT Axial		T. Turbina	
%	grado	MW	bar	mca	bar	% C. Neta	m	[µm] Pk-Pk	[µm] Pk-Pk	mm/s	mm/s	mm/s		
49.33	21.1	6.25	0.04	0.43	0.14	1.54%	28.22	224.85	211.40	0.83	0.85	1.28	0.80	1.56
55.33	24.6	8.47	0.03	0.36	0.11	1.27%	28.04	219.32	208.63	0.84	0.91	1.40	0.84	2.39
61.37	28.1	10.35	0.03	0.34	0.12	1.22%	27.85	189.17	173.86	0.81	0.90	1.44	0.81	2.38
68.05	32.1	12.51	0.04	0.41	0.13	1.48%	27.76	150.40	176.32	0.79	0.89	0.84	0.80	2.37
74.45	36.0	14.89	0.05	0.55	0.11	1.13%	27.55	183.02	164.32	0.82	0.93	0.88	0.82	2.53
77.02	37.5	15.91	0.06	0.64	0.12	1.22%	27.42	179.64	164.32	0.83	0.94	0.87	0.82	2.53
79.35	39.0	16.92	0.07	0.75	0.12	1.24%	27.36	207.94	177.24	0.84	0.95	0.89	0.84	2.60
81.45	40.2	17.86	0.11	1.18	0.14	1.45%	27.25	159.94	180.94	0.82	1.02	0.90	0.90	2.93
83.73	41.6	18.88	0.14	1.47	0.16	1.63%	27.12	221.47	190.78	0.84	1.22	0.95	1.30	5.99
86.34	43.3	19.95	0.15	1.50	0.18	1.85%	27.04	164.26	152.32	0.87	1.47	1.06	1.26	8.35
88.82	44.8	20.95	0.13	1.34	0.18	1.87%	26.91	170.72	137.86	0.87	1.58	1.06	1.26	7.02

Tabla 5. Datos Dinámicos de la Unidad – Off Cam (parte 1)

Pos. del Distribuidor	Pos. del Rodete	Potencia	Oscilación de Presión (Pico a pico con 3% de rechazo)			Cono Aspiración			Caida neta	Vibración Relativa		Vibración absoluta								
			Cj Espiral	% C. Néla	bar	mca	% C. Néla	bar		mca	CGT AA	CGT Izq	Coj. Empuje	CGT Radial	CGT Axial	T. Turbina	C. Aspir.			
%	grado	MW	mca	% C. Néla	bar	mca	% C. Néla	bar	mca	% C. Néla	m	[µm] Pk-Pk	[µm] Pk-Pk	mm/s	mm/s	mm/s	mm/s	mm/s	mm/s	
44.71	18.6	5.94	1.41	4.99%	0.26	2.69	9.54%	0.15	1.54	5.47%	28.15	362.66	276.33	1.14	1.97	2.20	2.04	1.08	2.27	
42.77	17.5	5.80	1.69	5.99%	0.36	3.69	13.06%	0.18	1.86	6.61%	28.22	369.73	289.87	1.13	2.10	1.09	2.03	1.10	2.43	
49.39	21.2	6.31	0.66	2.27%	0.11	1.13	4.02%	0.06	0.65	2.29%	28.23	276.53	231.09	1.03	1.15	1.04	1.06	1.03	1.64	
52.17	22.7	6.47	0.05	0.50	1.76%	0.54	1.90%	0.05	0.54	1.90%	28.21	199.63	177.24	0.92	0.99	0.96	0.89	0.95	1.78	
53.93	23.8	6.56	0.49	1.74%	0.05	0.51	1.82%	0.07	0.70	2.49%	28.20	202.40	176.94	0.87	0.94	0.91	0.91	0.91	1.88	
55.71	24.8	6.63	0.05	1.93%	0.05	0.50	1.76%	0.07	0.77	2.72%	28.20	204.55	168.01	0.91	1.03	0.98	0.93	0.98	1.98	
48.80	20.8	7.82	0.08	3.03%	0.15	1.58	5.63%	0.06	0.66	2.36%	28.12	324.21	262.17	1.05	1.06	0.98	1.09	0.94	1.88	
51.40	22.3	8.12	0.07	2.53%	0.06	0.83	2.96%	0.05	0.47	1.69%	28.06	276.53	228.02	0.99	1.07	1.06	1.04	1.02	2.39	
54.98	24.4	8.41	0.07	2.73%	0.06	0.65	2.33%	0.05	0.47	1.69%	28.06	239.93	205.55	0.93	0.98	0.97	0.97	0.92	2.44	
57.65	25.9	8.60	0.84	3.01%	0.06	0.57	2.05%	0.05	0.54	1.94%	28.04	231.01	202.78	0.88	0.98	0.94	0.93	0.92	2.38	
59.26	26.9	8.70	0.08	0.82	2.93%	0.05	0.54	1.94%	0.06	0.61	2.17%	28.03	219.93	193.24	0.98	1.00	0.95	0.94	0.95	2.39
62.10	28.5	8.85	0.09	0.88	3.13%	0.05	0.50	1.80%	0.07	0.72	2.57%	28.02	216.86	183.71	0.88	0.99	1.05	0.83	0.94	2.33
65.22	30.4	9.01	0.10	3.61%	0.04	0.45	1.80%	0.09	0.88	3.16%	28.01	217.47	181.55	0.87	0.96	0.97	0.89	0.91	2.40	
55.16	24.5	9.69	0.06	2.29%	0.08	0.67	3.46%	0.08	0.77	2.77%	27.97	293.14	250.48	1.00	0.95	1.00	0.95	1.03	0.92	2.17
57.72	26.0	10.02	0.07	2.66%	0.08	0.83	3.33%	0.06	0.53	1.89%	27.93	236.39	205.25	0.94	0.98	0.93	1.07	0.89	2.16	
61.42	28.1	10.42	0.06	3.06%	0.08	0.87	3.11%	0.05	0.55	1.96%	27.89	207.01	183.40	1.00	1.10	1.05	1.02	1.04	2.21	
65.29	30.4	10.68	0.11	3.97%	0.07	0.76	2.74%	0.07	0.67	2.41%	27.87	206.09	173.55	0.92	1.02	0.97	0.95	0.96	2.34	
69.19	32.8	10.94	0.12	4.60%	0.05	0.50	1.81%	0.10	1.01	3.63%	27.83	194.71	173.55	0.93	1.04	0.99	0.99	0.99	2.40	
61.01	27.9	11.52	0.10	3.81%	0.09	0.91	3.26%	0.09	0.92	3.30%	27.80	337.13	285.87	0.90	0.88	1.01	1.05	0.91	1.81	
63.83	29.6	11.97	0.19	7.03%	0.08	0.79	2.94%	0.09	0.88	3.19%	27.76	262.38	218.48	0.93	1.03	1.03	0.96	0.96	2.12	
67.71	31.9	12.40	0.27	9.98%	0.07	0.70	2.53%	0.06	0.62	2.25%	27.70	243.31	206.17	0.87	1.02	0.97	0.95	0.93	2.27	
71.32	34.1	12.65	0.33	12.13%	0.07	0.68	2.46%	0.09	0.91	3.26%	27.68	222.09	197.25	0.88	1.01	0.95	0.95	0.96	2.38	
74.62	36.1	12.89	0.36	13.23%	0.06	0.63	2.28%	0.11	1.16	4.20%	27.64	229.78	196.01	0.85	0.99	0.93	0.92	0.90	2.65	
68.77	32.5	14.00	0.29	10.78%	0.09	0.90	3.26%	0.10	1.05	3.82%	27.53	278.99	231.40	0.92	1.05	1.00	1.06	0.97	1.96	
71.32	34.1	14.55	0.31	11.64%	0.08	0.79	2.44%	0.07	0.67	2.44%	27.47	257.46	213.55	0.89	1.01	0.99	0.94	0.94	2.41	
74.61	36.1	14.89	0.33	12.21%	0.07	0.74	2.70%	0.08	0.79	2.88%	27.43	196.32	196.32	0.92	1.03	0.99	1.13	0.96	2.59	
77.80	38.1	15.18	0.29	10.92%	0.08	0.77	2.82%	0.11	1.11	4.04%	27.40	246.39	205.55	0.91	1.03	1.03	0.98	0.96	2.72	
81.34	40.2	15.44	0.25	9.47%	0.07	0.72	2.65%	0.14	1.48	5.40%	27.37	240.85	197.55	0.86	1.01	1.04	0.99	0.92	2.76	
84.01	41.8	15.61	0.22	8.44%	0.07	0.71	2.59%	0.16	1.68	6.16%	27.33	232.85	187.71	0.88	1.04	1.01	0.99	0.92	2.69	
71.68	34.2	14.97	0.21	7.96%	0.08	0.86	3.14%	0.12	1.28	4.67%	27.37	216.24	173.86	0.85	0.99	0.92	0.93	0.90	2.25	
73.95	35.7	15.50	0.20	7.37%	0.08	0.80	2.86%	0.07	0.73	2.86%	27.33	176.25	145.24	0.87	1.02	1.00	0.92	0.90	2.34	
77.29	37.7	15.93	0.18	6.77%	0.08	0.83	3.03%	0.08	0.84	3.07%	27.28	180.87	147.70	0.83	1.01	0.94	0.89	0.90	2.49	
80.63	39.7	16.24	0.17	6.58%	0.08	0.79	2.89%	0.11	1.18	4.32%	27.23	230.70	193.55	0.82	1.01	1.08	0.93	0.90	2.65	
84.20	41.9	16.52	0.16	6.16%	0.07	0.76	2.78%	0.15	1.59	5.83%	27.22	223.01	193.24	0.88	1.08	1.00	0.96	0.92	2.67	
86.87	43.6	16.76	0.16	6.02%	0.08	0.77	2.63%	0.18	1.82	6.69%	27.26	217.47	192.94	0.87	1.05	1.09	0.97	0.93	2.70	

Tabla 6. Datos Dinámicos de la Unidad – Off Cam (parte 2)

Pos. del Distribuidor %	Pos. del Rodete %	Potencia MW	Oscilación de Prestión (Pico a pico con 3% de rechazo)				Como Aspiración		Caida neta m	Vibración Relativa		Vibración absoluta									
			Cj Espiral bar	% C. Neta	bar	mca	bar	mca		CGT AA [µm] Pk-Pk	CGT Iq Pk-Pk	CGT Radial mm/s	Coj. Empuje mm/s	CGT Axial mm/s	T. Turbina mm/s	C. Aspir. mm/s					
73.80	35.6	61.38	18.2	15.89	0.15	1.49	5.46%	0.09	0.88	3.22%	0.16	1.67	210.70	178.17	0.88	1.03	1.28	0.94	0.91	0.91	2.47
76.20	37.0	61.38	18.2	16.53	0.13	1.36	4.97%	0.09	0.88	3.22%	0.08	0.86	197.48	160.63	0.83	1.01	0.96	0.90	0.90	0.90	2.35
79.50	39.0	61.38	18.2	16.92	0.12	1.27	4.66%	0.09	0.89	3.26%	0.08	0.85	188.87	150.16	0.85	1.03	0.98	1.10	0.90	0.90	2.53
83.05	41.2	61.38	18.2	17.26	0.11	1.13	4.15%	0.09	0.92	3.38%	0.13	1.30	201.48	151.09	0.86	1.06	0.98	0.97	0.93	0.93	2.64
86.62	43.4	61.38	18.2	17.57	0.11	1.13	4.15%	0.11	1.13	4.17%	0.17	1.71	187.02	150.16	0.85	1.05	0.98	1.04	0.95	0.95	2.82
90.17	45.7	61.38	18.2	17.82	0.11	1.15	4.24%	0.14	1.43	5.27%	0.21	2.15	179.02	145.24	0.83	1.12	1.01	1.04	0.97	0.97	3.15
75.80	36.8	66.82	19.9	16.95	0.12	1.27	4.66%	0.09	0.97	3.55%	0.14	1.39	198.71	164.93	0.81	1.01	0.94	0.94	0.90	0.90	2.49
78.17	38.2	66.82	19.9	17.55	0.12	1.27	4.66%	0.10	1.07	3.93%	0.11	1.10	201.17	163.70	0.85	1.05	1.01	0.97	0.96	0.96	2.53
81.62	40.3	66.82	19.9	17.97	0.12	1.21	4.44%	0.13	1.32	4.84%	0.09	0.86	195.56	163.70	0.83	1.11	1.01	1.20	0.98	0.98	3.00
85.21	42.5	66.82	19.9	18.31	0.12	1.20	4.42%	0.16	1.65	6.08%	0.15	1.53	197.79	164.93	0.82	1.15	1.08	1.19	1.05	1.05	4.00
88.80	44.8	66.90	20.0	18.65	0.12	1.28	4.71%	0.18	1.82	6.70%	0.17	1.75	188.79	158.17	0.86	1.28	1.26	1.42	1.17	1.17	5.32
91.85	46.7	66.90	20.0	18.89	0.13	1.30	4.80%	0.19	1.98	7.28%	0.23	2.34	190.10	149.86	0.96	1.44	1.26	1.80	1.31	1.31	6.12
77.71	37.9	72.12	21.6	17.85	0.12	1.24	4.55%	0.11	1.17	4.31%	0.10	1.04	205.09	166.47	0.87	1.11	1.05	1.67	1.03	1.03	3.50
81.00	40.0	72.12	21.6	18.65	0.13	1.34	4.94%	0.15	1.52	5.59%	0.13	1.33	209.78	156.93	0.89	1.22	1.14	1.27	1.13	1.13	5.16
83.68	41.6	72.12	21.6	18.95	0.13	1.36	5.01%	0.16	1.66	6.13%	0.12	1.28	190.10	148.32	0.88	1.28	1.16	1.40	1.18	1.18	6.18
87.28	43.8	72.12	21.6	19.31	0.14	1.40	5.16%	0.17	1.78	6.57%	0.18	1.82	173.71	147.40	0.90	1.36	1.39	1.50	1.22	1.22	7.28
90.67	46.0	72.14	21.6	19.68	0.13	1.29	4.75%	0.17	1.71	6.31%	0.18	1.89	167.03	135.39	0.93	1.44	1.19	1.54	1.29	1.29	7.61
93.46	47.8	72.14	21.6	19.90	0.12	1.25	4.61%	0.15	1.51	5.59%	0.24	2.44	159.34	123.70	0.98	1.41	1.16	1.48	1.35	1.35	7.06
79.90	39.3	76.82	23.1	18.79	0.14	1.39	5.12%	0.14	1.43	5.25%	0.13	1.36	202.09	142.47	0.86	1.26	1.15	1.32	1.12	1.12	6.92
83.42	41.4	76.82	23.1	19.59	0.12	1.22	4.46%	0.15	1.51	5.58%	0.13	1.37	187.94	142.78	0.87	1.39	1.14	1.46	1.25	1.25	7.75
86.12	43.1	76.95	23.1	19.91	0.12	1.21	4.47%	0.13	1.33	4.92%	0.14	1.45	169.94	169.55	0.90	1.46	1.29	1.52	1.24	1.24	7.95
89.70	45.4	76.95	23.1	20.30	0.11	1.15	4.28%	0.11	1.13	4.21%	0.17	1.78	203.94	169.55	0.87	1.56	1.17	1.56	1.33	1.33	7.82
92.58	47.2	76.96	23.1	20.60	0.10	1.08	3.93%	0.10	1.04	3.88%	0.20	2.04	168.56	166.78	0.89	1.55	1.15	1.51	1.33	1.33	6.98
95.33	49.0	76.96	23.1	20.80	0.10	1.07	3.97%	0.10	0.99	3.69%	0.27	2.74	183.02	147.70	0.92	1.48	1.19	1.48	1.33	1.33	6.43
82.50	40.9	81.83	24.7	19.82	0.11	1.18	4.36%	0.11	1.12	4.14%	0.17	1.75	165.10	137.86	0.88	1.40	1.19	1.47	1.19	1.19	8.26
86.04	43.1	81.83	24.7	20.54	0.10	0.99	3.67%	0.10	1.02	3.60%	0.14	1.42	152.63	132.63	0.88	1.45	1.16	1.67	1.25	1.25	7.13
88.72	44.7	81.83	24.7	20.86	0.09	0.96	3.53%	0.09	0.95	3.52%	0.16	1.66	165.18	133.86	0.91	1.53	1.30	1.54	1.27	1.27	6.95
91.12	46.3	81.83	24.7	21.15	0.10	1.00	3.74%	0.09	0.91	3.41%	0.20	2.02	164.26	136.32	0.92	1.49	1.24	1.54	1.26	1.26	6.30
92.51	47.1	81.85	24.7	21.32	0.10	1.03	3.83%	0.09	0.88	3.29%	0.20	2.02	174.10	130.78	0.92	1.45	1.17	1.62	1.27	1.27	5.98
95.96	49.4	81.95	24.7	21.57	0.11	1.09	4.08%	0.08	0.87	3.24%	0.28	2.81	185.40	144.32	0.98	1.44	1.21	1.45	1.22	1.22	6.31

Apéndice 6

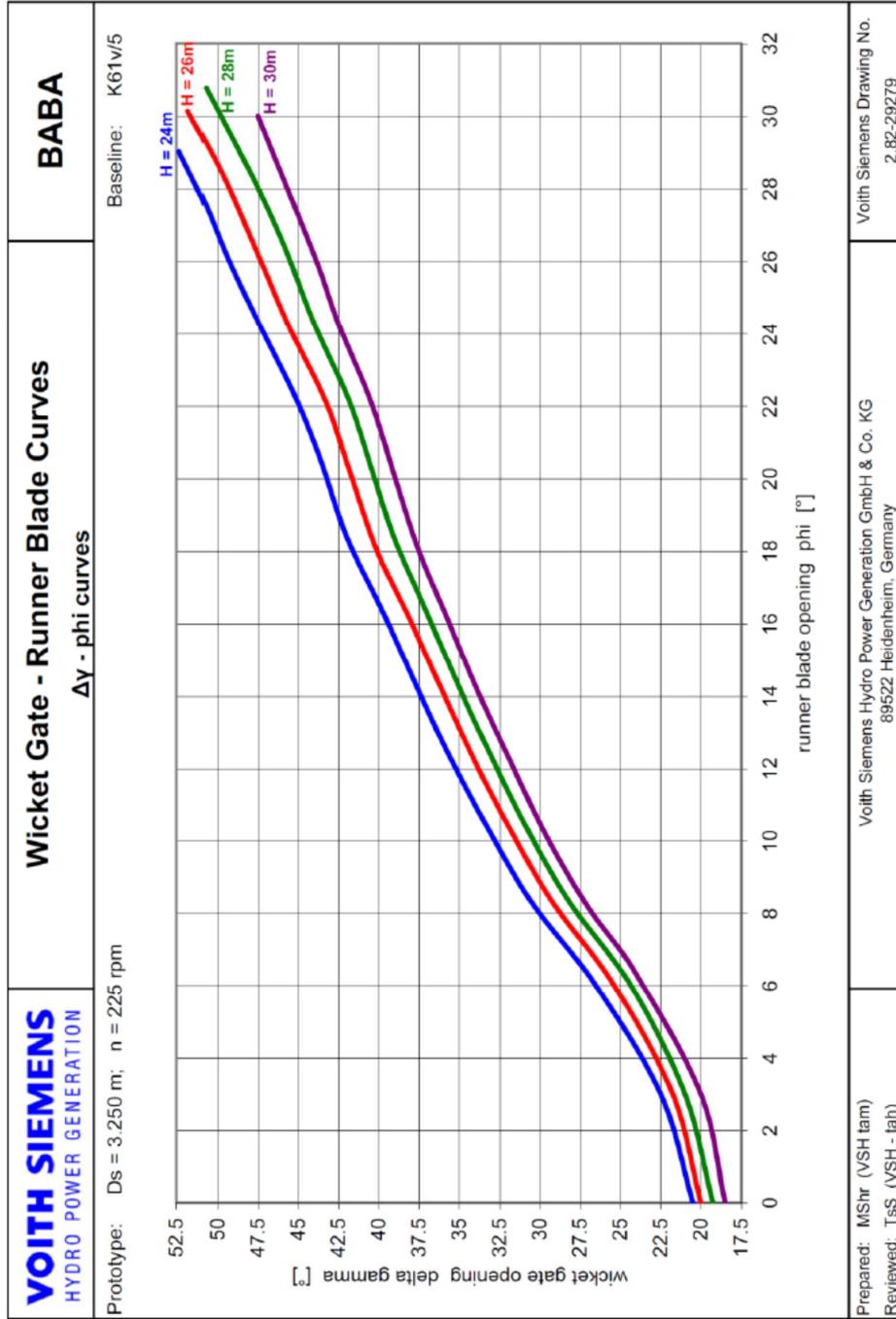


Figura 9 Curva de conjugación original

Apéndice 7. Eficiencia promedio del modelo hidráulico

BABA

Mean Weighted Efficiency Table

VOITH SIEMENS
HYDRO POWER GENERATION

Model		Prototype				Baba			
Prototype Turbine Net Head H_p (m)	Model Turbine Efficiency η_M (%)	Turbine Efficiency Step-up $\Delta\eta$ (%)	Turbine Efficiency med-losses $\Delta\eta$ (%)	Prototype Turbine Efficiency η_P (%)	Prototype Turbine Discharge Q_p (m ³ /s)	Prototype Turbine Output P_p (MW)	Weighting Factor W	$\eta_P * W * P_p$	$W * P_p$
26.55	90.43	2.27	-0.10	92.60	89.886	21.55	0.25	498.88	5.39
	91.64	2.27	-0.13	93.78	71.007	17.24	0.37	598.20	6.38
	91.02	2.27	-0.17	93.12	53.633	12.93	0.25	301.01	3.23
	89.00	2.27	-0.25	91.02	36.579	8.62	0.13	102.00	1.12

Mean Weighted Average Efficiency ($\eta_P * W * P_p$) (%) = **93.06**

Voith Siemens
Hydro Power Generation GmbH Co. KG
89522 Heidenheim

2007-03-21
VSEC - tae - MShr

Enclosure 7.1.1-2

Apéndice 8. Fotos



Foto 1. Sensor para la medición presión diferencial en la caja espiral – WK



Foto 2. Sensor de presión en la entrada de la caja espiral



Foto 3. Presión y vibración en el manhole del cono de aspiración



Foto 4. Sensor de la presión en la salida de la aspiración



Foto 5. Sensor de presión en el manhole de la caja espiral



Foto 6. Sensor medición vibración relativa en cojinete guía de la turbina –
aguas arriba



Foto 7. Presión en la tapa de la turbina

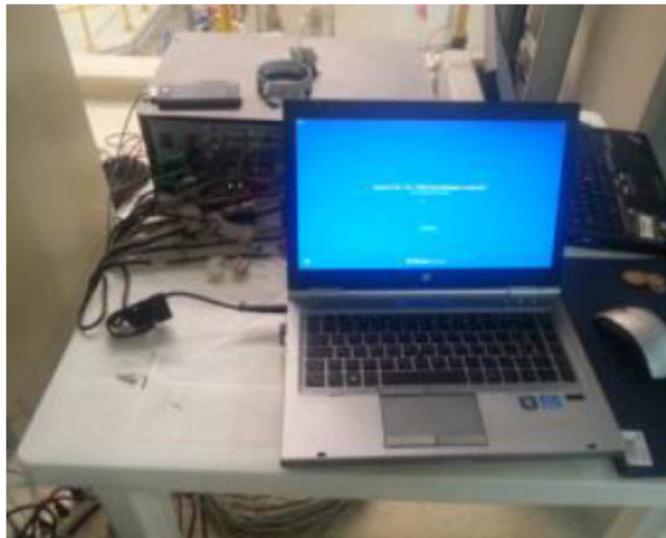


Foto 8. Sistema para el monitoreo de datos

Apêndice 9 -Protocolos de calibración de los instrumentos

Presión en la entrada de la caja espiral

LABMETRO LABORATÓRIOS DE METROLOGIA

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº 1306/2014 Folha: 01/02

1. DADOS

Protocolo: 128/2014
 Cliente: VOITH HYDRO LTDA.
 Endereço: RUA FRIEDRICH VON VOITH, 825 / PRÉDIO 70 - JARAGUÁ - SÃO PAULO - SP
 Equipamento: TRANSDUTOR DE PRESSÃO
 Fabricante: DRUCK
 Modelo: PTX 610
 Número de Série: 2811139
 Código do Equipamento: 14391 (Montagem Externa VHP)
 Faixa Nominal: 0 a 5 bar / 4 a 20 mA - DC
 Valor de uma Divisão: NÃO APLICÁVEL

2. PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO

A calibração foi realizada através do método de comparação entre a leitura do padrão e a leitura do equipamento, conforme PC-25.303 Rev. 04

3. PADRÕES UTILIZADOS

CÓDIGO INTERNO	DESCRIÇÃO DO PADRÃO	CALIBRADO POR	CERTIFICADO N°	DATA DA EXECUÇÃO	DATA DE VALIDADE
TEC-142	MANOVACUÓMETRO DIGITAL	PRESYS	R2371.07.12	jul/12	jul/14
TEC-161	CALIBRADOR ISOCAL	PRESYS	R4694/4695.11.12	nov/12	nov/14

4. CONDIÇÕES DA CALIBRAÇÃO

Faixa Calibrada:	CONDIÇÕES AMBIENTAIS INICIAIS		CONDIÇÕES AMBIENTAIS FINAIS	
	0 a 5 bar	Temperatura : 20,1 °C Umidade Relativa : 51,0 %	Temperatura : 20,3 °C Umidade Relativa : 53,0 %	

5. RESULTADOS OBTIDOS

Valor Indicado (Vi)	Sinal Elétrico	Valor Verdadeiro (Vv) - mA - DC				
		1º Ciclo		2º Ciclo		
		Carrego	Descarrego	Carrego	Descarrego	
0,00	0,000	4,00	4,004	4,003	4,003	4,002
0,10	1,000	7,20	7,217	7,208	7,216	7,207
0,20	2,000	10,40	10,414	10,409	10,413	10,408
0,30	3,000	13,60	13,627	13,621	13,621	13,620
0,40	4,000	16,80	16,831	16,827	16,829	16,824
0,50	5,000	20,00	19,989	19,989	19,987	19,987

CARACTERÍSTICAS METROLÓGICAS DO EQUIPAMENTO

Repetitividade (mA - DC)	Incerteza de Medição (mA - DC)	Fator de Abrangência (k)
0,006	0,010	2,05

LACRE UTILIZADO: TINTA LACRE LOCAL DA CALIBRAÇÃO: LABORATÓRIO LABMETRO

Metrologista: 
André Santos Servulo

Gerente Técnico: 
Peterson Zanuto

Data da Calibração: 05/02/2014 **Data da Emissão:** 05/02/2014

LAB-030.303 - Rev 06

LABORATÓRIOS DE METROLOGIA LABMETRO LTDA.
 Rua Tenente Silvío Fleming, 449 - Pirituba - CEP 02935-090 - São Paulo - SP - Tel.: (11) 3648-7200
 Site: www.labmetro.com.br - E-mail: laboratorios@labmetro.com.br

Presión en la puerta de acceso a la caja espiral



CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº 11809/2013

Folha: 01/02

1. DADOS

Protocolo: 1626/2013
 Cliente: VOITH HYDRO LTDA.
 Endereço: RUA FRIEDRICH VON VOITH, 825 / PRÉDIO 70 - JARAGUÁ - SÃO PAULO - SP
 Equipamento: TRANSDUTOR DE PRESSÃO
 Fabricante: WIKA
 Modelo: 7097934
 Número de Série: 11049325
 Código do Equipamento: 17226 (Montagem Externa VHP)
 Faixa Nominal: -1 a 9 bar / 4,32 a 20 mA - DC
 Valor de uma Divisão: NÃO APLICÁVEL

2. PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO

A calibração foi realizada através do método de comparação entre a leitura do padrão e a leitura do equipamento, conforme PC-25.303 Rev. 04

3. PADRÕES UTILIZADOS

CÓDIGO INTERNO	DESCRIÇÃO DO PADRÃO	CALIBRADO POR	CERTIFICADO Nº	DATA DA EXECUÇÃO	DATA DE VALIDADE
TEC-142	MANOVACUÔMETRO DIGITAL CALIBRADOR ISOCAL	PRESYS	R2371.07.12	jul/12	jul/14
TEC-161		PRESYS	R4694/4695.11.12	nov/12	nov/14

4. CONDIÇÕES DA CALIBRAÇÃO

Faixa Calibrada:	CONDIÇÕES AMBIENTAIS INICIAIS		CONDIÇÕES AMBIENTAIS FINAIS	
	-0,8 a 9 bar	Temperatura : 20,8 °C	Temperatura : 20,6 °C	Umidade Relativa : 49,0 %

5. RESULTADOS OBTIDOS

Valor Indicado (Vi)			Valor Verdadeiro (Vv) - mA - DC			
MPa (SI)	bar	Sinal Elétrico mA - DC	1º Ciclo		2º Ciclo	
			Carrego	Descarrego	Carrego	Descarrego
-0,08	-0,800	4,32	4,321	4,319	4,321	4,318
0,12	1,160	7,20	7,206	7,203	7,206	7,203
0,31	3,120	10,40	10,409	10,402	10,405	10,406
0,51	5,080	13,60	13,609	13,604	13,609	13,605
0,70	7,040	16,80	16,804	16,804	16,808	16,806
0,90	9,000	20,00	20,002	20,002	20,006	20,006

CARACTERÍSTICAS METROLÓGICAS DO EQUIPAMENTO

Repetitividade (mA - DC)	Incerteza de Medição (mA - DC)	Fator de Abrangência (k)
0,004	0,010	2,16

LACRE UTILIZADO: TINTA LACRE LOCAL DA CALIBRAÇÃO: LABORATÓRIO LABMETRO

Metrologista: Andre Santos Servulo	Gerente Técnico: Peterson Zanuto	Data da Calibração 03/10/2013	Data da Emissão 03/10/2013
---	---	----------------------------------	-------------------------------

LAB-030.303 - Rev 06

LABORATÓRIOS DE METROLOGIA LABMETRO LTDA.

Rua Tenente Silvio Fleming, 449 - Pirituba - CEP 02935-090 - São Paulo - SP - Tel.: (11) 3648-7200
 Site: www.labmetro.com.br - E-mail: laboratorios@labmetro.com.br

Presión diferencial – Winter Kennedy



CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº 4380/2013

Folha: 01/02

1. DADOS

Protocolo: 500/2013
 Cliente: VOITH HYDRO LTDA.
 Endereço: RUA FRIEDRICH VON VOITH, 825 / PRÉDIO 70 - JARAGUÁ - SÃO PAULO - SP
 Equipamento: TRANSMISSOR DE PRESSÃO DIGITAL
 Fabricante: ROSEMOUNT
 Modelo: 3051
 Número de Série: 7534425/0701
 Código do Equipamento: 13612 (Montagem Externa VHP)
 Faixa Nominal: -2,48 a 2,48 bar / 4 a 20 mA - DC
 Valor de uma Divisão: 0,0001 bar

2. PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO

A calibração foi realizada através do método de comparação entre a leitura do padrão e a leitura do equipamento, conforme PC-25.303 Rev. 03

3. PADRÕES UTILIZADOS

CÓDIGO INTERNO	DESCRIÇÃO DO PADRÃO	CALIBRADO POR	CERTIFICADO N°	DATA DA EXECUÇÃO	DATA DE VALIDADE
TEC-128	MANOVACUÓMETRO DIGITAL	ABSI SERVICE	95614/12	out/12	out/14
TEC-161	CALIBRADOR ISOCAL	PRESYS	R4694/4695.11.12	nov/12	nov/14

4. CONDIÇÕES DA CALIBRAÇÃO

Faixa Calibrada:	CONDIÇÕES AMBIENTAIS INICIAIS		CONDIÇÕES AMBIENTAIS FINAIS	
	0 a 2 bar	Temperatura : 20,6 °C Umidade Relativa : 57,0 %	Temperatura : 20,4 °C Umidade Relativa : 57,0 %	

5. RESULTADOS OBTIDOS

Valor Indicado (Vi)			Valor Verdadeiro (Vv) - mA - DC			
kPa (SI)	bar	Sinal Elétrico mA - DC	1º Ciclo		2º Ciclo	
			Carrego	Descarrego	Carrego	Descarrego
0,00	0,0000	4,00	3,903	3,902	3,905	3,902
40,00	0,4000	7,20	7,104	7,103	7,108	7,106
80,00	0,8000	10,40	10,317	10,312	10,320	10,315
120,00	1,2000	13,60	13,521	13,519	13,524	13,520
160,00	1,6000	16,80	16,705	16,702	16,710	16,706
200,00	2,0000	20,00	19,908	19,908	19,916	19,916

CARACTERÍSTICAS METROLÓGICAS DO EQUIPAMENTO

Repetitividade (mA - DC)	Incerteza de Medição (mA - DC)	Fator de Abrangência (k)
0,008	0,010	2,52

LACRE UTILIZADO: NÃO APLICÁVEL	LOCAL DA CALIBRAÇÃO: LABORATÓRIO LABMETRO
--------------------------------	---

Metrologista: Artur dos Santos Martini	Gerente Técnico: Peterson Zanuto	Data da Calibração 15/04/2013	Data da Emissão 15/04/2013
---	---	----------------------------------	-------------------------------

LAB-030 (Transd.) Rev 06

LABORATÓRIOS DE METROLOGIA LABMETRO LTDA.

Rua Professor Olavo de Carvalho, 57 - Jd. Humaitá - CEP: 05307-100 - São Paulo - SP - Fone/Fax: (11) 3832-7350
 Site:www.labmetro.com.br - E-mail: laboratorios@labmetro.com.br

Presión en la tapa de la turbina



CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº 9966/2013

Folha: 01/02

1. DADOS

Protocolo: 1371/2013
 Cliente: VOITH HYDRO LTDA.
 Endereço: RUA FRIEDRICH VON VOITH, 825 / PRÉDIO 70 - JARAGUÁ - SÃO PAULO - SP
 Equipamento: TRANSDUTOR DE PRESSÃO
 Fabricante: WIKA
 Modelo: 7097934
 Número de Série: 1104931S
 Código do Equipamento: 17224 (Montagem Externa VHP)
 Faixa Nominal: -1 a 9 bar / 4,32 a 20 mA - DC
 Valor de uma Divisão: NÃO APLICÁVEL

2. PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO

A calibração foi realizada através do método de comparação entre a leitura do padrão e a leitura do equipamento, conforme PC-25.303 Rev. 03

3. PADRÕES UTILIZADOS

CÓDIGO INTERNO	DESCRIÇÃO DO PADRÃO	CALIBRADO POR	CERTIFICADO N°	DATA DA EXECUÇÃO	DATA DE VALIDADE
TEC-126	MANOVACUÔMETRO DIGITAL	ABSI SERVICE	95615/12	out/12	out/14
TEC-161	CALIBRADOR ISOCAL	PRESYS	R4694/4695.11.12	nov/12	nov/14

4. CONDIÇÕES DA CALIBRAÇÃO

Faixa Calibrada:	CONDIÇÕES AMBIENTAIS INICIAIS		CONDIÇÕES AMBIENTAIS FINAIS	
	-0,8 a 9 bar	Temperatura : 20,6 °C Umidade Relativa : 56,0 %	Temperatura : 20,6 °C Umidade Relativa : 56,0 %	

5. RESULTADOS OBTIDOS

Valor Indicado (Vi)	Sinal Elétrico	Valor Verdadeiro (Vv) - mA - DC				
		1° Ciclo		2° Ciclo		
		Carrego	Descarrego	Carrego	Descarrego	
MPa (SI)	bar	mA - DC				
-0,08	-0,800	4,32	4,321	4,318	4,321	4,316
0,12	1,160	7,20	7,241	7,238	7,241	7,236
0,31	3,120	10,40	10,531	10,529	10,531	10,526
0,51	5,080	13,60	13,674	13,671	13,674	13,669
0,70	7,040	16,80	16,796	16,792	16,796	16,790
0,90	9,000	20,00	20,008	20,004	20,008	20,003

CARACTERÍSTICAS METROLÓGICAS DO EQUIPAMENTO

Repetitividade (mA - DC)	Incerteza de Medição (mA - DC)	Fator de Abrangência (k)
0,003	0,010	2,05
LACRE UTILIZADO:	TINTA LACRE	LOCAL DA CALIBRAÇÃO: LABORATÓRIO LABMETRO

Metrologista:	Gerente Técnico:	Data da Calibração	Data da Emissão
 Fabio Bronzetti	 Peterson Zanuto	21/08/2013	21/08/2013

LAB-030 (Transd) Rev 06

LABORATÓRIOS DE METROLOGIA LABMETRO LTDA.

Rua Tenente Silvío Fleming, 449 - Pirituba - CEP 02935-090 - São Paulo - SP - Tel.: (11) 3648-7200
 Site: www.labmetro.com.br - E-mail: laboratorios@labmetro.com.br

Vibração en la tapa de la turbina



Certificado de Calibração

o/f 25515/14R
Folha 1/2

Contratante: LABORATORIO DE METROL LABMETRO LTDA
 Solicitante: VOITH HYDRO LTDA
 Endereço: RUA FRIEDRICH VON VOITH, 825 - PREDIO 70 - JARAGUÁ - SÃO PAULO
 Item Calibrado: Acelerômetro
 Marca: WICOXON RESEARCH Modelo: 780C Nº de Patrimônio: ---
 Acessórios Conjugados: Não Possui Nº de Série: 09257
 OSC Nº 928/14 Data da Calibração: 12/02/14 Nº de Identificação: 18227

Condições Ambientais Aplicáveis à Calibração	
Temperatura durante a calibração:	(22,0±3,0)°C
%ur durante a calibração:	max. 75%ur

Metodologia de Calibração

A calibração foi realizada pelo método comparativo de acordo com procedimento interno PCA-010-Calibração comparativa de Acelerômetros, conforme requisitos estabelecidos pela norma ISO 16063-21:2003 - *Methods for the calibration of vibration and shock transducers: Vibration calibration by comparison to a reference transducer*. O sistema de referência utilizado para medição dos níveis de aceleração em cada frequência de interesse é composto do acelerômetro padrão, da fonte de corrente constante e do multimetro digital. Para o acelerômetro em teste foi utilizado o condicionador de sinais do laboratório.

Padrões Utilizados		
Padrão de Trabalho:	Certificado de Calibração	Validade do Padrão:
104 - Multimetro Digital, Agilent, 34401A	E0132/2012 - RBC	fev/14
109 - Acelerômetro Piezoelétrico PCB	DIMCI 0808/2013 - INMETRO	abr/15
114 - Fonte de corrente constante	21185/13 - Inter-metro (RBC)	ago/15

Características e Configurações durante a Calibração

Montagem:

O acelerômetro em teste foi aparafusado na mesa do excitador em uma base de alumínio sendo o acelerômetro padrão aparafusado sob esta mesma placa. Foi utilizado uma fina camada de vaselina entre as superfícies de montagem.

Torque:

2,00 ± 0,3 Nm

Sensibilidade Nominal do Acelerômetro:

100 (mV/g)

Características do item:

Acelerômetro Piezoelétrico de uso geral.

Configuração básica do instrumento:

O acelerômetro foi alimentado com uma fonte de corrente constante de 4,0 mA.
 A temperatura do acelerômetro durante a calibração foi de (23,5 ± 3,0)°C

Inter-Metro Serviços Especiais Ltda.
 Rua Joaquim de Almeida, 223 - CEP 04050-010 - São Paulo - SP - Tel./Fax: (11) 5071-2764
 E-mail: inter-metro@inter-metro.com.br - http://www.inter-metro.com.br

Certificado de Calibração

o/nr 25515/14R
Folha 2/2

Resultados Obtidos

Sensibilidade por Frequência

Frequência (Hz)	Nível de Aceleração Aplicado (m/s ² rms)	Sensibilidade [mV/g]	U [%]	k
10	2,0	101,88	1,7	2,0
12,5	2,0	101,18	1,7	2,0
16	5,0	100,97	1,7	2,0
20	10,0	100,72	1,7	2,0
25	20,0	100,52	1,7	2,0
31,5	20,0	100,36	1,7	2,0
40	20,0	100,09	1,7	2,0
50	20,0	99,97	1,3	2,0
63	20,0	99,75	1,3	2,0
80	20,0	99,57	1,3	2,0
100	20,0	99,38	1,3	2,0
125	20,0	99,21	1,3	2,0
160	50,0	99,28	1,4	2,0
200	50,0	98,88	1,4	2,0
250	50,0	98,78	1,4	2,0
315	50,0	98,58	1,4	2,0
400	50,0	98,30	1,4	2,0
500	50,0	98,05	1,4	2,0
630	50,0	97,93	1,4	2,0
800	50,0	97,88	1,4	2,0
1000	50,0	97,44	1,4	2,0
1250	50,0	97,43	2,1	2,0
1600	50,0	96,88	2,1	2,0
2000	50,0	96,98	2,1	2,0
2500	50,0	96,87	2,1	2,0
3150	50,0	97,46	2,1	2,0
4000	50,0	96,72	2,1	2,0
5000	50,0	97,25	3,1	2,0

Legenda:
Aceleração aplicada: A aceleração aplicada em função da frequência equivale ao valor verdadeiro convencional (VVC) de acordo com o vocabulário Internacional de Metrologia (m/s²). O termo "g" quando utilizado para compatibilizar com o instrumento em teste é resultado da seguinte transformação 1g=9,80665 m/s² (aceleração da gravidade normalizada)

Notas

A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência k determinado nas tabelas, que para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação NIT-DICLA-021 e a Norma ISO 16063-21:2003.

Os resultados acima apresentados referem-se exclusivamente ao item calibrado e às condições supra mencionadas. O presente certificado somente pode ser reproduzido na sua forma e conteúdo integrais e sem alterações. Não pode ser utilizado para fins promocionais.

Data de Emissão: 13/02/14


Lucas Marcondes Mendes
Téc. Executante


Eng. José Stankeviccius
Signatário Autorizado

Inter-Metro Serviços Especiais Ltda.

Rua Joaquim de Almeida, 223 - CEP 04050-010 - São Paulo - SP - Tel./Fax: (11) 5071-2764
E-mail: inter-metro@inter-metro.com.br - http://www.inter-metro.com.br

Pressão em el cono de aspiración



CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº 9852/2013

Folha: 01/02

1. DADOS

Protocolo: 1352/2013
 Cliente: VOITH HYDRO LTDA.
 Endereço: RUA FRIEDRICH VON VOITH, 825 / PRÉDIO 70 - JARAGUÁ - SÃO PAULO - SP
 Equipamento: TRANSDUTOR DE PRESSÃO
 Fabricante: WIKA
 Modelo: 7097934
 Número de Série: 1104931W
 Código do Equipamento: 17228 (Montagem Externa VHP)
 Faixa Nominal: -1 a 9 bar / 4,32 a 20 mA - DC
 Valor de uma Divisão: NÃO APLICÁVEL

2. PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO

A calibração foi realizada através do método de comparação entre a leitura do padrão e a leitura do equipamento, conforme PC-25.303 Rev. 03

3. PADRÕES UTILIZADOS

CÓDIGO INTERNO	DESCRIÇÃO DO PADRÃO	CALIBRADO POR	CERTIFICADO N°	DATA DA EXECUÇÃO	DATA DE VALIDADE
TEC-128	MANOVACUÔMETRO DIGITAL	ABSI SERVICE	95615/12	out/12	out/14
TEC-161	CALIBRADOR ISOCAL	PRESYS	R4694/4695.11.12	nov/12	nov/14

4. CONDIÇÕES DA CALIBRAÇÃO

Faixa Calibrada:	CONDIÇÕES AMBIENTAIS INICIAIS		CONDIÇÕES AMBIENTAIS FINAIS	
	-0,8 a 9 bar	Temperatura : 21,5 °C Umidade Relativa : 59,0 %	Temperatura : 21,5 °C Umidade Relativa : 59,0 %	

5. RESULTADOS OBTIDOS

Valor Indicado (Vi)		Sinal Elétrico mA - DC	Valor Verdadeiro (Vv) - mA - DC			
MPa (SI)	bar		1º Ciclo		2º Ciclo	
			Carrego	Descarrego	Carrego	Descarrego
-0,08	-0,800	4,32	4,325	4,325	4,325	4,321
0,12	1,160	7,20	7,205	7,212	7,245	7,205
0,31	3,120	10,40	10,410	10,415	10,423	10,406
0,51	5,080	13,60	13,604	13,610	13,612	13,605
0,70	7,040	16,80	16,801	16,805	16,804	16,804
0,90	9,000	20,00	20,003	20,003	20,004	20,003

CARACTERÍSTICAS METROLÓGICAS DO EQUIPAMENTO

Repetitividade (mA - DC)	Incerteza de Medição (mA - DC)	Fator de Abrangência (k)
0,040	0,010	2,65

LACRE UTILIZADO: TINTA LACRE	LOCAL DA CALIBRAÇÃO: LABORATÓRIO LABMETRO
------------------------------	---

Metrologista: Fabio Bronzeri	Gerente Técnico: Peterson Zanuto	Data da Calibração 20/08/2013	Data da Emissão 21/08/2013
-------------------------------------	---	----------------------------------	-------------------------------

LAB-030 (Transd) Rev. 06

LABORATÓRIOS DE METROLOGIA LABMETRO LTDA.

Rua Tenente Silvío Fleming, 449 - Pirituba - CEP 02935-090 - São Paulo - SP - Tel.: (11) 3648-7200
 Site: www.labmetro.com.br - E-mail: laboratorios@labmetro.com.br

Vibração em el cono de aspiración



Certificado de Calibração

25456/14R
Folha 1/2

Contratante: LABORATORIO DE METROL LABMETRO LTDA
Solicitante: VOITH HYDRO LTDA
Endereço: RUA FRIEDRICH VON VOITH, 825 - PREDIO 70 - JARAGUÁ - SÃO PAULO
Item Calibrado: Acelerômetro
Marca: WICOXON RESEARCH
Acessórios Conjugados: Não Possui
OSC Nº 934/14
Modelo: 780C
Data da Calibração: 10/02/14
Nº de Patrimônio: ---
Nº de Série: 09269
Nº de Identificação: **18231**

Condições Ambientais Aplicáveis à Calibração

Temperatura durante a calibração: (22,0±3,0)°C %ur durante a calibração: max. 75%ur

Metodologia de Calibração

A calibração foi realizada pelo método comparativo de acordo com procedimento interno PCA-010-Calibração comparativa de Acelerômetros, conforme requisitos estabelecidos pela norma ISO 16063-21:2003 - *Methods for the calibration of vibration and shock transducers: Vibration calibration by comparison to a reference transducer*. O sistema de referência utilizado para medição dos níveis de aceleração em cada frequência de interesse é composto do acelerômetro padrão, da fonte de corrente constante e do multimetro digital. Para o acelerômetro em teste foi utilizado o condicionador de sinais do laboratório.

Padrões Utilizados

Padrão de Trabalho:	Certificado de Calibração	Validade do Padrão:
104 - Multimetro Digital, Agilent, 34401A	E0132/2012 - RBC	fev/14
109 - Acelerômetro Piezoelétrico PCB	DIMCI 0808/2013 - INMETRO	abr/15
114 - Fonte de corrente constante	21185/13 - Inter-metro (RBC)	ago/15

Características e Configurações durante a Calibração

Montagem:

O acelerômetro em teste foi aparafusado na mesa do excitador em uma base de alumínio sendo o acelerômetro padrão aparafusado sob esta mesma placa. Foi utilizado uma fina camada de vaselina entre as superfícies de montagem.

Torque:

2,00 ± 0,3 Nm

Sensibilidade Nominal do Acelerômetro:
100 (mV/g)

Características do Item:

Acelerômetro Piezoelétrico de uso geral.

Configuração básica do instrumento:

O acelerômetro foi alimentado com uma fonte de corrente constante de 4,0 mA.
A temperatura do acelerômetro durante a calibração foi de (23,5 ± 3,0)°C

Inter-Metro Serviços Especiais Ltda.

Rua Joaquim de Almeida, 223 - CEP 04050-010 - São Paulo - SP - Tel/Fax: (11) 5071-2764
E-mail: inter-metro@inter-metro.com.br - http://www.inter-metro.com.br

Certificado de Calibração

n.º **25456/14R**
Folha 2/2

Resultados Obtidos

Sensibilidade por Frequência

Frequência (Hz)	Nível de Aceleração Aplicado (m/s ² rms)	Sensibilidade [mV/g]	U [%]	k
10	2,0	104,20	1,7	2,0
12,5	2,0	103,71	1,7	2,0
16	5,0	103,70	1,7	2,0
20	10,0	103,37	1,7	2,0
25	20,0	103,15	1,7	2,0
31,5	20,0	102,95	1,7	2,0
40	20,0	102,73	1,7	2,0
50	20,0	102,52	1,3	2,0
63	20,0	102,32	1,3	2,0
80	20,0	102,10	1,3	2,0
100	20,0	101,93	1,3	2,0
125	20,0	101,71	1,3	2,0
160	50,0	101,53	1,4	2,0
200	50,0	101,30	1,4	2,0
250	50,0	101,09	1,4	2,0
315	50,0	100,42	1,4	2,0
400	50,0	100,11	1,4	2,0
500	50,0	99,93	1,4	2,0
630	50,0	99,80	1,4	2,0
800	50,0	99,53	1,4	2,0
1000	50,0	99,05	1,4	2,0
1250	50,0	99,04	2,1	2,0
1600	50,0	98,84	2,1	2,0
2000	50,0	98,71	2,1	2,0
2500	50,0	98,57	2,1	2,0
3150	50,0	98,97	2,1	2,0
4000	50,0	98,42	2,1	2,0
5000	50,0	99,39	3,1	2,0

Legenda:

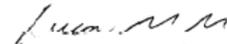
Aceleração aplicada: A aceleração aplicada em função da frequência equivale ao valor verdadeiro convencional (VVC) de acordo com o vocabulário Internacional de Metrologia (m/s²). O termo "g" quando utilizado para compatibilizar com o instrumento em teste é resultado da seguinte transformação $1g=9,80665 \text{ m/s}^2$ (aceleração da gravidade normalizada)

Notas

A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência *k* determinado nas tabelas, que para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação NIT-DICLA-021 e a Norma ISO 16063-21:2003

Os resultados acima apresentados referem-se exclusivamente ao item calibrado e às condições supra mencionadas. O presente certificado somente pode ser reproduzido na sua forma e conteúdo integrais e sem alterações. Não pode ser utilizado para fins promocionais.

Data de Emissão: 10/02/14


Lucas Marcondes Mendes
Téc. Executante


Eng. José Stankewicius
Signatário Autorizado

Inter-Metro Serviços Especiais Ltda.

Rua Joaquim de Almeida, 223 - CEP 04050-010 - São Paulo - SP - Tel./Fax: (11) 5071-2764
E-mail: inter-metro@inter-metro.com.br - http://www.inter-metro.com.br

Presión en la salida de la aspiración



CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº 6992/2013

Folha: 01/02

1. DADOS

Protocolo: 989/2013
 Cliente: VOITH HYDRO LTDA.
 Endereço: RUA FRIEDRICH VON VOITH, 825 / PRÉDIO 70 - JARAGUÁ - SÃO PAULO - SP
 Equipamento: TRANSDUTOR DE PRESSÃO
 Fabricante: GE - GENERAL ELECTRIC
 Modelo: UNIK 5000
 Número de Série: 3845278
 Código do Equipamento: 17693
 Faixa Nominal: 0 a 2 bar / 4 a 20 mA - DC
 Valor de uma Divisão: NÃO APLICÁVEL

2. PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO

A calibração foi realizada através do método de comparação entre a leitura do padrão e a leitura do equipamento, conforme PC-25.303 Rev. 03

3. PADRÕES UTILIZADOS

CÓDIGO INTERNO	DESCRIÇÃO DO PADRÃO	CALIBRADO POR	CERTIFICADO Nº	DATA DA EXECUÇÃO	DATA DE VALIDADE
TEC-128	MANOVACUÔMETRO DIGITAL	ABSISERVICE	95614/12	out/12	out/14
TEC-161	CALIBRADOR ISOCAL	PRESYS	R4694/4695.11.12	nov/12	nov/14

4. CONDIÇÕES DA CALIBRAÇÃO

Faixa Calibrada:	CONDIÇÕES AMBIENTAIS INICIAIS		CONDIÇÕES AMBIENTAIS FINAIS	
	0 a 2 bar	Temperatura : 20,5 °C Umidade Relativa : 49,0 %	Temperatura : 20,6 °C Umidade Relativa : 49,0 %	

5. RESULTADOS OBTIDOS

Valor Indicado (Vi)		Sinal Elétrico mA - DC	Valor Verdadeiro (Vv) - mA - DC			
kPa (SI)	bar		1º Ciclo		2º Ciclo	
			Carrego	Descarrego	Carrego	Descarrego
0,00	0,0000	4,00	3,998	3,996	3,999	3,997
40,00	0,4000	7,20	7,196	7,195	7,195	7,196
80,00	0,8000	10,40	10,395	10,394	10,394	10,394
120,00	1,2000	13,60	13,594	13,593	13,594	13,593
160,00	1,6000	16,80	16,792	16,795	16,792	16,792
200,00	2,0000	20,00	19,996	19,996	19,995	19,995

CARACTERÍSTICAS METROLÓGICAS DO EQUIPAMENTO

Repetitividade (mA - DC)	Incerteza de Medição (mA - DC)	Fator de Abrangência (k)
0,003	0,010	2,02

LACRE UTILIZADO: TINTA LACRE LOCAL DA CALIBRAÇÃO: LABORATÓRIO LABMETRO

VOITH HYDRO VOITH

Elaine Espineli
Field Service - hf

Metrologista:	Gerente Técnico:	Data da Calibração	Data da Emissão
 Andre Santos Servulo	 Peterson Zanuto	20/06/2013	20/06/2013

LAB-030 (Transd.) Rev. 00

LABORATÓRIOS DE METROLOGIA LABMETRO LTDA.

Rua Professor Olavo de Carvalho, 57 - Jd. Humaitá - CEP: 05307-100 - São Paulo - SP - Tel.: (11) 3648-7200
 Site: www.labmetro.com.br - E-mail: laboratorios@labmetro.com.br

Vibração relativa esquerda em el cojinete guía de la turbina



CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº 9237/2013

Folha : 01/01

1. DADOS

Protocolo: 1305/2013
 Cliente: VOITH HYDRO LTDA.
 Endereço: RUA FRIEDRICH VON VOITH, 825 / PRÉDIO 70 - JARAGUÁ - SÃO PAULO - SP
 Equipamento: SENSOR INDUTIVO
 Fabricante: BALLUF
 Modelo: BAW002J
 Número de Série: NÃO CONSTA
 Código do Equipamento: 17124 (Montagem Externa VHP)
 Faixa Nominal: 1 a 5 mm
 Valor de uma Divisão: NÃO APLICÁVEL

2. PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO

A calibração foi realizada através do método de comparação entre a leitura do padrão e a leitura do equipamento, conforme PC-25.020 / 25.100 Rev. 01 / 02

3. PADRÕES UTILIZADOS

CÓDIGO INTERNO	DESCRIÇÃO DO PADRÃO	CALIBRADO POR	CERTIFICADO Nº	DATA DA EXECUÇÃO	DATA DE VALIDADE
TEC-083	MÁQUINA DE MEDIÇÃO LINEAR	IPT	122 006-101	jan/13	jan/15
TEC-161	CALIBRADOR ISOCAL	PRESYS	R4694/4695.11.12	nov/12	nov/14

4. CONDIÇÕES DA CALIBRAÇÃO

Faixa Calibrada:	CONDIÇÕES AMBIENTAIS INICIAIS		CONDIÇÕES AMBIENTAIS FINAIS	
	1 a 5 mm	Temperatura : 19,6 °C Umidade Relativa : 57,0 %	Temperatura : 19,6 °C Umidade Relativa : 57,0 %	

5. RESULTADOS OBTIDOS

Valor Verdadeiro Convencional (Vvc) - (mm)	Valor do Sinal Analógico (mA-DC3)	Valor Indicado (Vi) (mA-DC3)	Erro de Indicação (Ei) (mA-DC3)	Valor Indicado (Vi) (mm)	Erro de Indicação (Ei) (mm)
1,000	4,000	4,304	0,304	1,076	0,076
2,000	8,000	8,120	0,120	2,030	0,030
3,000	12,000	12,803	0,803	3,201	0,201
4,000	16,000	17,153	1,153	4,288	0,288
5,000	20,000	20,356	0,356	5,089	0,089

Sinal de Saída Analógica	Incerteza Expandida de Medição em relação a amplitude da faixa calibrada (U)	Fator de Abrangência (k)
4 a 20 mA-DC3	0,02 %	2,00

LACRE UTILIZADO: NÃO APLICÁVEL LOCAL DA CALIBRAÇÃO: LABORATÓRIO LABMETRO

6. OBSERVAÇÕES

- 6.1 No momento do recebimento, o equipamento encontrava-se sem avarias.
- 6.2 Os valores expressos referem-se à média de três medições.
- 6.3 Os resultados apresentados neste Certificado são válidos exclusivamente para o objeto verificado, não sendo extensivos a quaisquer lotes, mesmo que similares. Não é permitida a reprodução parcial deste documento.
- 6.4 A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência (k), conforme indicado na tabela com os resultados das medições, que corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a instrução de trabalho IT-5.4.1, a qual foi baseada na publicação EA-4/02.

Metrologista:	Gerente Técnico:	Data da Calibração	Data da Emissão
 Hugo Jordai	 Peterson Zanuto	06/08/2013	06/08/2013

LAB-030 (Transd.) Rev. 05

LABORATÓRIOS DE METROLOGIA LABMETRO LTDA.

Rua Professor Olavo de Carvalho, 57 - Jd. Humaitá - CEP: 05307-100 - São Paulo - SP - Tel.: (11) 3648-7200
 Site: www.labmetro.com.br - E-mail: laboratorios@labmetro.com.br

Vibração relativa águas arriba em el cojinete

guía de la turbina



CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº 6060/2013

Folha : 01/01

1. DADOS

Protocolo: 788/2013
Cliente: VOITH HYDRO LTDA.
Endereço: RUA FRIEDRICH VON VOITH, 825 / PRÉDIO 70 - JARAGUÁ - SÃO PAULO - SP
Equipamento: SENSOR INDUTIVO
Fabricante: BALLUF
Modelo: BAW M18MI - ICC50B - S04G
Número de Série: NÃO CONSTA
Código do Equipamento: 17110 (Montagem Externa VHP)
Faixa Nominal: 1 a 5 mm
Valor de uma Divisão: NÃO APLICÁVEL

2. PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO

A calibração foi realizada através do método de comparação entre a leitura do padrão e a leitura do equipamento, conforme PC-25.020 / 25.100 Rev. 01 / 02

3. PADRÕES UTILIZADOS

CÓDIGO INTERNO	DESCRIÇÃO DO PADRÃO	CALIBRADO POR	CERTIFICADO N°	DATA DA EXECUÇÃO	DATA DE VALIDADE
TEC-083	MAQUINA DE MEDIÇÃO LINEAR	IPT	122 006-101	jan/13	jan/15
TEC-161	CALIBRADOR ISOCAL	PRESYS	R4694/4695 11.12	nov/12	nov/14

4. CONDIÇÕES DA CALIBRAÇÃO

Faixa Calibrada: 1 a 5 mm	CONDIÇÕES AMBIENTAIS INICIAIS		CONDIÇÕES AMBIENTAIS FINAIS	
	Temperatura :	20,4 °C	Temperatura :	20,4 °C
Umidade Relativa :	60,0 %	Umidade Relativa :	60,0 %	

5. RESULTADOS OBTIDOS

Valor Verdadeiro Convencional (Vvc) - (mm)	Valor do Sinal Analógico (mA-DC)	Valor Indicado (Vi) (mA-DC)	Erro de Indicação (Ei) (mA-DC)	Valor Indicado (Vi) (mm)	Erro de Indicação (Ei) (mm)
1,000	4,000	3,851	-0,149	0,963	-0,037
2,000	8,000	7,609	-0,391	1,902	-0,098
3,000	12,000	12,375	0,375	3,094	0,094
4,000	16,000	16,974	0,974	4,244	0,244
5,000	20,000	20,485	0,485	5,121	0,121

Sinal de Saida Analógica	Incerteza Expandida de Medição em relação a amplitude da faixa calibrada (U)	Fator de Abrangência (k)
4 a 20 mA-DC	0,02 %	2,00

LACRE UTILIZADO:	NÃO APLICÁVEL	LOCAL DA CALIBRAÇÃO:	LABORATÓRIO LABMETRO
------------------	---------------	----------------------	----------------------

6. OBSERVAÇÕES

- No momento do recebimento, o equipamento encontrava-se sem avarias.
- Os valores expressos referem-se à média de três medições.
- Os resultados apresentados neste Certificado são válidos exclusivamente para o objeto verificado, não sendo extensivos a quaisquer lotes, mesmo que similares. Não é permitida a reprodução parcial deste documento.
- A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência (k), conforme indicado na tabela com os resultados das medições, que corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a instrução de trabalho IT-5.4.1, a qual foi baseada na publicação EA-4/02.

VOITH HYDRO

VOITH

Elaine Espineli
Field Service - hf

Metrologista: 	Gerente Técnico: 	Data da Calibração 23/05/2013	Data da Emissão 23/05/2013
-------------------	----------------------	----------------------------------	-------------------------------

LAB-030 (Transd.) Rev. 05

LABORATÓRIOS DE METROLOGIA LABMETRO LTDA.

Rua Professor Olavo de Carvalho, 57 - Jd. Humaitá - CEP: 05307-100 - São Paulo - SP - Tel.: (11) 3648-7200
Site: www.labmetro.com.br • E-mail: laboratorios@labmetro.com.br

Vibração absoluta em el cojinete guía del generador





Certificado de Calibração

o.º 25579/14R
Folha 1/2

Contratante: LABORATORIO DE METROL LABMETRO LTDA
Solicitante: VOITH HYDRO LTDA
Endereço: RUA FRIEDRICH VON VOITH, 825 - PREDIO 70 - JARAGUÁ - SÃO PAULO
Item Calibrado: Acelerômetro **Nº de Patrimônio:** ---
Marca: WICOXON RESEARCH **Modelo:** 780C **Nº de Série:** 09243
Accessórios Conjugados: Não Possui **Nº de Identificação:** 18226
OSC Nº: 930/14 **Data da Calibração:** 13/02/14

Condições Ambientais Aplicáveis à Calibração	
Temperatura durante a calibração:	(22,0±3,0)°C
%ur durante a calibração:	max. 75%ur

Metodologia de Calibração:

A calibração foi realizada pelo método comparativo de acordo com procedimento interno PCA-010-Calibração comparativa de Acelerômetros, conforme requisitos estabelecidos pela norma ISO 16063-21:2003 - *Methods for the calibration of vibration and shock transducers: Vibration calibration by comparison to a reference transducer*. O sistema de referência utilizado para medição dos níveis de aceleração em cada frequência de interesse é composto do acelerômetro padrão, da fonte de corrente constante e do multímetro digital. Para o acelerômetro em teste foi utilizado o condicionador de sinais do laboratório.

Padrões Utilizados		
Padrão de Trabalho:	Certificado de Calibração	Validade do Padrão:
104 - Multímetro Digital, Agilent, 34401A	E0132/2012 - RBC	lev/14
109 - Acelerômetro Piezoelétrico PCB	DIMCI 0808/2013 - INMETRO	abr/15
114 - Fonte de corrente constante	21185/13 - Inter-metro (RBC)	ago/15

Características e Configurações durante a Calibração

Montagem:
O acelerômetro em teste foi aparafusado na mesa do excitador em uma base de alumínio sendo o acelerômetro padrão aparafusado sob esta mesma placa. Foi utilizado uma fina camada de vaselina entre as superfícies de montagem.

Torque:
2,00 ± 0,3 Nm

Sensibilidade Nominal do Acelerômetro:
100 (mV/g)

Características do item:
Acelerômetro Piezoelétrico de uso geral.

Configuração básica do instrumento:
O acelerômetro foi alimentado com uma fonte de corrente constante de 4,0 mA.
A temperatura do acelerômetro durante a calibração foi de (23,5 ± 3,0)°C



Inter-Metro Serviços Especiais Ltda.
 Rua Joaquim de Almeida, 223 - CEP 04050-010 - São Paulo - SP - Tel./Fax: (11) 5071-2764
 E-mail: inter-metro@inter-metro.com.br - http://www.inter-metro.com.br

Certificado de Calibração

o nº **25579/14R**
Folha 2/2

Resultados Obtidos

Sensibilidade por Frequência

Frequência (Hz)	Nível de Aceleração Aplicado (m/s ² rms)	Sensibilidade [mV/g]	U [%]	k
10	2,0	102,55	1,7	2,0
12,5	2,0	102,19	1,7	2,0
16	5,0	101,93	1,7	2,0
20	10,0	101,56	1,7	2,0
25	20,0	101,31	1,7	2,0
31,5	20,0	101,14	1,7	2,0
40	20,0	100,87	1,7	2,0
50	20,0	100,71	1,3	2,0
63	20,0	100,46	1,3	2,0
80	20,0	100,26	1,3	2,0
100	20,0	100,07	1,3	2,0
125	20,0	99,85	1,3	2,0
160	50,0	99,75	1,4	2,0
200	50,0	99,43	1,4	2,0
250	50,0	99,26	1,4	2,0
315	50,0	99,05	1,4	2,0
400	50,0	98,77	1,4	2,0
500	50,0	98,56	1,4	2,0
630	50,0	98,40	1,4	2,0
800	50,0	98,12	1,4	2,0
1000	50,0	97,84	1,4	2,0
1250	50,0	97,68	2,1	2,0
1600	50,0	97,64	2,1	2,0
2000	50,0	97,40	2,1	2,0
2500	50,0	97,22	2,1	2,0
3150	50,0	97,62	2,1	2,0
4000	50,0	96,97	2,1	2,0
5000	50,0	97,88	3,1	2,0

Legenda:

Aceleração aplicada: A aceleração aplicada em função da frequência equivale ao valor verdadeiro convencional (VVC) de acordo com o vocabulário Internacional de Metrologia (m/s²). O termo "g" quando utilizado para compatibilizar com o instrumento em teste é resultado da seguinte transformação $1g=9,80665$ m/s² (aceleração da gravidade normalizada)

Notas

A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência *k* determinado nas tabelas, que para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a publicação NIT-DICLA-021 e a Norma ISO 16063-21:2003.

Os resultados acima apresentados referem-se exclusivamente ao item calibrado e às condições supra mencionadas. O presente certificado somente pode ser reproduzido na sua forma e conteúdo integrais e sem alterações. Não pode ser utilizado para fins promocionais.

Data de Emissão: 13/02/14


Lucas Marcondes Mendes
Téc. Executante


Eng. José Stankevicius
Signatário Autorizado

Inter-Metro Serviços Especiais Ltda.

Rua Joaquim de Almeida, 223 - CEP 04050-010 - São Paulo - SP - Tel./Fax: (11) 5071-2764
E-mail: inter-metro@inter-metro.com.br - http://www.inter-metro.com.br

Vibração absoluta axial em el cojinete de empuje



Certificado de Calibração

Nº 25462/14R
Folha 1/2

Contratante: LABORATORIO DE METROL LABMETRO LTDA
Solicitante: VOITH HYDRO LTDA
Endereço: RUA FRIEDRICH VON VOITH, 825 - PREDIO 70 - JARAGUÁ - SÃO PAULO
Item Calibrado: Acelerômetro
Marca: WICOXON RESEARCH Modelo: 780C
Acessórios Conjugados: Não Possui
OSC Nº 935/14 Data da Calibração: 10/02/14
Nº de Patrimônio: ---
Nº de Série: 09256
Nº de Identificação: 18233

Condições Ambientais Aplicadas à Calibração

Temperatura durante a calibração: $(22,0 \pm 3,0)^\circ\text{C}$ %ur durante a calibração: max 75%ur

Metodologia de Calibração

A calibração foi realizada pelo método comparativo de acordo com procedimento interno PCA-010-Calibração comparativa de Acelerômetros, conforme requisitos estabelecidos pela norma ISO 16063-21:2003 - *Methods for the calibration of vibration and shock transducers: Vibration calibration by comparison to a reference transducer*. O sistema de referência utilizado para medição dos níveis de aceleração em cada frequência de interesse é composto do acelerômetro padrão, da fonte de corrente constante e do multimetro digital. Para o acelerômetro em teste foi utilizado o condicionador de sinais do laboratório.

Padrões Utilizados

Padrão de Trabalho:	Certificado de Calibração	Validade do Padrão:
104 - Multimetro Digital, Agilent, 34401A	E0132/2012 - RBC	fev/14
109 - Acelerômetro Piezoelétrico PCB	DIMCI 0808/2013 - INMETRO	abr/15
114 - Fonte de corrente constante	21185/13 - Inter-metro (RBC)	ago/15

Características e Configurações durante a Calibração

Montagem:

O acelerômetro em teste foi aparafusado na mesa do excitador em uma base de alumínio sendo o acelerômetro padrão aparafusado sob esta mesma placa. Foi utilizado uma fina camada de vaselina entre as superfícies de montagem.

Torque:

$2,00 \pm 0,3 \text{ Nm}$

Sensibilidade Nominal do Acelerômetro:

100 (mV/g)

Características do item:

Acelerômetro Piezoelétrico de uso geral.

Configuração básica do instrumento:

O acelerômetro foi alimentado com uma fonte de corrente constante de 4,0 mA.
A temperatura do acelerômetro durante a calibração foi de $(23,5 \pm 3,0)^\circ\text{C}$

Inter-Metro Serviços Especiais Ltda.

Rua Joaquim de Almeida, 223 - CEP 04050-010 - São Paulo - SP - Tel./Fax: (11) 5071-2764
E-mail: inter-metro@inter-metro.com.br - http://www.inter-metro.com.br

Certificado de Calibração

n.º 25462/14R
Folha 2/2

Resultados Obtidos

Sensibilidade por Frequência

Frequência (Hz)	Nível de Aceleração Aplicado (m/s ² rms)	Sensibilidade [mV/g]	U [%]	k
10	2,0	104,53	1,7	2,0
12,5	2,0	104,22	1,7	2,0
16	5,0	103,34	1,7	2,0
20	10,0	103,50	1,7	2,0
25	20,0	103,34	1,7	2,0
31,5	20,0	103,08	1,7	2,0
40	20,0	102,84	1,7	2,0
50	20,0	102,69	1,3	2,0
63	20,0	102,46	1,3	2,0
80	20,0	102,28	1,3	2,0
100	20,0	102,09	1,3	2,0
125	20,0	101,86	1,3	2,0
160	50,0	101,78	1,4	2,0
200	50,0	101,50	1,4	2,0
250	50,0	101,23	1,4	2,0
315	50,0	101,02	1,4	2,0
400	50,0	100,74	1,4	2,0
500	50,0	100,51	1,4	2,0
630	50,0	100,38	1,4	2,0
800	50,0	100,13	1,4	2,0
1000	50,0	99,78	1,4	2,0
1250	50,0	99,68	2,1	2,0
1600	50,0	99,54	2,1	2,0
2000	50,0	99,49	2,1	2,0
2500	50,0	99,24	2,1	2,0
3150	50,0	99,79	2,1	2,0
4000	50,0	98,47	2,1	2,0
5000	50,0	99,71	3,1	2,0

Legenda:

Aceleração aplicada: A aceleração aplicada em função da frequência equivale ao valor verdadeiro convencional (VVC) de acordo com o vocabulário Internacional de Metrologia (m/s²). O termo "g" quando utilizado para compatibilizar com o instrumento em teste e resultado da seguinte transformação: 1g=9,80665 m/s² (aceleração da gravidade normalizada)

Notas

A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência *k* determinado nas tabelas, que para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a publicação NIT-DICLA-021 e a Norma ISO 16063-21:2003.

Os resultados acima apresentados referem-se exclusivamente ao item calibrado e às condições supra mencionadas. O presente certificado somente pode ser reproduzido na sua forma e conteúdo integrais e sem alterações. Não pode ser utilizado para fins promocionais.

Data de Emissão: 10/02/14


Lucas Marcondes Mendes
Téc. Executante


Eng. José Stankyscius
Signatário Autorizado

Inter-Metro Serviços Especiais Ltda.

Rua Joaquim de Almeida, 223 - CEP 04050-010 - São Paulo - SP - Tel./Fax: (11) 5071-2764
E-mail: inter-metro@inter-metro.com.br - http://www.inter-metro.com.br

Vibração absoluta axial em el cojinete guía de la turbina





Certificado de Calibração

nº **25607/14R**
Folha 1/2

Contratante: LABORATORIO DE METROL LABMETRO LTDA
Solicitante: VOITH HYDRO LTDA
Endereço: RUA FRIEDRICH VON VOITH, 825 - PREDIO 70 - JARAGUÁ - SÃO PAULO
Item Calibrado: Acelerômetro
Marca: WICOXON RESEARCH **Modelo:** 780C **Nº de Patrimônio:** ---
Acessórios Conjugados: Não Possui **Nº de Série:** 09246 **Nº de Identificação:** **18230**
OSC Nº: 932/14 **Data da Calibração:** 14/02/14

Condições Ambientais Aplicáveis à Calibração

Temperatura durante a calibração: (22,0±3,0)°C **%ur durante a calibração:** max. 75%ur

Metodologia de Calibração

A calibração foi realizada pelo método comparativo de acordo com procedimento interno PCA-010-Calibração comparativa de Acelerômetros, conforme requisitos estabelecidos pela norma ISO 16063-21:2003 - *Methods for the calibration of vibration and shock transducers: Vibration calibration by comparison to a reference transducer*. O sistema de referência utilizado para medição dos níveis de aceleração em cada frequência de interesse é composto do acelerômetro padrão, da fonte de corrente constante e do multímetro digital. Para o acelerômetro em teste foi utilizado o condicionador de sinais do laboratório.

Padrões Utilizados:

Padrão de Trabalho:	Certificado de Calibração	Validade do Padrão:
104 - Multímetro Digital, Agilent, 34401A	E0132/2012 - RBC	fev/14
109 - Acelerômetro Piezoelétrico PCB	D/IMCI 0808/2013 - INMETRO	abr/15
114 - Fonte de corrente constante	21185/13 -Inter-metro (RBC)	ago/15

Características e Configurações durante a Calibração

Montagem:
 O acelerômetro em teste foi aparafusado na mesa do excitador em uma base de alumínio sendo o acelerômetro padrão aparafusado sob esta mesma placa. Foi utilizado uma fina camada de vaselina entre as superfícies de montagem.

Torque:
 2,00 ± 0,3 Nm

Sensibilidade Nominal do Acelerômetro:
 100 (mV/g)

Características do item:
 Acelerômetro Piezoelétrico de uso geral.

Configuração básica do instrumento:
 O acelerômetro foi alimentado com uma fonte de corrente constante de 4,0 mA.
 A temperatura do acelerômetro durante a calibração foi de (23,5 ± 3,0)°C


Inter-Metro Serviços Especiais Ltda.
 Rua Joaquim de Almeida, 223 - CEP 04050-010 - São Paulo - SP - Tel./Fax: (11) 5071-2764
 E-mail: inter-metro@inter-metro.com.br - http://www.inter-metro.com.br

Certificado de Calibração

 nº 25607/14R
 Folha 2/2

Resultados Obtidos

Sensibilidade por Frequência

Frequência (Hz)	Nível de Aceleração Aplicado (m/s ² rms)	Sensibilidade [mV/g]	U [%]	k
10	2,0	103,39	1,7	2,0
12,5	2,0	103,06	1,7	2,0
16	5,0	102,74	1,7	2,0
20	10,0	102,44	1,7	2,0
25	20,0	102,21	1,7	2,0
31,5	20,0	101,95	1,7	2,0
40	20,0	101,68	1,7	2,0
50	20,0	101,50	1,3	2,0
63	20,0	101,24	1,3	2,0
80	20,0	100,98	1,3	2,0
100	20,0	100,80	1,3	2,0
125	20,0	100,58	1,3	2,0
160	50,0	100,46	1,4	2,0
200	50,0	100,11	1,4	2,0
250	50,0	99,91	1,4	2,0
315	50,0	99,65	1,4	2,0
400	50,0	99,28	1,4	2,0
500	50,0	99,05	1,4	2,0
630	50,0	98,85	1,4	2,0
800	50,0	98,54	1,4	2,0
1000	50,0	98,24	1,4	2,0
1250	50,0	98,07	2,1	2,0
1600	50,0	97,58	2,1	2,0
2000	50,0	97,48	2,1	2,0
2500	50,0	97,44	2,1	2,0
3150	50,0	97,83	2,1	2,0
4000	50,0	97,10	2,1	2,0
5000	50,0	98,15	3,1	2,0

Legenda:

Aceleração aplicada: A aceleração aplicada em função da frequência equivale ao valor verdadeiro convencional (VVC) de acordo com o vocabulário Internacional de Metrologia (m/s²). O termo "g" quando utilizado para compatibilizar com o instrumento em teste é resultado da seguinte transformação 1g=9,80665 m/s² (aceleração da gravidade normalizada)

Notas

A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência k determinado nas tabelas, que para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação NIT-DICLA-021 e a Norma ISO 16063-21:2003.

Os resultados acima apresentados referem-se exclusivamente ao item calibrado e às condições supra mencionadas. O presente certificado somente pode ser reproduzido na sua forma e conteúdo integrais e sem alterações. Não pode ser utilizado para fins promocionais.

Data de Emissão: 14/02/14


 Lucas Marcondes Mendes
 Téc. Executante


 Eng. José Stankovicus
 Signatário Autorizado

Inter-Metro Serviços Especiais Ltda.

Rua Joaquim de Almeida, 223 - CEP 04050-010 - São Paulo - SP - Tel./Fax: (11) 5071-2764
 E-mail: inter-metro@inter-metro.com.br - http://www.inter-metro.com.br

Vibração absoluta radial em el cojinete guía de la turbina



Certificado de Calibração

of 25502/14R
Folha 1/2

Contratante: LABORATORIO DE METROL LABMETRO LTDA
 Solicitante: VOITH HYDRO LTDA
 Endereço: RUA FRIEDRICH VON VOITH, 825 - PREDIO 70 - JARAGUÁ - SÃO PAULO
 Item Calibrado: Acelerômetro N° de Patrimônio: ---
 Marca: WICOXON RESEARCH Modelo: 780C N° de Série: 09268
 Acessórios Conjugados: Não Possui N° de Identificação: **18235**
 OSC N° 938/14 Data da Calibração: 11/02/14

Condições Ambientais Aplicáveis à Calibração

Temperatura durante a calibração: (22,0±3,0)°C %ur durante a calibração: max. 75%ur

Metodologia de Calibração

A calibração foi realizada pelo método comparativo de acordo com procedimento interno PCA-010-Calibração; comparativa de Acelerômetros, conforme requisitos estabelecidos pela norma ISO 16063-21:2003 - *Methods for the calibration of vibration and shock transducers: Vibration calibration by comparison to a reference transducer*. O sistema de referência utilizado para medição dos níveis de aceleração em cada frequência de interesse é composto do acelerômetro padrão, da fonte de corrente constante e do multímetro digital. Para o acelerômetro em teste foi utilizado o condicionador de sinais do laboratório.

Padrões Utilizados

Padrão de Trabalho:	Certificado de Calibração	Validade do Padrão:
104 - Multímetro Digital, Agilent, 34401A	E0132/2012 - RBC	fev/14
109 - Acelerômetro Piezoelétrico PCB	DIMCI 0808/2013 - INMETRO	abr/15
114 - Fonte de corrente constante	21185/13 - Inter-metro (RBC)	ago/15

Características e Configurações durante a Calibração

Montagem:

O acelerômetro em teste foi aparafusado na mesa do excitador em uma base de alumínio sendo o acelerômetro padrão aparafusado sob esta mesma placa. Foi utilizado uma fina camada de vaselina entre as superfícies de montagem.

Torque:

2,00 ± 0,3 Nm

Sensibilidade Nominal do Acelerômetro:
100 (mV/g)

Características do item:

Acelerômetro Piezoelétrico de uso geral.

Configuração básica do instrumento:

O acelerômetro foi alimentado com uma fonte de corrente constante de 4,0 mA.
A temperatura do acelerômetro durante a calibração foi de (23,5 ± 3,0)°C

Inter-Metro Serviços Especiais Ltda.

Rua Joaquim de Almeida, 223 - CEP 04050-010 - São Paulo - SP - Tel./Fax: (11) 5071-2764
E-mail: inter-metro@inter-metro.com.br - http://www.inter-metro.com.br

Certificado de Calibração

o nº **25502/14R**
Folha 2/2

Resultados Obtidos

Sensibilidade por Frequência

Frequência (Hz)	Nível de Aceleração Aplicado (m/s ² rms)	Sensibilidade [mV/g]	U [%]	k
10	2,0	103,56	1,7	2,0
12,5	2,0	103,17	1,7	2,0
16	5,0	102,89	1,7	2,0
20	10,0	102,56	1,7	2,0
25	20,0	102,39	1,7	2,0
31,5	20,0	102,19	1,7	2,0
40	20,0	101,91	1,7	2,0
50	20,0	101,75	1,3	2,0
63	20,0	102,01	1,3	2,0
80	20,0	101,79	1,3	2,0
100	20,0	101,07	1,3	2,0
125	20,0	100,87	1,3	2,0
160	50,0	100,64	1,4	2,0
200	50,0	100,57	1,4	2,0
250	50,0	100,40	1,4	2,0
315	50,0	100,07	1,4	2,0
400	50,0	99,74	1,4	2,0
500	50,0	99,49	1,4	2,0
630	50,0	99,37	1,4	2,0
800	50,0	98,85	1,4	2,0
1000	50,0	98,36	1,4	2,0
1250	50,0	98,50	2,1	2,0
1600	50,0	98,23	2,1	2,0
2000	50,0	98,37	2,1	2,0
2500	50,0	98,13	2,1	2,0
3150	50,0	98,69	2,1	2,0
4000	50,0	96,59	2,1	2,0
5000	50,0	98,14	3,1	2,0

Legenda:

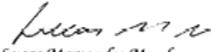
Aceleração aplicada: A aceleração aplicada em função da frequência equivale ao valor verdadeiro convencional (VVC) de acordo com o vocabulário Internacional de Metrologia (m/s²). O termo "g" quando utilizado para compatibilizar com o instrumento em teste é resultado da seguinte transformação 1g=9,80665 m/s² (aceleração da gravidade normalizada).

Notas

A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência k determinado nas tabelas, que para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação NIT-DICLA-021 e a Norma ISO 16063-21:2003.

Os resultados acima apresentados referem-se exclusivamente ao item calibrado e às condições supra mencionadas. O presente certificado somente pode ser reproduzido na sua forma e conteúdo integrais e sem alterações. Não pode ser utilizado para fins promocionais.

Data de Emissão: 12/02/14


Lucas Marcondes Mendes
Téc. Executante


Eng. José Stankевичius
Signatário Autorizado

Inter-Metro Serviços Especiais Ltda.

Rua Joaquim de Almeida, 223 - CEP 04050-010 - São Paulo - SP - Tel./Fax: (11) 5071-2764
E-mail: inter-metro@inter-metro.com.br - http://www.inter-metro.com.br

Vatímetro – Potencia activa del generador



CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº 1878/2013

Pág. 1 de 17

1. SOLICITANTE:

Cliente: VOITH HYDRO LTDA
Endereço: Rua Friedrich Von Voith, 825 - Prédio 70 - Jaraguá - São Paulo - SP

2. CARACTERÍSTICAS DO INSTRUMENTO:

Instrumento calibrado: Wattímetro Digital
Identificação: W52VS
Fabricante: Siemens
Modelo: 7KB 4306
Nº Série: N/C

3. IDENTIFICAÇÃO DA CALIBRAÇÃO:

Data da Calibração: 07/11/2013
Temperatura Ambiente: 21,1°C
Umidade Relativa do Ar: 67%

Procedimento(s) de Calibração Utilizado(s): VGTMI-038 Rev. 02.

Método: A calibração foi realizada por comparação direta com o(s) padrão(ões) listado(s) no item 5.

4. OBSERVAÇÕES:

- A reprodução deste certificado só poderá ser total e depende de aprovação por escrito deste laboratório.
- Os resultados deste certificado referem-se exclusivamente ao instrumento submetido à calibração nas condições especificadas, não sendo extensivo a quaisquer lotes.
- A incerteza expandida declarada é baseada em uma incerteza padronizada combinada, multiplicada pelos fatores de abrangência "k" informados nas tabelas, para um nível de confiança de aproximadamente 95,45%.
- Foram realizadas 3 replicações por ponto medido.

São Paulo, 07 de novembro de 2013.


Rafael Picelle Moreira da Cunha
Técnico Executor


Waldyr Veg
Coordenador Técnico

VEGTRON ASSISTÊNCIA TÉCNICA LTDA.
Rua Teerã, 989 - Vila Hamburguesa - CEP: 05301-000 - São Paulo - SP

Bibliografía

1. DeHaan, Jim and Hulse, David, Reducing the Uncertainty of Hydroelectric Turbine Performance Test Results at Grand Coulee Dam, HydroVision 2008, HCI Publications, Sacramento, CA, USA.
2. Ensayos de recepción en central de las turbinas hidráulicas, bombas de acumulación y turbinas-bomba, para determinar sus prestaciones hidráulicas, norma española UNE-EN-60041, Asociación Española de Normalización y Certificación, 1998, AENOR, Madrid, España.
3. Gomes, Joao and Kawasaki, Diego, Index test and best cam curves design procedure for Kaplan Turbines, IGHEM - International Group for Hydraulic Efficiency Measurement-, 2014, Itajuba, Brasil.
4. Guia para el desarrollo de una pequeña central hidroeléctrica, ESHA European Small Hydropower Association, 2006.
5. Mechanical Vibration — evaluation of machine vibration by measurements on rotating shafts Part 5 Machine sets in hydraulic power generating and pumping plants, IS/ISO 7919-5:2005, Bureau of Indian Standards. 2007, New Delhi, India.
6. Muciaccia, Fabio and Randall, Walter, Evaluation of the benefits of turbine refurbishment by means of Index Test Method Reliability of results and Problems in Applications, IGHEM - International Group for Hydraulic Efficiency Measurement-, 2000, Kempten, Germany.

7. Scheuerer, Manuel, Baba Transposed Model Test Report, Voith Siemens Hydro power Generation GmbH & Co. 2007, Heidenheim, Germany.