

Rev-B

The logo for SCOTTA, featuring the word "SCOTTA" in a bold, dark blue sans-serif font. The letter "O" is replaced by a circular icon with a blue-to-green gradient and a white curved shape inside, resembling a stylized globe or a drop.

HPP NALCAS G3

Determinación de Mínimo Técnico - Reporte Final

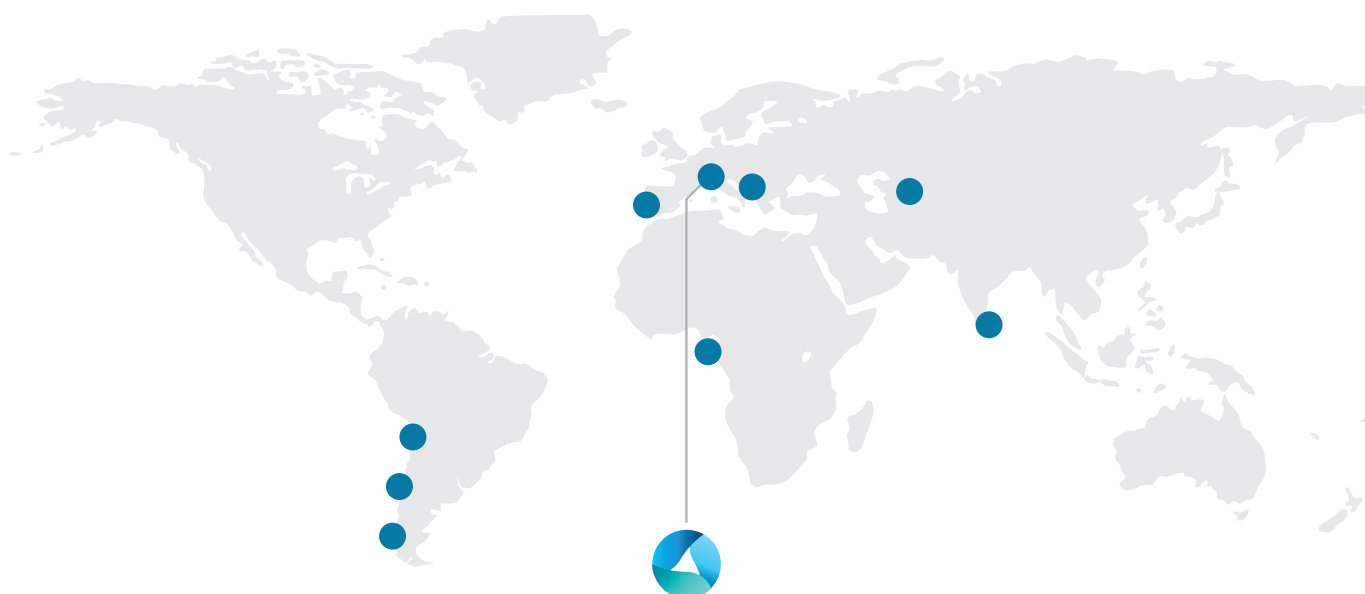
Items

1.	Resumen ejecutivo	4
2.	Determinación de mínimo técnico	7
3.	Placa de identificación	10
4.	Anexo	11

Rev.	Descripción	Dibujó	Revisó	Fecha
B	Segunda emisión	Quaranta S.	Baralis G.	15/06/2021
A	Primera emisión	Quaranta S.	Baralis G.	07/05/2021

SCOTTA

Shape the innovation



Villafalletto (CN) - Italy
Via Monviso 41 - 12020
Tel. 0171.935111
Fax 0171.935150

tecnico@scotta.it
www.scotta.it



CQOP SOA
CONSTRUTTORI QUALIFICATI OPERE PUBBLICHE

Scotta S.p.A
Capitale sociale
Euro 16.000.000,00 i.v.
Codice Fiscale - Partita IVA -
Registro Imprese di Cuneo:
03429380045
R.E.A. 290102
C.C.I.A.A. Cuneo

1. Resumen ejecutivo

El propósito de este documento es reportar el mínimo técnico de la unidad de la planta de NALCAS G3, Chile.

NALCAS G3 es una planta hidráulica compuesto por 1 turbina de agua de marca SCOTTA de potencia nominal de 1.465 kW a 500 rpm. El generador es de marca MARELLI MOTORI de potencia nom 2.000 kVA, 6.300 Volts y factor de potencia de 0,8.

Se analiza y concluye acerca de los siguiente valores de interés:

1. **Mínimo Técnico**, correspondiente a la mínima potencia de salida para la cual la turbina exhibe una operación continua y estable.

El parámetro de mínimo técnico se determina en base a antecedentes técnicos y de operación de la central, en particular de acuerdo a la prueba de eficiencia (ver Anexos).

El informe recoge información técnica relevante, principalmente proporcionada por el fabricante de la turbina a efectos de verificar los valores de interés.

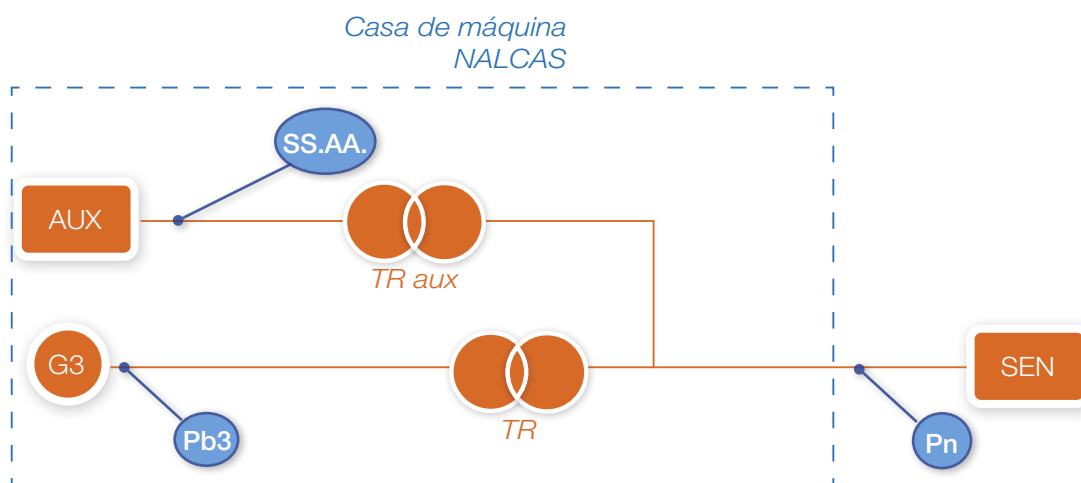
Se especifica que la central tiene que cumplir con el caudal ecológico a dejar escurrir en el río Nalcas, pero que este último no afecta el cálculo del mínimo técnico y la operación de la central.

La tabla 1, abajo ilustra los resultados del análisis:

Parámetros	Configuración del sistema	Información Técnica (kW brutos)
Mínimo Técnico	Turbina Hidráulica	mínimo técnico 18 kW

LUGAR DE MEDIDAS Un esquema simplificado de la central muestra los siguientes componentes:

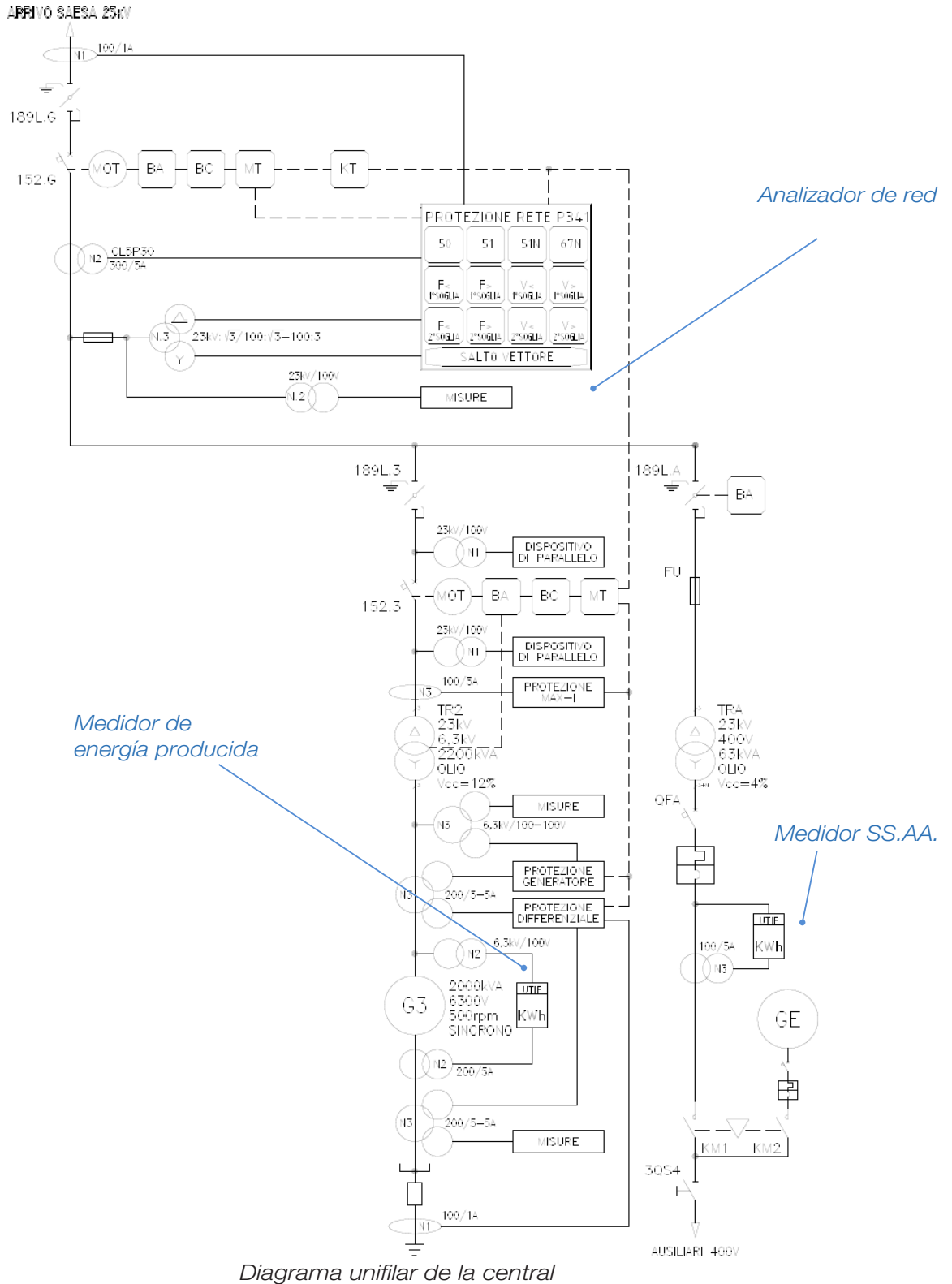
1. G3 generador grupo 3;
2. TR AUX transformador servicios auxiliares Casa de máquina;
3. TR transformador elevador grupo 3
4. SEN Sistema eléctrico nacional;
5. AUX servicios auxiliares.



Considerado la descripción anterior, se identifican:

- **Pb3** potencia activa bruta Grupo 3, leída en el medidor de energía producida;
- **SS.AA.** servicios auxiliares de la central, leídos en el medidor SS.AA.;
- **Pn** potencia inyectada en la barra de alta tensión, leída en el analizador de red;
- **Pt** potencia perdida en el transformador elevador, calculadas con la siguiente formula:

$$Pt = Pb3 - SS.AA. - Pn$$



2. Determinación de mínimo técnico

OBJETO El objeto de este informe técnico es informar el valor del parámetro de mínimo técnico de la turbina hidráulica de la central NALCAS G3.

El material incluido en este informe considera la información técnica y los documentos indicados en el Anexo Técnico: Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras, incorporado en la Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio (NTSyCS).

Como se indica en el Anexo Técnico previamente mencionado, el valor de Mínimo Técnico *corresponde a la mínima potencia activa bruta que la unidad generadora puede suministrar continuamente de manera continua, segura y estable.*

DETERMINACIÓN DE MÍNIMO TÉCNICO

El Anexo Técnico de Mínimos Técnicos, establece en su Artículo 9 que la Empresa Generadora deberá proporcionar a la DO los antecedentes que respaldan el valor de Mínimo Técnico informado, incluyendo los supuestos y metodologías utilizadas para establecer dicho valor, los que deberán recoger las recomendaciones entregadas por el fabricante y antecedentes operativos que hayan sido registrados durante la operación de la respectiva unidad generadora.

En este informe, para la determinación del MT, se consideró la siguiente información:

- Antecedentes técnicos de diseño.

ANTECEDENTES TÉCNICOS DE DISEÑO

GENERADOR

La Unidad de la Central NALCAS G3 posee un generador de potencia nominal de 2.000 [kVA] y una tensión nominal de 6,3 [kV].

TURBINA

La turbina de la unidad es de tipo Pelton, marca SCOTTA, de eje vertical, y la potencia nominal es de 1.465 kW, velocidad de rotación nominal 500 rpm.

SISTEMA DE CONTROL VELOCIDAD-POTENCIA

La turbina de NALCAS G3, por su diseño, tiene un límite mínimo de operación (10% de apertura de 1 inyector).

La siguiente expresión muestra la relación entre potencia de bruta de salida de la unidad y flujo volumétrico (m³/s) de la turbina:

$$P_B = Q_v \times \rho \times g \times H_B$$

donde:

P_B	=	Energía eléctrica bruta, kW
Q_v	=	Caudal volumétrico turbinado, m ³ /s
ρ	=	Densidad del fluido turbinado, kg/m ³
g	=	Aceleración de la gravedad, m/s ²
H_B	=	Salto bruto, m

Con una apertura del 10% de 1 inyector, en la turbina la potencia de salida es **18 kW**; en estas condiciones las turbinas Pelton se mantienen sincronizadas a la red. Este estado es posible debido a que el sistema eléctrico del generador no presenta ninguna restricción que impida mantener la turbina sincronizada aun cuando la potencia de salida sea de 18 kW.

Cuando alcanza su velocidad de sincronización de 500 rpm, la turbina puede ser acoplada a la red y mantenerse sincronizada hasta que se recibe una orden de subir carga.

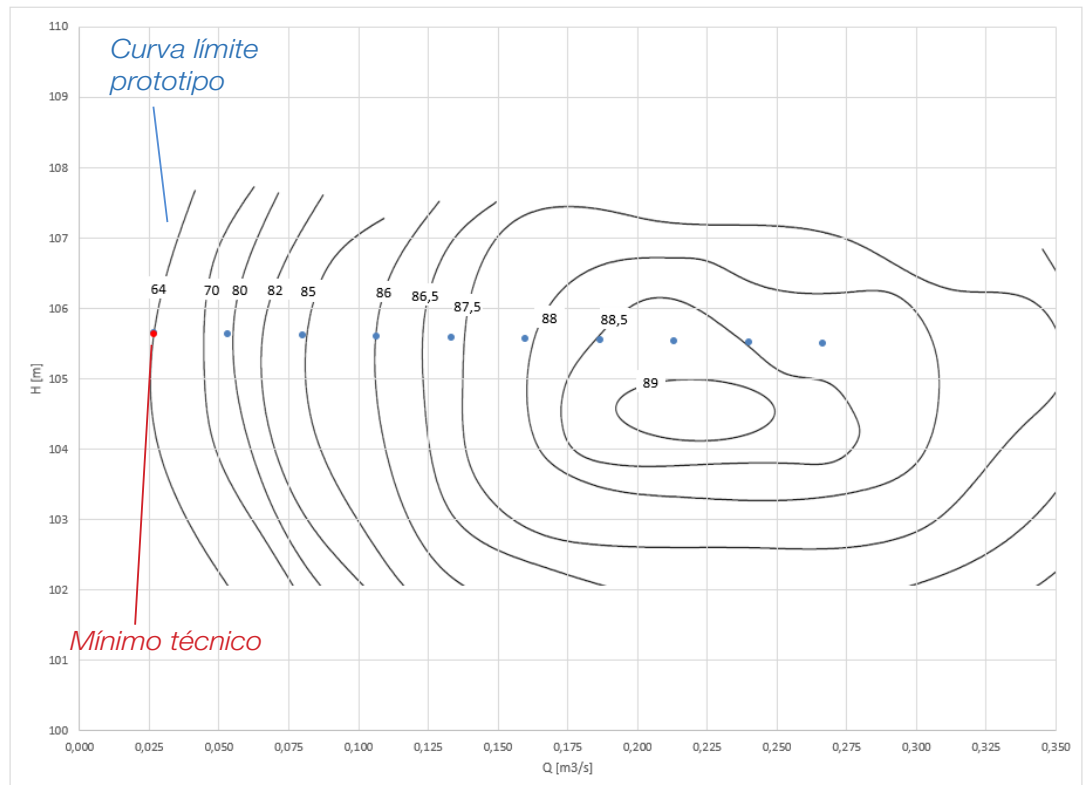
FUENTE DE INSTABILIDAD Las Turbinas de tipo Pelton no sufren cavitaciones por flujo de agua o diferencial de presión.

ANTECEDENTES DE UNIDADES DE SIMILARES CARACTERÍSTICAS

PLANTA	TURBINAS	FECHA	POTENCIA TOT [MW]	MIN. TÉCNICO [MW]
Picoiquen (CH)	n.2 Pelton verticales	2015	20,0	0,380
Cumbres (CH)	n.2 Pelton horizontales	2019	19,3	0,476
Palmar (CH)	n.2 Pelton verticales	2019	8,5	0,063
Picoiquen (CH)	n.1 Pelton vertical	2016	2,66	0,380
Tre Ponti (IT)	n.1 Pelton vertical	2012	1,28	0,030
Angrogna 2 (IT)	n.1 Pelton vertical	2012	2,85	0,072
Prell (AL)	n.3 Pelton verticales	2016	15,0	0,083
Seka (AL)	n.3 Pelton verticales	2019	12,45	0,105

PRUEBA EFECTUADA En fase de puesta en marcha del grupo de producción, se llevó a cabo el test de eficiencia, en acuerdo con la especificación técnica adjunta.

En el siguiente gráfico se encuentran los resultados del test de eficiencia, comparados con la curva de colina de la turbina (1 inyector).




Como se desprende del gráfico, el punto de mínimo técnico detectado en el test de eficiencia ($Q = 0,027 \text{ m}^3/\text{s}$, $H = 106 \text{ m}$, $P = 18 \text{ kW}$) se sitúa próximo a la curva límite del prototipo.

Observando el gráfico, se deduce también que, considerando el salto H y la curva límite del prototipo, el límite mínimo de operación de la turbina corresponde a una apertura del 10% del inyector.

CONCLUSIÓN Se concluye que la potencia de mínimo técnico de la turbina de la Central NALCAS G3 es 18 kW, determinada en base a la capacidad de los sistemas de tipo Pelton a operar sin restricción en todo el rango para el grupo turbina – generador. Una vez que el sistema de regulación de velocidad alcanza sincronización, la turbina no tiene limitaciones físicas para mantener el 18 kW estando sincronizada a la red.

3. Placa de identificación

		MarelliGenerators				
		CE made in Italy				
3 ~ G	Gen. Sincrono MJHT710LB12V10			Nr. MD17047	MJH7186S222R6	
V	A	kVA	Hz	cos φ	min ⁻¹	over min ⁻¹
6300	183	2000	50	0,8	500	900
Vext	Aext	IC	Class	IP	Con.	Service
44	10	01	F/B	23	STAR	S1
Pr. 05-16	V_a 40 °C		CEI EN 60034-1			14600kg
LUBRIFICATION BEARINGS						
D-End	6252-M-C3	h 4000	150 g	Kluberquiet BQ72-72		
N-End	6240-M-C3	h 4000	85 g	Kluberquiet BQ72-72		
Trust	29330-E	h 8000	7 l	ISO VG 68		

SCOTTA	CE
Type:	Pelton Turbine TP6-815-500
Serial number:	TP2016002
Year of production:	2016
Turbine output:	1465 kW
Head:	105,0 m
Turbine speed:	500 rpm
MADE IN ITALY	

4. Anexo

Se adjunta un pasaje de la prueba de eficiencia de la turbina y la especificación técnica de la prueba.

RELAZIONE COLLAUDO CENTRALE

N° collaudo		DATA	28/08/2016	COMMESSA		REDAZIONE	G.M.BARALIS	CONTROLLO	SCOTTA
CENTRALE		NALCAS				CLIENTE	HIDRONALCAS S.A.		

**ELABORATO DI COLLAUDO E PROVE DI MESSA
IN MARCIA**

CENTRALE NALCAS

TURBINA PELTON 6 GETTI

ASSE VERTICALE

G3





SCOTTA S.p.A.
Sede legale e
amministrativa: Via Manisio, 41 - 12020 VILFALLETTO (CN) Tel.0171/935111-
Fax:0171/935150



PROVE PARALLELO GRUPPO 3

28/08/2016

POTENCIA HIDRAULICA	POTENCIA ELECTRICA	CAUDAL	CAIDA NETA IEC 60041	INJECTOR						Pb3	SS.AA.	Pt	Pn	HORA	NOTE
				1	2	3	4	5	6						
kW	kW	m³/s	m	%	%	%	%	%	%	kW	kW	kW	hh:mm		
28	18	0,027	105,98	10						18	3	0	15	08:00	minimo tecnico
55	44	0,053	105,97	20						44	3	0	41	08:05	
83	67	0,080	105,95	30						67	3	0	63	08:10	
111	94	0,107	105,93	40						94	3	1	90	08:15	
139	119	0,133	105,92	50						119	3	1	115	08:20	
166	145	0,160	105,90	60						145	3	1	140	08:25	
194	170	0,187	105,88	70						170	3	2	166	08:30	
222	196	0,213	105,87	80						196	3	2	191	08:35	
249	221	0,240	105,85	90						221	3	2	216	08:40	
277	245	0,267	105,83	100						245	3	2	240	08:45	
304	269	0,293	105,82	100	10					269	3	3	263	08:50	
332	294	0,320	105,80	100	20					294	3	3	288	08:55	
360	320	0,347	105,78	100	30					320	3	3	314	09:00	
387	345	0,373	105,77	100	40					345	3	3	338	09:05	
415	370	0,400	105,75	100	50					370	3	4	363	09:10	
443	395	0,427	105,73	100	60					395	3	4	388	09:15	
470	419	0,453	105,72	100	70					419	3	4	412	09:20	
498	444	0,480	105,70	100	80					444	3	5	437	09:25	
525	469	0,507	105,68	100	90					469	3	5	461	09:30	
553	494	0,533	105,67	100	100					494	3	5	486	09:35	
580	518	0,560	105,65	100	100	10				518	3	5	510	09:40	
608	543	0,587	105,63	100	100	20				543	3	6	534	09:45	
635	567	0,613	105,62	100	100	30				567	3	6	559	09:50	
663	592	0,640	105,60	100	100	40				592	3	6	583	09:55	
691	617	0,667	105,58	100	100	50				617	3	6	607	10:00	
718	641	0,693	105,57	100	100	60				641	3	7	631	10:05	
746	666	0,720	105,55	100	100	70				666	3	7	656	10:10	
773	690	0,747	105,53	100	100	80				690	3	7	680	10:15	
800	715	0,773	105,52	100	100	90				715	3	8	704	10:20	
828	739	0,800	105,50	100	100	100				739	3	8	729	10:25	
855	764	0,827	105,48	100	100	100	10			764	3	8	753	10:30	
883	788	0,853	105,47	100	100	100	20			788	3	8	777	10:35	
910	813	0,880	105,45	100	100	100	30			813	3	9	801	10:40	
938	837	0,907	105,43	100	100	100	40			837	3	9	826	10:45	
965	862	0,933	105,42	100	100	100	50			862	3	9	850	10:50	
993	886	0,960	105,40	100	100	100	60			886	3	9	874	10:55	
1.020	911	0,987	105,38	100	100	100	70			911	3	10	898	11:00	
1.047	935	1,013	105,37	100	100	100	80			935	3	10	922	11:05	
1.075	960	1,040	105,35	100	100	100	90			960	3	10	947	11:10	
1.102	984	1,067	105,33	100	100	100	100			984	3	10	971	11:15	
1.130	1.009	1,093	105,32	100	100	100	100	10		1.009	3	11	995	11:20	
1.157	1.033	1,120	105,30	100	100	100	100	20		1.033	3	11	1.019	11:25	
1.184	1.058	1,147	105,28	100	100	100	100	30		1.058	3	11	1.043	11:30	
1.212	1.082	1,173	105,27	100	100	100	100	40		1.082	3	12	1.067	11:35	
1.239	1.106	1,200	105,25	100	100	100	100	50		1.106	3	12	1.092	11:40	
1.266	1.131	1,227	105,23	100	100	100	100	60		1.131	3	12	1.116	11:45	
1.294	1.155	1,253	105,22	100	100	100	100	70		1.155	3	12	1.140	11:50	
1.321	1.180	1,280	105,20	100	100	100	100	80		1.180	3	13	1.164	11:55	
1.348	1.204	1,307	105,18	100	100	100	100	90		1.204	3	13	1.188	12:00	
1.376	1.228	1,333	105,17	100	100	100	100	100		1.228	3	13	1.212	12:05	
1.403	1.253	1,360	105,15	100	100	100	100	100	10	1.253	3	13	1.236	12:10	
1.430	1.277	1,387	105,13	100	100	100	100	100	20	1.277	3	14	1.260	12:15	
1.457	1.301	1,413	105,12	100	100	100	100	100	30	1.301	3	14	1.284	12:20	
1.485	1.326	1,440	105,10	100	100	100	100	100	40	1.326	3	14	1.309	12:25	
1.512	1.350	1,467	105,08	100	100	100	100	100	50	1.350	3	15	1.333	12:30	
1.539	1.374	1,493	105,07	100	100	100	100	100	60	1.374	3	15	1.357	12:35	
1.566	1.397	1,520	105,05	100	100	100	100	100	70	1.397	3	15	1.379	12:40	
1.594	1.418	1,547	105,03	100	100	100	100	100	80	1.418	3	15	1.400	12:45	
1.621	1.434	1,573	105,02	100	100	100	100	100	90	1.434	3	15	1.416	12:50	
1.648	1.450	1,600	105,00	100	100	100	100	100	100	1.450	3	16	1.432	12:55	maximo tecnico
1.811	1.585	1,760	104,90	110	110	110	110	110	110	1.585	3	17	1.565	13:00	overflow turbina

SCOTTA S.p.A.

Capitale sociale Euro 16.000.000,00 i.v.

Codice Fiscale - Partita IVA - Registro Imprese di Cuneo:
03429380045

R.E.A. 290102 C.C.I.A.A. Cuneo

Sede legale e amministrativa:

Via Monviso, 41 - 12020 VILAFALLETTO (CN)

Tel.: 0171/935111 - Fax: 0171/935150

SCOTTA



SAPIENZA TECNOLOGICA

EXECUTION OF TEST FOR THE DETERMINATION OF

THE STEADY STATE PERFORMANCE OF THE MACHINE



Turbine group efficiency measures are performed with reference to the IEC standard 41 (equivalent to the Italian standard CEI EN 60041):

"Field acceptance tests to determine the hydraulic performance of hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines".

In particular, the following procedure must be followed:

1. Instantaneous power measurement produced (chapter 9 of the Italian standard CEI EN 60041: 1997-11);
2. The Net Hydraulic Head measurement of the turbine (chapter 2 of the Italian CEI EN 60041: 1997-11);
3. Turbine discharge measurement (chapter 10 of the Italian standard CEI EN 60041: 1997-11);
4. Calculation and analysis of the results (chapter 8 of the Italian standard CEI EN 60041: 1997-11).

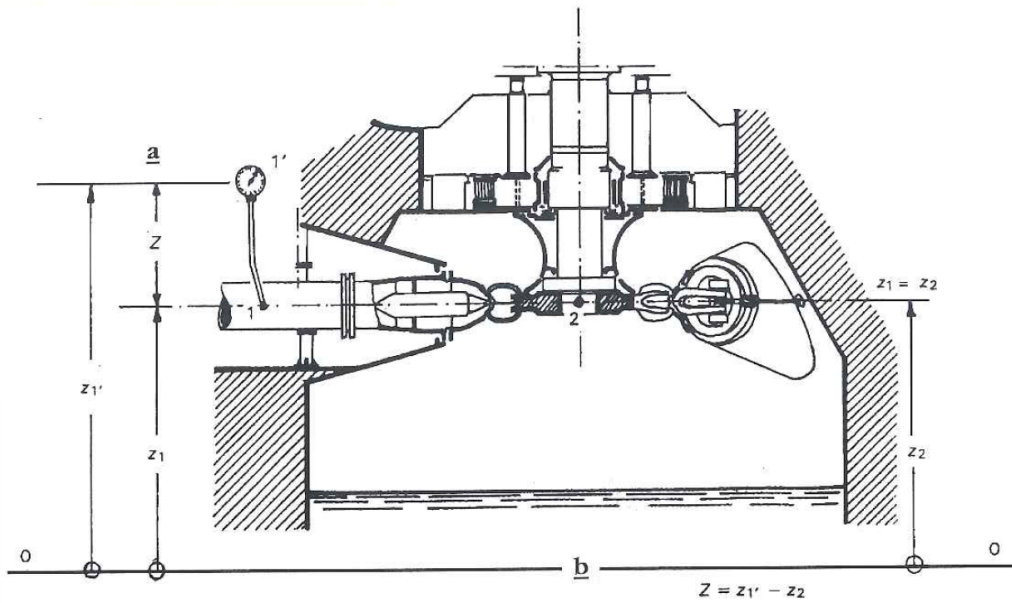
1 - MEASUREMENT OF THE INSTANT PRODUCT POWER

Measurement of instantaneous power produced is detected in stable working conditions (for example: parameters 2-Net head and 3-Discharge variables in the instrument precision field) in two ways:

- a. By reading the production counter at 15min intervals;
- b. By reading the power value on the multifunction instrument (Network Analyzer), net of the self-consumption of the system. It's necessary to compare the reading with the production counter value at least twice to check the correspondence.

2 - MEASUREMENT OF THE NET HYDRAULIC JUMP OF THE TURBINE

Net Head turbine measurement is got by reading the precision pressure gauge installed on the penstock immediately downstream of the machine valve, immediately upstream of the turbine spiral case. Through a geometric measurement of the position of the runner quote compared to the center of the manometer and considering the kinetic energy possessed by the incoming fluid, the net Head is got.



$$H_n = p_1 + \frac{U_1^2}{2g} + z$$

Whit:

H_n = net Head [m];

p_1 = pressure gauge [m];

U_1 = kinetic energy calculated in manometre section [m/s];

g = gravity acceleration [m/s²];

z = geometric measurement of the position of the runner quote compared to the center of the manometer [m].

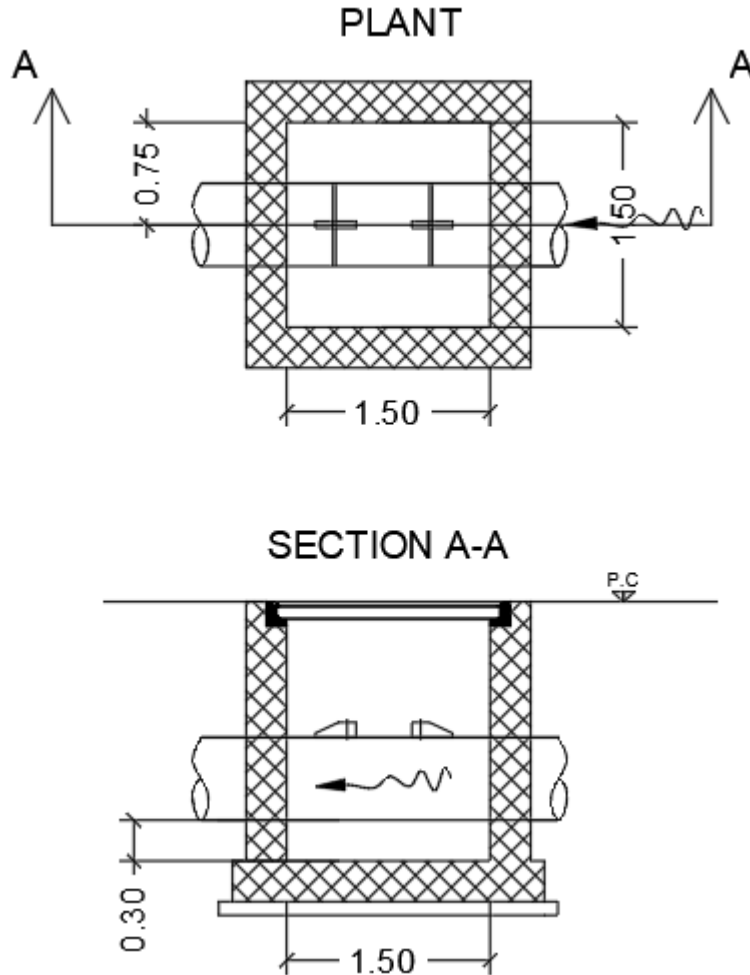
3 - MEASURED TURBINED DISCHARGE

Turbinated discharge is measured using a CLAMP-ON ultrasonic meter installed on the penstock in a position that the measuring section has 10 straight diameters upstream and 5 straight diameters downstream of the pipeline.

Pipe diameter will define the number of acoustic path and the measuring well size where the acoustic meter must be installed.

For this hydroelectric power plant, penstock has a nominal diameter of DN600. Therefore, it is proposed to install a CLAMP-ON ultrasonic meter with 2 acoustic paths installed near the central building at a distance of at least 3m upstream from the machine valve if the incoming supply line is straight for at least 10m.

Otherwise it will be necessary to find a position of the measuring well that respects the stated straight diameters. The well must have the following dimensions:



4 - ANALYSIS OF RESULTS

In cases where it's not possible to carry out tests under contract conditions, the measured values can be transposed to the guarantee values only if the physical quantities variations involved (head H, speed U and power P) deviate from the contractual values inside the range $\pm 10\%$ of the physical quantity itself.