

Rev-C

The logo for SCOTTA features 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 PALACIOS

Determinación de Mínimo Técnico - Reporte Final

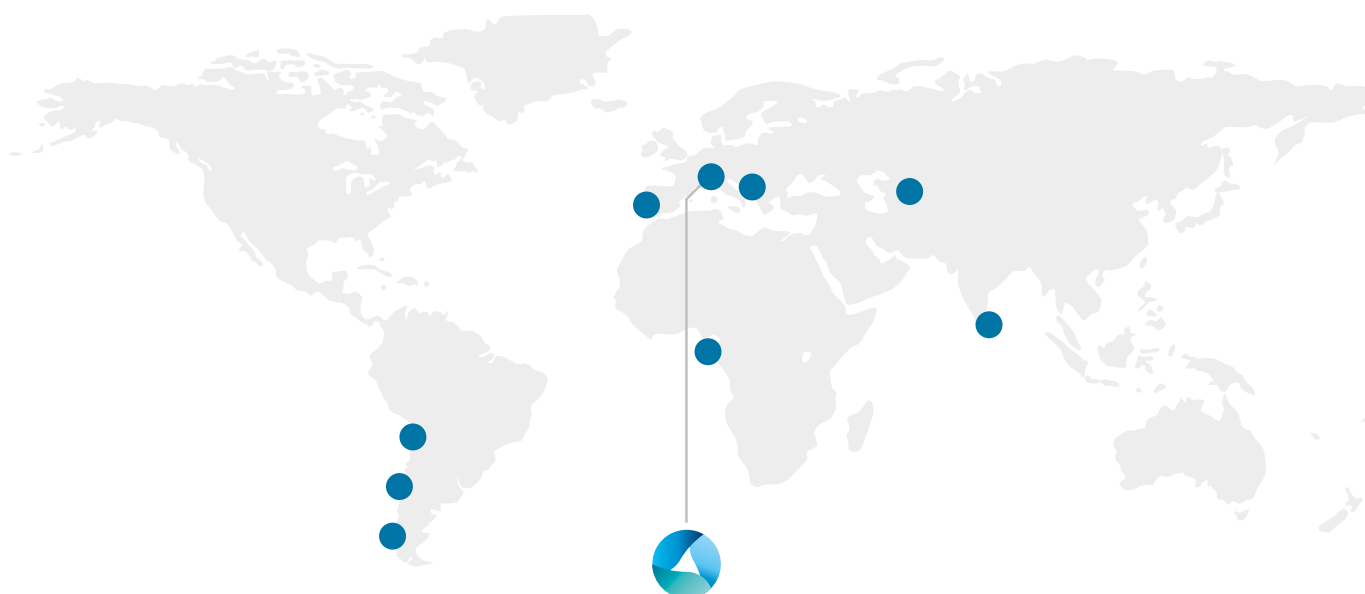
# Items

1.	Resumen ejecutivo	4
2.	Determinación de mínimo técnico	6
3.	Placa de identificación	9
4.	Anexo	10

Rev.	Descripción	Dibujó	Revisó	Fecha
C	Incorporado unifilar, puntos medidas y modificaciones	Quaranta S.	Baralis G.	10/01/2020
B	Incorporada curva colina turbina	Quaranta S.	Baralis G.	26/09/2019
A	Primera emisión	Quaranta S.	Baralis G.	18/07/2019

# SCOTTA

Shape the innovation



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

[tecnico@scotta.it](mailto:tecnico@scotta.it)  
[www.scotta.it](http://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 PALACIOS, Chile.

PALACIOS es una planta hidráulica compuesto por 1 turbina de agua de marca SCOTTA de potencia nominal de 3.070 kW a 600 rpm. El generador es de marca MARELLI de potencia nom 3.600 kVA, 6.300 Volts y factor de potencia de 0.85.

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.

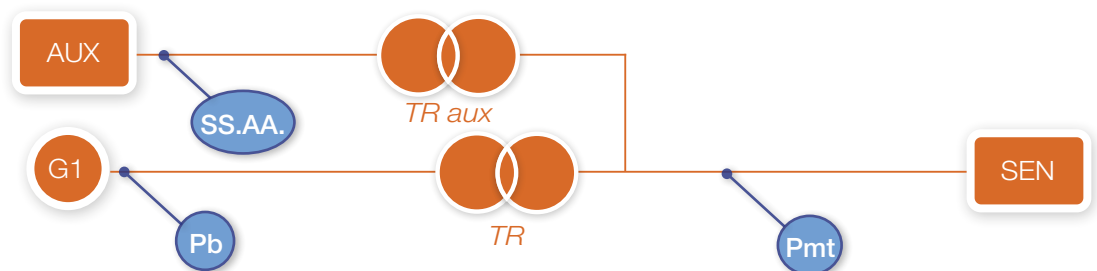
El informe recoge información técnica relevante, principalmente proporcionada por el fabricante de la turbina a efectos de verificar los valores de interés.

La tabla 1, abajo ilustra los resultados del análisis:

Parámetros	Configuración del sistema	Información Técnica (KW brutos)
Mínimo Técnico	Turbina Hidráulica	<b>mínimo técnico 81 kW</b>

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

1. G1 generador;
2. TR transformador de poder;
3. TR AUX transformador servicios auxiliares;
4. SEN Sistema Eléctrico Nacional;
5. AUX servicios auxiliares.



Considerado la descripción anterior, se identifican:

- **Pb** potencia activa bruta, medida en los bornes del generador;
- **SS.AA.** servicios auxiliares de la central, medidos con un analizador de red en el tablero de distribución;
- **Pmt** potencia en la barra de media tensión, leída en el medidor de facturación;
- **Pt** pérdida de potencia en el transformador, calculados con la siguiente formula:

$$Pt = Pb - Pmt - SS.AA.$$

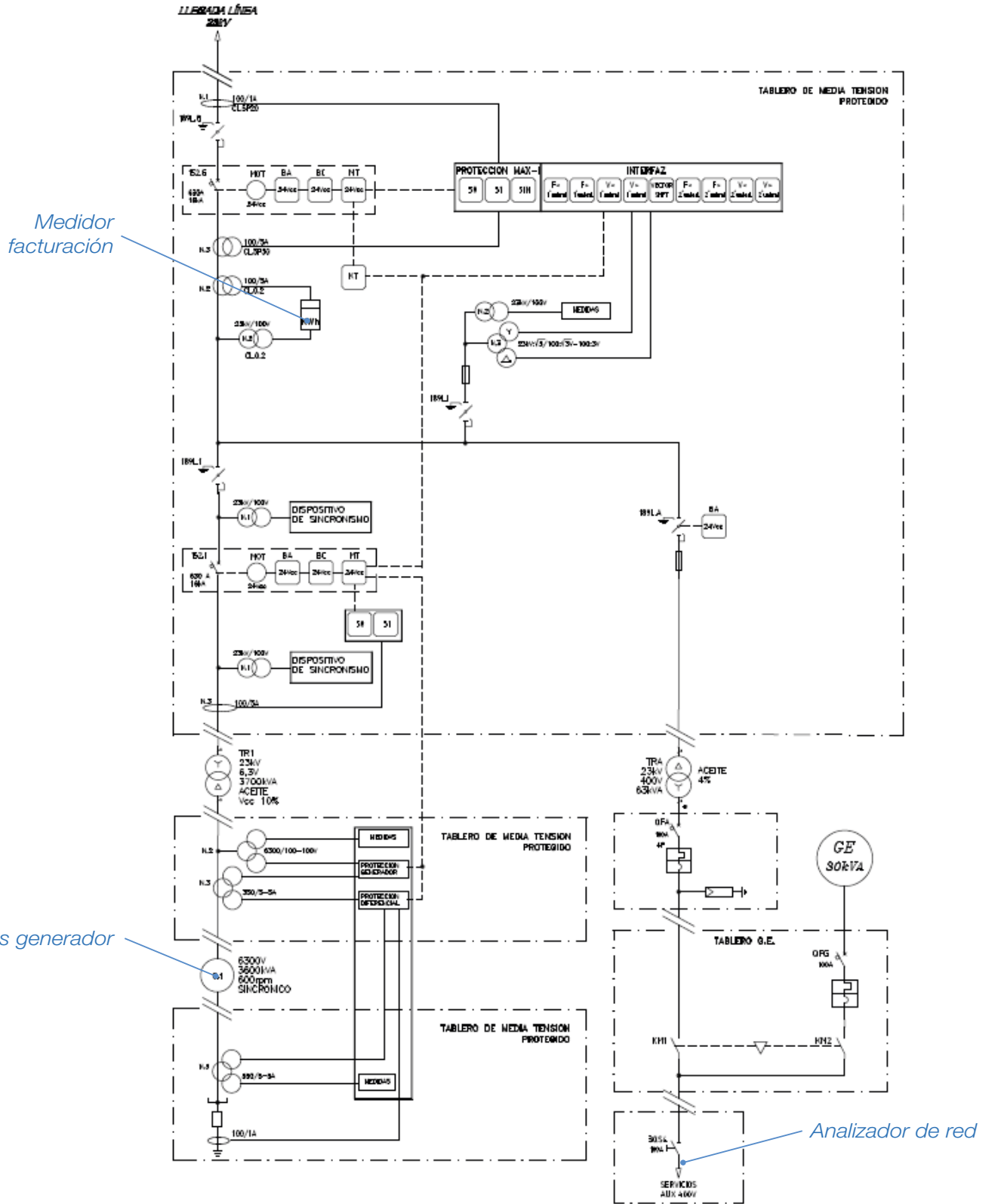


Diagrama unifilar de la central

## 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 PALACIOS.

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 PALACIOS posee un generador de potencia nominal de 3.600 [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 3.070 kW, velocidad de rotación nominal 600 rpm.

### SISTEMA DE CONTROL VELOCIDAD-POTENCIA

La turbina de PALACIOS, 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 (m<sup>3</sup>/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 <sup>3</sup> /s
$\rho$	=	Densidad del fluido turbinado, kg/m <sup>3</sup>
$g$	=	Aceleración de la gravedad, m/s <sup>2</sup>
$H_B$	=	Salto bruto, m

Con una apertura del 10% de 1 inyector, en la turbina la potencia de salida es **81 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 81 kW.

Cuando alcanza su velocidad de sincronización de 600 rpm, la turbina puede ser acoplada a la red y mantenerse sincronizada hasta que se recibe una orden de subir carga.

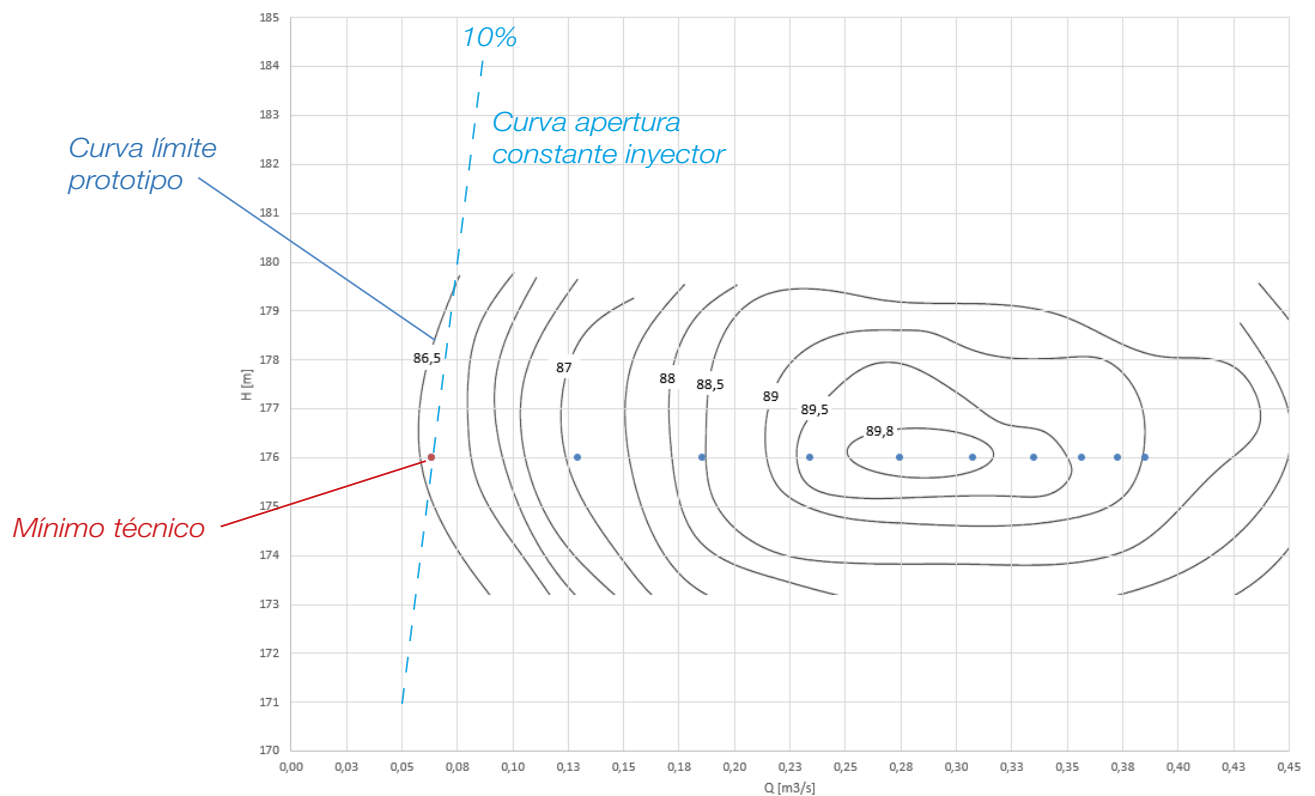
**FUENTE DE INSTABILIDAD** Las Turbinas de tipo Pelton no sufren cavitaciones por flujo de agua o diferencial de presión.

**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) y la curva ad apertura constante del inyector, donde se aprecia lo que es el limite de operación de la turbina.



Como se desprende del gráfico, el punto de mínimo técnico detectado en el test de eficiencia ( $Q = 0,06 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $H = 176 \text{ m}$ ,  $P = 81 \text{ kW}$ ) 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 PALACIOS es 81 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 81 kW estando sincronizada a la red.



### 3. Placa de identificación

#### MarelliMotori

Inspired solutions

Fabricante	MARELLI MOTORI S.p.A..		
Modelo	MJHT 800 LB 10		
Matrícula	M80AD089D		
Potencia nominal	P	kVA	3600
Tensión	V	V	6300
Cos $\phi$			0,85
Velocidad nominal		rpm	600
Protección			IP23

## 4. Anexo

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

**RELAZIONE COLLAUDO CENTRALE DOS VALLES**

N° collaudo	CL-02-2017	DATA	10/04/2018	COMMESSA	REDAZIONE	G.M.BARALIS	CONTROLLO	SCOTTA
CENTRALE	PALACIOS			CLIENTE	ANPAC			

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

**CENTRALE PALACIOS**

**TURBINA PELTON 6 GETTI**

**ASSE VERTICALE**

**GRUPPO 1**





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



PROVE PARALLELO GRUPPO 1

POTENCIA MECANICA	POTENCIA BRUTA	CAUDAL	CAIDA NETA IEC 60041	INJECTOR						NOTE	DIA	HORA	POTENCIA SS.AA.	POTENCIA NETA	PERDIDAS TR
				1	2	3	4	5	6						
kw	kw	m³/s	m	%	%	%			%	gg/mm/aaaa	mm/hh	kw	kw	kw	
95	81	0,06	176,00	10						minimo tecnico	10/04/2018	13:00	3	78	0
195	165	0,13	176,00	20							10/04/2018	13:05	3	162	0
284	241	0,19	176,00	30							10/04/2018	13:10	3	238	0
362	308	0,23	176,00	40							10/04/2018	13:15	3	304	0
426	366	0,27	176,00	50							10/04/2018	13:20	3	363	0
477	410	0,31	176,00	60							10/04/2018	13:25	3	407	0
519	446	0,34	176,00	70						max injector	10/04/2018	13:30	3	443	0
551	474	0,36	176,00	80						overflow injector	10/04/2018	13:35	3	470	1
573	493	0,37	176,00	90						overflow injector	10/04/2018	13:40	3	489	1
593	515	0,39	176,00	100						overflow injector	10/04/2018	13:45	3	512	1
590	519	0,39	176,00	70	10						10/04/2018	13:50	3	515	1
694	611	0,45	176,00	70	20						10/04/2018	13:55	3	607	1
786	699	0,51	176,00	70	30						10/04/2018	14:00	3	695	1
865	770	0,56	176,00	70	40						10/04/2018	14:05	3	765	1
931	838	0,60	176,00	70	50						10/04/2018	14:10	3	834	2
982	884	0,63	176,00	70	60						10/04/2018	14:15	3	879	2
1021	919	0,66	176,00	70	70						10/04/2018	14:20	3	914	2
1066	970	0,69	176,00	70	70	10					10/04/2018	14:25	3	965	2
1164	1059	0,76	176,00	70	70	20					10/04/2018	14:30	3	1054	3
1263	1150	0,82	176,00	70	70	30					10/04/2018	14:35	3	1144	3
1344	1236	0,86	176,00	70	70	40					10/04/2018	14:40	3	1230	4
1407	1294	0,90	176,00	70	70	50					10/04/2018	14:45	3	1287	4
1457	1355	0,94	176,00	70	70	60					10/04/2018	14:50	3	1348	4
1498	1393	0,97	176,00	70	70	70					10/04/2018	14:55	3	1385	5
1550	1457	1,01	176,00	70	70	70	10				10/04/2018	15:00	3	1449	5
1641	1543	1,07	176,00	70	70	70	20				10/04/2018	15:05	3	1534	6
1742	1637	1,13	176,00	70	70	70	30				10/04/2018	15:10	3	1628	6
1830	1720	1,18	176,00	70	70	70	40				10/04/2018	15:15	3	1710	7
1899	1804	1,22	176,00	70	70	70	50				10/04/2018	15:20	3	1793	8
1953	1856	1,25	176,00	70	70	70	60				10/04/2018	15:25	3	1844	8
1993	1894	1,28	176,00	70	70	70	70				10/04/2018	15:30	3	1882	9
2039	1937	1,31	176,00	70	70	70	70	10			10/04/2018	15:50	3	1925	9
2119	2035	1,38	176,00	70	70	70	70	20			10/04/2018	15:55	3	2022	10
2229	2139	1,44	176,00	70	70	70	70	30			10/04/2018	16:00	3	2125	11
2311	2242	1,48	176,00	70	70	70	70	40			10/04/2018	16:05	3	2227	12
2377	2305	1,52	176,00	70	70	70	70	50			10/04/2018	16:10	3	2290	13
2426	2353	1,56	176,00	70	70	70	70	60			10/04/2018	16:15	3	2337	13
2460	2386	1,59	176,00	70	70	70	70	70			10/04/2018	16:20	3	2370	14
2487	2437	1,62	176,00	70	70	70	70	70	10		10/04/2018	16:25	3	2420	14
2591	2539	1,68	176,00	70	70	70	70	70	20		10/04/2018	16:30	3	2521	16
2708	2654	1,74	176,00	70	70	70	70	70	30		10/04/2018	16:35	3	2634	17
2792	2736	1,79	176,00	70	70	70	70	70	40		10/04/2018	16:40	3	2715	18
2891	2804	1,85	176,00	70	70	70	70	70	50		10/04/2018	16:45	3	2782	19
2966	2877	1,90	176,00	70	70	70	70	70	60		10/04/2018	16:50	3	2854	20
3122	3044	2,00	176,00	70	70	70	70	70	70	maximo tecnico	10/04/2018	16:55	3	3018	22
3270	3140	2,10	176,00	75	75	75	75	75	75	overflow turbina	10/04/2018	17:00	3	3113	24

**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).

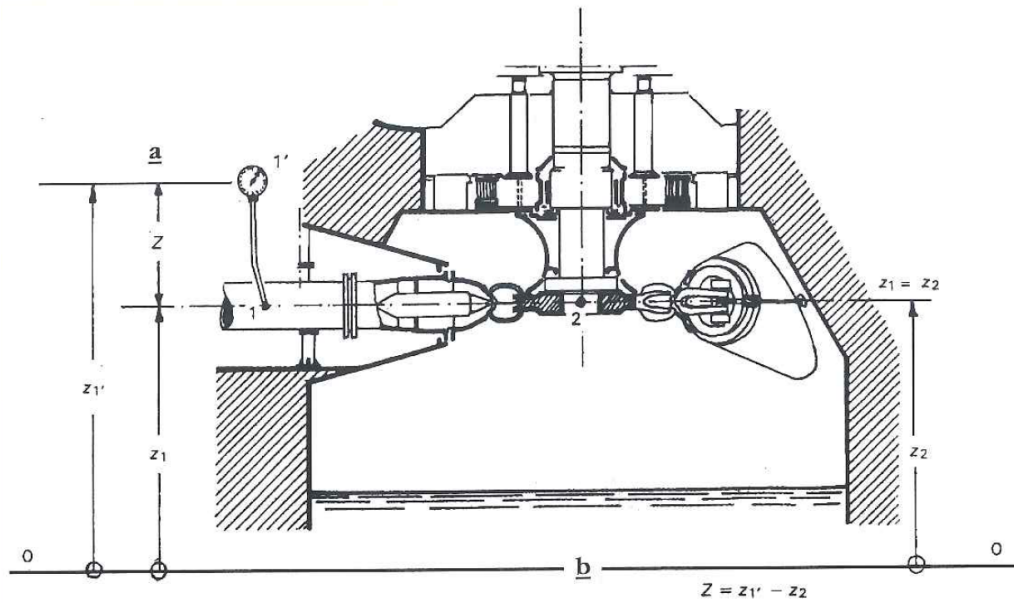
## **1 - MEASUREMENT OF THE INSTANT PRODUCT POWER**

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/s<sup>2</sup>];

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

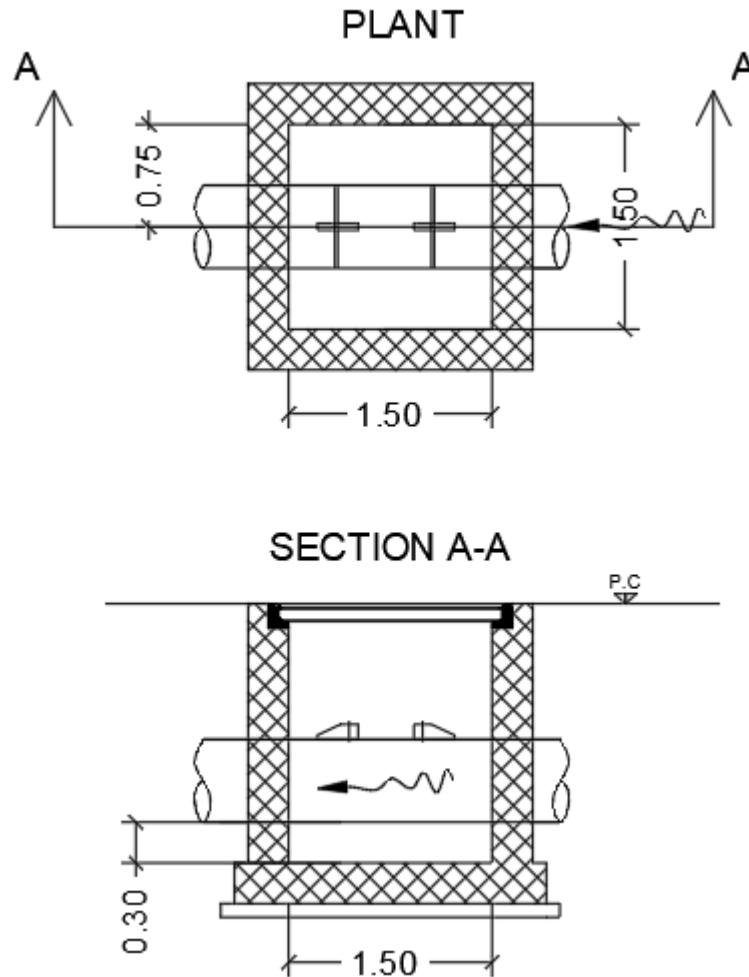
### 3 - MEASURED TURBINED DISCHARGE

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.