

	<b>DETERMINACIÓN MINIMO TECNICO UNIDADES CH DIGUA</b>	<b>Código</b>	831-OP-BSER-INFT-001
		<b>Revisión</b>	1
		<b>Fecha</b>	16/02/2021
		<b>Páginas</b>	1 de 24

## DETERMINACIÓN DE LOS MÍNIMO TÉCNICOS DE LAS UNIDADES DE CENTRAL HIDROELECTRICA DIGUA

	<b>Elabora / Modifica</b>	<b>Revisa</b>	<b>Aprueba</b>
<b>Nombre</b>	<b>Nicolás Tamblay</b>	<b>Nicolás Tamblay</b>	<b>Hector Castillo</b>
<b>Cargo</b>	<b>Jefe de Central</b>	<b>Jefe de Central</b>	<b>Sub. Gerente O y D.</b>
<b>Fecha</b>	<b>21/12/2020</b>	<b>16/02/2021</b>	
<b>Firma</b>			

	<b>DETERMINACIÓN MINIMO TECNICO UNIDADES CH DIGUA</b>	<b>Código</b>	831-OP-BSER-INFT-001
		<b>Revisión</b>	1
		<b>Fecha</b>	16/02/2021
		<b>Páginas</b>	2 de 24

## INDICE.

1	Introducción y Objetivos.....	4
1.1	Introducción.....	4
1.2	Objetivos. ....	4
2	Descripción General de la Central Digua .....	5
3	Descripción de cada uno de los Componentes.....	6
3.1	Turbina. ....	6
3.2	Descripción de las partes de la Turbina. ....	6
3.2.1	Rodete Francis Operación Principal (Alta Altura). ....	6
3.2.2	Rodete Francis Operación Secundaria (Baja Altura). ....	6
3.2.3	Sellos de eje de la Turbina.....	7
3.2.4	Cámara Espiral (Pre- Distribuidor).....	7
3.2.5	Tapa del Distribuidor Lado Generador.....	7
3.2.6	Tapa del Distribuidor Lado Descarga. ....	7
3.2.7	Distribuidor de Alabes Directrices. ....	8
3.2.8	Codo de Descarga.....	8
3.2.9	Válvula Mariposa. ....	8
3.2.10	Datos Técnicos.....	9
3.3	Generador.....	9
3.3.1	Sistema de Refrigeración del Generador.....	10
3.3.2	Cojinetes o Descansos.....	10
3.3.3	Conjunto Estator.....	10
3.3.4	Conjunto Rotor.....	10
3.3.5	Datos Técnicos.....	11
4	DESCRIPCION DEL ENSAYO.....	12
4.1	Método del Ensayo.....	12

	<b>DETERMINACIÓN MINIMO TECNICO UNIDADES CH DIGUA</b>	<b>Código</b>	831-OP-BSER-INFT-001
		<b>Revisión</b>	1
		<b>Fecha</b>	16/02/2021
		<b>Páginas</b>	3 de 24

4.2	Variables Controladas. ....	13
4.2.1	Unidad 1.....	13
4.2.2	Unidad 2.....	14
4.2.3	Ajustes de los Valores.....	15
4.3	Antecedentes de la Operación de la Unidad Generadora.....	16
4.4	Resultado Medido Unidad 1. ....	17
4.5	Resultado Medido Unidad 2. ....	17
4.6	Antecedentes nacionales e internacionales de unidades similares. ....	18
5	Antecedentes Técnicos que respaldan y explican el comportamiento o desempeño esperado.....	18
6	Conclusiones.....	18
7	Anexo N°1 “Datos U1 y U2 extraídos desde SCADA. ....	20
8	Anexo N°2 “Datos descargados Medidores U1 y U2”.....	20
9	Anexo N°3 “Diagrama Colina Rodete Altura Alta y Curva Eficiencia Turbina” .....	21
10	Anexo N°4 “Diagrama PQ del Generador y Curva Eficiencia del Generador” .....	23

	<b>DETERMINACIÓN MINIMO TECNICO UNIDADES CH DIGUA</b>	<b>Código</b>	831-OP-BSER-INFT-001
		<b>Revisión</b>	1
		<b>Fecha</b>	16/02/2021
		<b>Páginas</b>	4 de 24

## **1 Introducción y Objetivos.**

### **1.1 Introducción.**

Conforme a lo Establecido en el Anexo Técnico Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras, donde se indica que se debe realizar un documento para respaldar e informar al Coordinador Eléctrico Nacional el valor de Mínimo Técnico de ambas unidades generadoras de Ch Embalse Digua.

Es debido a lo anterior es que se realiza este informe técnico con la descripción de las Unidades, los antecedentes de diseño, los antecedentes de operación y toda la información disponible que respalde el valor informado.

La Central Hidroeléctrica Digua tiene una capacidad instalada de 10,5 MW por cada una de las unidades, para un caudal nominal de 15 m<sup>3</sup>/seg por cada una de las turbinas. La Central se ubica a los pies del Embalse Digua, la cual usa sus aguas que son exclusivamente para riego, por ende se instaló la Central a la descarga de estas aguas con el fin de aprovechar su uso en la generación eléctrica.

El Embalse Digua es alimentado a través del Canal Alimentador Digua que capta sus aguas a través de una Bocatoma construida en la rivera del Río Longaví.

### **1.2 Objetivos.**

Entregar los antecedentes disponibles y valor final de mínimo técnico que mantiene la unidad generadora de la Central Digua.

Dar cumplimiento a lo indicado en la normativa vigente, más lo indicado en el Anexo Técnico Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras.

Código	831-OP-BSER-INFT-001
Revisión	1
Fecha	16/02/2021
Páginas	5 de 24

## 2 Descripción General de la Central Digua

La Central Hidroeléctrica Digua, se encuentra a los pies del embalse Digua, que corresponde a la cuenca del Río Cato entre las comunas de Retiro y Parral en la Provincia de Linares Región del Maule.



La Central está diseñada para captar un caudal máximo total de **30 m<sup>3</sup>/s**, el que se capta a través de una tubería en presión de 2,8 mts de diámetro instalada a la salida de las válvulas de seguridad existentes del Embalse Digua, conduciendo el agua hasta las turbinas de la propia Central.

	<b>DETERMINACIÓN MINIMO TECNICO UNIDADES CH DIGUA</b>	<b>Código</b>	831-OP-BSER-INFT-001
		<b>Revisión</b>	1
		<b>Fecha</b>	16/02/2021
		<b>Páginas</b>	6 de 24

### 3 Descripción de cada uno de los Componentes.

#### 3.1 Turbina.

La Central Digua contiene en su interior, dos Turbinas Francis de eje horizontal prevista de acoplamiento directo y rígido a un generador sincrónico trifásico, con un sistema de regulación electrónico-digital para los alabes directrices, con válvula mariposa de seguridad a la entrada de la cámara espiral.

Características Generales de Operación Turbinas Francis Eje Horizontal		
Ítem	Descripción	Información
1.1	Unidades Instaladas :	2 Unidades
1.2	Salto Neto Hn:	71,43 mts
1.3	Caudal Nominal Qnom:	15,00 m3/s
1.4	Caudal Máximo Qmax:	17,43 m3/s
1.5	Velocidad Rotación:	428 rpm

Tabla 1

#### 3.2 Descripción de las partes de la Turbina.

##### 3.2.1 Rodete Francis Operación Principal (Alta Altura).

Fabricado en acero inoxidable forjado, del tipo DIN G-X5CrNI 13 4 (ASTM A 743CA 6NM) y maquinado completamente mediante máquina CNC en las superficies externas e internas según perfil hidráulico entregado por diseño en 3D, balanceado estáticamente, según norma ISO 1940/1 G6.3, el cual será instalado en el extremo del eje del generador. Provisto en el centro del rodete de un ojiva de acero inoxidable mecanizada según perfil hidráulico.

##### 3.2.2 Rodete Francis Operación Secundaria (Baja Altura).

Fabricado en acero inoxidable forjado, del tipo DIN G-X5CrNI 13 4 (ASTM A 743CA 6NM) y maquinado completamente mediante máquina CNC en las superficies externas e internas según perfil hidráulico entregado por diseño en 3D, balanceado

	<b>DETERMINACIÓN MINIMO TECNICO UNIDADES CH DIGUA</b>	<b>Código</b>	831-OP-BSER-INFT-001
		<b>Revisión</b>	1
		<b>Fecha</b>	16/02/2021
		<b>Páginas</b>	7 de 24

estáticamente, según norma ISO 1940/1 G6.3, el cual será instalado en el extremo del eje del generador. Provisto en el centro del rodete de un ojiva de acero inoxidable mecanizada según perfil hidráulico. Este rodete está construido para cubrir el rango de variación de caídas de baja altura.

### **3.2.3 Sellos de eje de la Turbina.**

El Sellos de Eje de la Turbina está construido en dos mitades, bajo el nivel de agua del canal de descarga, se incluye un sello de mantenimiento que se aplicará o hinchará mediante la inyección de aire desde un compresor de aire.

### **3.2.4 Cámara Espiral (Pre- Distribuidor).**

Fabricado en planchas de acero al carbono tipo S355J2+N en versión soldada, con alabes fijos del ante- distribuidor con apoyos, planchas y partes para su fundación, con cámara de registros y tomas de presión. En la parte anterior aguas arriba será equipada con una brida fija y una brida móvil para permitir el desmontaje de la válvula mariposa.

### **3.2.5 Tapa del Distribuidor Lado Generador.**

Fabricado en acero al carbono tipo S355j2+N será parte integral de la caja espiral con alojamiento de los bujes auto lubricados de los alabes directrices móviles.

La tapa está compuesta de;

- ✓ Contra anillo laberintico fijo fabricado de acero inoxidable forjado tipo DIN G-X4CrNI 13 4 (ASTM A 182 F 6NM), en correlación con el anillo laberintico móvil del rodete.
- ✓ Placa de desgaste de acero inoxidable laminado tipo DIN G-X3CrNI 13 4, en correlación con el área de trabajo de los alabes directrices.

### **3.2.6 Tapa del Distribuidor Lado Descarga.**

Fabricado en acero al carbono del tipo S355J2+N será parte integral de la caja espiral con alojamiento de los bujes auto lubricados de los alabes directrices móviles y asiento para el codo de descarga.

	<b>DETERMINACIÓN MINIMO TECNICO UNIDADES CH DIGUA</b>	<b>Código</b>	831-OP-BSER-INFT-001
		<b>Revisión</b>	1
		<b>Fecha</b>	16/02/2021
		<b>Páginas</b>	8 de 24

La tapa está compuesta de;

- ✓ Contra anillo laberintico fijo fabricado de acero inoxidable forjado tipo DIN G-X4CrNI 13 4 (ASTM A 182 F 6NM), en correlación con el anillo laberintico móvil del rodete.
- ✓ Placa de desgaste de acero inoxidable laminado tipo DIN G-X3CrNI 13 4, en correlación con el área de trabajo de los alabes directrices.

### **3.2.7 Distribuidor de Alabes Directrices.**

Los alabes directrices son fabricados en acero inoxidable tipo DIN G-X4CrNI 13-4, con muñones para la regulación externa a través del anillo de conjunto, además contiene bujes auto lubricados, con el propio anillo de regulación.

Incluye una serie de bujes como guía de los muñones de los alabes, fabricados en material autolubricante.

### **3.2.8 Codo de Descarga.**

Fabricado de acero al carbono del tipo S275JR con los flanges o bridas de unión tanto a la tapa como al cono difusor, este último se encarga de vaciar el agua hacia el Canal de Restitución.

### **3.2.9 Válvula Mariposa.**

Las Válvulas Mariposa DN1800 PN11, instaladas en la entrada de la cámara espiral están diseñadas para poder garantizar el cierre en condiciones de escurrimiento bajo el máximo caudal, la apertura será garantizada por una Electro-válvula y un cilindro Hidráulico alimentados por la unidad oleohidráulica de mando de la turbina, mientras que el cierre será mediante un contrapeso.

Cuerpo de acero carbono tipo S355j2G3 en ejecución soldada con asientos de los sellos de estanquidad en acero inoxidable tipo X20CR13. La lenteja de cierre es de acero carbono tipo S355J2G3 con sellos de estanquidad en goma de neopreno NBR 80° Shore con tratamiento anti-vejez montada con pernos de acero inoxidable clase A4.

	<b>DETERMINACIÓN MINIMO TECNICO UNIDADES CH DIGUA</b>	<b>Código</b>	831-OP-BSER-INFT-001
		<b>Revisión</b>	1
		<b>Fecha</b>	16/02/2021
		<b>Páginas</b>	9 de 24

### 3.2.10 Datos Técnicos.

DATOS TECNICOS TURBINA		
Ítem	Descripción	Información
<b>1.-</b>	<b>Turbina Francis Horizontal.</b>	
1.1	Fabricante	ANDRITZ HYDRO - SCHIO, ITALIA
1.2	Numero de Series	
1.3	Tipo	Turbina Francis
1.4	Denominación	Horizontal Francis Turbine D2=1419,8
1.5	Forma Constructiva	Eje Horizontal
1.6	Altura Neta	71,43 mts
1.7	Potencia Nominal	10,5 MW
1.8	Caudal Nominal	15,0 m3/s
1.9	Diámetro Rodete	1540 mm
2.0	Sentido Rotación	Horario
2.1	Velocidad	428,60 R.P.M
2.2	Año de Fabricación	2019

Tabla 2

### 3.3 Generador.

El Generador para la turbina es de eje horizontal del tipo PW 1600-I7D14 con función de generador caracterizado por excitación del tipo Brushless.

La línea del eje del alternador es sostenida por un cojinete del lado acoplamiento con la turbina del tipo combinado (guía y empuje) y por un cojinete del lado opuesto al acoplamiento de tipo guía ambos con baño de aceite. Posee un sistema de inyección exterior adecuado para garantizar la presión hidrostática necesaria para el desacoplamiento del rotor desde ambos descansos (jacking oil system).

El frenado del rotor es a través de un freno de disco puesto en la extremidad del lado opuesto al acoplamiento (L.O.A) del eje rotor que puede ser activado de forma automática por el sistema de control de la Maquina a partir del 25% (107 rpm) de los giros nominales del alternador, El principio de funcionamiento del freno es del tipo con presión de aceite con caliper, comandado desde la Unidad de Mando de Aceite de la turbina.

	<b>DETERMINACIÓN MINIMO TECNICO UNIDADES CH DIGUA</b>	<b>Código</b>	831-OP-BSER-INFT-001
		<b>Revisión</b>	1
		<b>Fecha</b>	16/02/2021
		<b>Páginas</b>	10 de 24

El alternador es auto-ventilado con ciclo cerrado y es enfriado con agua circulante en dos refrigerantes directamente montados sobre la caja estática e insertados en el circuito de ventilación.

### **3.3.1 Sistema de Refrigeración del Generador.**

Consiste de dos intercambiadores de calor Aire/agua montados sobre ventadas realizadas sobre en la pared exterior de la carcasa y provistos de una caja de cierra con el fin de tener un sistema cerrado. El aire de refrigeración circula por dos ventiladores axiales fijados sobre ambos lados de la corona retórica, estos pasan por la caja interpolar a través de las bobinas del rotor y finalmente atraviesan el estator por los canales de ventilación.

### **3.3.2 Cojinetes o Descansos.**

El generador cuenta con dos cojinetes idóneos para soportar el peso del rotor y además permitir el giro del mismo, un cojinete en lado de acoplamiento (L.A.) del tipo combinado de guía y empuje lubricado con aceite y un cojinete del lado opuesto al acoplamiento (L.O.A) de soporte de guía, cuentan con una lubricación autónoma por baño de aceite tipo iso vg 48.

### **3.3.3 Conjunto Estator.**

La caja del estator está hecho de acero al carbono de ejecución soldada y el paquete magnético fabricado de bobinas de cobre aislado en impregnado al vacío (VPIS – Vacuum Pressure Impregnation System).

### **3.3.4 Conjunto Rotor.**

El rotor contiene un eje el cual se encuentra adaptado para el montaje del rodete de la turbina y el montaje del dispositivo centrifugo se encuentra en el lado posterior del mismo eje. (lado opuesto a la turbina), construido con paquete magnético con bobinas de cobre y aislamiento impregnado al vacío VPIS.

	<b>DETERMINACIÓN MINIMO TECNICO UNIDADES CH DIGUA</b>	<b>Código</b>	831-OP-BSER-INFT-001
		<b>Revisión</b>	1
		<b>Fecha</b>	16/02/2021
		<b>Páginas</b>	11 de 24

### 3.3.5 Datos Técnicos.

Los datos técnicos del generador son los siguientes;

DATOS TECNICOS GENERADOR		
Ítem	Descripción	Información
<b>1.-</b>	<b>Generador Síncronico Trifásico.</b>	
1.1	Fabricante	SIEMENS-GAMESA
1.2	Numero de Series	61012371 / 61012372
1.3	Tipo	PW 1600-I7D14
1.4	Denominación	Generador síncronico trifásico
1.5	Forma Constructiva	Eje Horizontal
1.6	Temperatura ambiente admisible	40 °C.
1.7	Grado de Protección	IP 44
1.8	Refrigeración	IC81W
1.9	Conexión Estator	Estrella
1.10	Servicio	S1
1.11	Sentido de Giro	Sentido horario
1.12	Números de Polos	14
1.13	Potencia Nominal	12500 kVA
1.14	Tensión	6600 V (+/- 5%)
1.15	Conexión	Estrella
1.16	Corriente al 100% de la carga (A)	1093.5 (A)
1.17	Frecuencia	50 Hz
1.18	Cos	0,9
1.19	Torque Nominal	250.65 kNm
1.20	Tipo de Rotor	Polos Salientes
1.21	Velocidad Nominal	428,60 R.P.M
1.22	Velocidad de Embalamiento	920 R.P.M
1.23	Aislamiento	Clase F
1.24	Calentamiento	Clase B
1.25	Excitaciones	Brushless
1.26	Tipo	ECBR-53100-94-16
1.27	Vecc. (V)	83
1.28	Iecc. (A)	750

Tabla 3

	<b>DETERMINACIÓN MINIMO TECNICO UNIDADES CH DIGUA</b>	<b>Código</b>	831-OP-BSER-INFT-001
		<b>Revisión</b>	1
		<b>Fecha</b>	16/02/2021
		<b>Páginas</b>	12 de 24

## 4 DESCRIPCION DEL ENSAYO.

### 4.1 Método del Ensayo.

La metodología empleada en la realización de los ensayos, se basa en la información disponible en el Anexo Técnico “Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras” de la Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio. (NTSyCS).

Adicionalmente se realizado lo siguiente;

Se ha comprobado el Valor de mínimo técnico con la Unidad en Servicio donde de acuerdo con la disponibilidad de agua existente en la descarga del embalse que alimenta la Central, se ha mantenido una generación constante con una potencia mínima entregada por el conjunto generador turbina según los rendimientos indicados por los fabricantes de cada uno de los equipos.

Esta comprobación se ha realizado para un intervalo de tiempo de 1,5 horas continuas para cada Unidad, durante el periodo que se consideró como duración de la prueba, en donde se ha mantenido la potencia generadora a valores relativamente cercanos a la potencia mínima declarada por la documentación entregada por el fabricante; los valores obtenidos durante la ejecución de la prueba se muestran en el capítulo 4.3.

Además se han obtenido los valores de las variables medidas, las cuales han sido contrastadas con los valores de ajustes de Alarma y/o Disparo de cada una de ellas donde estas fueron definidas y recomendadas por el fabricante de cada equipo. Por lo tanto cada una de estas variables no debe sobrepasar el valor indicado, durante los tiempos de comprobación realizados se muestra que estas variables se encuentran muy por debajo de los valores recomendados por el fabricante según se indica en su manual técnico, ver capítulo de Referencias.

Se han realizado recorridos alrededor del conjunto generador turbina durante el funcionamiento de las unidades a bajas potencias de manera de inspeccionar visualmente

	<b>DETERMINACIÓN MINIMO TECNICO UNIDADES CH DIGUA</b>	<b>Código</b>	831-OP-BSER-INFT-001
		<b>Revisión</b>	1
		<b>Fecha</b>	16/02/2021
		<b>Páginas</b>	13 de 24

y detectar cualquier alteración que pudiere estar provocando algún mal funcionamiento de las unidades.

#### 4.2 Variables Controladas.

Dentro de las variables incluidas en el Sistema de Adquisición de datos SCADA, para la ejecución de la comprobación del mínimo técnico de las Unidades se consideraron los registros de las siguientes variables.

##### 4.2.1 Unidad 1.

UNIDAD 1		
Ítem	Variable de Proceso	Descripción del Tag
1	6.1.Crtl.Wg_HWCL.Out.mag.f	Posición del Distribuidor U1
2	6.1.MEA30.CG001.YQ01	Velocidad de la Unidad 1
3	6.1.LPC10.CP001.XQ01	Presión Tubería Unidad 1
4	6.1.CF101.CE301.ZQ01 [MW]	Potencia Activa MW Total Unidad
5	6.1.CF101.CE302.ZQ01 [MVAR]	Potencia Reactiva MVAR Total Unidad
6	6.1.CF101.CE111.XQ01	Corriente generador Promedio
7	6.1.CF101.CE211.XQ01	Tensión del generador kV
8	6.1.MKD10.CY001.XQ01 [mm/s]	Sonda de vibración radial descanso
9	6.1.MKD10.CY002.XQ01 [mm/s]	Sonda de vibración radial descanso
10	6.1.MKD10.CY003.XQ01 [mm/s]	Sonda de vibración axial descanso
11	6.1.MKD20.CY001.XQ01 [mm/s]	Sonda de vibración radial descanso (L.O.A)
12	6.1.MKD20.CY002.XQ01 [mm/s]	Sonda de vibración radial descanso (L.O.A)
13	6.1.MKA20.CT001.XQ01 [°C]	Temperatura cobre estator generador U01
14	6.1.MKA20.CT002.XQ01 [°C]	Temperatura cobre estator generador U02
15	6.1.MKA20.CT003.XQ01 [°C]	Temperatura cobre estator generador V01
16	6.1.MKA20.CT004.XQ01 [°C]	Temperatura cobre estator generador V02
17	6.1.MKA20.CT005.XQ01 [°C]	Temperatura cobre estator generador W01
18	6.1.MKA20.CT006.XQ01 [°C]	Temperatura cobre estator generador W02
19	6.1.MKA20.CT007.XQ01 [°C]	Temperatura hierro estator generador U
20	6.1.MKA20.CT008.XQ01 [°C]	Temperatura hierro estator generador V
21	6.1.MKA20.CT009.XQ01 [°C]	Temperatura hierro estator generador W
22	6.1.MKD30.CT001.XQ01 [°C]	Temperatura Cojinete L.A TB1
23	6.1.MKD30.CT002.XQ01 [°C]	Temperatura Cojinete L.A TB2

24	6.1.MKD30.CT003.XQ01 [°C]	Temperatura Cojinete L.A TB3
25	6.1.MKD30.CT004.XQ01 [°C]	Temperatura Aceite del Cojinete L.A TB4
26	6.1.MKD20.CT001.XQ01 [°C]	Temperatura Cojinete L.O.A TB1
27	6.1.MKD20.CT002.XQ01 [°C]	Temperatura aceite del Cojinete L.O.A TB3
28	6.1.MKA81.CT001.XQ01 [°C]	Temperatura intercambiador salida aire caliente H01
29	6.1.MKA82.CT001.XQ01 [°C]	Temperatura intercambiador entrada aire frío H02

Tabla 4

#### 4.2.2 Unidad 2.

UNIDAD 2		
Ítem	Variable de Proceso	Descripción del Tag
1	6.2.Crtl.Wg_HWCL.Out.mag.f	Posición del Distribuidor U2
2	6.2.MEA30.CG001.YQ01	Velocidad de la Unidad 2
3	6.2.LPC10.CP001.XQ01	Presión Tubería Unidad 2
4	6.2.CF101.CE301.ZQ01 [MW]	Potencia Activa MW Total Unidad
5	6.2.CF101.CE302.ZQ01 [MVAR]	Potencia Reactiva MVAR Total Unidad
6	6.2.CF101.CE111.XQ01	Corriente generador Promedio
7	6.2.CF101.CE211.XQ01	Tensión del generador kV
8	6.2.MKD10.CY001.XQ01 [mm/s]	Sonda de vibración radial descanso
9	6.2.MKD10.CY002.XQ01 [mm/s]	Sonda de vibración radial descanso
10	6.2.MKD10.CY003.XQ01 [mm/s]	Sonda de vibración axial descanso
11	6.2.MKD20.CY001.XQ01 [mm/s]	Sonda de vibración radial descanso (L.O.A)
12	6.2.MKD20.CY002.XQ01 [mm/s]	Sonda de vibración radial descanso (L.O.A)
13	6.2.MKA20.CT001.XQ01 [°C]	Temperatura cobre estator generador U01
14	6.2.MKA20.CT002.XQ01 [°C]	Temperatura cobre estator generador U02
15	6.2.MKA20.CT003.XQ01 [°C]	Temperatura cobre estator generador V01
16	6.2.MKA20.CT004.XQ01 [°C]	Temperatura cobre estator generador V02
17	6.2.MKA20.CT005.XQ01 [°C]	Temperatura cobre estator generador W01
18	6.2.MKA20.CT006.XQ01 [°C]	Temperatura cobre estator generador W02
19	6.2.MKA20.CT007.XQ01 [°C]	Temperatura hierro estator generador U
20	6.2.MKA20.CT008.XQ01 [°C]	Temperatura hierro estator generador V
21	6.2.MKA20.CT009.XQ01 [°C]	Temperatura hierro estator generador W

22	6.2.MKD30.CT001.XQ01 [°C]	Temperatura Cojinete L.A TB1
23	6.2.MKD30.CT002.XQ01 [°C]	Temperatura Cojinete L.A TB2
24	6.2.MKD30.CT003.XQ01 [°C]	Temperatura Cojinete L.A TB3
25	6.2.MKD30.CT004.XQ01 [°C]	Temperatura Aceite del Cojinete L.A TB4
26	6.2.MKD20.CT001.XQ01 [°C]	Temperatura Cojinete L.O.A TB1
27	6.2.MKD20.CT002.XQ01 [°C]	Temperatura aceite del Cojinete L.O.A TB3
28	6.2.MKA81.CT001.XQ01 [°C]	Temperatura intercambiador salida aire caliente H01
29	6.2.MKA82.CT001.XQ01 [°C]	Temperatura intercambiador entrada aire frío H02

Tabla 5

### 4.2.3 Ajustes de los Valores.

Los Valores de Ajustes del Generador son los siguientes;

<b>Generador Tipo</b>	<b>PW 1600 - I7D14</b>
<b>N° de Serie</b>	<b>61012371 - U1 / 61012372 - U2</b>
<b>1.-</b>	<b>Termorresistencias Tipo Pt-100 En nucleo del Estator</b>
Alarma	140°C
Disparo	145°C
<b>2.-</b>	<b>Termorresistencias Tipo Pt-100 En Descansos.</b>
Alarma	80°C
Disparo	90°C
<b>3.-</b>	<b>Termorresistencias Tipo Pt-100 Aceite Descansos.</b>
Alarma	70°C
Disparo	80°C
<b>4.-</b>	<b>Termorresistencias Tipo Pt-100 Salida Aire Frio .</b>
Alarma	62°C
Disparo	65°C
<b>5.-</b>	<b>Termorresistencias Tipo Pt-100 Entrada Aire Caliente.</b>
Alarma	65°C
Disparo	75°C
<b>6.-</b>	<b>Sensores de Vibración de los Descansos o Cojinetes</b>
Alarma	< a 2,5 mm/s
Disparo	< a 4,0 mm/s tiempo 5 seg
<b>7.-</b>	<b>Termorresistencias Tipo Pt-100 hierro estator generador</b>

	<b>DETERMINACIÓN MINIMO TECNICO UNIDADES CH DIGUA</b>	<b>Código</b>	831-OP-BSER-INFT-001
		<b>Revisión</b>	1
		<b>Fecha</b>	16/02/2021
		<b>Páginas</b>	16 de 24

Alarma	140°C
Disparo	145°C
<b>7.-</b>	<b>Termorresistencias Tipo Pt-100 Unidad de Lubricación</b>
Alarma	45°C
Disparo	50°C

Tabla 6

#### 4.3 Antecedentes de la Operación de la Unidad Generadora.

Dado que la altura también es variable debido a la condición de Central con Embalse (de riego); se ha considerado a su vez también la altura neta leída durante la prueba la cual se obtiene de la presión de tubería, para este caso de 6,6 bar al momento de realizada la prueba, por lo tanto la altura de entrada en la misma curva de colina es aproximadamente 66 mts.

Con las consideraciones anteriores y según los datos extrapolados de la Curva de Colina, se ha estimado una **Potencia Mínima Teórica de 3,2 MW**.

El valor de potencia teórica que se indica en la tabla N°7, corresponde al valor obtenido desde la Curva de Colina manteniendo una caudal Mínimo constante de 7 m<sup>3</sup>/s debido a que este el valor mínimo garantizado por el fabricante.

Esta potencia teórica se ha contrastado con los datos obtenidos de la prueba empírica realizadas a ambas Unidades.

CENTRAL HIDROELECTRICA DIGUA		
Mínimo Técnico Potencia Activa[MW]		
	Unidad 1	Unidad 2
Promedio	3,15	2,98
Máximo Instantáneo	3,40	3,10
Mínimo Instantáneo	3,00	2,90
Pot. Min. Teórico	3,20	3,20
Variación %	-1,49%	-7,38%

Tabla 7

	<b>DETERMINACIÓN MINIMO TECNICO UNIDADES CH DIGUA</b>	<b>Código</b>	831-OP-BSER-INFT-001
		<b>Revisión</b>	1
		<b>Fecha</b>	16/02/2021
		<b>Páginas</b>	17 de 24

#### 4.4 Resultado Medido Unidad 1.

El valor de variación indicado en la tabla anterior corresponde al porcentaje de variación producido por la diferencia entre el valor de potencia mínima indicado por el fabricante a través de sus curva de potencia / Caudal y el valor de potencia mínima medido en los bornes del generador a través del Medidor ION 9200 durante un periodo de generación continua según caudal disponible. Los datos del medidor ION son capturados por el sistema SCADA a través del protocolo Modbus RTU, existente para la conexión de comunicación entre ambos equipos eléctricos.

<b>Potencia Indicada por Medidor Durante el Periodo de Prueba</b>	<b>3,153</b>	<b>MW</b>
---	--------------	-----------

#### 4.5 Resultado Medido Unidad 2.

El valor de variación indicado en la tabla anterior corresponde al porcentaje de variación producido por la diferencia entre el valor de potencia mínima indicado por el fabricante a través de sus curva de potencia / Caudal y el valor de potencia mínima medido en los bornes del generador a través del Medidor ION 9200 durante un periodo de generación continua según caudal disponible. Los datos del medidor ION son capturados por el sistema SCADA a través del protocolo Modbus RTU, existente para la conexión de comunicación entre ambos equipos eléctricos.

<b>Potencia Indicada por Medidor Durante el Periodo de Prueba</b>	<b>2,980</b>	<b>MW</b>
---	--------------	-----------

	<b>DETERMINACIÓN MINIMO TECNICO UNIDADES CH DIGUA</b>	<b>Código</b>	831-OP-BSER-INFT-001
		<b>Revisión</b>	1
		<b>Fecha</b>	16/02/2021
		<b>Páginas</b>	18 de 24

#### 4.6 Antecedentes nacionales e internacionales de unidades similares.

Unidades Generadores Similares					
Central Generadora	Tipo de Turbina	Tecnología	Potencia Aparente Máxima MVA	Potencia Bruta MW	
				Mínima	Máxima
Central Los Hierros U1	Francis	Pasada	13,5	2,5	12,5
Central Los Hierros U2	Francis	Pasada	13,5	2,5	12,5
Central Lircay U1	Francis	Pasada	12,4	3,5	10,8
Central Lircay U2	Francis	Pasada	12,4	3,5	10,8

### 5 Antecedentes Técnicos que respaldan y explican el comportamiento o desempeño esperado.

- 9183104\_A Manual de Operación y Mantenimiento Automatización y SCADA.
- GD360014-en Datasheet PW 1600-I7D14 Digua.
- Datos Obtenidos Directamente desde Sistema de Automatización SCADA modelos SCALA 250 de ANDRITZ Hydro.
- Anexo N°1; Datos Unidad 1 y Unidad 2 extraídos desde equipo SCADA de Ch Digua.
- Anexo N°2, Datos obtenidos desde Medidores ION 9200 de cada Unidad.
- Anexo N°3 “Diagrama Colina Rodete Altura Alta”
- Anexo N°4 “Diagrama PQ del Generador”

### 6 Conclusiones.

La comprobación del Mínimo técnico para ambas unidades de Ch Digua, se ha comprobado sin mayores contratiempos y dentro de los valores de las variables físicas del conjunto Turbina – Generador aceptables según indicaciones de cada uno de los fabricantes.

	<b>DETERMINACIÓN MINIMO TECNICO UNIDADES CH DIGUA</b>	<b>Código</b>	831-OP-BSER-INFT-001
		<b>Revisión</b>	1
		<b>Fecha</b>	16/02/2021
		<b>Páginas</b>	19 de 24

Esta comprobación se ha efectuado comparando el valor informado por el fabricante según las curvas de potencias/caudal el cual corresponde a un valor promedio de 3,0 MW donde;

- Para la Unidad 1 y según se indica en la tabla de valores del capítulo 4.3. en los resultados obtenidos durante el periodo de tiempo que duró la prueba el promedio de las potencia mínima a estado un -1,49% por debajo del valor indicado por el fabricante esto es 3,20 MW; sin mayores inconvenientes para la turbina debido a que no presenta síntomas de cavitación, como tampoco se han evidenciados vibraciones superiores a las recomendadas por el fabricante ni mucho menos alzas de temperaturas en los bobinados y cojinetes del generador que pudieran evidenciar un mal funcionamiento del conjunto turbina-generador, por lo tanto la Unidad 1 puede trabajar sin mayores inconvenientes a una potencia mínima de 3,2 MW.
- Para la Unidad 2 y según se indica en la tabla de valores del capítulo 4.3. en los resultados obtenidos durante el tiempo que duró la prueba el promedio de la potencia mínima ha estado un -7,38% por encima del valor según indicaciones del fabricante esto es 3,20 MW , esto sin mayores inconvenientes para la turbina dado que no presentan síntomas de cavitación, como tampoco se han evidenciados vibraciones superiores a las recomendadas por el fabricante ni mucho menos alzas de temperatura en los bobinados y cojinetes del generador que puedan indicar un mal funcionamiento del máquina, por tanto la Unidad 2 puede trabajar sin mayores problemas a una potencia mínima de 3,2 MW.

Modificación Nº	Modificación Pagina (s)	Descripción de la Modificación	Fecha

	<b>DETERMINACIÓN MINIMO TECNICO UNIDADES CH DIGUA</b>	<b>Código</b>	831-OP-BSER-INFT-001
		<b>Revisión</b>	1
		<b>Fecha</b>	16/02/2021
		<b>Páginas</b>	20 de 24

## **7 Anexo N°1 “Datos U1 y U2 extraídos desde SCADA.**

Los datos se adjuntan al presente documento.

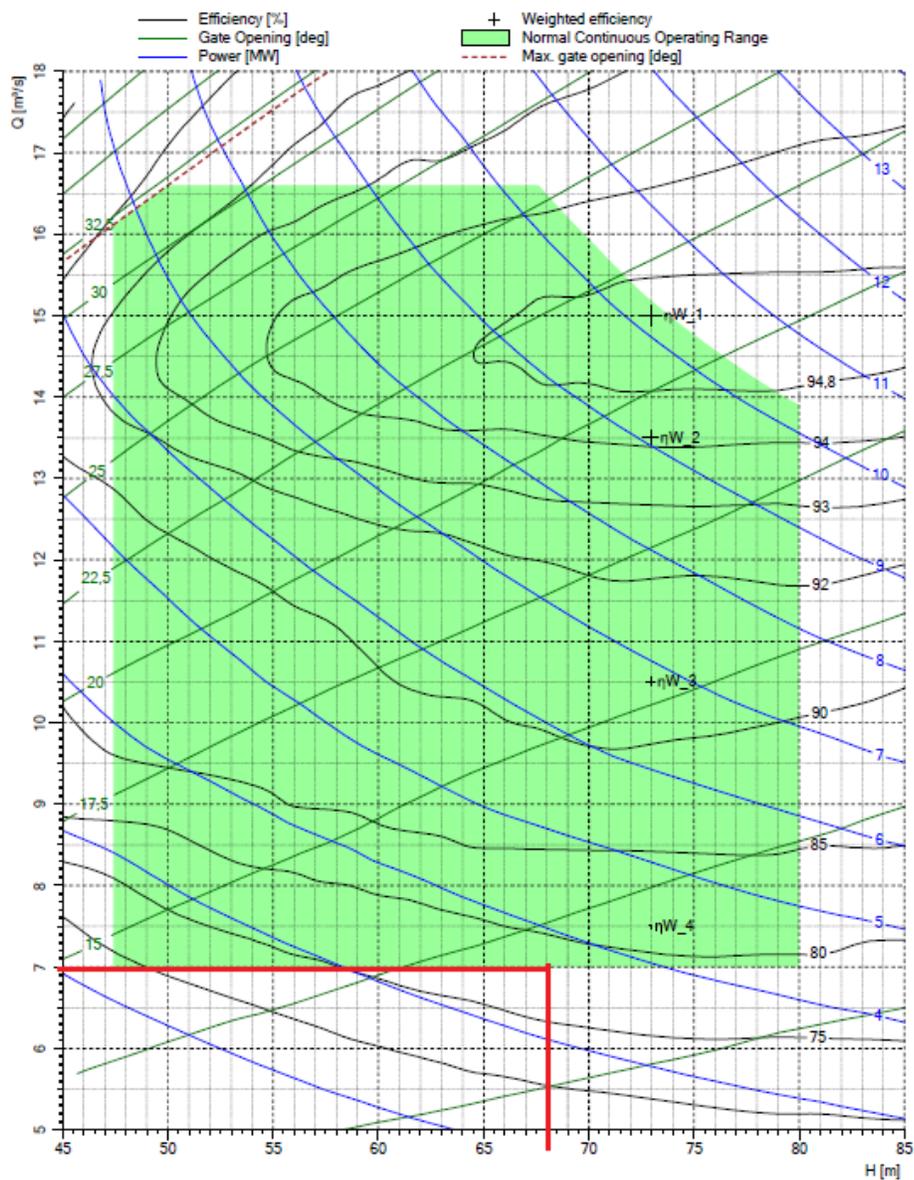
## **8 Anexo N°2 “Datos descargados Medidores U1 y U2”.**

Los datos se adjuntan al presente documento.

Código	831-OP-BSER-INFT-001
Revisión	1
Fecha	16/02/2021
Páginas	21 de 24

## 9 Anexo N°3 “Diagrama Colina Rodete Altura Alta y Curva Eficiencia Turbina”

**Digua (Main Runner)**  
Expected Prototype Hillchart





**DETERMINACIÓN MINIMO TECNICO  
UNIDADES CH DIGUA**

<b>Código</b>	831-OP-BSER-INFT-001
<b>Revisión</b>	1
<b>Fecha</b>	16/02/2021
<b>Páginas</b>	22 de 24

Curva de Eficiencia Entregada por el Fabricante

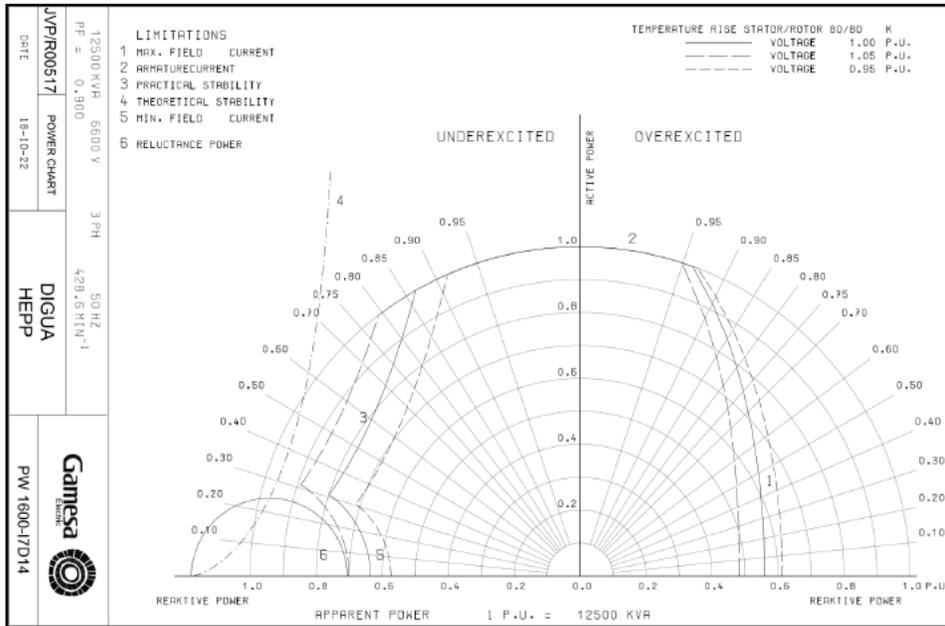
ALTURA NETA Hn (m)	POTENCIA P (MW)	CAUDAL Q (m3/s)	RENDIMIENTO η (%)
-11= 107,39 m.	12,96	13,20	93,29
Altura neta con una unidad en operación, condición en la cual se realizarán las pruebas de rendimiento.	12,46	12,65	93,62
	11,98	12,11	93,97
	11,46	11,56	94,33
	10,87	10,98	94,14
	10,20	10,35	93,73
	9,53	9,72	93,15
	9,27	9,50	92,86
	8,77	9,05	92,13
	7,22	7,65	89,75
	7,05	7,50	89,30
	5,29	6,13	82,07
	3,99	5,00	75,98
	3,70	4,74	74,22
	2,27	3,37	63,97
	0,83	2,17	36,34
-	-	-	
Apertura en vacío	1,38	-	



**DETERMINACIÓN MINIMO TECNICO  
UNIDADES CH DIGUA**

<b>Código</b>	831-OP-BSER-INFT-001
<b>Revisión</b>	1
<b>Fecha</b>	16/02/2021
<b>Páginas</b>	23 de 24

## 10 Anexo N°4 “Diagrama PQ del Generador y Curva Eficiencia del Generador”



**7 POWER CHART**

TITLE:	
<b>FINAL USER DOCUMENTATION</b>	
DATASHEET PW 1600-17D14 DIGUA	
<i>Confidentiality: 3 / CUSTOMER INFORMATION</i>	
Code: GD360014-en	Rev: 0
Date: 18/10/2018	Pg. 6 of 11



## DETERMINACIÓN MINIMO TECNICO UNIDADES CH DIGUA

<b>Código</b>	831-OP-BSER-INFT-001
<b>Revisión</b>	1
<b>Fecha</b>	16/02/2021
<b>Páginas</b>	24 de 24

Confidentiality: 3 / CUSTOMER INFORMATION		
	<b>FINAL USER DOCUMENTATION</b>	Code: GD360014-es Rev: 0
		Date: 18/10/2018 Pg. 7 of 11
Title: <b>DATASHEET PW 1600-I7D14 DIGUA</b>		

### 8 EFFICIENCY CURVES

