



## **“USO DE COMBUSTIBLE EN TG HITACHI DURANTE EL AÑO 2016”**

**Central Tres Puentes**



**Julio 2020**

06-0 ESTADO DE REVISIONES								
Proyecto			“Asesoría Determinación efectos de las emisiones de NOx generadas por la Turbina Hitachi- período 2016, 2017 y 2018”.					
N° de documento			JI-27820					
Título			“Uso de combustible en TG Hitachi durante el año 2016”.					
Revisión			JHG Ingeniería			EDELMAG		
REV	Descripción		Por	Revisó	Aprobó	Revisó	Revisó	Aprobó
A	EMITIDO PARA APROBACIÓN	NOMBRE	CML/CFG	JAB				
		FECHA	06-07-20	06-07-20				
		FIRMA						
B		NOMBRE						
		FECHA						
		FIRMA						
		NOMBRE						
		FECHA						
		FIRMA						

## Índice

<b>1. Resumen Ejecutivo.....</b>	<b>5</b>
<b>2. Introducción.....</b>	<b>6</b>
<b>3. Objetivo .....</b>	<b>6</b>
<b>4. Descripción de la unidad generadora .....</b>	<b>7</b>
<b>5. Acreditación del uso de combustible en la unidad TG Hitachi.....</b>	<b>9</b>
<b>5.1 Registro de Flujómetros de la fuente .....</b>	<b>9</b>
<b>5.2 Facturas de GASCO .....</b>	<b>10</b>
<b>5.2.1 Distribución de consumos.....</b>	<b>10</b>
<b>5.2.2 Consumo Turbina Hitachi .....</b>	<b>12</b>
<b>5.3 Registro del CEMS.....</b>	<b>12</b>
<b>5.4 Resultados .....</b>	<b>13</b>
<b>6 Conclusiones .....</b>	<b>14</b>
<b>7 Anexos .....</b>	<b>15</b>

## **Índice de Tablas**

Tabla 1: Consumo de gas natural para la TG Hitachi en el trimestre 2, 3 y 4 del 2016. ....	5
Tabla 2: Parque generador de la Central Tres Puentes. ....	7
Tabla 3: Características principales de la unidad TG Hitachi. ....	8
Tabla 4: Consumo de gas natural registrado por los flujómetros para los trimestres 2, 3 y 4 del 2016.....	9
Tabla 5: Consumo de gas natural facturado por GASCO para la unidad TG Hitachi.....	10
Tabla 6: Resumen del consumo de gas natural trimestral obtenido por las facturas de GASCO.....	12
Tabla 7: Consumo de gas natural registrado por el CEMS de la turbina Hitachi para los trimestres 2, 3 y 4 del 2016.....	12
Tabla 8: Consumos de gas natural de la turbina Hitachi para los tres escenarios de análisis.....	13

## **Índice de Figuras**

Figura 1: Ubicación de Unidad TG Hitachi en Central Tres Puentes. ....	7
--	---

## 1. Resumen Ejecutivo

Con el fin de dar cumplimiento al apartado 19 de las Resolución Exenta N°3 emitida por la SMA, en dónde solicita a EDELMAG dar cuenta sobre el tipo de combustible utilizado por la turbina Hitachi durante los trimestres 2, 3 y 4 del año 2016, se analiza la data recopilada por el CEMS asociado a la fuente.

El registro obtenido para el periodo en estudio indica uso de gas natural como combustible para el 100% de las horas en que la turbina se encontró en operación. El registro de combustible entregado por el CEMS se compara, además, con los registros de consumo de combustible aportados por el flujómetro asociado a la turbina Hitachi y los consumos registrados mensualmente en las facturas emitidas por GASCO obteniendo diferencias inferiores al 10%, según se indica en la Tabla 1.

**Tabla 1: Consumo de gas natural para la TG Hitachi en el trimestre 2, 3 y 4 del 2016.**

Trimestre	Consumo de Gas Natural Turbina Hitachi [m³/trimestre]			Variación Porcentual
	Flujómetro	Facturas	CEMS	
<b>2</b>	8.907.275	9.073.486	8.420.647	6%
<b>3</b>	7.150.746	7.166.692	6.624.484	7%
<b>4</b>	2.358.933	2.360.492	2.158.300	9%
<b>Total</b>	<b>18.416.954</b>	<b>18.600.669</b>	<b>17.203.431</b>	<b>7,3%</b>

## **2. Introducción**

EDELMAG es una empresa dedicada al servicio público eléctrico en la XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, para lo cual genera, transporta, distribuye y suministra energía eléctrica a las comunas de Punta Arenas, Puerto Natales, Porvenir y Puerto Williams.

En la actualidad cuenta con más de 62.000 clientes<sup>1</sup>, para lo cual dispone de centrales generadoras que configuran cuatro sistemas eléctricos aislados con unidades a gas y diésel que totalizan una potencia instalada de 109,2 MW<sup>2</sup>.

El 03 de junio del 2020, la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) emite la Resolución Exenta N°3, la cual establece observaciones al Programa de Cumplimiento presentado por EDELMAG. En dicho documento se le solicita a la empresa comprobar el tipo de combustible con que operó la Unidad TG Hitachi durante el año 2016, a fin de identificar correctamente los límites de emisión que le resultaban aplicable para ese año, considerando su categorización como fuente existente.

Además, en el numeral 22 de la Resolución Exenta N°3/2020 se precisa que a contar del 23 de junio de 2016 la UGE<sup>3</sup> Hitachi estaba obligada a dar cumplimiento al límite de emisión de NOx contenido en el DS N°13/2011. En este escenario, el análisis para la acreditación del uso de combustible en dicha fuente deberá realizarse para los trimestres 2, 3 y 4 del 2016.

Sobre la base de lo descrito, EDELMAG solicita a JHG acreditar de forma exclusiva la operación de la unidad TG Hitachi con gas natural para los trimestres 2, 3 y 4 del 2016, y así, dar respuesta al acápite 19 y 22 de la resolución.

## **3. Objetivo**

El objetivo del presente informe es acreditar el uso de gas natural de forma exclusiva en la unidad Turbogeneradora Hitachi (TG Hitachi) para los trimestres 2, 3 y 4 del año 2016.

---

<sup>1</sup> Obtenido de Memoria Anual 2018, Edelmag Grupo CGE.

<sup>2</sup> Obtenido de Memoria Anual 2018, Edelmag Grupo CGE.

<sup>3</sup> Unidad de Generación Eléctrica.

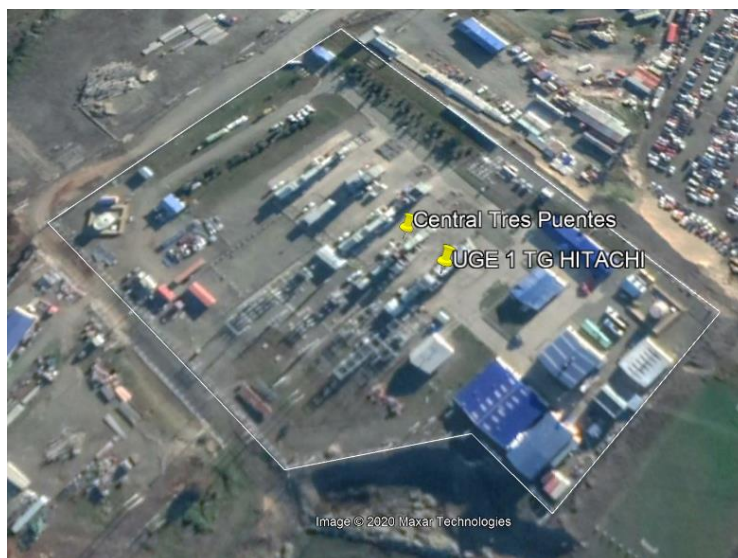
## 4. Descripción de la unidad generadora

La Central Termoeléctrica Tres Puentes ubicada aproximadamente a 6,8 kilómetros al norte de la ciudad de Punta Arenas, cuenta con diversas unidades generadoras constituidas por turbogeneradores y motogeneradores que operan principalmente a gas natural. En la Tabla 2 se muestran las unidades generadoras de la Central.

**Tabla 2: Parque generador de la Central Tres Puentes.**

Tipo de Unidad	Marca	Cantidad	Potencia MW	Año de Fabricación
Turbina a Gas	Hitachi	1	24	1975
	Solar Titan	1	13,7	2002
	Solar Mars	1	10	1995
	GE-10	1	10,5	2004
	Solar Titan	1	15	2007
Motor a gas	Caterpillar	1	2,7	1997
Motor a diésel	Caterpillar	2	2,9	1993

Dentro de las unidades que constituyen el parque, se encuentra el Turbogenerador Hitachi (Ver Figura 1), la cual funciona exclusivamente con gas natural y está considerada como una unidad de respaldo que opera ante indisponibilidad por falla o mantenencias programadas de las unidades principales de la Central Tres Puentes (Turbinas a gas Titan, Mars y GE-4).



**Figura 1: Ubicación de Unidad TG Hitachi en Central Tres Puentes.**

En la Tabla 3 se muestran las principales características de la turbina TG Hitachi.

**Tabla 3: Características principales de la unidad TG Hitachi.**

<b>Marca</b>	<b>Hitachi-GE</b>
<b>Tipo</b>	Turbina a gas
<b>Combustible Principal</b>	Gas Natural
<b>Combustible de Emergencia</b>	Petróleo 2 (Diésel)
<b>Potencia Eléctrica</b>	24 MW
<b>Potencia Térmica</b>	92,8 MWt
<b>Año de Fabricación</b>	1975
<b>Año de puesta en servicio</b>	1985
<b>Ubicación georreferenciada UTM-N</b>	4114760.141
<b>Ubicación georreferenciada UTM-E</b>	372995.037

La producción de energía eléctrica en esta unidad se realiza en la modalidad de ciclo abierto, donde el combustible se quema en la cámara de combustión y los gases de salida se descargan a la atmósfera a través de un ducto rectangular a una temperatura cercana a los 420°C.

La UGE TG Hitachi cuenta con un CEMS, el cual está conformado por un analizador de NOx al que viene integrado un módulo para la determinación de las concentraciones de O<sub>2</sub>. Además del CEMS, la turbina cuenta con un sistema de medición de gas combustible compuesto por flujómetro Marca Actaris, modelo Fluxi 2300.



## 5. Acreditación del uso de combustible en la unidad TG Hitachi

Con el fin de dar cumplimiento al acápite 19 de la Resolución Exenta N°3 / ROL F-007-2020 y dar cuenta del tipo de combustible con que operó la turbina Hitachi durante los trimestres 2, 3 y 4 del año 2016, se contrastan tres fuentes de información:

- Registro del Flujómetro de la fuente.
- Facturas emitidas por GASCO.
- Registro del CEMS.

Sobre la base a la información presentada, se demostrará que el consumo total de combustible registrado por el CEMS es equivalente al consumo de gas natural facturado por GASCO y el registrado por el flujómetro de la UGE.

### 5.1 Registro de Flujómetros de la fuente

A continuación, se presenta en la Tabla 4 el resumen trimestral de los consumos de combustible registrados por los flujómetros operativos en cada una de las fuentes que conforman la Central Tres Puentes (Solar Titan N°3, Solar Mars N°3, Solar Titan N°5, General Electric 4 y TG Hitachi 1). Para mayor detalle consultar el Anexo A del presente documento, en el cual se encuentran disponibles los registros diarios de los flujómetros para cada uno de los meses en estudio.

**Tabla 4: Consumo de gas natural registrado por los flujómetros para los trimestres 2, 3 y 4 del 2016.**

Trimestre	Consumo gas Natural Turbina Hitachi [m³/trimestre]	Consumo Total de gas natural para las 5 turbinas <sup>(*)</sup> registrado por los flujómetros [m³/trimestre]
2	8.907.275	22.211.680
3	7.150.746	23.261.480
4	2.358.933	18.250.325
<b>Total</b>	<b>18.416.954</b>	<b>63.723.485</b>

(\*): Las 5 turbinas se encuentran conformadas por los siguientes equipos: Solar Titan N°3, Solar Mars N°3, Solar Titan N°5, General Electric 4 y TG Hitachi 1.

## 5.2 Facturas de GASCO

Otro medio de registro para la acreditación del consumo de gas natural en la unidad TG Hitachi son las facturas emitidas por GASCO, empresa encargada de entregar el suministro de gas natural a EDELMAG para cada una de las turbinas de la Central. A partir de las facturas emitidas durante los trimestres 2, 3 y 4 del año 2016 es posible obtener los resultados presentados en la Tabla 5.

**Tabla 5: Consumo de gas natural facturado por GASCO.**

Trimestre	Consumo de gas Natural facturado por GASCO [m³/trimestre]
<b>2</b>	22.713.866
<b>3</b>	23.323.365
<b>4</b>	18.296.296
<b>Total</b>	<b>61.333.527</b>

En Anexo B se presenta el detalle de estas facturas.

### 5.2.1 Distribución de consumos

De acuerdo con lo mencionado en el inciso anterior, las facturas entregadas por GASCO indican el consumo total de gas natural para el periodo analizado. Sin embargo, es necesaria la distribución de consumos por turbina, el cual no es registrado en la factura.

A continuación, se presenta la metodología utilizada para la obtención del consumo independiente de cada turbina de la Central, incluida la TG Hitachi, fuente en estudio.

- A partir de los consumos mensuales registrados para cada turbina por su flujómetro correspondiente, se obtiene el **consumo total del mes** como la suma de los consumos independientes de cada UGE.

$$\text{Consumo mensual de las 5 turbinas de la Central} = \sum_{i=1}^5 \text{Consumos individuales mensuales}$$

Donde:

*Consumo mensual de las 5 turbinas de la Central:* Consumo de gas natural mensual de las cinco turbinas (Titan N°3, Hitachi 1, Solar Mars 3, Genera Electric-4 y Titan N°5).

$\sum_{i=1}^5$  *Consumos individuales mensuales*: Consumos mensuales individuales de gas natural medidos a través de flujómetros.

- Considerando el consumo total del mes se calcula el **porcentaje de consumo mensual** para cada turbina, el cual se obtiene como la fracción entre el consumo mensual del equipo y el consumo total del mes. El resultado se expresa en porcentaje.

$$\text{Porcentaje de consumo mensual}_{ij} = \frac{\text{Consumo de gas natural mensual}_{ij}}{\text{Consumo mensual de las 5 turbinas de la Central}_j}$$

Donde:

*Porcentaje de consumo mensual<sub>ij</sub>*: Porcentaje que indica la proporción del consumo de gas natural de un mes j (con j= abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre o diciembre) y de una turbina i (con i= Titan N°3, Hitachi 1, Solar Mars 3, Genera Electric-4 y Titan N°5), en el total del consumo de las 5 turbinas.

*Consumo de gas natural mensual<sub>ij</sub>*: Consumo de gas natural de la UGE i (con i= Titan N°3, Hitachi 1, Solar Mars 3, Genera Electric-4 y Titan N°5) en el mes j (j=abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre o diciembre).

*Consumo mensual de las 5 turbinas de la Central<sub>j</sub>*: Consumo mensual de gas natural de las 5 turbinas en el mes j (con j= abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre o diciembre).

- Finalmente, el **porcentaje de consumo mensual** de cada turbina se multiplica por el consumo mensual entregado por la factura obteniendo el consumo proporcional, según lo facturado por GASCO, para cada equipo.

$$\begin{aligned} &\text{Consumo de la turbina}_i \text{ facturado en el mes}_j \\ &= \text{Porcentaje de consumo mensual}_{ij} \cdot C_{\text{FACTURA}_j} \end{aligned}$$

Donde:

*Consumo de la turbina<sub>i</sub> facturado en el mes<sub>j</sub>*: Consumo de gas natural de la turbina i (con i= Titan N°3, Hitachi 1, Solar Mars 3, Genera Electric-4 y Titan N°5) en el mes j de acuerdo con el total de la factura.

*Porcentaje de consumo mensual<sub>ij</sub>*: Porcentaje de consumo mensual para la turbina i (con i= Titan N°3, Hitachi 1, Solar Mars 3, Genera Electric-4 y Titan N°5) en el mes j.

$C_{FACTURA_j}$ : Consumo de gas natural facturado por GASCO en el mes j.

En el Anexo C se presenta el detalle del cálculo para el consumo de gas natural en cada una de las turbinas pertenecientes a la Central y para cada trimestre de estudio.

## 5.2.2 Consumo Turbina Hitachi

A partir de la metodología descrita en el punto anterior se obtienen los consumos equivalentes de gas natural, según la información de las facturas, para la turbina Hitachi. El detalle se presenta en la Tabla 6. Además, es posible observar el consumo total de gas natural facturado por GASCO a la Central Tres Puentes como un todo.

**Tabla 6: Consumo de gas natural trimestral obtenido por las facturas de GASCO.**

Trimestre	Consumo de gas natural de la Turbina Hitachi N°1 [m³/trimestre]	Consumo total de gas natural facturado [m³/trimestre]
<b>2</b>	9.073.486	22.713.866
<b>3</b>	7.166.692	23.323.365
<b>4</b>	2.360.492	18.296.296
<b>Total</b>	<b>18.600.669</b>	<b>61.333.527</b>

## 5.3 Registro del CEMS

A partir de los registros del CEMS de la unidad TG Hitachi, es factible conocer los consumos de gas natural trimestrales de dicha fuente, los cuales se muestran en la Tabla 7. Para mayor detalle se puede consultar el Anexo D “Data Horaria 2016”.

**Tabla 7: Consumo de gas natural registrado por el CEMS de la turbina Hitachi para los trimestres 2, 3 y 4 del 2016.**

Trimestre	Consumo de Gas Natural Registrado por el CEMS de la unidad TG Hitachi [m³/trimestre]
<b>2</b>	8.420.647
<b>3</b>	6.624.484
<b>4</b>	2.158.300
<b>Total</b>	<b>17.203.431</b>

Por otra parte, el CEMS registra el tipo de combustible utilizado en la fuente, junto al estado de funcionamiento. A partir de este registro, es posible indicar que, de las 2.941 horas de funcionamiento de la turbina, salvo un caso particular, el 100% de ellas la fuente registra consumo de Gas Natural.

## 5.4 Resultados

A partir de los tres escenarios descritos anteriormente, se construye la Tabla 8 a modo de resumen, la cual muestra los consumos de gas natural registrados por el CEMS, los consumos reflejados por la facturación de GASCO y el registro de gas natural del flujómetro instalado en dicha fuente.

**Tabla 8: Consumos de gas natural de la turbina Hitachi para los tres escenarios de análisis.**

Trimestre	Consumo de Gas Natural Turbina Hitachi [m³/trimestre]			Variación Porcentual
	Flujómetro	Facturas	CEMS	
<b>2</b>	8.907.275	9.073.486	8.420.647	6%
<b>3</b>	7.150.746	7.166.692	6.624.484	7%
<b>4</b>	2.358.933	2.360.492	2.158.300	9%
<b>Total</b>	<b>18.416.954</b>	<b>18.600.669</b>	<b>17.203.431</b>	<b>7,3%</b>

El registro de consumo de gas natural obtenido a partir del flujómetro y los registros obtenidos a partir del CEMS para los trimestres 2, 3 y 4 del año 2016, difieren en aproximadamente un 10% del valor informado en las facturas de GASCO para el mismo periodo.

El CEMS, por su parte no registra operación de la fuente con un combustible distinto a gas natural, salvo un único registro horario detectado con Petróleo 2 que tiene asociado régimen “Disponible sin Despacho” (DSD) en el cual la fuente no se encuentra en operación. Este evento puntual se encuentra asociado además a un flujo de 0 m³, lo que hace coherente no considerarlo como un dato válido.

## **6 Conclusiones**

Durante el año 2016, y entre los meses de abril y diciembre, el CEMS registró el uso de gas natural para la fuente el 99,9% del tiempo. Si bien existe en el periodo un registro de uso de Petróleo 2 durante una hora, se indica también que la turbina no se encontraba en régimen de operación y que el consumo de combustible se mantuvo en 0 m<sup>3</sup>.

Por otra parte, el CEMS registra un consumo de 17.203.431 m<sup>3</sup> durante el periodo evaluado, los cuales difieren en un 6,5% respecto a los consumos de gas natural obtenidos a partir de los flujómetros asociados a la turbina, y en un 7,5% con el total de consumo entregado por las facturas emitidas por GASCO.

A partir de la información obtenida del CEMS y su consistencia con la información registrada por flujómetros y consumos facturados por GASCO es posible afirmar que la turbina Hitachi operó exclusivamente con gas natural en el periodo abril a diciembre del año 2016.

## **7 Anexos**

- A. Consumo diario de gas natural para el trimestre 1, 2 y 3 del año 2016.
- B. Facturas de GASCO para los trimestres 2, 3 y 4 del 2016.
- C. Balance para el consumo de combustible en el año 2016.
- D. Data Horaria Año 2016.