

## **ANEXO C**

### **RESULTADOS RECIENTES DE ENSAYOS DE POTENCIA EFECTIVA Y CONSUMOS ESPECIFICOS PONDERADOS**

**C1: RESULTADOS RECIENTES DE ENSAYOS DE POTENCIA EFECTIVA**

**C2: CONSUMOS ESPECIFICOS PONDERADOS**

**Se adjunta en medio magnético:**

- **Cuadro C-1.xls:** Cálculo de Consumos Específicos Ponderados de las Unidades Térmicas del SEIN.

## **C1: RESULTADOS RECIENTES DE ENSAYOS DE POTENCIA EFECTIVA**

- C.T. PACASMAYO (Sulzer 1 y Sulzer 2)
- C.T. ILO2 (TV-1)
- C.T. CHILINA (Sulzer 1, Sulzer 2, Ciclo combinado, TV2 y TV3) y C.T. MOLLENDO (Mirless 1, Mirless 2, Mirless 3, TG-1 y TG-2)
- C.T. TINTAYA (MAN1, MAN2, MAN3, MAN5, MAN6, MAN8)
- C.T. SANTA ROSA (UTI-5 y Westinghouse)
- C.T. SAN NICOLAS (CUMMINS)
- C.T. SANTA ROSA (UTI-6)
- C.T. AGUAYTIA (TG-2)



**ALFA PLUS S.A.C.**  
INGENIEROS

---

*Potencia Efectiva y  
Rendimiento de los Grupos  
Diesel Sulzer N°1 y Sulzer  
N°2 de la Central Térmica  
Pacasmayo*

---

**Energía Pacasmayo S.R.L.**

Lima, Julio de 2003

195

CUADRO N° 1-4

Análisis de Muestras de Combustible Grupos Diesel Sulzer N°1 y N°2	
Combustible	Residual 6
Gravedad Específica 60°F	0.9909
Gravedad Específica 90°F	1.0015
Poder Calorífico Bajo (BTU/lb)	17,223

Los resultados de las mediciones y de los cálculos efectuados a partir de los valores medidos aparecen en el CUADRO N° 1-5 y CUADRO N° 1-6, donde la potencia efectiva mostrada a diferentes niveles de cargas es la potencia bruta, es decir, considerando el consumo de los sistemas auxiliares. El CUADRO N° 1-1 contiene los resultados finales del informe; en él se encuentran las potencias declaradas así como aquellas a condiciones de ensayo, ISO y de Potencia Efectiva y sus correspondientes eficiencias térmicas. Se observa que la eficiencias de la unidad Sulzer N° 1 son mayores a los de la unidad Sulzer N° 2.

Los cuadros CUADRO N° 1-5 y CUADRO N° 1-6 contienen respectivamente el comportamiento de las Unidades Sulzer N° 1 y Sulzer N° 2, tanto a máxima carga como a cargas parciales. En ellos también se indica el consumo de combustible en vacío, así como los rendimientos del combustible (kWh/gal), consumos específicos de combustible (gr/kWh), consumos específicos de calor (kJ/kWh) y eficiencias térmicas para distintas cargas, que aproximadamente corresponden al 25%, 50%, 75% y 100% de las cargas nominales. Los valores incluidos corresponden a las condiciones de ensayo. Se ha tomado el promedio de los datos existentes, después de descartar algunos considerados como poco aceptables.

CUADRO N° 1-5

RESUMEN DE COMPORTAMIENTO A CARGAS NOMINALES			
Grupo Diesel Sulzer N° 1 - C.T. Pacasmayo			
POTENCIAS (kW)			
DECLARADA	EFFECTIVA	ENSAYO	ISO
7,900	7,928	7,781	8,077
Consumo en vacío (gal/min)			1.65565
COMPORTAMIENTO A CARGA PARCIAL Y TOTAL PARA CONDICIONES DE POTENCIA EFECTIVA (VALORES PROMEDIO)			
<i>Carga Nominal (kW)</i>			
1,975 kW	3,950 kW	5,925 kW	7,900 kW
<i>Potencia Efectiva (kW)</i>			
1,980	3,968	5,751	7,928
<i>Rendimiento [kWh/g]</i>			
8.15	13.75	14.51	14.74
<i>Consumo Específico Combustible gr/kWh</i>			
481	273	259	255
<i>Consumo Específico de Calor kJ/kWh</i>			
19,275	10,936	10,367	10,206
<i>Eficiencia Térmica %</i>			
19.54%	32.95%	34.77%	35.32%

## CUADRO N° 1-6

RESUMEN DE COMPORTAMIENTO A CARGAS NOMINALES			
Grupo Diesel Sulzer N° 2 - CT. Pacasmayo			
POTENCIAS (kW)			
DECLARADA	EFFECTIVA	ENSAYO	ISO
7,600	7,693	7,568	7,756
Consumo en vacío (gal/min)			1.61885
COMPORTAMIENTO A CARGA PARCIAL Y TOTAL PARA CONDICIONES DE POTENCIA EFFECTIVA (VALORES PROMEDIO)			
<i>Carga Nominal (kW)</i>			
1,900 kW	3,800 kW	5,700 kW	7,600 kW
<i>Potencia Efectiva (kW)</i>			
2,076	3,989	5,593	7,693
<i>Rendimiento [kWh/g]</i>			
9.01	12.45	13.88	14.66
<i>Consumo Específico Combustible gr/kWh</i>			
419	307	271	257
<i>Consumo Específico de Calor kJ/kWh</i>			
16,784	12,302	10,841	10,310
<i>Eficiencia Térmica %</i>			
21.59%	29.82%	33.26%	35.12%

Las mediciones de consumo de auxiliares dieron como resultado los siguientes valores, que incluyen el margen de error:

- Grupo Diesel Sulzer N° 1 : 237 kW  $\pm$  0.52 kW
- Grupo Diesel Sulzer N° 2 : 246 kW  $\pm$  0.54 kW

La potencia efectiva se obtuvo como la potencia bruta en bornes del generador sin restar el consumo de los sistemas auxiliares. El resultado final, incluyendo el margen de error, es el siguiente:

- Grupo Diesel Sulzer N° 1 : 7,928 kW  $\pm$  15.68 kW
- Grupo Diesel Sulzer N° 2 : 7,693 kW  $\pm$  14.92 kW

Los valores de comportamiento que se han calculado a partir de los valores medidos, se han recalculado a partir de valores ajustados para el consumo de combustible. Estos últimos provienen de una función lineal de ajuste entre la potencia neta y el consumo global de calor. Sus resultados aparecen en el CUADRO N° 1-7 para el Grupo Diesel Sulzer N° 1 y en el CUADRO N° 1-8 para el Grupo Diesel Sulzer N° 2.



<b>G. COMERCIAL</b>			Nº
DISTRIBUCION	ACC.	COM.	INF.
JV			
20 JUN. 2003			
LA			
IF			
JA			
CL			
ED			

**CENTRO DE CONSERVACIÓN DE  
ENERGIA Y DEL AMBIENTE**

**ENERSUR S.A.**

**“ESTUDIO DE DETERMINACIÓN DE LA  
POTENCIA EFECTIVA Y CURVAS DE  
RENDIMIENTO DE LA UNIDAD TV ILO 21  
DE LA C.T. ILO 2”**

**INFORME FINAL**

**San Borja, Junio del 2003**

**198**

COES-SINAC  
RECIBIDO  
24 JUN. 2003  
REGISTRO NRO. 1374  
DIRECCION DE OPERACIONES

## RESUMEN EJECUTIVO

Por encargo de **ENERSUR S.A.** y en cumplimiento del **Procedimiento PR-17 del COES SINAC**; **CENERGIA** ha efectuado el "Estudio de determinación de la potencia efectiva y curvas de rendimiento de la unidad TV ILO21 de la Central Térmica ILO21".

Como se sabe la potencia efectiva se define como aquella potencia máxima continua, entregada por la unidad, medida en bornes de generación (antes de servicios auxiliares), cuando opera a condiciones de potencia efectiva; es decir a las condiciones ambientales imperantes en el lugar (Ilo) de instalación de la unidad; que en este caso resultaron igual a:

**Cuadro N° 01**  
**Condiciones de Potencia Efectiva**

Parámetro	Valor
Temperatura ambiente	25,43 °C
Humedad relativa ambiente	69,4 %
Temperatura de fuente fría	16,65 °C

Para la elaboración de este estudio, se ha efectuado los ensayos de potencia y rendimiento de la unidad los días 13 y 14 de mayo del presente año, los que consistieron en dos pruebas; la prueba de potencia efectiva en las que se efectuaron mediciones de la potencia máxima durante cinco horas y con períodos de integración de 15 minutos y la prueba de rendimiento que consistió en mediciones de potencia y consumo de combustible a las siguientes cargas parciales: 55 MW, 73 MW, 88 MW, 100 MW, 120 MW, 135 MW y 141MW; en este caso el período de medición por carga fue de 2 horas con períodos de integración de 5 minutos. Paralelamente durante los ensayos se ha registrado la temperatura ambiente, humedad relativa ambiente y temperatura de agua de mar. También de instrumentación fija de la planta se ha registrado los parámetros que representan la condición de estabilidad de la unidad.

En base a los datos obtenido de los ensayos y aplicando los factores obtenidos de las curvas de corrección del fabricante y los que han sido de elaboración propia, se han obtenido los valores de la potencia efectiva y los índices ligados al consumo de combustible; incluido el rendimiento a las diferentes condiciones de carga.

El combustible utilizado por la unidad durante los ensayos fue carbón bituminoso importado de Colombia que tiene las siguientes características:

**Cuadro N° 02**  
**Características del Combustible Utilizado en las Pruebas**

Tipo	Carbón bituminoso, tipo CO.LLS.02.02
Poder Calorífico inferior (kJ/kg)	26 118
Densidad (gr/cc)	1,2

A continuación se presenta los resultados obtenidos:

1. La potencia efectiva resultó igual a:

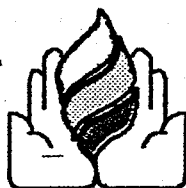
**Cuadro N° 03**  
**Resultados de la Prueba de Potencia Efectiva**

Potencia de Ensayo (kW)	Potencia en Auxiliares (kW)	Potencia Efectiva (kW)	Desviación (%)
141 124,8	10 531,5	141 076,8	0,2

2. Los diferentes índices relacionados al consumo de combustible de esta unidad, llevados a las condiciones de potencia efectiva bruta y considerando los factores de corrección sobre el consumo específico de calor que estipula el fabricante son los que se indican en el siguiente cuadro.

**Cuadro N° 04**  
**Resultados de la Prueba de Rendimiento**  
**a Condiciones de Potencia Efectiva**

Valores Referidos a la Potencia Bruta					
Condición de Carga		Consumo de Combustible (kg/h)	Rendimiento (kWh/kg)	Consumo Específico Calor - Hr (kJ/kWh)	Eficiencia (%)
%	kW				
39	55 000	20 649,20	2,6635	9 805,74	36,77
52	73 000	26 146,40	2,7920	9 354,68	38,55
62	88 000	30 727,40	2,8639	9 119,75	39,54
71	100 000	34 392,20	2,9076	8 982,55	40,14
85	120 000	40 500,20	2,9629	8 814,87	40,91
96	135 000	45 081,20	2,9946	8 721,71	41,34
100	141 076,8	46 937,05	3,0057	8 689,61	41,50



CENERGÍA

CENTRO DE CONSERVACIÓN DE  
ENERGÍA Y DEL AMBIENTE

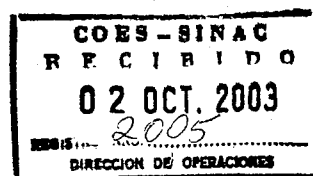
**EGASA**

**“ESTUDIO DE DETERMINACION DE LA  
POTENCIA EFECTIVA Y CURVAS DE  
RENDIMIENTO DE LAS UNIDADES DE  
GENERACIÓN DE LAS CENTRALES  
TERMICAS CHILINA Y MOLLENDO**

**INFORME FINAL**

Lima, Septiembre 2003

201



## RESUMEN EJECUTIVO

Por encargo de EGASA y en cumplimiento del Procedimiento PR-17 del COES SINAC, CENERGIA ha efectuado el "Estudio de determinación de la potencia efectiva y curvas de rendimiento de las unidades de generación de las Centrales Térmicas Chilina y Mollendo".

Como se sabe la potencia efectiva se define como aquella potencia máxima continua, entregada por la unidad, medida en bornes de generación (antes de servicios auxiliares), cuando opera a condiciones de potencia efectiva; es decir a las condiciones ambientales imperantes en el lugar de instalación de las unidades de generación (Arequipa y Mollendo); que en este caso resultaron igual a :

**Cuadro N°1**  
**Condiciones de Potencia Efectiva de las**  
**Centrales Térmicas Chilina y Mollendo**

PARÁMETRO	Lugar	
	Arequipa	Mollendo
Temperatura ambiente (°C)	22,36	20,00
Humedad relativa ambiente (%)	30,25	78,77

Para el caso de las turbinas a vapor se ha considerado además, 13,5° C como temperatura de fuente fría (temperatura del agua del Río Chili).

Para la elaboración de este estudio, de acuerdo al Procedimiento 17 del COES-SINAC, se han efectuado los ensayos de potencia efectiva y rendimiento respectivos en el período comprendido entre el 15 y 16 de Julio en la Central Térmica Mollendo y entre el 17 y 19 de julio en la Central Térmica Chilina.

Estos ensayos consistieron en dos pruebas; la prueba de potencia efectiva en las que se efectuaron mediciones de la potencia máxima durante cinco horas y con períodos de integración de 15 minutos y la prueba de rendimiento que consistió en mediciones de potencia y consumo de combustible a diferentes cargas parciales incluidos la plena carga y el vacío; en este caso el período de medición por carga fue de también de 15 minutos con períodos de integración de 1 minuto.

Paralelamente durante los ensayos se ha registrado la temperatura ambiente y humedad relativa ambiente y adicionalmente en el caso de las turbinas a vapor la temperatura de agua de enfriamiento.

En base a los datos obtenido de los ensayos y aplicando los factores de corrección por condiciones ambiente, se han obtenido los valores de la potencia efectiva y los índices ligados al consumo de combustible; incluido el rendimiento a las diferentes condiciones de carga.

Los combustibles utilizados por las unidades durante los ensayos fueron: petróleo diesel N° 2 (D-2) en las turbinas a gas, petróleo residual N° 500 (R-500) en los motores Mirreles Blackstone y las calderas de las turbinas a vapor 2 y 3 y; mezcla de petróleo R-500 y D-2 (en una proporción de 9:1) en los motores Sulzer. Las características de estos combustibles son los que se indican en el siguiente cuadro.

202

**Cuadro N° 2  
CARACTERÍSTICAS DE LOS COMBUSTIBLES  
UTILIZADOS EN LAS PRUEBAS**

CARACTERÍSTICAS	Tipo de Combustible		
	Petróleo Diesel 2	Mezcla Petróleo R500-D2	Petróleo Residual 500
Poder Calorífico Inferior (KJ/KG)	42 239	40 984	40 686
Gravedad Especifica @ 60/60°F	0,8597	0,9657	0,9868

A continuación se presenta los resultados obtenidos:

1. En el Cuadro N° 3, se indica los resultados de la prueba de potencia efectiva de las unidades de generación de las Centrales Térmicas Chilina y Mollendo.

**Cuadro N° 3  
RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE POTENCIA EFECTIVA  
EN LAS CC.TT. CHILINA Y MOLLENDO**

UNIDAD DE GENERACION	POTENCIA DE ENSAYO (kW)	POTENCIA EN AUXILIARES (kW)	POTENCIA EFECTIVA (kW)	DESVIACION (%)
<b>CENTRAL TERMICA CHILINA</b>				
SULZER 1	5 118,1	145,2	5 101,1	0,47
SULZER 2	5 201,9	145,2	5 182,8	0,94
TG EN CICLO COMBINADO	18 778,6	544,8	18 701,66	0,50
TURBOVAPOR 2	6 786,5	513,4	6 785,75	2,6
TURBOVAPOR 3	10 088,8	750,0	10 102,68	1,7
<b>CENTRAL TERMICA MOLLENDO</b>				
MIRRLLEES 1	10 547,2	319,8	10 477,3	0,36
MIRRLLEES 2	10 615,9	319,8	10 551,0	0,42
MIRRLLEES 3	10 533,7	319,8	10 433,2	0,58
TG - 1A	36 523,4	88,2	35 219,5	0,27
TG - 1B	36 379,5	85,7	35 802,6	1,61

2. Los diferentes índices relacionados al consumo de combustible de las unidades de la Central Térmica Chilina, referidos a la potencia efectiva son los que se indican en el siguiente cuadro.

**Cuadro N° 4  
RESULTADOS DE LA PRUEBA DE RENDIMIENTO EN LA CENTRAL TERMICA CHILINA**

CONDICIÓN DE CARGA		CONSUMO DE COMBUSTIBLE (gal/h)	CONSUMO ESPECÍFICO COMBUSTIBLE (gr/kWh)	RENDIMIENTO (kWh/gal)	CONSUMO ESPECÍFICO CALOR - HR (kcal/kWh)	EFICIENCIA (%)
%	kW					
<b>GRUPO DIESEL SULZER 1</b>						
0	0,00	31,72		0,00		0,00
25	1 275,28	101,99	292,32	12,50	2 862,03	30,05
50	2 550,56	172,26	246,86	14,81	2 416,94	35,58
75	3 825,84	242,53	231,71	15,77	2 268,57	37,91
100	5 101,1	312,79	224,13	16,31	2 194,39	39,19
<b>GRUPO DIESEL SULZER 2</b>						
0	0,00	29,53		0,00		0,00
25	1 295,71	103,25	291,27	12,55	2 851,75	30,16
50	2 591,42	176,98	249,63	14,64	2 444,01	35,19
75	3 887,13	250,70	235,74	15,50	2 308,09	37,26
100	5 182,8	324,43	228,80	15,98	2 240,14	38,39

Determinación de la potencia efectiva y curvas de rendimiento de las unidades generadoras pertenecientes a las Centrales Térmicas de EGASA



203

TURBINA A GAS EN CICLO COMBINADO						
0	0,00	634,38		0,00		0,00
25	4 675,42	868,15	604,21	5,39	6 083,13	14,14
50	9 350,83	1 101,92	383,45	8,49	3 860,58	22,28
75	14 026,25	1 335,69	309,87	10,50	3 119,73	27,57
100	18 701,66	1 569,46	273,08	11,92	2 749,30	31,28
TURBINA A VAPOR 2						
0	0,00	65,64		0,00		0,00
25	1 696,44	237,83	523,63	7,13	5 077,96	16,94
50	3 392,88	410,02	451,37	8,27	4 377,18	19,65
75	5 089,31	582,21	427,28	8,74	4 143,59	20,75
100	6 785,75	754,40	415,24	8,99	4 026,80	21,36
TURBINA A VAPOR 3						
0	0,00	147,25		0,00		0,00
25	2 525,67	381,88	564,74	6,61	5 476,63	15,70
50	5 051,34	616,52	455,86	8,19	4 420,77	19,45
75	7 577,01	851,15	419,57	8,90	4 068,82	21,14
100	10 102,68	1 085,79	401,42	9,30	3 892,84	22,09

3. Los diferentes índices relacionados al consumo de combustible de las unidades de la Central Térmica Mollendo, referidos a la potencia efectiva son los que se indican en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 5  
RESULTADOS DE LA PRUEBA DE RENDIMIENTO EN LA CENTRAL TERMICA MOLLENDO

CONDICIÓN DE CARGA		CONSUMO DE COMBUSTIBLE (gal/h)	CONSUMO ESPECÍFICO COMBUSTIBLE (gr/kWh)	RENDIMIENTO (kWh/gal)	CONSUMO ESPECÍFICO CALOR - HR (kcal/kWh)	EFICIENCIA (%)
%	kW					
GRUPO DIESEL MIRRLEES 1						
0	0,00	40,01		0,00		0,00
25	2 619,34	180,93	258,00	14,48	2 501,94	34,37
50	5 238,67	321,85	229,47	16,28	2 225,31	38,65
75	7 858,01	462,77	219,96	16,98	2 133,10	40,32
100	10 477,30	603,69	215,21	17,36	2 086,99	41,21
GRUPO DIESEL MIRRLEES 2						
0	0,00	38,56		0,00		0,00
25	2 637,74	175,46	248,45	15,03	2 409,35	35,69
50	5 275,49	312,36	221,15	16,89	2 144,61	40,10
75	7 913,23	449,26	212,05	17,61	2 056,36	41,82
100	10 551,00	586,16	207,50	18,00	2 012,23	42,74
GRUPO DIESEL MIRRLEES 3						
0	0,00	37,03		0,00		0,00
25	2 608,30	172,40	246,87	15,13	2 394,08	35,92
50	5 216,60	307,77	220,36	16,95	2 136,97	40,24
75	7 824,90	443,14	211,52	17,66	2 051,27	41,93
100	10 433,20	578,51	207,11	18,03	2 008,41	42,82
TURBINA A GAS TG - 1*						
0	0,00	910,35		0,00		0,00
25	8 804,87	1 490,59	550,87	5,91	5 546,09	15,51
50	17 609,75	2 070,83	382,65	8,50	3 852,51	22,32
75	26 414,62	2 651,07	326,58	9,96	3 287,98	26,16
100	35 219,50	3 231,31	298,54	10,90	3 005,71	28,61
TURBINA A GAS TG - 1B						
0	0,00	835,70		0,00		0,00
25	8 950,64	1 421,07	516,62	6,30	5 201,32	16,53
50	17 901,28	2 006,44	364,72	8,92	3 671,93	23,42
75	26 851,92	2 591,82	314,08	10,36	3 162,14	27,202
100	35 802,56	3 177,19	288,76	11,27	2 907,24	29,58

204



**CENTRO DE CONSERVACIÓN DE  
ENERGIA Y DEL AMBIENTE**

# **BHP TINTAYA S.A.**

**“ESTUDIO DE DETERMINACIÓN DE LA  
POTENCIA EFECTIVA Y CURVAS DE  
RENDIMIENTO DE LAS UNIDADES DE  
GENERACIÓN MAN N° 1, 2, 3, 5, 6 Y 8  
DE LA CENTRAL TERMICA TINTAYA”**

**INFORME FINAL**

**San Borja, Octubre del 2003**

205

<b>COES - SINAC</b>
<b>R E C I B I D O</b>
<b>13 NOV. 2003</b>
REGISTRO NRO. <u>2331</u>
DIRECCION DE OPERACIONES

## RESUMEN EJECUTIVO

En concordancia con el Procedimiento N° 17 del COES SINAC, CENERGIA ha desarrollado el presente estudio de determinación de la potencia efectiva y las curvas de rendimiento de las unidades de generación MAN N° 1, 2, 3, 5, 6 y 8 de la Central Térmica Tintaya, perteneciente a la Empresa BHP Tintaya S.A.

El estudio ha sido desarrollado en dos fases; en la primera fase realizado entre el 09.10.03 y el 10.10.03 se efectuaron los ensayos o pruebas in situ de cada una de las unidades térmicas, con presencia de un representante del COES SINAC y de representantes de la empresa BHP Tintaya; en la segunda fase, se realizó la evaluación de los datos de ensayo los cuales se revisaron y se validaron en función a criterios técnicos previamente establecidos, con estos resultados y considerando la metodología que se establece en la Norma ISO 3046-1 para grupos diesel, se calculó la potencia efectiva y rendimiento a distintos niveles de cargas de cada una de las unidades ensayadas.

Para el presente estudio, se define como potencia efectiva de una determinada unidad termoeléctrica, a la potencia máxima continua (antes de los servicios auxiliares) entregada por la unidad, correspondiente a bornes de generación, cuando opera a condiciones de potencia efectiva y a máxima carga. Las condiciones de potencia efectiva corresponden a temperatura y humedad relativa ambiente imperante de la zona, definida como el promedio de los registros de temperatura máxima media mensual y humedad relativa media mensual de una data histórica de 20 años. La máxima carga es la que corresponde a lo que el operador de la planta determine como tal, sin incurrir en sobrecarga.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

1. La potencia determinada para cada unidad de generación ha sido la siguiente:

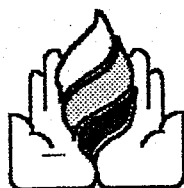
UNIDAD DE GENERACIÓN	POTENCIA DE ENSAYO (kW)	CONSUMO EN AUXILIARES (kW)	POTENCIA EFECTIVA (kW)
MAN N° 1	2 023	89	2 025
MAN N° 2	2 094	98	2 080
MAN N° 3	2 106	96	2 103
MAN N° 5	2 080	88	2 082
MAN N° 6	2 248	91	2 236
MAN N° 8	2 074	109	2 064

2. El consumo horario de combustible, rendimiento, consumo específico de combustible, consumo específico de calor y eficiencia de las unidades de generación MAN N° 1, 2, 3, 5, 6 y 8 evaluados son los que se indican a continuación:

206

UNIDAD	CARGA		Consumo horario de combustible gal/h	Rendimiento (kWh/gal)	Consumo específico combustible gr/kWh	Consumo específico calor - HR (kcal/kWh)	Eficiencia (%)
	%	KW					
MAN N° 1	0	0,00	16,27	0,00			0,00
	25	506,27	46,24	10,95	303,75	3 064,83	28,06
	50	1 012,55	76,21	13,29	250,31	2 525,63	34,05
	75	1 518,82	106,19	14,30	232,50	2 345,90	36,66
	100	2 025,10	136,16	14,87	223,59	2 256,03	38,12
MAN N° 2	0	0,00	17,58	0,00			0,00
	25	519,92	49,08	10,59	313,94	3 167,67	27,15
	50	1 039,83	80,59	12,90	257,73	2 600,54	33,07
	75	1 559,75	112,10	13,91	239,00	2 411,50	35,66
	100	2 079,66	143,60	14,48	229,63	2 316,97	37,12
MAN N° 3	0	0,00	16,99	0,00			0,00
	25	525,74	49,32	10,66	311,97	3 147,83	27,32
	50	1 051,49	81,65	12,88	258,25	2 605,72	33,00
	75	1 577,23	113,99	13,84	240,34	2 425,02	35,46
	100	2 102,97	146,32	14,37	231,38	2 334,66	36,84
MAN N° 5	0	0,00	16,60	0,00			0,00
	25	520,46	47,10	11,05	300,96	3 036,72	28,32
	50	1 040,91	77,60	13,41	247,92	2 501,51	34,38
	75	1 561,37	108,10	14,44	230,24	2 323,10	37,02
	100	2 081,82	138,60	15,02	221,40	2 233,90	38,50
MAN N° 6	0	0,00	21,33	0,00			0,00
	25	558,96	53,80	10,39	320,10	3 229,84	26,63
	50	1 117,93	86,28	12,96	256,66	2 589,68	33,21
	75	1 676,89	118,76	14,12	235,51	2 376,29	36,19
	100	2 235,86	151,23	14,78	224,93	2 269,60	37,89
MAN N° 8	0	0,00	19,17	0,00			0,00
	25	515,94	49,76	10,37	320,76	3 236,46	26,57
	50	1 031,88	80,36	12,84	258,98	2 613,12	32,91
	75	1 547,82	110,95	13,95	238,39	2 405,34	35,75
	100	2 063,76	141,55	14,58	228,09	2 301,45	37,37

- Del primer cuadro se puede concluir que la potencia efectiva de las unidades ensayadas se encuentran entre un mínimo de 2,025 kW, obtenido por la unidad MAN 1 y un máximo de 2,236 kW obtenido por la unidad MAN 6. La potencia efectiva total de las seis unidades ensayadas alcanzó los 12,590 kW; 478 kW menos (3,7% menos) que el que se obtuvo el año 2001.
- Del segundo cuadro se puede concluir que el rendimiento de las unidades a plena carga, varía entre 14,37 kWh/gal correspondiente a la unidad MAN 3 y 15,02 kWh/gal correspondiente a la unidad MAN 5. El rendimiento promedio de las unidades a plena carga, prácticamente no ha variado respecto a los resultados obtenidos el año 2001.



CENERGÍA

CENTRO DE CONSERVACIÓN DE  
ENERGÍA Y DEL AMBIENTE

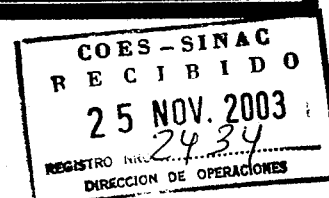
**EDEGEL S.A.A.**

**“ESTUDIO DE DETERMINACION DE LA POTENCIA  
EFECTIVA Y CURVAS DE RENDIMIENTO  
DE LAS UNIDADES DE GENERACIÓN DE  
LA CENTRAL TERMICA SANTA ROSA  
DE EDEGEL S.A.A.”**

**INFORME FINAL**

Lima, Noviembre 2003

208



## RESUMEN EJECUTIVO

Por encargo de EDEGEL y en cumplimiento del Procedimiento PR-17 del COES SEIN, CENERGIA ha efectuado el estudio "Determinación de potencia efectiva y curvas de rendimiento de las unidades de generación de la Central Térmica Santa Rosa de EDEGEL S.A.A.". Esta central térmica comprende seis turbinas a gas; de las cuales tres han sido dados de baja y por lo tanto este estudio comprende sólo las tres unidades restantes.

Tanto la ejecución de los ensayos, así como la elaboración del informe de este estudio ha sido desarrollado tomando como base el Procedimiento PR-17 del COES SEIN y la experiencia propia de CENERGIA en la elaboración de este tipo de estudios. Los resultados que se han obtenido son las siguientes:

1. Las potencias determinadas para las unidades de generación evaluadas, son las siguientes:

CUADRO N°1 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE POTENCIA EFECTIVA			
UNIDAD DE GENERACION	POTENCIA DE ENSAYO PROMEDIO (KW)	POTENCIA EN AUXILIARES (KW)	POTENCIA EFECTIVA (KW)
UTI - 5	50 734,9	95,5	52 018,5
UTI - 6	49 466,8	112,4	50 469,3
Westinghouse	120 799,7	237,8	121 331,0

2. El consumo horario de combustible, rendimiento, consumo específico de combustible, consumo específico de calor y eficiencia de las turbinas a gas evaluadas como unidad de generación se indican a continuación:

CUADRO N° 2 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE RENDIMIENTO							
UNIDAD	Carga		Consumo horario combustible gal/h	Rendimiento kWh/gal	Consumo específico combustible gr/kWh	Consumo específico calor - HR kcal/kWh	Eficiencia (%)
	%	kW					
UTI - 5	0	0,00	1 362,84	0,00			0,00
	25	13 004,62	2 221,15	5,85	553,50	5 629,39	15,28
	50	26 009,24	3 079,45	8,45	383,70	3 902,36	22,04
	65	33 812,02	3 594,43	9,41	344,51	3 503,82	24,54
	85	44 215,72	4 281,08	10,33	313,77	3 191,23	26,95
	100	52 018,49	4 796,06	10,85	298,79	3 038,85	28,30
UTI - 6	0	0,00	1 338,71	0,00			0,00
	25	12 617,33	2 146,22	5,88	551,25	5 606,46	15,24
	50	25 234,66	2 953,73	8,54	379,33	3 857,94	22,29
	65	32 805,06	3 438,23	9,54	339,65	3 454,43	24,90
	85	42 898,92	4 084,24	10,50	308,54	3 137,96	27,41
	100	50 469,32	4 568,75	11,05	293,37	2 983,68	28,82
Westinghouse	0	0,00	1 891,24	0,00			0,00
	25	30 332,75	3 799,17	7,98	405,90	4 128,19	20,83
	50	60 665,50	5 707,10	10,63	304,87	3 100,67	27,74
	65	78 865,15	6 851,86	11,51	281,56	2 863,55	30,03
	85	103 131,35	8 378,21	12,31	263,27	2 677,58	32,12
	100	121 331,00	9 622,62	12,61	257,02	2 613,99	32,90

(\*) Base Poder Calorífico Inferior (LHV)

Estudio de determinación de la potencia efectiva y curvas de rendimiento de las unidades de generación de la Central Térmica Santa Rosa - EDEGEL S.A.A. - COES SEIN.

(\*) No se debe considerar la Potencia Efectiva y Rendimiento de la Unidad UTI-6 dado que se realizó otra prueba el 12-DIC-03



209



**ALFA PLUS S.A.C.**  
INGENIEROS

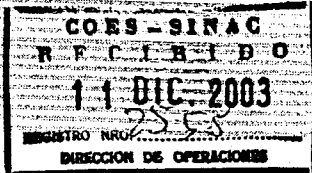
*Potencia Efectiva y  
Rendimiento del Grupo  
Diesel Onan Cummins de la  
Central Térmica San Nicolás*

**SHOUGESA**

12 DIC. 2003

210

Lima, Noviembre de 2003



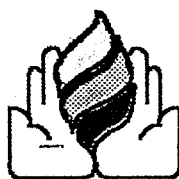
El CUADRO N° 1-4 contiene el comportamiento de la Unidad Onan Cummins, tanto a máxima carga como a cargas parciales. En el también se indica el consumo de combustible en vacío, así como los rendimientos del combustible (kWh/gal), consumos específicos de combustible (gr/kWh), consumos específicos de calor (kJ/kWh) y eficiencias térmicas para distintas cargas, que aproximadamente corresponden al 30%, 50%, 75% y 100% de las cargas nominales. Los valores incluidos corresponden a las condiciones de ensayo. Se ha tomado el promedio de los datos existentes, después de descartar algunos considerados como poco aceptables.

CUADRO N° 1-4

RESUMEN DE COMPORTAMIENTO A CARGAS NOMINALES			
CT. San Nicolas - Grupo Diesel ONAN CUMMINS			
POTENCIAS (kW)			
DECLARADA	EFFECTIVA	ENSAYO	ISO
1,250	1,241	1,258	1,350
Consumo en vacío (gal/min)			0.15685
COMPORTAMIENTO A CARGA PARCIAL Y TOTAL PARA CONDICIONES DE POTENCIA EFFECTIVA (VALORES PROMEDIO)			
<i>Carga Nominal (kW)</i>			
313 kW	625 kW	938 kW	1,250 kW
<i>Potencia Efectiva (kW)</i>			
371	614	935	1,241
<i>Rendimiento [kWh/gal]</i>			
13.31	13.42	15.28	15.60
<i>Consumo Específico Combustible gr/kWh</i>			
251	246	219	212
<i>Consumo Específico de Calor kJ/kWh</i>			
10,702	10,453	9,336	9,008
<i>Eficiencia Térmica %</i>			
34.30%	34.58%	39.37%	40.18%

La potencia efectiva se obtuvo como la potencia bruta en bornes del generador. El resultado final, incluyendo el margen de error es 1,241 kW  $\pm$  2.54 kW.

Los valores de comportamiento que se han calculado a partir de los valores medidos, se han recalculado a partir de valores ajustados para el consumo de combustible. Estos últimos provienen de una función lineal de ajuste entre la potencia neta y el consumo global de calor. Sus resultados aparecen en el CUADRO N° 1-5.



**CENERGÍA**

**CENTRO DE CONSERVACIÓN DE  
ENERGÍA Y DEL AMBIENTE**

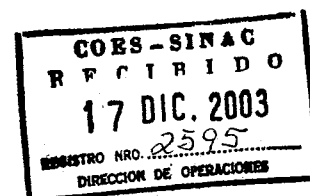
**EDEGEL S.A.A.**

**“ESTUDIO DE DETERMINACION DE LA POTENCIA  
EFECTIVA Y CURVAS DE RENDIMIENTO  
DE LA UNIDAD UTI-6 DE LA CENTRAL TERMICA  
SANTA ROSA DE EDEGEL S.A.A.”**

**INFORME FINAL**

Lima, Diciembre 2003

212



## RESUMEN EJECUTIVO

Por encargo de EDEGEL y en cumplimiento del Procedimiento PR-17 del COES SEIN, CENERGIA ha efectuado, durante el mes de noviembre del presente año el estudio "Determinación de potencia efectiva y curvas de rendimiento de las unidades de generación de la Central Térmica Santa Rosa de EDEGEL S.A.A." que comprendió a las unidades UTI 5, UTI 6 y Westinghouse.

Posterior a los ensayos efectuados como parte del estudio anterior, EDEGEL detectó una falla en el circuito de toma de carga de la unidad UTI 6, lo cual obligó a efectuar trabajos de reparación y mantenimiento luego de los cuales pidió al COES una nueva prueba de potencia efectiva y rendimiento de esta unidad y contrató nuevamente a CENERGIA para efectuar dichos ensayos; los mismos que se realizaron el día martes 02.12.03 y luego de los cálculos correspondientes se ha arribado a los resultados que se indican en el presente informe.

Tanto la ejecución de los ensayos, así como la elaboración del informe de este estudio han sido desarrollados tomando como base el Procedimiento PR-17 del COES SEIN y la experiencia propia de CENERGIA, en la elaboración de este tipo de estudios. Los resultados que se han obtenido son los siguientes:

1. Las potencias determinadas para la unidad de generación evaluada, son las siguientes:

Cuadro N°1 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE POTENCIA EFECTIVA			
UNIDAD DE GENERACIÓN	POTENCIA DE ENSAYO PROMEDIO (kW)	POTENCIA EN AUXILIARES (kW)	POTENCIA EFECTIVA (kW)
UTI - 6	51 285,1	110,7	53 790,4

2. El consumo horario de combustible, rendimiento, consumo específico de combustible, consumo específico de calor y eficiencia de la unidad evaluada (considerando la potencia efectiva bruta) se indica a continuación:

Cuadro N°2 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE RENDIMIENTO							
UNIDAD	Carga		Consumo horario combustible gal/h	Rendimiento kWh/gal	Consumo específico combustible gr/kWh	Consumo específico calor - HR kcal/kWh	Eficiencia (%)
	%	kW					
UTI - 6	0	0,00	1 294,86	0,00			0,00
	25	13 447,61	2 092,30	6,43	504,22	5 128,16	16,77
	50	26 895,22	2 889,75	9,31	348,20	3 541,33	24,28
	65	34 963,78	3 368,21	10,38	312,19	3 175,14	27,09
	85	45 721,87	4 006,17	11,41	283,95	2 887,93	29,78
	100	53 790,44	4 484,63	11,99	270,19	2 747,92	31,30

(\*) Base Poder Calorífico Inferior (LHV)

213



**CENERGIA**

**CENTRO DE CONSERVACIÓN DE  
ENERGIA Y DEL AMBIENTE**

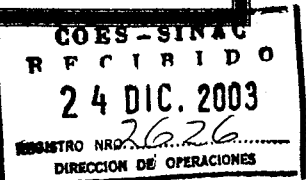
# **TERMOSELVA S.R.L.**

**“DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA  
EFECTIVA Y RENDIMIENTO DE LA  
UNIDAD TG-2 DE LA CENTRAL  
TERMOELÉCTRICA AGUAYTIA**

**INFORME FINAL**

**San Borja, Diciembre del 2003**

**214**



## RESUMEN EJECUTIVO

Por encargo de TERMOSELVA S.R.L. y en cumplimiento del Procedimiento PR-17 del COES SINAC, CENERGIA ha elaborado el estudio "Determinación de la potencia efectiva y curvas de rendimiento de la unidad TG-2 de la Central Térmica Aguaytia": el mismo que ha sido efectuado en base a los resultados de las pruebas efectuadas el día 03 de Noviembre del presente año.

El Objetivo de las pruebas ha sido medir la potencia y rendimiento a plena carga y las cargas parciales equivalentes a 6,5 MW, 20, 40 y 60 MW; a las denominadas "condiciones de sitio o medidas" que en nuestro caso la denominamos "condiciones de ensayo" que está referida a las condiciones ambiente del lugar registrada durante los ensayos.

El Objetivo de este informe es presentar los cálculos y resultados obtenidos para la potencia efectiva y el rendimiento a plena carga y cargas parciales; los mismos que han sido obtenidos ajustando mediante las curvas de comportamiento del fabricante, los valores correspondientes a las condiciones de ensayo para llevarlos a condiciones de potencia efectiva que, como sabemos está referida a la una condición promedio de una data histórica de 20 años.

Para este caso, se ha establecido las siguientes condiciones de potencia efectiva:

**Cuadro N° 1**  
**CONDICIONES DE POTENCIA EFECTIVA**

Temperatura	30,37 °C
Humedad relativa	87,30%

En cuanto a los rendimientos, ésta se ha determinado a partir de las mediciones de potencia eléctrica (KW) y consumo de combustible que en este caso fue el gas natural proveniente de los yacimientos de Aguaytia (MPCstd/h). Para determinar la eficiencia (%) y el consumo específico de calor o Heat Rate (KJ/KWh ó BTU/kWh) se ha considerado el poder calorífico bajo (LHV), obtenido de los resultados de los análisis en laboratorio de las muestras tomadas durante los ensayos. Al respecto es conveniente aclarar que, se tomaron tres muestras, las cuales se evaluaron en los laboratorios de PETROPERU, MAPLE GAS y CORE LAB (EE.UU.). De las muestras remitidas se ha considerado los resultados de CORE LAB por demostrar un espectro más amplio en el análisis de los componentes del gas.

**Cuadro N° 2**  
**ANALISIS DE COMBUSTIBLE**

Característica	Unidad	TG-2
Poder Calorífico Bruto - HHV	BTU/PCstd	995,70
Poder Calorífico Neto - LHV	BTU/PCstd	899,00
Gravedad Específica (a 60°F - 1 atm.)		0,65831

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores se han efectuado los cálculos correspondientes y se han obtenido los siguientes resultados:

215

## 1. Resultados de la prueba de potencia efectiva

**Cuadro N° 3**  
**POTENCIAS DE LA TG 2 DE LA C.T. AGUAYTIA**  
**A LAS DIFERENTES CONDICIONES INDICADAS**

POTENCIAS (kW)			
ENSAYO(*)	ISO	EFFECTIVA	AUXILIARES
79 335,9	85 578,7	78 146,2	210,9

(\*) El ensayo fue realizado el 03 de 11 de 2003

Tomando en cuenta el nivel de incertidumbre atribuible a la precisión del registrador de potencia (0,2), se obtiene como resultado definitivo para la potencia efectiva lo siguiente:

**Potencia efectiva de la unidad TG 2 : 78 146,2 kW ± 156 kW**

## 2. Resultados de la prueba de rendimiento

**Cuadro N° 4**  
**INDICES RELACIONADOS AL CONSUMO DE COMBUSTIBLE**  
**A DIFERENTES CONDICIONES DE CARGA - BRUTA**

Parámetro	Unidad	Carga (kW)				
		6251.70	19536.56	39073.2	58609.67	78146.23
Consumo de combustible	MPCstd/h	275.41	393.37	566.86	740.34	913.83
Rendimiento	KWh/MPCstd	22.70	49.66	68.93	79.17	85.52
Consumo específico de combustible	MPCstd/kWh	0.0440	0.0201	0.0145	0.0126	0.0117
Consumo específico de calor - LHV	KJ/kWh	41785.65	19099.04	13761.33	11981.67	11092.00
	BTU/kWh	39603.50	18101.64	13042.68	11355.96	10512.75
Eficiencia térmica - LHV	%	8.62	18.85	26.17	30.05	32.46

216



8210 Mosley Rd.  
Houston, TX 77075  
713 943-9776 Telephone  
713 943-3846 Facsimile

# CORE LABORATORIES

DAVID ARMSTRONG  
AGUAYTIA DEL PERU  
CAMINO REAL 111, PISO 10  
LIMA,

Sample Number: 134931-001  
Sample Date: 11/3/03  
Date Reported: 12/2/03  
Date Received: 12/1/03  
Sample ID: Fuel Gas-TG12 Power Plant Sample # 1  
Description:

## Analytical Report

Test	Result	Units	Method	Date	Analyst
<b>Natural Gas Analysis, Extended</b>					
Oxygen	0.02	Mol %	GPA 2261-95	12/2/03	TL
Nitrogen	5.91	Mol %			
Carbon Dioxide	3.16	Mol %			
Methane	83.18	Mol %			
Ethane	6.61	Mol %			
Propane	0.62	Mol %			
Isobutane	0.11	Mol %			
n-Butane	0.13	Mol %			
Isopentane	0.06	Mol %			
n-Pentane	0.05	Mol %			
Hexanes Plus	0.15	Mol %			
Total	100.00	Mol %			
Relative Density	0.65831		GPA 2172-96		
Compressibility Factor	0.99765				
Gross Heating Value (Dry/Real)	995.7	BTU/CF 14.69			
Net Heating Value (Dry)	899.0	BTU/CF (Real)			
2,2-Dimethylbutane	0.003	Mol %	GPA 2286-95		
2-Methyl Pentane	0.018	Mol %			
3-Methyl Pentane	0.014	Mol %			
n-Hexane	0.023	Mol %			
Methylcyclopentane	0.003	Mol %			
Benzene	0.007	Mol %			
Cyclohexane	0.003	Mol %			
2-Methyl Hexane	0.006	Mol %			
3-Methyl Hexane	0.005	Mol %			
Dimethylcyclopentanes	0.002	Mol %			
n-Heptane	0.011	Mol %			

The analytical results, opinions or interpretations contained in this report are based upon information and material supplied by the client for whose exclusive and confidential use this report has been made. The analytical results, opinions or interpretations expressed represent the best judgment of Core Laboratories. Core Laboratories, however, makes no warranty or representation, express or implied, of any type, and expressly disclaims same as to the productivity, proper operations or profitability of any oil, gas, coal, or other mineral, property, well or sand in connection with which such report is used or relied upon for any reason whatsoever. This report shall not be reproduced, in whole or in part, without the written approval of Core Laboratories.



8210 Mosley Rd.  
Houston, TX 77075  
713 943-9776 Telephone  
713 943-3846 Facsimile

# CORE LABORATORIES

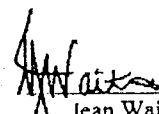
DAVID ARMSTRONG  
AGUAYTIA DEL PERU  
CAMINO REAL 111, PISO 10  
LIMA,

Sample Number: 134931-001  
Sample Date: 11/3/03  
Date Reported: 12/2/03  
Date Received: 12/1/03  
Sample ID: Fuel Gas-TG12 Power Plant Sample # 1  
Description:

## Analytical Report

Test	Result	Units	Method	Date	Analyst
Methylcyclohexane	0.005	Mol %			
Trimethylcyclopentanes	< 0.001	Mol %			
Toluene	0.003	Mol %			
2-Methylheptane	0.003	Mol %			
3-Methylheptane	0.002	Mol %			
Dimethylcyclohexanes	0.005	Mol %			
n-Octane	0.006	Mol %			
Ethyl Benzene	< 0.001	Mol %			
Xylenes (Total)	0.003	Mol %			
C9 Naphthenes	< 0.001	Mol %			
C9 Paraffins	0.002	Mol %			
n-Nonane	0.004	Mol %			
Decanes Plus	0.022	Mol %			
Hexanes Plus Mol Wt	102.3	##/#-mol			
Hexanes Plus Relative Density	0.7162	60/60			
Hexanes Plus Heating Value	5534.7	BTU/CF (Ideal			
Hexanes Plus Vapor Equivalent	22.15	CF/gal			

Approved By: \_\_\_\_\_

  
Jean Waits  
Supervising Chemist

The analytical results, opinions or interpretations contained in this report are based upon information and material supplied by the client for whose exclusive and confidential use this report has been made. The analytical results, opinions or interpretations expressed represent the best judgment of Core Laboratories. Core Laboratories, however, makes no warranty or representation, express or implied, of any type, and expressly disclaims same as to the productivity, proper operations or profitability of any oil, gas, coal, or other mineral property, well or sand in connection with which such report is used or relied upon for any reason whatsoever. This report shall not be reproduced, in whole or in part, without the written approval of Core Laboratories.

## **C2: CONSUMOS ESPECIFICOS PONDERADOS**

**CUADRO C-1**  
**CALCULOS DE CONSUMOS ESPECIFICOS PONDERADOS (\*)**

EMPRESA	CENTRAL TERMICA	UNIDAD	POTENCIA EFECTIVA (KW)	Consumo Especifico (kg/kWh)	
EGASA	CHILINA	SULZER 1	5 101	0,224	
		SULZER 2	5 183	0,229	
	<b>Total Sulzer Chilina</b>			10 284	0,227
	MOLLENDO	MIRLESS 1	10 477	0,215	
		MIRLESS 2	10 551	0,208	
		MIRLESS 3	10 433	0,207	
	<b>Total Mirless Mollendo</b>			31 461	0,210
	MOLLENDO	TURBO GAS 1	35 220	0,299	
		TURBO GAS 2	35 803	0,289	
	<b>Total TG Mollendo</b>			71 023	0,294
CNP	PACASMAYO SULZER	SULZER1	7 928	0,255	
		SULZER2	7 693	0,257	
		SULZER3	7 368	0,280	
	<b>Total Pacasmayo Sulzer</b>			22 989	0,264
EDEGEL	STA. ROSA	UT15	52 019	0,299	
		UT16	53 790	0,270	
	<b>Total Santa Rosa UTI</b>			105 809	0,284
SAN GABAN	TINTAYA	MAN 1	2 025	0,224	
		MAN 2	2 080	0,230	
		MAN 3	2 103	0,231	
		MAN 4	2 026	0,222	
		MAN 5	2 082	0,221	
		MAN 6	2 236	0,225	
		MAN 7	2 073	0,220	
		MAN 8	2 064	0,228	
	<b>Total Tintaya</b>			16 689	0,225

(\*) Actualización de consumos específicos ponderados por nuevos ensayos de Potencia Efectiva y Rendimiento