
	Documento: Informe Técnico	Código-revisión:2	25/10/2016
	Justificación Nivel Oxígeno Central Bocamina en Régimen.		Página 1/16
			CT Bocamina


**“INFORME JUSTIFICACION NIVEL DE OXIGENO EN CALDERA CENTRAL
BOCAMINA UNIDAD 1, FUNCIONANDO EN REGIMEN.”**

0	25/10/2016	M. Améstica. L		D. Contreras	M. Enero
		Chile	Chile	Chile	Chile
		Central Bocamina	CT Bocamina		TS Chile
Rev.	Date	Compilation/ Editing	Co-operations	Approval	Emission

	Documento: Informe Técnico	Código-revisión:1	25/10/2016
	Justificación Nivel Oxígeno		Página 2/16
			CT Bocamina

Contenido

1.	INTRODUCCIÓN	3
2.	OBJETIVO	4
3.	DESARROLLO	4
4.	CONCLUSION.....	11

	Documento: Informe Técnico	Código-revisión:1	25/10/2016
	Justificación Nivel Oxígeno		Página 3/16
			CT Bocamina

1. INTRODUCCIÓN

La Central Termoeléctrica Bocamina de propiedad de Endesa Chile está ubicada en la calle Pedro Aguirre Cerda N° 1013, Ciudad de Coronel, Región del Biobío.


Esta central termoeléctrica se compone de dos unidades de generación, Unidad 1 de 128 MW y Unidad 2 de 350 MW. Ambas unidades funcionan en base a carbón pulverizado, e inyectan su energía al Sistema Interconectado Central (SIC) de Chile.

En junio de 2015, la SMA mediante RES.EX.N°1/ROL F-016-2015 formuló cargos contra Central Bocamina por haber reportado 340 horas superando el límite de MP establecido en el D.S. N°13/11 durante el año 2014, en la Unidad N°1.

El problema que tuvo la Unidad para presentar esos reportes radicó en que el CEMS de MP, si bien contaba con su validación vigente, registró datos de calidad no asegurada que no estaban correctos. Ello, queda demostrado al revisar los 108 isocinéticos que realizó la planta durante el 2014.

Como una forma de comparar la situación real con la situación erróneamente reportada, se han desarrollado reportes trimestrales 2014 utilizando los datos de los isocinéticos antes mencionados, considerando para ello metodologías aprobadas por la SMA. Al revisar y comparar los datos CEMS con los datos obtenidos de las mediciones isocinéticas se ha identificado adicionalmente un error en la medición de oxígeno seco, pues se cuenta con valores mayores a los rangos normales de combustión en caldera, y además mayores a los valores determinados según las mediciones isocinéticas.

El presente informe explica porqué se han invalidado mediciones de oxígeno seco por sobre el 10% en los datos CEMS medidos y registrados durante el 2014.

	Documento: Informe Técnico	Código-revisión:1	25/10/2016
	Justificación Nivel Oxígeno		Página 4/16
			CT Bocamina

2. OBJETIVO

Explicar técnicamente cuál es el rango normal de concentraciones de oxígeno en chimenea cuando la Unidad N°1 está operando en régimen.

La evidencia permitirá demostrar el erróneo funcionamiento del CEMS de oxígeno seco con los altos niveles de oxígeno, mayor al 10%, que se reportaron con la Unidad en Régimen.


3. DESARROLLO

Las calderas de generación, para generar vapor, requieren una fuente de calor a una temperatura suficiente para producir el vapor requerido que permita transformar la energía calórica del combustible usado, en energía útil.

El combustible principal utilizado en la caldera de la Unidad 1 de Central Bocamina es carbón bituminoso.

La combustión de un combustible, carbón, se define como la rápida combinación química del oxígeno con los elementos combustibles presentes en el carbón; carbono, hidrógeno y, en menor medida, azufre por su baja liberación de calor en comparación con los anteriores.

El objetivo de una buena combustión es liberar toda la energía contenida en el carbón, minimizando las pérdidas por imperfecciones de la combustión y principalmente las que se producen debido al exceso de aire, mayor al recomendado por el fabricante, requerido para aportar el oxígeno necesario en este proceso.

	Documento: Informe Técnico	Código-revisión:1	25/10/2016
	Justificación Nivel Oxígeno		Página 5/16
			CT Bocamina


La combinación de los elementos combustibles, presentes en el carbón, con el oxígeno necesita:

- Temperatura lo suficientemente alta, para iniciar su encendido (temperatura de ignición).
- Mezcla o turbulencia suficiente para proveer un íntimo contacto entre el oxígeno presente en el aire de combustión y el combustible.
- Tiempo suficiente para completar el proceso de combustión.

Teniendo en cuenta las características anteriores, conocida como las tres T de la combustión, las calderas se diseñan para lograr que éstas sean los más eficiente posible a fin de liberar todo el calor del combustible (ecuación 2) y evitar las pérdidas asociadas a un excesivo uso del aire, las que para la Unidad 1 de Bocamina equivalen a un 4,75% del calor de entrada.

1. $C + 1/2 O_2 = CO$ combustión incompleta
2. $C + O_2 = CO_2$ combustión completa

En la práctica, para lograr una combustión completa y promover un adecuado contacto entre el combustible y el oxígeno, se requiere una cantidad de aire mayor al teórico, conocido como exceso de aire. El exceso de aire adecuado, se determina en las pruebas de rendimiento de las calderas y debe ser la menor cantidad para asegurar un máximo rendimiento. Durante la operación comercial, el % O_2 , se controla para obtener un adecuado consumo específico y una operación confiable y segura (evitar apagados de la caldera); y también para minimizar la formación de NO_x .

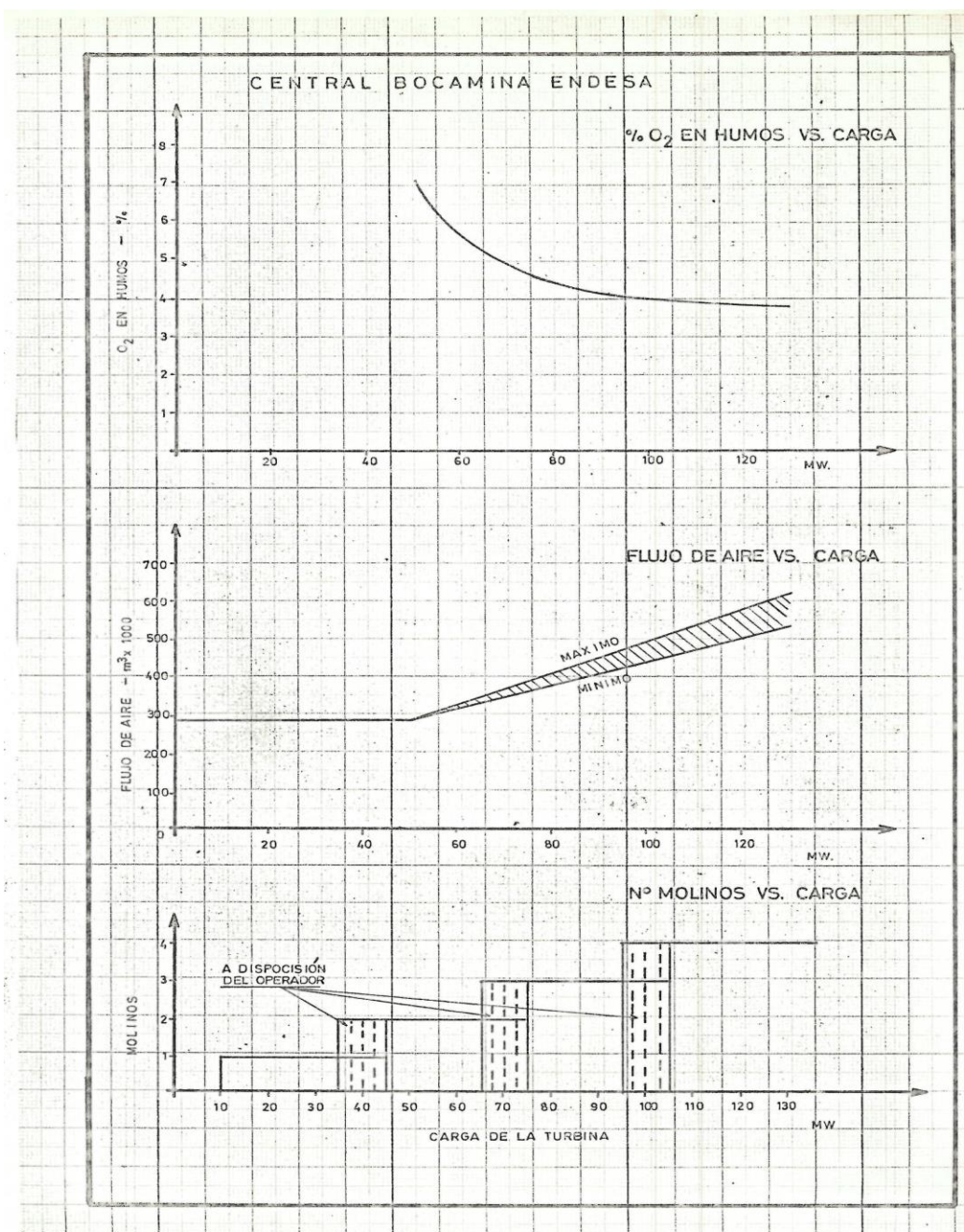
	Documento: Informe Técnico	Código-revisión:1	25/10/2016
	Justificación Nivel Oxígeno		Página 6/16
			CT Bocamina

El exceso de aire recomendado por los fabricantes de la caldera de la Unidad 1 de CT Bocamina, varía entre 20 a 30%, lo que significa entre un 3,68 a 5,02% de oxígeno en los gases de salida en chimenea (ver Anexo 1: resultados pruebas de rendimiento). Como resultado de las pruebas de rendimiento de la unidad, el fabricante entregó un gráfico que relaciona el % de oxígeno con la carga de la unidad, documento que sirve de guía a los operadores de la sala de control para controlar el exceso de aire.

La curva desarrollada en el gráfico siguiente, indica que la Unidad 1 de CT Bocamina funcionando en estado de régimen no debe tener más de un 6% de oxígeno en los gases de salida, y que para cargas o generación mayores a 90 MW, el oxígeno será del orden del 4%.


Justificación Nivel Oxígeno

CT Bocamina



Fuente: Franco Tossi

Figura 1: Porcentaje de oxígeno según carga (MW), año 1970.

	Documento: Informe Técnico	Código-revisión:1	25/10/2016
	Justificación Nivel Oxígeno		Página 8/16
			CT Bocamina

Los antecedentes anteriormente desarrollados son necesarios para explicar por qué se considera que mediciones de O₂ en los gases de salida de la Unidad 1 mayores al 10% son erróneos, y se generan debido a una falla del medidor de O₂, no advertida en ese momento por falta de experiencia en el funcionamiento del sistema CEMS instalado.

Concentraciones altas de oxígeno en los gases de salida generan que la corrección aplicada para corregir al 6% la concentración de MP se vea amplificada notablemente por factores mayores a 1,4 (incluso se registran factores del orden de 3), que ocasionando que el valor crudo de MP sobrepase el valor de 50 mg/Nm³, cuando se aplican todos los factores de corrección.

Por otra parte, la Tabla N°1 siguiente muestra la condición anómala de valores de O₂, MP; y Flujo de gases, situación no advertida oportunamente pero que sin embargo demuestra que durante el 2014 existieron fallas en los resultados arrojados por el CEMS.




	Documento: Informe Técnico	Código-revisión:1	25/10/2016
	Justificación Nivel Oxígeno		Página 9/16
			CT Bocamina

Tabla N°1: Medición O₂ constante en CEMS durante el 2014.

FECHA/HORA	MP MG/M3 crudo	MP MG/NM3 Normalizado	% O2 seco	Potencia MW	FLUJO_GASES_SALIDA _NM3/H
11-05-2014 18:00	27,047	66,093	12,311	73,744	250579,633
11-05-2014 19:00	27,047	66,093	12,311	72,957	250579,633
11-05-2014 20:00	27,047	66,093	12,311	77,069	250579,633
11-05-2014 21:00	27,047	66,093	12,311	93,319	250579,633
11-05-2014 22:00	27,047	66,093	12,311	105,929	250579,633
11-05-2014 23:00	27,047	66,093	12,311	106,184	250579,633
12-05-2014 00:00	27,047	66,093	12,311	105,962	250579,633
12-05-2014 01:00	27,047	66,093	12,311	106,465	250579,633
12-05-2014 02:00	27,047	66,093	12,311	106,661	250579,633
12-05-2014 03:00	27,047	66,093	12,311	106,368	250579,633
12-05-2014 04:00	27,047	66,093	12,311	106,868	250579,633
12-05-2014 05:00	27,047	66,093	12,311	107,867	250579,633
12-05-2014 06:00	27,047	66,093	12,311	109,337	250579,633
12-05-2014 07:00	27,047	66,093	12,311	110,672	250579,633
12-05-2014 08:00	27,047	66,093	12,311	110,753	250579,633
12-05-2014 09:00	27,047	66,093	12,311	109,989	250579,633
12-05-2014 10:00	27,047	66,093	12,311	109,389	250579,633
12-05-2014 11:00	27,047	66,093	12,311	109,068	250579,633
12-05-2014 12:00	27,047	66,093	12,311	108,715	250579,633
12-05-2014 13:00	27,047	66,093	12,311	107,809	250579,633
12-05-2014 14:00	27,047	66,093	12,311	107,664	250579,633
12-05-2014 15:00	27,047	66,093	12,311	107,976	250579,633

	Documento: Informe Técnico	Código-revisión:1	25/10/2016
	Justificación Nivel Oxígeno		Página 10/16
			CT Bocamina


FECHA/HORA	MP MG/M3 crudo	MP MG/NM3 Normalizado	% O2 seco	Potencia MW	FLUJO_GASES_SALIDA _NM3/H
12-05-2014 16:00	27,047	66,093	12,311	108,124	250579,633
12-05-2014 17:00	27,047	66,093	12,311	108,884	250579,633
12-05-2014 18:00	27,047	66,093	12,311	109,193	250579,633
12-05-2014 19:00	27,047	66,093	12,311	109,430	250579,633
12-05-2014 20:00	27,047	66,093	12,311	110,255	250579,633
12-05-2014 21:00	27,047	66,093	12,311	109,603	250579,633
12-05-2014 22:00	27,047	66,093	12,311	108,786	250579,633
12-05-2014 23:00	27,047	66,093	12,311	109,618	250579,633
13-05-2014 00:00	27,047	66,093	12,311	110,234	250579,633
13-05-2014 01:00	27,047	66,093	12,311	109,452	250579,633
13-05-2014 02:00	27,047	66,093	12,311	108,730	250579,633
13-05-2014 03:00	27,047	66,093	12,311	107,943	250579,633
13-05-2014 04:00	27,047	66,093	12,311	106,241	250579,633
13-05-2014 05:00	27,047	66,093	12,311	105,287	250579,633
13-05-2014 06:00	27,047	66,093	12,311	105,409	250579,633
13-05-2014 07:00	27,047	66,093	12,311	105,876	250579,633
13-05-2014 08:00	27,047	66,093	12,311	106,266	250579,633
13-05-2014 09:00	27,047	66,093	12,311	106,429	250579,633
13-05-2014 10:00	27,047	66,093	12,311	106,287	250579,633
13-05-2014 11:00	27,047	66,093	12,311	105,887	250579,633
13-05-2014 12:00	27,047	66,093	12,311	105,255	250579,633
13-05-2014 13:00	27,047	66,093	12,311	104,507	250579,633

	Documento: Informe Técnico	Código-revisión:1	25/10/2016
	Justificación Nivel Oxígeno		Página 11/16
			CT Bocamina


Por otra parte, al revisar las 108 mediciones isocinéticas realizadas durante gran parte del año 2014, nos encontramos con lo siguiente:

Tabla N°2: % de oxígeno medido por método de referencia el 2014


Fecha	% O ₂ seco	Potencia MW
07-01-2014	8,41	127,00
08-01-2014	6,22	127,00
09-01-2014	6,10	127,00
10-01-2014	6,22	126,00
13-01-2014	6,22	127,50
14-01-2014	6,00	127,60
15-01-2014	6,13	127,30
16-01-2014	8,40	125,00
17-01-2014	6,56	126,00
20-01-2014	5,78	126,70
21-01-2014	6,55	124,00
24-01-2014	7,83	67,00
10-02-2014	6,14	128,00
11-02-2014	6,36	128,00
12-02-2014	5,53	127,90
13-02-2014	5,86	128,00
14-02-2014	5,36	128,00
15-02-2014	6,69	128,00
16-02-2014	7,54	121,00
18-02-2014	6,13	123,00
19-02-2014	6,23	126,70
20-02-2014	6,07	127,00
21-02-2014	6,22	128,00
22-02-2014	6,08	128,70
23-02-2014	6,45	127,60
24-02-2014	5,94	128,00
25-02-2014	5,89	127,00
26-02-2014	5,90	126,80
27-02-2014	6,76	127,60
28-02-2014	6,49	127,60
01-03-2014	6,57	127,50
02-03-2014	6,53	126,40
03-03-2014	6,66	107,60
04-03-2014	7,35	107,00
05-03-2014	7,67	106,00
06-03-2014	8,07	110,90
07-03-2014	7,71	108,50
08-03-2014	7,63	105,00
09-03-2014	7,57	103,00
10-03-2014	7,54	107,60
11-03-2014	7,71	105,00
12-03-2014	7,63	105,50
13-03-2014	8,26	97,00

	Documento: Informe Técnico	Código-revisión:1	25/10/2016
	Justificación Nivel Oxígeno		Página 12/16
			CT Bocamina

Fecha	% O ₂ seco	Potencia MW
14-03-2014	7,12	107,80
15-03-2014	6,20	125,50
17-03-2014	6,58	124,50
18-03-2014	5,99	122,00
19-03-2014	8,14	64,50
20-03-2014	6,07	108,60
21-03-2014	6,42	93,00
22-03-2014	7,68	81,00
23-03-2014	7,14	99,40
01-04-2014	6,44	128,00
03-04-2014	6,18	74,00
04-04-2014	7,31	126,80
05-04-2014	6,61	127,00
06-04-2014	6,50	126,00
07-04-2014	6,55	128,00
08-04-2014	6,50	126,40
09-04-2014	8,58	66,00
10-04-2014	6,83	127,90
12-04-2014	6,57	127,60
13-04-2014	6,77	128,00
14-04-2014	6,61	128,00
15-04-2014	6,55	128,00
16-04-2014	6,82	128,00
17-04-2014	6,61	128,00
22-04-2014	6,15	128,00
23-04-2014	6,32	128,00
24-04-2014	6,48	127,00
25-04-2014	7,14	128,00
27-04-2014	6,23	128,00
28-04-2014	6,39	127,40
30-04-2014	6,79	126,80
02-05-2014	6,51	127,40
03-05-2014	6,68	128,00
12-05-2014	9,45	108,70
15-05-2014	6,97	128,00
17-05-2014	6,88	105,00
19-05-2014	6,84	124,00
20-05-2014	6,79	128,00
25-05-2014	6,73	128,00
26-05-2014	6,70	128,00
27-05-2014	6,13	128,00
30-05-2014	9,18	77,90
31-05-2014	6,23	128,00
05-06-2014	7,40	127,90
17-06-2014	6,66	127,70
18-06-2014	6,25	126,40
19-06-2014	6,26	127,00
20-06-2014	6,09	127,70

	Documento: Informe Técnico	Código-revisión:1	25/10/2016
	Justificación Nivel Oxígeno		Página 13/16
			CT Bocamina

Fecha	% O ₂ seco	Potencia MW
23-06-2014	6,98	105,40
24-06-2014	6,12	122,00
26-06-2014	6,19	126,70
27-06-2014	5,99	128,00
28-06-2014	6,43	122,90
29-06-2014	5,82	124,90
30-06-2014	7,04	126,70
03-07-2014	6,15	125,90
15-07-2014	6,16	122,30
17-07-2014	6,41	120,90
18-07-2014	5,82	119,80
22-07-2014	5,97	128,00
23-07-2014	6,11	122,60
24-07-2014	6,24	121,30
29-07-2014	6,15	122,00
30-07-2014	6,41	123,00
04-08-2014	6,35	126,60


	Documento: Informe Técnico	Código-revisión:1	25/10/2016
	Justificación Nivel Oxígeno		Página 14/16
			CT Bocamina

La Tabla N°2 muestra que el oxígeno seco medido mediante monitoreo isocinetico no sobrepasa el 10%, siendo su valor máximo 9,45%. Ello, aún cuando la Unidad opera con potencias menores al máximo. También se puede apreciar que para la máxima potencia, 128 MW, el % O₂ no sobrepasa el 8%, siendo el valor más alto 7,15%.


La Tabla N°3 muestra que con la Unidad 1 en régimen, el % O₂ obtenido de la medición isocinética es completamente diferente al obtenido de los CEMS, demostrando así que durante ese período el CEMS se encontraba midiendo incorrectamente.

Tabla N°3: % O₂ seco CEMS V/S % O₂ seco medidas isocinéticas.

Fecha	% O2 Informado	% O2 ISOCINETICO	Potencia MW
01-04-2014 11:00	15,44	6,44	127,421
01-04-2014 12:00	15,98	6,44	127,752
01-04-2014 13:00	15,98	6,44	128,325
01-04-2014 14:00	15,98	6,44	128,322
01-04-2014 15:00	15,98	6,44	128,337
01-04-2014 16:00	15,98	6,44	127,760
01-04-2014 17:00	16,52	6,44	127,626
01-04-2014 18:00	12,20	6,44	127,447
03-04-2014 13:00	14,93	6,18	73,522
03-04-2014 14:00	12,74	6,18	73,306
14-04-2014 11:00	13,16	6,61	127,692
14-04-2014 12:00	18,85	6,61	127,335
14-04-2014 13:00	18,87	6,61	127,094
14-04-2014 14:00	18,87	6,61	126,669
14-04-2014 15:00	18,90	6,61	127,253
14-04-2014 16:00	13,56	6,61	127,408
12-05-2014 00:00	12,31	9,45	105,962
12-05-2014 01:00	12,31	9,45	106,465
12-05-2014 02:00	12,31	9,45	106,661
12-05-2014 03:00	12,31	9,45	106,368
12-05-2014 04:00	12,31	9,45	106,868
12-05-2014 05:00	12,31	9,45	107,867
12-05-2014 06:00	12,31	9,45	109,337
12-05-2014 07:00	12,31	9,45	110,672
12-05-2014 08:00	12,31	9,45	110,753
12-05-2014 09:00	12,31	9,45	109,989
12-05-2014 10:00	12,31	9,45	109,389
12-05-2014 11:00	12,31	9,45	109,068

	Documento: Informe Técnico	Código-revisión:1	25/10/2016
	Justificación Nivel Oxígeno		Página 15/16
			CT Bocamina

Fecha	% O2 Informado	% O2 ISOCINETICO	Potencia MW
12-05-2014 12:00	12,31	9,45	108,715
12-05-2014 13:00	12,31	9,45	107,809
12-05-2014 14:00	12,31	9,45	107,664
12-05-2014 15:00	12,31	9,45	107,976
12-05-2014 16:00	12,31	9,45	108,124
12-05-2014 17:00	12,31	9,45	108,884
12-05-2014 18:00	12,31	9,45	109,193
12-05-2014 19:00	12,31	9,45	109,430
12-05-2014 20:00	12,31	9,45	110,255
12-05-2014 21:00	12,31	9,45	109,603
12-05-2014 22:00	12,31	9,45	108,786
12-05-2014 23:00	12,31	9,45	109,618

	Documento: Informe Técnico	Código-revisión:1	25/10/2016
	Justificación Nivel Oxígeno		Página 16/16
			CT Bocamina

4. CONCLUSIÓN

- Los cuadros anteriores, demuestran que los valores de oxígeno obtenido con la Unidad 1 en régimen están alterados, debido a problemas con el medidor de O₂, lo que provocó valores de O₂, sobre 10% aumentando la concentración normalizada de MP en factores mayores a 2. Por tal razón dichos valores deben ser descartados al momento de elaborar los reportes trimestrales.
- Las lecturas erróneas de los medidores antes señalados, no fueron detectadas oportunamente, debido a la falta de experiencia con el sistema CEMS y del procesamiento de los datos obtenidos.

ANEXO 1: Resultados prueba rendimiento



RINDERECEPCION19
70.xls