

INFORME DE M&V

Recuperación de calor en horno industrial



Revisión 2

Montevideo, 28 de mayo de 2018



MIEM
Modelos de Plan e Informe de M&V

Informe de M&V – Recuperación de calor en horno industrial

Tabla de contenidos

1	Contexto del proyecto	2
2	Descripción de la MMEE	2
3	Opción de M&V elegida	2
4	Datos del período de reporte	3
4.1	Fechas de inicio y finalización	3
4.2	Consumo de energía	4
4.3	Variables independientes	7
4.4	Factores estáticos	11
4.5	Efectos interactivos	11
5	Inspecciones realizadas	11
6	Metodología y cálculo del ahorro	12
7	Fuentes de datos y suposiciones	13
8	Ajustes realizados	13
9	Tarifas de la compañía de energía	13
10	Ahorros energético y monetario	13
	Apéndices	15
	Referencias	16

Nota:

Este ejemplo fue proporcionado por John Cowan y se utilizó en el curso de CMVP hasta 2014. Se actualizó a las definiciones de Conceptos básicos 2016 y Estadísticas e incertidumbre 2014 por Agenor García y Bruce Rowse, con estimaciones adicionales de algunos detalles no disponibles originalmente. También agradecemos a Andreas Hahn por sus contribuciones.

El texto busca transmitir un buen ejemplo de trabajo con el Protocolo IPMVP, sin necesariamente ser la mejor de todas las posibles aplicaciones. El MIEM y los otros colaboradores no proporcionan garantía con respecto al contenido y no serán responsables de ningún perjuicio, incidental o consecuente, que puedan resultar del uso de la información o de los datos aquí contenidos.

1 Contexto del proyecto

El proyecto se ha llevado a cabo en una industria siderúrgica (COFARJ, en Río de Janeiro, Brasil), que fabrica productos de acero a partir de chatarra. El proceso evaluado en este proyecto fue el horno de precalentamiento utilizado para preparar los lingotes para la extrusión.

El horno tiene una capacidad de consumo de gas de 400 m³/h. El horno funciona continuamente las 24 horas del día, los siete días de la semana y, en promedio, consume poco menos de 300 m³/h de gas natural.

2 Descripción de la MMEE

CSE ha verificado altas temperaturas en el escape del horno, que opera a 1.250°C. La materia prima y el aire de combustión ingresan al horno a temperatura ambiente, alrededor de 45°C. CSE garantizó que una unidad de recuperación de calor para precalentar el aire de combustión reduciría el consumo de energía en un 20%.

La MMEE (medida de mejora de eficiencia energética) fue implementada durante los meses de octubre y noviembre de 2017, después de la medición de línea base y elaboración del Plan de M&V (CSE, 2017). Después de la instalación del intercambiador de calor, se hizo la verificación operacional y se efectuaron algunos ajustes para optimizar la operación del horno. Se consideró el periodo de reporte de M&V durante el mes de diciembre de 2017.

3 Opción de M&V elegida

Se utilizó la opción B del IPMVP: medición aislada de todos los parámetros, según los Conceptos Básicos del IPMVP 2016. La frontera está definida por el medidor de gas en la entrada del horno y la balanza de producción (que es la variable independiente), e involucra todos los procesos y materiales que afectan el consumo de gas. En la Figura 1 abajo se reproduce la figura del Plan de M&V que ilustra la Opción escogida y sus elementos principales.

La Opción B se justifica porque el consumo del horno es pequeño en relación (2%) al de la planta. La Opción B fue cumplida porque en el mes del periodo de reporte se observó toda la variación de la variable independiente (la producción – de 11,6 hasta 18,4 t/h), completando un ciclo de funcionamiento del horno (o sea, nada fue estimado). La operación de la empresa seguirá acompañando el desempeño del horno más allá del periodo de reporte definido, a través de los medidores instalados y línea base establecida, optimizando su desempeño.

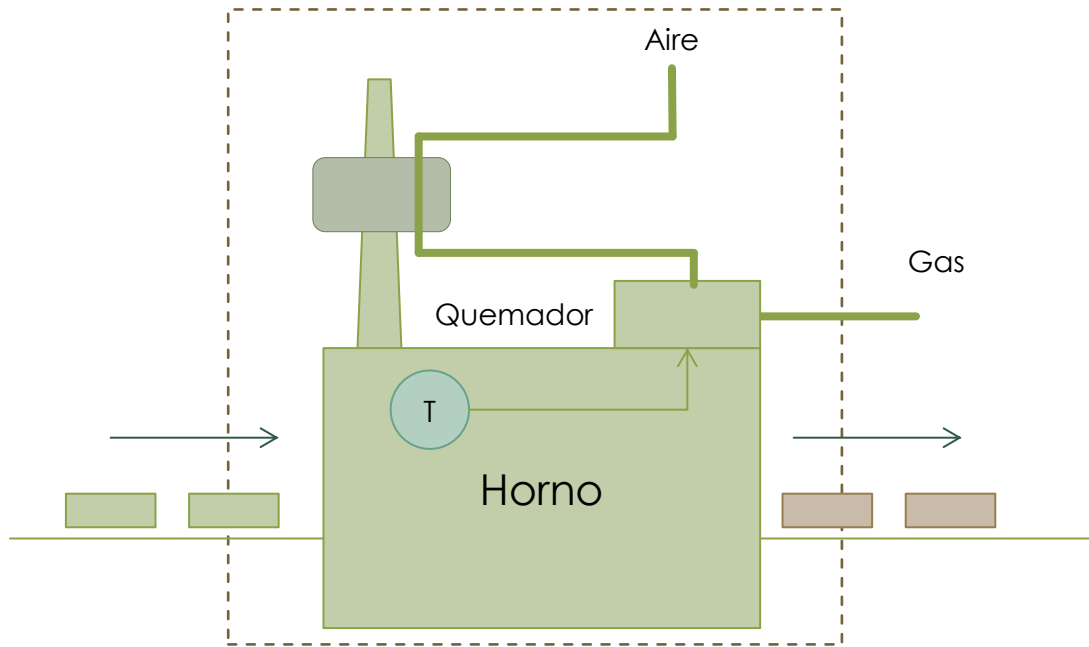


Figura 1 – Frontera de medición escogida (Opción B).

4 Datos del período de reporte

4.1 Fechas de inicio y finalización

Inicio: 1º de diciembre de 2017 a las 0:00h

Final: 31 de diciembre de 2017 a las 24:00h.

4.2 Consumo de energía

Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hora	Consumo [m ³]									
1	241,8	215,6	254,4	221,6	223,4	219,3	211,5	245,4	233,6	235,1
2	240,1	186,6	211,2	200,1	216,2	226,8	192,6	186,8	242,7	228,1
3	213,0	219,8	223,2	219,5	229,2	217,7	241,2	211,2	229,9	228,8
4	214,0	251,3	224,9	213,0	219,6	213,5	225,8	222,0	222,3	230,0
5	228,8	232,4	229,3	200,9	205,4	217,9	214,0	234,1	223,1	219,5
6	219,0	237,1	239,0	215,3	217,0	224,4	211,1	230,0	231,0	230,8
7	209,8	175,3	219,3	227,1	208,2	226,3	221,4	233,7	231,5	209,2
8	227,1	198,5	241,3	205,8	209,8	221,3	218,9	223,5	232,6	241,2
9	201,6	243,2	236,3	209,9	254,6	226,2	231,1	229,9	250,4	230,5
10	215,2	218,9	221,6	234,2	209,3	241,9	223,9	227,6	232,6	187,2
11	205,5	216,0	251,2	239,9	231,3	216,0	220,9	216,2	215,7	196,4
12	210,4	212,5	203,0	220,4	208,8	195,1	213,7	216,6	225,7	225,0
13	226,4	216,1	212,7	205,1	225,7	241,1	238,2	234,2	221,4	234,9
14	244,9	212,7	229,0	229,4	211,6	221,4	201,6	222,1	207,2	217,6
15	229,4	246,1	224,8	252,3	202,3	219,4	186,7	207,6	215,4	214,2
16	227,0	221,8	228,8	187,7	235,8	205,2	218,5	207,6	255,4	248,4
17	232,3	198,0	224,3	214,6	221,7	218,4	212,1	243,4	216,8	253,8
18	218,2	228,6	223,1	229,5	227,5	222,2	236,2	220,1	226,5	228,2
19	235,4	191,8	200,4	216,6	221,9	248,5	213,0	204,2	200,1	235,6
20	226,8	230,2	213,3	222,4	238,1	230,4	217,6	212,7	222,8	207,2
21	233,8	250,0	202,2	216,9	201,3	237,6	220,8	221,5	185,9	226,6
22	206,2	235,7	216,0	233,3	211,6	212,5	225,4	215,6	227,0	216,7
23	218,3	239,2	210,4	221,8	246,8	209,5	220,0	228,1	210,3	239,3
24	197,5	221,9	227,1	207,5	216,1	229,5	218,1	225,5	243,5	228,0

Día	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Hora	Consumo [m³]									
1	215,9	238,9	208,2	222,7	238,0	198,6	225,7	220,7	236,6	217,1
2	217,0	208,1	235,4	207,6	211,2	180,3	233,6	243,1	221,4	234,3
3	230,6	225,7	232,3	208,3	240,3	209,4	207,7	190,7	217,6	217,5
4	227,1	216,5	212,6	221,1	204,6	228,0	229,0	207,5	232,4	201,5
5	196,4	225,0	235,4	228,0	212,8	213,1	234,6	221,7	222,6	218,8
6	213,8	260,3	232,8	212,2	208,4	224,7	213,0	211,0	225,9	238,4
7	209,4	208,5	228,1	221,4	200,1	217,3	223,6	235,1	209,6	233,5
8	225,9	231,1	204,0	213,7	243,6	252,6	225,9	220,3	241,5	219,5
9	223,2	216,1	222,6	207,3	217,7	241,5	244,1	228,6	218,5	233,7
10	238,6	217,9	237,8	222,1	218,9	223,1	213,4	228,3	208,0	236,8
11	243,0	215,3	236,2	198,5	214,7	211,9	224,2	208,7	220,4	226,6
12	234,2	219,6	233,0	207,9	191,0	218,5	210,8	246,5	241,7	214,0
13	233,4	194,5	216,8	211,5	225,0	230,0	215,8	237,6	215,7	217,6
14	205,3	219,9	221,3	216,4	222,4	211,2	223,0	233,6	200,7	198,8
15	223,2	221,9	230,9	225,0	224,1	203,2	243,9	207,9	199,3	205,9
16	233,4	199,4	236,0	189,5	206,7	218,7	205,5	217,5	218,7	244,8
17	228,6	219,9	213,8	220,3	199,9	213,3	212,9	206,9	207,0	236,9
18	219,0	234,8	246,6	224,9	230,3	231,4	228,4	206,4	220,5	224,3
19	246,7	216,1	234,0	203,4	221,5	205,5	243,4	224,5	233,4	202,5
20	224,2	221,4	216,8	223,5	210,5	206,4	222,8	207,6	235,3	244,2
21	226,5	218,8	242,8	220,9	208,7	227,2	222,4	217,3	220,8	229,6
22	229,3	206,8	210,8	203,6	225,6	242,4	227,9	219,2	216,2	240,2
23	194,0	229,8	241,7	217,5	204,5	203,1	211,6	201,7	202,2	197,2
24	221,9	237,9	229,4	221,7	209,1	246,5	198,6	225,6	203,5	209,0

Día	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Hora	Consumo [m ³]										
1	247,5	231,1	233,1	219,7	214,3	226,1	223,3	218,3	232,9	230,4	225,8
2	234,0	220,1	208,9	224,4	221,3	228,7	206,6	209,7	216,9	229,1	219,8
3	244,1	207,8	228,7	228,4	224,2	222,3	216,9	233,6	243,4	214,3	227,9
4	215,9	235,3	211,6	240,0	233,7	229,3	226,7	206,9	222,0	199,8	239,5
5	225,8	211,6	211,5	222,6	225,1	201,6	223,6	228,1	212,3	228,8	205,4
6	226,9	219,2	218,5	207,6	227,8	189,2	251,8	209,2	216,3	211,6	227,7
7	219,1	211,6	201,7	210,4	229,6	232,9	242,0	230,0	219,0	211,8	228,7
8	208,2	244,1	224,0	214,7	225,4	225,9	206,7	216,2	222,4	220,2	246,3
9	224,1	224,1	247,9	226,1	221,3	220,7	225,3	214,4	227,9	211,0	208,2
10	216,7	227,8	206,5	234,3	209,0	217,9	211,0	217,6	204,8	197,4	225,3
11	232,9	218,4	216,2	213,6	234,6	211,2	213,4	198,4	221,2	195,2	217,1
12	224,2	230,6	238,0	226,9	209,5	242,7	238,4	212,1	230,1	203,5	212,0
13	210,5	228,4	208,7	209,9	220,7	192,2	224,0	199,8	237,9	209,9	233,8
14	218,7	234,2	215,3	212,8	230,5	202,4	214,5	227,0	222,7	228,9	231,7
15	219,2	216,8	202,7	213,0	218,8	198,1	238,8	212,1	248,3	213,5	242,0
16	204,2	235,9	218,4	227,7	235,7	235,1	207,2	210,0	270,5	226,6	239,4
17	201,4	224,2	232,2	219,3	217,6	228,7	204,0	231,6	218,4	229,0	229,4
18	217,0	229,4	231,5	196,5	243,5	232,3	217,2	234,4	257,7	215,1	223,4
19	193,6	232,0	211,8	227,5	217,8	213,1	233,3	227,9	242,0	220,6	220,9
20	217,6	227,9	236,0	211,5	207,2	217,1	229,6	219,0	238,5	222,6	222,3
21	224,8	235,2	236,2	230,8	218,5	213,1	218,1	212,3	217,1	203,3	230,8
22	214,5	223,5	251,2	216,0	243,1	208,8	226,9	219,5	227,1	232,1	216,3
23	241,6	238,5	230,0	203,1	226,1	213,7	230,8	199,3	222,4	209,0	201,6
24	231,5	227,1	224,4	222,4	226,1	197,0	222,8	231,3	225,1	228,5	233,2

4.3 Variables independientes

Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hora	Producción [t]									
1	16,6	14,6	17,0	15,3	14,9	14,7	14,0	16,8	14,9	16,3
2	16,2	12,1	14,1	13,2	13,8	14,9	12,4	11,6	16,3	16,1
3	13,9	14,5	15,2	15,1	15,3	14,1	16,0	13,6	15,2	15,1
4	14,3	17,1	14,6	14,2	14,1	14,1	15,4	15,1	15,0	15,2
5	15,4	15,4	15,3	13,3	13,3	14,6	14,1	16,0	15,1	15,3
6	14,8	17,1	16,3	15,0	14,7	15,1	14,0	15,5	16,2	15,6
7	14,6	11,8	14,6	15,4	14,1	15,0	14,7	15,3	14,9	13,6
8	15,6	12,7	16,7	13,6	14,4	15,4	14,8	15,2	15,5	16,4
9	13,7	16,5	16,1	14,3	17,2	15,4	15,3	15,4	16,9	16,2
10	14,7	13,8	14,9	15,9	13,7	15,7	14,7	15,3	15,7	12,3
11	14,3	13,9	17,0	16,0	15,9	14,8	14,6	14,6	14,8	13,2
12	14,2	13,6	13,9	14,7	14,3	12,8	14,1	14,4	15,6	15,3
13	15,3	13,9	13,8	13,6	15,9	16,6	15,8	15,5	13,9	16,0
14	16,4	14,0	15,1	16,0	14,1	14,8	13,5	15,5	13,7	14,5
15	15,7	16,9	14,7	17,3	13,2	14,7	12,1	13,7	14,4	14,6
16	15,7	14,9	15,9	13,0	15,8	13,9	13,9	13,8	17,4	16,7
17	16,3	13,1	15,4	14,2	15,3	14,3	14,2	16,0	14,5	16,8
18	14,4	15,5	14,5	15,4	15,0	14,6	15,8	14,6	15,1	15,2
19	15,7	13,0	12,9	14,1	15,1	17,5	13,5	14,2	12,9	15,4
20	15,1	15,6	14,5	15,1	16,0	15,9	14,5	14,5	14,0	13,4
21	15,7	16,3	13,6	14,5	13,3	16,6	14,0	14,8	11,8	15,8
22	13,8	16,0	14,6	14,9	14,3	14,1	14,9	14,7	15,3	14,2
23	14,2	16,7	14,1	15,2	16,6	13,8	15,4	15,1	13,9	16,2
24	13,9	14,7	15,0	13,5	15,2	15,4	14,8	15,8	16,0	15,6

Día	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Hora	Producción [t]									
1	14,4	16,3	13,8	14,7	15,6	12,6	15,8	15,2	16,6	14,9
2	14,6	14,1	16,1	14,3	14,0	12,1	15,7	16,4	15,0	15,2
3	15,2	15,2	15,6	13,5	16,7	14,4	14,3	13,0	14,1	14,3
4	15,2	14,7	14,2	15,0	13,5	15,0	15,2	14,4	15,9	13,4
5	12,8	15,3	16,0	16,0	13,7	14,2	15,4	15,3	14,8	14,1
6	14,1	17,7	15,4	14,6	13,9	15,5	14,2	14,7	15,3	16,6
7	13,5	14,0	15,5	15,2	13,0	15,0	15,2	15,8	14,2	16,3
8	15,0	15,8	13,4	14,0	15,8	17,3	15,5	15,0	16,1	14,8
9	14,8	14,6	14,6	14,0	14,4	15,9	16,2	14,7	14,5	15,5
10	16,0	14,6	16,0	14,8	14,6	14,8	14,3	15,2	14,0	16,1
11	16,5	14,0	16,3	13,1	14,4	14,2	15,4	13,8	15,1	14,6
12	15,6	14,7	15,9	14,4	11,9	14,3	13,4	16,8	16,6	14,5
13	16,1	12,9	14,3	13,8	15,6	16,2	14,5	15,8	14,1	14,6
14	13,6	14,6	14,7	13,7	14,2	14,0	14,9	15,4	12,9	13,4
15	14,7	14,5	15,9	15,7	14,5	12,9	16,3	13,5	13,3	13,6
16	16,1	12,8	15,8	12,7	13,3	14,6	13,8	13,9	14,6	16,5
17	15,4	14,4	14,9	14,9	13,4	14,7	14,3	13,6	13,2	16,1
18	14,4	16,1	16,8	15,3	15,3	16,2	16,1	13,6	14,0	15,1
19	16,6	14,5	15,4	13,6	15,0	13,6	16,5	15,4	15,8	13,6
20	15,3	14,7	14,3	15,0	13,7	14,1	14,6	13,6	15,9	16,6
21	14,9	15,1	16,5	14,7	14,1	15,2	15,4	15,2	14,7	15,2
22	15,4	13,6	13,6	12,9	15,4	16,8	15,6	14,6	14,7	16,9
23	12,2	15,7	16,6	14,9	13,8	13,8	13,5	13,8	13,6	12,8
24	14,7	15,5	14,7	14,8	13,7	17,4	13,1	15,2	13,1	14,1

Día	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Hora	Producción [t]										
1	16,6	15,0	15,2	14,6	14,5	14,9	14,7	15,1	15,1	15,4	14,9
2	16,2	14,4	13,2	14,4	14,5	16,1	14,0	12,7	14,5	15,4	14,6
3	15,9	13,7	15,5	15,3	15,1	15,7	14,6	15,7	16,5	14,4	15,4
4	14,3	16,2	13,9	15,9	16,0	14,7	14,4	14,0	14,5	12,7	16,7
5	14,8	13,9	14,2	14,4	15,4	13,6	15,3	14,7	14,6	15,1	13,8
6	14,9	15,6	14,3	14,3	14,8	12,6	16,9	13,6	14,2	14,2	15,8
7	14,4	13,4	12,9	13,8	15,5	14,7	16,2	15,7	14,6	14,1	15,6
8	14,1	16,5	15,2	14,4	15,3	15,1	14,2	14,0	14,6	15,3	17,0
9	15,2	14,9	17,2	14,4	14,5	14,4	15,6	14,2	15,6	13,5	13,9
10	14,2	15,6	13,8	15,4	14,4	14,8	14,2	14,2	13,4	12,7	15,5
11	15,5	14,5	13,8	14,0	15,8	14,4	14,3	13,6	14,6	12,6	14,4
12	15,1	16,3	16,1	15,2	13,4	16,6	16,6	14,0	15,4	13,0	13,8
13	13,9	15,0	14,1	14,1	14,2	12,5	15,6	13,2	15,9	13,4	15,3
14	14,9	15,9	14,5	14,4	16,0	13,1	14,7	15,6	15,5	15,8	15,7
15	14,4	15,1	13,2	14,3	14,7	12,7	15,9	14,4	17,0	13,9	15,9
16	12,3	15,6	14,5	15,5	15,6	16,5	13,1	13,3	18,4	14,8	16,6
17	13,9	15,1	14,9	15,0	15,2	15,3	13,5	15,4	14,4	15,7	16,0
18	14,5	15,3	15,2	13,2	17,0	15,7	14,9	16,4	17,5	14,3	14,8
19	12,5	16,2	14,6	15,4	14,5	14,3	16,1	15,0	16,2	14,7	14,4
20	14,3	14,8	15,7	14,1	13,5	14,8	15,5	14,7	15,5	15,2	15,2
21	15,0	15,8	15,6	15,7	13,7	13,6	14,9	13,5	14,6	13,1	15,8
22	15,0	14,8	16,9	14,1	16,4	13,1	15,3	14,3	14,8	14,8	14,4
23	16,9	16,5	15,1	13,4	15,4	13,8	15,2	13,1	15,6	14,1	13,4
24	15,6	15,3	14,7	14,9	15,6	13,4	15,2	16,1	15,3	15,5	15,3

La tabla a continuación resume los datos de energía y variables independientes:

	Producción	Consumo
	[t]	[m³]
<i>Total</i>	11.031	164.785
<i>Promedio</i>	14,8	221,5
<i>Desviación estándar</i>	1,1	13,5
<i>CV</i>	7%	6%
<i>Mediciones</i>	744	744
<i>EP</i>	0,04	0,50
		0,2%
<i>t</i>	1,65	1,65
<i>Incertidumbre</i>	0,07	0,82
	0,4%	0,4%
<i>Máximo</i>	18,4	270,5
<i>Mínimo</i>	11,6	175,3
<i>Costos del gas</i>		292.871,67

4.4 Factores estáticos

Los factores estáticos, definidos en el Plan de M&V, cuyo seguimiento fue realizado según se comprueba en el ítem 5 abajo, presentaran los valores mostrados a continuación:

- Operación
 - Funcionamiento: 24 horas/día todo el mes
 - Temperatura: 1.250°C continuo
 - Sistema de control de temperatura: ok
 - Quemador: ok (humo sin cambios)
 - Producción: Máximo: 18,4 t; Mínimo: 11,6 t (*)
 - Material: lingotes de 300 kg sin alteración de peso o composición
- Estructura del horno
 - Sin alteraciones
- Gas
 - Sin alteraciones, según la compañía de energía

(*) los valores de producción tuvieron una ligera salida del rango definido en la línea base (entre 11,9 y 18,1 t/h). Como la variación fue muy pequeña y solamente para 2 puntos (0,3%), se consideró válido el modelo de línea base en estos puntos, sin necesidad de ajuste de línea base.

Por lo tanto, no hubo necesidad de ajustes de línea base.

4.5 Efectos interactivos

Como previsto en el Plan de M&V, fue realizada una medición puntual del consumo del ventilador encontrándose un valor compatible con lo previsto, confirmando que es un efecto muy pequeño que puede ser despreciado.

5 Inspecciones realizadas

Los registros de las inspecciones están resumidos en la tabla a continuación:

Datos	Responsabilidad	Periodicidad	Días	Ejecutado
Plan de M&V	Ingeniero de manutención	Mensual	15	João de Souza
Energía	Supervisor de manutención	Diaria	1 – 31	Oscar Branco
Variables independientes	Supervisor de manutención	Diaria	1 – 31	Oscar Branco
Factores estáticos	Ingeniero de manutención	Mensual	20 - 22	João de Souza

6 Metodología y cálculo del ahorro

La metodología de cálculo de ahorro, como definida en el Plan de M&V:

EE , donde:

Factor	Descripción	Valor mes	Unidad
EE	Energía evitada	49.811	m ³
		23%	%
$ELBAj$	Energía línea base ajustada	214.596	m ³
EPR	Energía del periodo de reporte	164.785	m ³
$AjNR$	Ajustes no rutinarios	Zero	m ³

La energía de línea base ajustada fue calculada hora a hora por la ecuación:

$$E_{BL} = 13,0 x + 95,9$$

conforme definido en el ítem 7.2 del Plan de M&V.

Los cálculos de ahorro fueron hechos hora a hora, como se puede ver en la planilla en apéndice (CSE, 2018), utilizando la metodología descrita en el ítem anterior. La tabla a continuación presenta una muestra de los cálculos realizados:

Día	Hora	Producción	Consumo	LB ajustada	Ahorro	
dec.2017		[t]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[%]
1	1	16,6	241,8	311,5	69,7	22%
1	2	16,2	240,1	306,3	66,2	22%
1	3	13,9	213,0	276,4	63,4	23%
1	4	14,3	214,0	281,6	67,6	24%
1	5	15,4	228,8	295,9	67,1	23%
1	6	14,8	219,0	288,1	69,1	24%
1	7	14,6	209,8	285,5	75,7	27%
1	8	15,6	227,1	298,5	71,4	24%
1	9	13,7	201,6	273,8	72,2	26%
1	10	14,7	215,2	286,8	71,6	25%
1	11	14,3	205,5	281,6	76,1	27%
1	12	14,2	210,4	280,3	69,9	25%

Considerando todo el mes del periodo de reporte, los datos están resumidos en la tabla a continuación:

Producción	Consumo	LB ajust.	Ahorro	
[t]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[%]

	Producción	Consumo	LB ajust.	Ahorro	
	[t]	[m³]	[m³]	[m³]	[%]
<i>Total</i>	11.031	164.785	214.596	49.811	23%
<i>Promedio</i>	14,8	221,5	288,4	67,0	23%
<i>Desviación estándar</i>	1,1	13,5			
<i>CV</i>	7%	6%			
<i>Mediciones</i>	744	744			
<i>EP</i>	0,04	0,50			
		0,2%			
<i>t</i>	1,65	1,65			
<i>Incertidumbre</i>	0,07	0,82			
	0,4%	0,4%			
<i>Máximo</i>	18,4	270,5			
<i>Mínimo</i>	11,6	175,3			
<i>Costos</i>		292.871,67	381.400,58	88.528,91	23%

7 Fuentes de datos y suposiciones

Los datos fueron recolectados como se indica en el Plan de M&V, sin suposiciones adicionales.

8 Ajustes realizados

No hubo necesidad de otros ajustes además de los ajustes rutinarios descritos arriba.

9 Tarifas de la compañía de energía

El precio aplicado a los ahorros fue como se describió en el Plan de M&V, resultando en un costo fijo de R\$1,7773 por metro cúbico.

10 Ahorros energético y monetario

Los ahorros presentados con 3 cifras significativas (como la lectura del medidor de producción que tenía el menor número de significativos) están en la tabla a continuación:

		Consumo reporte	LB ajustada	Ahorro	
<i>Energía</i>	[m³]	165.000	215.000	49.800	23%

Costos	[R\$]	293.000,00	381.000,00	88.500,00	23%
Precio m ³ gas	1,7773				

La comparación de los datos obtenidos con los datos previstos en la fase de ingeniería está en la tabla a continuación:

Estimación	Unidad	Ingeniería	M&V	Diferencia
Consumo gas	m ³ /h	288,4	288,4	
	m ³ /mes	210.559	210.559	
Mes	h	730	730	
Tarifa gas	R\$/m ³	1,77734	1,77734	
Gasto	R\$/mes	374.234	374.234	
	R\$/año	4.490.809	4.490.809	
Año (horas/año)	h	8.760	8.760	
Inversión	R\$	3.000.000	3.000.000	
Ahorro		20%	23%	16%
Ahorro gas	m ³ /h	57,69	66,95	16%
	m ³ /mes	42.112	48.874	16%
	R\$/mes	74.847	86.865	16%
	R\$/año	898.162	1.042.385	16%
Retorno simple	años	3,3	2,9	-14%

Apéndices

1. CSE: Diagnóstico energético en COFARJ, 2017.
2. CSE: Registro fotográfico de las condiciones de aislación del horno, 2017a.
3. CSE: Informe de análisis de la combustión del horno, 2017b.
4. CSE: Planilla de cálculos (Excel®) de este Plan de M&V. 2017c.
5. CSE: Plan de M&V en COFARJ. 2017d.
6. CSE: Planilla de cálculos (Excel®) de este Informe de M&V. 2018.
7. DRESSER: Dresser Series C Rotary Meter.
[http://www.meterbuy.com/fileadmin/user_upload/Data_sheets/141110_Imbema - Datasheet Dresser Roots Series C Rotary Meter Brochure R1.pdf](http://www.meterbuy.com/fileadmin/user_upload/Data_sheets/141110_Imbema_-_Datasheet_Dresser_Roots_Series_C_Rotary_Meter_Brochure_R1.pdf).
Accedido en octubre.2017.
8. ALFA INSTRUMENTOS: Balanza integradora.
<http://www.alfainstrumentos.com.br/wp-content/uploads/2018/02/Folder-Tetracel-0559AF00.pdf>. Accedido en octubre.2017.

Referencias

EVO – Efficiency Valuation Organization. **Estadística e Incertidumbre para el IPMVP**. Junio 2014. EVO 10100 – 1:2014.

EVO – Efficiency Valuation Organization. **Conceptos Básicos del IPMVP**. Octubre. 2016. EVO 10000 – 1:2016.