

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
**UNIVERSIDAD
CATÓLICA**
DEL PERÚ

DISEÑO DE UN SISTEMA DE EXTRACCIÓN Y TRATAMIENTO DE GASES EN UN AMBIENTE DE FORJA Y SOLDADURA

ANEXOS

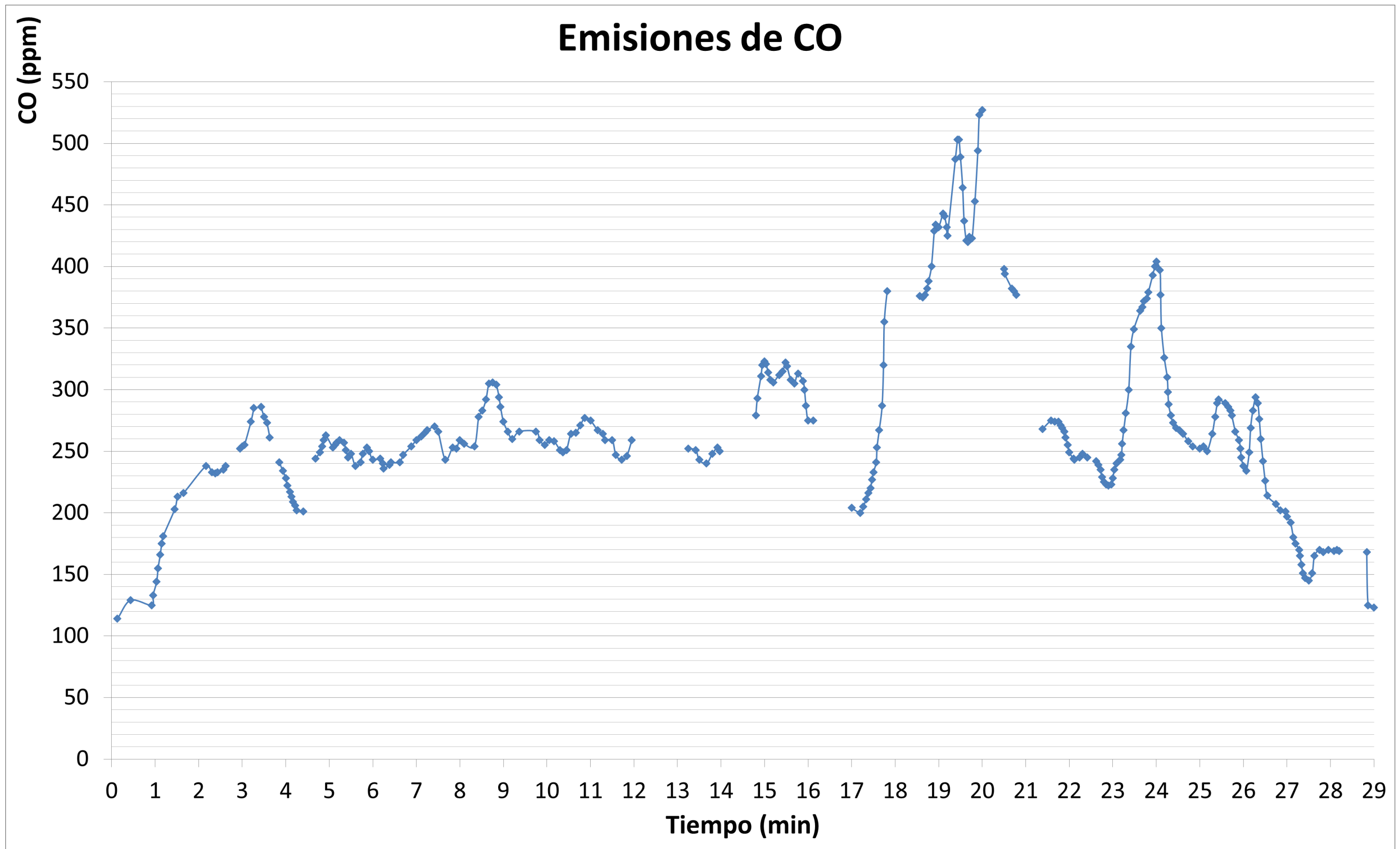
Tesis para optar el Título de Ingeniero Mecánico, que presenta el alumno:

MARCO ALONSO DELGADO YARANGA

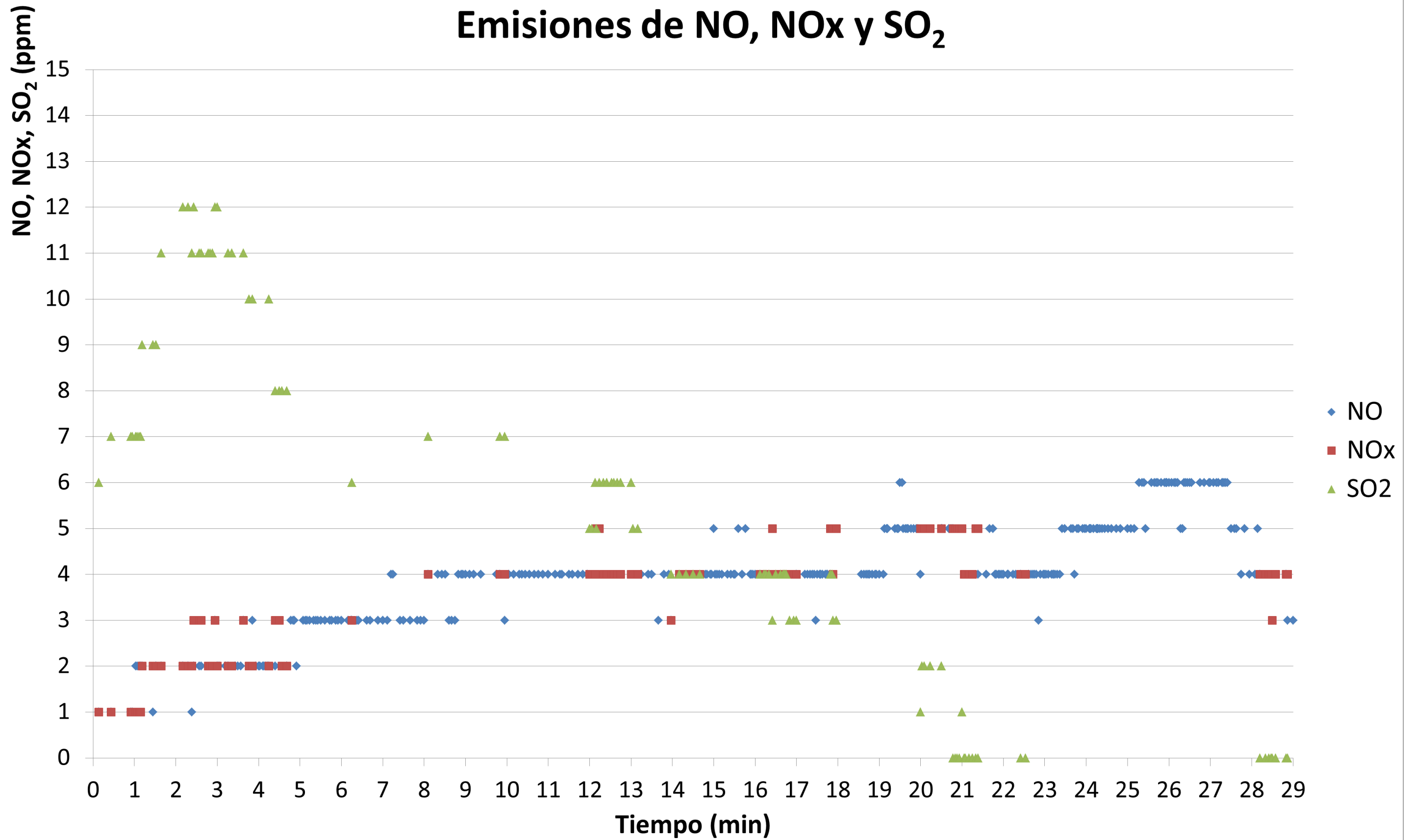
ASESOR: Enrique José Barrantes Peña

Lima, Julio 2016

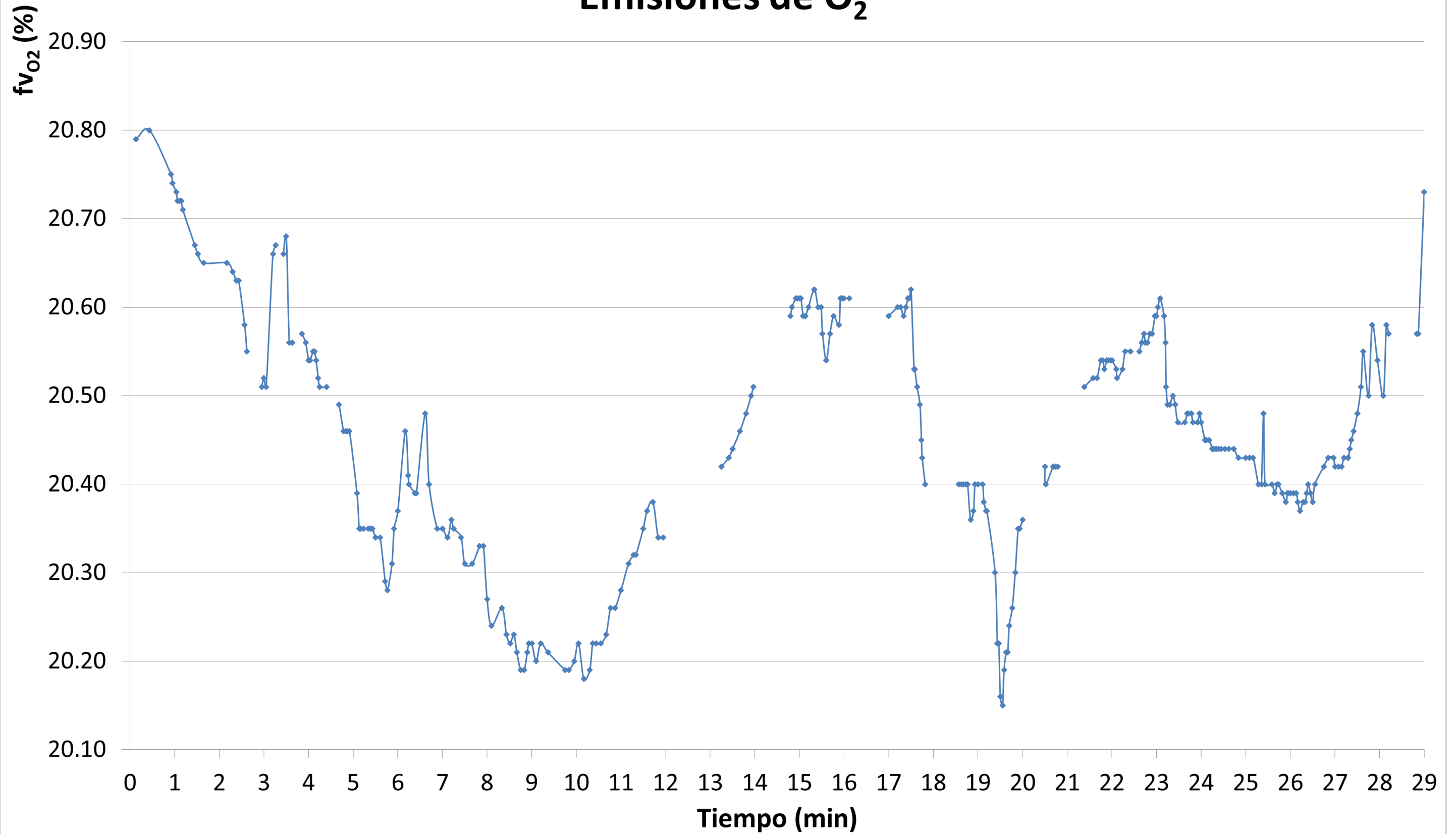
ANEXO 1. Concentraciones y temperatura de los gases de combustión del carbón antracita.



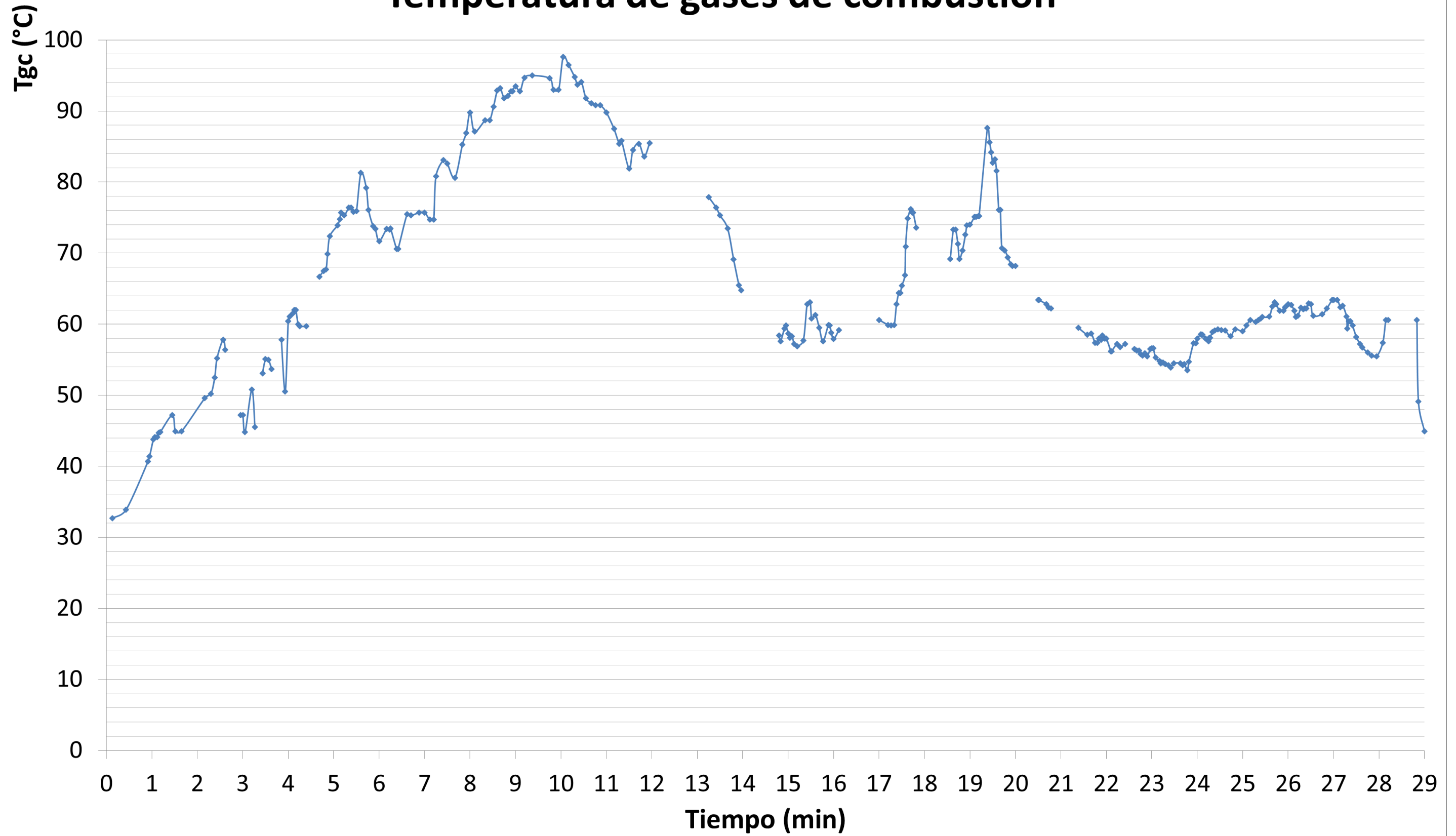
Emisiones de NO, NOx y SO₂



Emisiones de O₂



Temperatura de gases de combustión



ANEXO 2. Concentraciones y temperatura de gases de soldadura por arco eléctrico (SMAW) para diferentes electrodos.

Tipos de electrodo	Toma de datos	Temperatura de fluido (°C)	Temperatura ambiente (°C)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	CO (ppm)	NO (ppm)	NO ₂ (ppm)	NO _x (ppm)	SO ₂ (ppm)	C _x H _y (ppm)	
Celulósico (E6011)	Toma 1	25,30	23,10	20,94	-	0	0	0	2	0	2940	
		23,60	26,00	20,94	-	0	2					
		50,90	26,10	20,94	-	0	1	0	98	0	3150	
	Toma 2	57,60	26,60	20,94	-	11	37					
					-				0	15	0	5750
		97,70	26,60	20,85	-	20	167	0				
					-			1.5	172	0	5840	
	68,00	26,40	20,73	-	25	116						
Rutilico (E6013)	Toma 1	26,80	26,10	20,94	-	1	2					
		75,40	26,20	20,84	-	75	4					
					-			0	3	0	3890	
					-			0	22	0	4050	
		80,30	26,40	20,94	-	27	6					
	Toma 2	45,10	26,80	20,92	-	9	14					
					-				0	18	0	4550
					-				0	28	0	4620
					-				0	38	0	4630
		81,80	26,70	20,87	-	9	73					
			-				1.1	195	0	4740		
	98,90	26,60	20,56	-	59	91						
			-				0	49	0	5350		
	97,00	26,60	20,61	-	61	71						

ANEXO 3

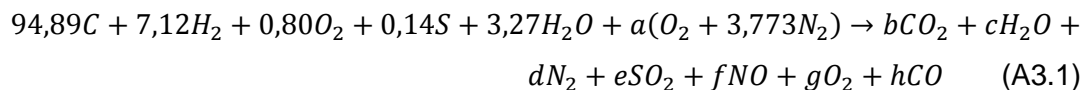
Cálculo de coeficientes estequiométricos del carbón antracita y productos de combustión

De acuerdo a los valores mostrados en la tabla 1.6, se procede a aplicar las ecuaciones 2.1 y 2.2 para calcular los coeficientes estequiométricos del carbón antracita. La tabla A3.1 muestra estos valores.

Tabla A3.1. Coeficientes estequiométricos de los elementos que componen el carbón antracita.

Elementos y compuestos	Símbolo químico	Porcentaje en peso (%)	Masa molar (kg/kmol)	Flujo másico de componente (kg/h)	Coefficiente estequiométrico (mol/h)
Carbono	C	91,17	12,01	1,1396	94,89
Hidrógeno	H ₂	1,15	2,02	0,0144	7,12
Oxígeno	O ₂	2,05	32,00	0,0256	0,80
Nitrógeno	N ₂	0,55	28,01	0,0069	0,25
Azufre	S	0,36	32,07	0,0045	0,14
Agua (Humedad)	H ₂ O	4,72	18,02	0,0590	3,27

Por tanto, la ecuación estequiométrica estaría expresada de acuerdo a la ecuación A3.1



Se aplica la ley de conservación de la materia para realizar el balance químico. Este consiste en que la cantidad de átomos de cada elemento en los reactantes debe ser igual a la de los productos. Al aplicar esta ley, se obtuvieron las siguientes ecuaciones.

$$b + h = 94,89$$

$$c = 10,39$$

$$e = 0,14$$

$$0,5 + 3,773(2a) = 2d + f$$

$$4,87 + 2a = 2b + c + 2e + f + 2g + h$$

Se obtuvo un sistema de 3 ecuaciones y 6 incógnitas (los valores “c” y “e” no han sido reemplazados todavía). Para determinar las otras ecuaciones, se empleará la teoría de equilibrio químico¹. Esta teoría explica que la concentración de un elemento está en función de la temperatura y presión durante la combustión del carbón. Se parte de una ecuación estequiométrica genérica A3.2². A partir de esta ecuación, se puede determinar la constante de equilibrio químico mediante la ecuación A3.3³.



$$K_{eq} = \frac{Y_C^{v_C} Y_D^{v_D}}{Y_A^{v_A} Y_B^{v_B}} \times \left(\frac{P_{comb}}{P_{atm}} \right)^{v_C + v_D - (v_A + v_B)} \quad (\text{A3.3})$$

Donde:

K_{eq} : Constante de equilibrio químico [-]

v_i : Coeficiente estequiométrico del elemento i [mol/h]

Y_i : Concentración molar del elemento i [-]

P_{comb} : Presión durante la combustión del carbón [kPa]

P_{atm} : Presión atmosférica [101,325 kPa]

¹ FYGUEROA, Simón; ARAQUE, Jesús. El proceso de combustión en motores de combustión interna. Editorial Venezolana / Mérida. 1ra edición. 2005. p. 49

² Ibíd. Anexos. Tabla A9. Logaritmo base e de la constante de equilibrio químico K.

³ Ibíd. Anexos. Tabla A9.

La concentración molar de un producto se puede definir de la siguiente manera:

$$Y_i = \frac{n_{pi}}{n_p} \quad (A3.4)$$

Donde:

n_{pi} : Coeficiente estequiométrico del producto i [mol/h]

n_p : Suma de los coeficientes estequiométricos en el producto [mol/h]

Se puede expresar la suma total de coeficientes mediante la ecuación A3.5.

$$n_p = b + c + d + e + f + g + h \quad (A3.5)$$

Según los productos de combustión mostrados en la ecuación A3.1, se emplearán dos reacciones químicas de equilibrio para definir dos nuevas ecuaciones. Estas dos ecuaciones toman la forma de la ecuación A3.2, para poder determinar sus coeficientes de equilibrio. En la tabla A3.2 se muestran estos valores correspondientes a estas reacciones. En la sección 2.5.1 se determinó que la temperatura de combustión del carbón antracita es de 2100 K.

Tabla A3.2. Constantes de equilibrio de cada reacción química

Temperatura (K)	$N_2 + O_2 \leftrightarrow NO$		$2CO_2 \leftrightarrow 2CO + O_2$	
	$\ln(K_{eq})$	K_{eq}	$\ln(K_{eq})$	K_{eq}
2100	-7,331	$6,552 \times 10^{-4}$	-11,749	$7,9 \times 10^{-6}$

Se procede a definir la concentración molar de cada uno de los productos de la ecuación A3.1.

$$Y_{NO} = \frac{f}{b + c + d + e + f + g + h} \quad (A3.6)$$

$$Y_{N_2} = \frac{d}{b + c + d + e + f + g + h} \quad (\text{A3.7})$$

$$Y_{O_2} = \frac{g}{b + c + d + e + f + g + h} \quad (\text{A3.8})$$

$$Y_{CO_2} = \frac{b}{b + c + d + e + f + g + h} \quad (\text{A3.9})$$

$$Y_{CO} = \frac{h}{b + c + d + e + f + g + h} \quad (\text{A3.10})$$

Se asume que, durante la combustión, se ejerce presión atmosférica (101,325 kPa). De esta manera, se pueden expresar los coeficientes de equilibrio de cada reacción mediante las siguientes ecuaciones.

$$K_{eq1} = \frac{Y_{NO}^2}{Y_{N_2} \times Y_{O_2}} \quad (\text{A3.11})$$

$$K_{eq2} = \frac{Y_{CO}^2 \times Y_{O_2}}{Y_{CO_2}^2} \quad (\text{A3.12})$$

Las expresiones A3.11 y A3.12 forman parte del sistema de ecuaciones. Para determinar la tercera ecuación, se tomará como referencia los valores de porcentaje de oxígeno obtenidas durante la toma de datos (Ver anexo 1).

Los valores obtenidos son cercanos a las concentraciones de oxígeno del aire en su estado puro (20,15 – 20,8 %) debido a que, en el momento de la toma de datos, los gases de combustión ya se encontraban mezclados con el aire del medio ambiente. Por ello, no es correcto asumir que estos valores sean los mismos que produce la combustión.

Se asumirá que la cantidad de oxígeno generado en la fragua es aproximadamente la mitad de lo obtenido en la toma. La concentración de oxígeno promedio durante la

toma fue de 20,45%. Por lo tanto, se asumirá que existe 10% de oxígeno en los productos de combustión.

$$fv_{O_2} = 10 \% \quad (A3.13)$$

Es importante tomar en cuenta que la concentración de oxígeno obtenida durante la toma es una concentración volumétrica; no obstante, las ecuaciones de equilibrio químico emplea concentraciones molares.

Se aplicará la Ley de Amagat⁴, que explica que todos los elementos en una mezcla se encuentran a la misma presión y temperatura de la mezcla. Además, el volumen total de productos es la sumatoria de los volúmenes parciales de cada componente. Por lo tanto, se procede a aplicar la ecuación de gases ideales, tanto para el oxígeno como para todo el producto de combustión.

$$p \times V_{O_2} = n_{O_2} \times R_U \times T \quad (A3.14)$$

$$p \times V_p = n_p \times R_U \times T \quad (A3.15)$$

Se modifican las ecuaciones A3.14 y A3.15 para dejar expresado el volumen en función del número de moles (n), la constante de gas (R), la temperatura (T) y la presión (p).

$$V_{O_2} = \frac{n_{O_2} \times R_U \times T}{p} \quad (A3.16)$$

$$V_p = \frac{n_p \times R_U \times T}{p} \quad (A3.17)$$

⁴ MORAN, Michael; SHAPIRO, Howard. Fundamentos de Termodinámica Técnica. Segunda edición. 2004. p. 636

La concentración en volumen de un elemento se define mediante la ecuación A3.18.

$$fv_i = \frac{V_i}{V_p} \quad (\text{A3.18})$$

Donde:

fv_i : Concentración o fracción volumétrica del elemento i [-]

V_i : Volumen del elemento i [m^3]

V_p : Volumen total de los productos [m^3]

Se procede a reemplazar las ecuaciones A3.16 y A3.17 en A3.18, se obtiene que la concentración en volumen de oxígeno es igual a su concentración molar.

$$fv_{O_2} = Y_{O_2} \quad (\text{A3.19})$$

Por lo tanto, se puede afirmar que la concentración molar del oxígeno es de 10%. Con esto último paso, se define la última ecuación para el sistema y se procede a determinar los otros coeficientes.

$$Y_{O_2} = 0,10 \quad (\text{A3.20})$$

Se reemplazan los valores "c" y "e" y se ordena cada expresión en función de los coeficientes de A3.1. Se obtuvieron las siguientes ecuaciones.

$$b + h = 94,89 \quad (\text{A3.21})$$

$$0,5 + 3,773(2a) = 2d + f \quad (\text{A3.22})$$

$$2a = 5,8 + 2b + f + 2g + h \quad (\text{A3.23})$$

$$6,552 \times 10^{-4} = \frac{\left(\frac{f}{n_p}\right)^2}{\left(\frac{d}{n_p}\right) \times \left(\frac{g}{n_p}\right)} = \frac{f^2}{d \times g} \quad (\text{A3.24})$$

$$7,9 \times 10^{-6} = \frac{\left(\frac{h}{n_p}\right)^2 \times 0,10}{\left(\frac{b}{n_p}\right)^2} = \frac{h^2}{b^2} \times 0,10 \quad (\text{A3.25})$$

$$\frac{g}{10,53 + b + d + f + g + h} = 0,10 \quad (\text{A3.26})$$

Se puede desarrollar la ecuación A3.25 y obtener una relación entre los coeficientes “b” y “h”.

$$\frac{h}{b} = 0,00888 \quad (\text{A3.27})$$

Se modifica la ecuación A3.21 para expresar el coeficiente “h” en función de “b”.

$$h = 94,89 - b \quad (\text{A3.28})$$

Se reemplaza la ecuación A3.28 en la ecuación A3.27 para determinar los coeficientes “b” y “h”.

$$b = 94,054 \quad (\text{A3.29})$$

$$h = 0,836 \quad (\text{A3.30})$$

Se reemplazan los coeficientes “b” y “h” en las ecuaciones A3.23 y A3.26.

$$2a = 194,744 + f + 2g \quad (\text{A3.31})$$

$$\frac{g}{105,42 + d + f + g} = 0,10 \quad (\text{A3.32})$$

El siguiente paso es ordenar cada ecuación de tal forma que se pueda expresar un coeficiente en función de los demás. En este caso, se escogerá el coeficiente “g”.

Se reemplaza la ecuación A3.31 en A3.22 y se expresa el coeficiente “d” en función de los coeficientes “f” y “g”.

$$d = 367,625 + 1,3865f + 3,773g \quad (\text{A3.33})$$

Se procede a reemplazar la ecuación A3.33 en la ecuación A3.32. Luego, se expresa el coeficiente “f” en función de “g”.

$$f = 2,1902g - 198,22 \quad (\text{A3.34})$$

Se reemplaza la ecuación A3.34 en la ecuación A3.33 y se expresa el coeficiente “d” en función de “g”.

$$d = 6,8097g + 92,79 \quad (\text{A3.35})$$

Se procede a reemplazar las ecuaciones A3.34 y A3.35 en la ecuación A3.24.

$$6,552 \times 10^{-4} = \frac{(2,1902g - 198,22)^2}{g \times (6,8097g + 92,79)} \quad (\text{A3.36})$$

Se obtiene la siguiente ecuación cuadrática con sus respectivas soluciones.

$$4,7925g^2 - 868,33g + 39289,979 = 0 \quad (\text{A3.37})$$

$$g_1 = 93,558 \quad (\text{A3.38})$$

$$g_2 = 87,627 \quad (\text{A3.39})$$

Para determinar una solución única, se reemplaza cada raíz en la ecuación A3.34.

$$\text{Para } g_1 = 93,558 \qquad f = 6,69 \qquad (\text{A3.40})$$

$$\text{Para } g_2 = 87,627 \qquad f = -6,30 \qquad (\text{A3.41})$$

La solución g_2 no es válida porque el coeficiente estequiométrico del monóxido de nitrógeno (NO) sería negativo. Por lo tanto, el coeficiente “g” es igual a 93,558. Finalmente, se procede a reemplazar este valor en las ecuaciones correspondientes. En la tabla A3.3 se muestran todos los resultados.

Tabla A3.3. Coeficientes estequiométricos de los productos de combustión del carbón antracita.

Elementos y compuestos	Fórmula química	Incógnita	Coeficiente estequiométrico (mol/h)	Coeficiente estequiométrico (kmol/h)
Dióxido de carbono	CO ₂	b	94,05	0,09405
Agua	H ₂ O	c	10,39	0,01039
Nitrógeno	N ₂	d	729,87	0,72987
Dióxido de azufre	SO ₂	e	0,14	0,00014
Monóxido de nitrógeno	NO	f	6,69	0,00669
Oxígeno	O ₂	g	93,55	0,09355
Monóxido de carbono	CO	h	0,84	0,00084

ANEXO 4

Tabla A4.1. Presión parcial de saturación del vapor de agua a diferentes temperaturas⁵.

Temperatura ambiente (°C)	Presión parcial de saturación de vapor (kPa)
15	1,705
20	2,339
25	3,169
30	4,246
35	5,628

Tabla A4.2. Humedad absoluta para diferentes condiciones ambientales.

Humedad relativa (%)	Temperatura ambiente (°C)				
	15	20	25	30	35
	Humedad absoluta [kg vapor/kg aire seco]				
50	0,0053	0,0073	0,0099	0,0133	0,0178
55	0,0058	0,0080	0,0109	0,0147	0,0196
60	0,0063	0,0087	0,0119	0,0160	0,0214
65	0,0069	0,0095	0,0129	0,0174	0,0233
70	0,0074	0,0102	0,0139	0,0188	0,0252
75	0,0080	0,0110	0,0149	0,0202	0,0270
80	0,0085	0,0117	0,0160	0,0216	0,0289
85	0,0090	0,0124	0,0170	0,0230	0,0308
90	0,0096	0,0132	0,0180	0,0244	0,0327
95	0,0101	0,0139	0,0190	0,0258	0,0346
100	0,0106	0,0147	0,0201	0,0272	0,0366

⁵ Fuente: Ing. Javier Tamashiro H. Tablas y diagramas termodinámicos. Tabla 1.1: Estado de saturación líquido/vapor.

Tabla A4.3. Volumen específico del aire ambiente para diferentes condiciones ambientales.

Humedad relativa (%)	Temperatura ambiente (°C)				
	15	20	25	30	35
	Volumen específico [m ³ /kg aire seco]				
50	0,8226	0,8396	0,8575	0,8766	0,8973
55	0,8233	0,8406	0,8588	0,8785	0,8999
60	0,8240	0,8415	0,8602	0,8803	0,9025
65	0,8247	0,8425	0,8616	0,8822	0,9051
70	0,8254	0,8435	0,8629	0,8841	0,9077
75	0,8261	0,8445	0,8643	0,8861	0,9103
80	0,8268	0,8455	0,8657	0,8880	0,9129
85	0,8276	0,8465	0,8671	0,8899	0,9156
90	0,8283	0,8475	0,8685	0,8919	0,9183
95	0,8290	0,8485	0,8699	0,8938	0,9210
100	0,8297	0,8495	0,8713	0,8958	0,9237

Tabla A4.4. Densidad del aire ambiente para diferentes condiciones ambientales.

Humedad relativa (%)	Temperatura ambiente (°C)				
	15	20	25	30	35
	Densidad del aire ambiente (kg/m ³)				
50	1,2220	1,1997	1,1778	1,1560	1,1343
55	1,2216	1,1992	1,1771	1,1551	1,1331
60	1,2212	1,1987	1,1764	1,1541	1,1319
65	1,2208	1,1982	1,1757	1,1532	1,1307
70	1,2205	1,1976	1,1750	1,1523	1,1294
75	1,2201	1,1971	1,1743	1,1514	1,1282
80	1,2197	1,1966	1,1736	1,1504	1,1270
85	1,2193	1,1961	1,1729	1,1495	1,1258
90	1,2189	1,1955	1,1722	1,1486	1,1246
95	1,2185	1,1950	1,1715	1,1477	1,1234
100	1,2181	1,1945	1,1708	1,1467	1,1222

ANEXO 5

Gases de combustión del carbón antracita

Tabla A5.1. Flujo másico de aire ambiente para diferentes condiciones ambientales.

Humedad relativa (%)	Temperatura ambiente (°C)				
	15	20	25	30	35
	Flujo másico de aire ambiente (kg/s)				
50	0,4966	0,4876	0,4786	0,4698	0,4610
55	0,4965	0,4874	0,4784	0,4694	0,4605
60	0,4963	0,4871	0,4781	0,4690	0,4600
65	0,4962	0,4869	0,4778	0,4687	0,4595
70	0,4960	0,4867	0,4775	0,4683	0,4590
75	0,4958	0,4865	0,4772	0,4679	0,4585
80	0,4957	0,4863	0,4769	0,4675	0,4580
85	0,4955	0,4861	0,4767	0,4672	0,4575
90	0,4954	0,4859	0,4764	0,4668	0,4570
95	0,4952	0,4856	0,4761	0,4664	0,4566
100	0,4950	0,4854	0,4758	0,4660	0,4561

Tabla A5.2. Flujo másico de vapor de agua en el aire ambiente para diferentes condiciones ambientales.

Humedad relativa (%)	Temperatura ambiente (°C)				
	15	20	25	30	35
	Flujo másico de vapor de agua en el ambiente (kg/s)				
50	0,0026	0,0035	0,0047	0,0062	0,0080
55	0,0029	0,0039	0,0052	0,0068	0,0089
60	0,0031	0,0042	0,0056	0,0074	0,0097
65	0,0034	0,0046	0,0061	0,0080	0,0105
70	0,0037	0,0049	0,0066	0,0086	0,0113
75	0,0039	0,0053	0,0070	0,0093	0,0121
80	0,0042	0,0056	0,0075	0,0099	0,0129
85	0,0044	0,0060	0,0080	0,0105	0,0137
90	0,0047	0,0063	0,0084	0,0111	0,0145
95	0,0050	0,0067	0,0089	0,0117	0,0153
100	0,0052	0,0070	0,0094	0,0123	0,0161

Tabla A5.3. Flujo másico de aire seco en el aire ambiente para diferentes condiciones ambientales.

Humedad relativa (%)	Temperatura ambiente (°C)				
	15	20	25	30	35
	Flujo másico de aire seco (kg/s)				
50	0,4940	0,4841	0,4740	0,4636	0,4529
55	0,4936	0,4835	0,4732	0,4626	0,4516
60	0,4932	0,4829	0,4725	0,4616	0,4503
65	0,4928	0,4824	0,4717	0,4606	0,4490
70	0,4923	0,4818	0,4709	0,4597	0,4477
75	0,4919	0,4812	0,4702	0,4587	0,4464
80	0,4915	0,4807	0,4694	0,4577	0,4452
85	0,4911	0,4801	0,4687	0,4567	0,4439
90	0,4907	0,4795	0,4679	0,4557	0,4426
95	0,4902	0,4790	0,4672	0,4547	0,4413
100	0,4898	0,4784	0,4664	0,4537	0,4400

Tabla A5.4. Fracción másica de vapor de agua con respecto al aire ambiente para diferentes condiciones ambientales.

Humedad relativa (%)	Temperatura ambiente (°C)				
	15	20	25	30	35
	Fracción másica de vapor de agua respecto al aire ambiente				
50	0,0052	0,0072	0,0098	0,0131	0,0175
55	0,0058	0,0079	0,0108	0,0145	0,0192
60	0,0063	0,0087	0,0118	0,0158	0,0210
65	0,0068	0,0094	0,0127	0,0171	0,0228
70	0,0074	0,0101	0,0137	0,0184	0,0245
75	0,0079	0,0108	0,0147	0,0198	0,0263
80	0,0084	0,0116	0,0157	0,0211	0,0281
85	0,0089	0,0123	0,0167	0,0225	0,0299
90	0,0095	0,0130	0,0177	0,0238	0,0317
95	0,0100	0,0138	0,0187	0,0251	0,0335
100	0,0105	0,0145	0,0197	0,0265	0,0353

Tabla A5.5. Fracción másica del aire seco con respecto al aire ambiente para diferentes condiciones ambientales.

Humedad relativa (%)	Temperatura ambiente (°C)				
	15	20	25	30	35
	Fracción másica de aire seco respecto al aire ambiente				
50	0,9948	0,9928	0,9902	0,9869	0,9825
55	0,9942	0,9921	0,9892	0,9855	0,9808
60	0,9937	0,9913	0,9882	0,9842	0,9790
65	0,9932	0,9906	0,9873	0,9829	0,9772
70	0,9926	0,9899	0,9863	0,9816	0,9755
75	0,9921	0,9892	0,9853	0,9802	0,9737
80	0,9916	0,9884	0,9843	0,9789	0,9719
85	0,9911	0,9877	0,9833	0,9775	0,9701
90	0,9905	0,9870	0,9823	0,9762	0,9683
95	0,9900	0,9862	0,9813	0,9749	0,9665
100	0,9895	0,9855	0,9803	0,9735	0,9647

Tabla A5.6. Constante R del aire ambiente para diferentes condiciones ambientales.

Humedad relativa (%)	Temperatura ambiente (°C)				
	15	20	25	30	35
	Constante R del aire ambiente (kJ/kg-K)				
50	0,28790	0,28825	0,28870	0,28928	0,29004
55	0,28800	0,28837	0,28887	0,28951	0,29034
60	0,28809	0,28850	0,28904	0,28974	0,29065
65	0,28818	0,28863	0,28921	0,28998	0,29096
70	0,28827	0,28875	0,28938	0,29021	0,29127
75	0,28836	0,28888	0,28956	0,29044	0,29158
80	0,28846	0,28901	0,28973	0,29067	0,29190
85	0,28855	0,28913	0,28990	0,29091	0,29221
90	0,28864	0,28926	0,29008	0,29114	0,29252
95	0,28873	0,28939	0,29025	0,29138	0,29284
100	0,28883	0,28952	0,29042	0,29161	0,29315

Tabla A5.7. Flujo másico de la mezcla de gases⁶ para diferentes condiciones ambientales.

Humedad relativa (%)	Temperatura ambiente (°C)				
	15	20	25	30	35
	Flujo másico de la mezcla de gases (kg/s)				
50	0,5044	0,4953	0,4864	0,4776	0,4687
55	0,5042	0,4951	0,4861	0,4772	0,4683
60	0,5041	0,4949	0,4859	0,4768	0,4678
65	0,5039	0,4947	0,4856	0,4764	0,4673
70	0,5038	0,4945	0,4853	0,4761	0,4668
75	0,5036	0,4943	0,4850	0,4757	0,4663
80	0,5035	0,4941	0,4847	0,4753	0,4658
85	0,5033	0,4939	0,4844	0,4749	0,4653
90	0,5031	0,4936	0,4841	0,4746	0,4648
95	0,5030	0,4934	0,4839	0,4742	0,4643
100	0,5028	0,4932	0,4836	0,4738	0,4638

Tabla A5.8. Fracción másica del aire ambiente con respecto a la mezcla de gases para diferentes condiciones ambientales.

Humedad relativa (%)	Temperatura ambiente (°C)				
	15	20	25	30	35
	Fracción másica del aire ambiente con respecto a la mezcla de gases				
50	0,984582	0,984300	0,984012	0,983716	0,983409
55	0,984577	0,984293	0,984003	0,983703	0,983392
60	0,984572	0,984286	0,983993	0,983690	0,983374
65	0,984567	0,984280	0,983984	0,983677	0,983357
70	0,984562	0,984273	0,983974	0,983664	0,983339
75	0,984558	0,984266	0,983965	0,983651	0,983322
80	0,984553	0,984259	0,983956	0,983638	0,983304
85	0,984548	0,984252	0,983946	0,983625	0,983287
90	0,984543	0,984246	0,983937	0,983613	0,983269
95	0,984538	0,984239	0,983927	0,983600	0,983251
100	0,984533	0,984232	0,983918	0,983587	0,983234

⁶ Se conoce como mezcla de gases a mezcla del aire ambiente con los gases de combustión generados en la fragua.

Tabla A5.9. Fracción másica de los gases de combustión con respecto a la mezcla de gases para diferentes condiciones ambientales.

Humedad relativa (%)	Temperatura ambiente (°C)				
	15	20	25	30	35
	Fracción másica de los gases de combustión con respecto a la mezcla de gases				
50	0,015418	0,015700	0,015988	0,016284	0,016591
55	0,015423	0,015707	0,015997	0,016297	0,016608
60	0,015428	0,015714	0,016007	0,016310	0,016626
65	0,015433	0,015720	0,016016	0,016323	0,016643
70	0,015438	0,015727	0,016026	0,016336	0,016661
75	0,015442	0,015734	0,016035	0,016349	0,016678
80	0,015447	0,015741	0,016044	0,016362	0,016696
85	0,015452	0,015748	0,016054	0,016375	0,016713
90	0,015457	0,015754	0,016063	0,016387	0,016731
95	0,015462	0,015761	0,016073	0,016400	0,016749
100	0,015467	0,015768	0,016082	0,016413	0,016766

Tabla A5.10. Constante R de la mezcla de gases para diferentes condiciones ambientales.

Humedad relativa (%)	Temperatura ambiente (°C)				
	15	20	25	30	35
	Constante R de la mezcla de gases (kJ/kg-K)				
50	0,28775	0,28808	0,28852	0,28909	0,28983
55	0,28784	0,28821	0,28869	0,28932	0,29014
60	0,28793	0,28833	0,28886	0,28955	0,29044
65	0,28802	0,28846	0,28903	0,28978	0,29074
70	0,28811	0,28858	0,28920	0,29001	0,29105
75	0,28820	0,28871	0,28937	0,29024	0,29135
80	0,28829	0,28883	0,28954	0,29046	0,29166
85	0,28838	0,28896	0,28971	0,29069	0,29197
90	0,28847	0,28908	0,28988	0,29092	0,29228
95	0,28856	0,28921	0,29005	0,29115	0,29258
100	0,28866	0,28933	0,29022	0,29139	0,29289

Tabla A5.11. Densidad de la mezcla de gases para diferentes condiciones ambientales.

Humedad relativa (%)	Temperatura ambiente (°C)				
	15	20	25	30	35
	Densidad de la mezcla de gases (kg/m ³)				
50	0,94405	0,94296	0,94152	0,93966	0,93726
55	0,94375	0,94255	0,94097	0,93892	0,93628
60	0,94346	0,94214	0,94042	0,93818	0,93530
65	0,94316	0,94173	0,93987	0,93744	0,93432
70	0,94286	0,94133	0,93931	0,93670	0,93334
75	0,94257	0,94092	0,93876	0,93596	0,93236
80	0,94227	0,94051	0,93821	0,93522	0,93139
85	0,94197	0,94011	0,93766	0,93448	0,93041
90	0,94168	0,93970	0,93711	0,93374	0,92943
95	0,94138	0,93929	0,93656	0,93301	0,92845
100	0,94108	0,93888	0,93600	0,93227	0,92747

ANEXO 6

Gases de soldadura

Tabla A6.1. Flujo másico de aire ambiente para diferentes condiciones ambientales.

Humedad relativa (%)	Temperatura ambiente (°C)				
	15	20	25	30	35
	Flujo másico de aire ambiente (kg/s)				
50	0,6621	0,6500	0,6381	0,6263	0,6146
55	0,6619	0,6497	0,6377	0,6258	0,6139
60	0,6617	0,6495	0,6374	0,6253	0,6132
65	0,6615	0,6492	0,6370	0,6248	0,6126
70	0,6613	0,6489	0,6366	0,6243	0,6119
75	0,6610	0,6486	0,6362	0,6238	0,6113
80	0,6608	0,6483	0,6358	0,6233	0,6106
85	0,6606	0,6480	0,6355	0,6228	0,6100
90	0,6604	0,6477	0,6351	0,6223	0,6093
95	0,6602	0,6475	0,6347	0,6218	0,6087
100	0,6600	0,6472	0,6343	0,6213	0,6080

Tabla A6.2. Flujo másico de vapor de agua en el aire ambiente para diferentes condiciones ambientales.

Humedad relativa (%)	Temperatura ambiente (°C)				
	15	20	25	30	35
	Flujo másico de vapor de agua en el ambiente (kg/s)				
50	0,0035	0,0047	0,0062	0,0082	0,0107
55	0,0038	0,0052	0,0069	0,0091	0,0118
60	0,0042	0,0056	0,0075	0,0099	0,0129
65	0,0045	0,0061	0,0081	0,0107	0,0139
70	0,0049	0,0066	0,0087	0,0115	0,0150
75	0,0052	0,0070	0,0094	0,0123	0,0161
80	0,0056	0,0075	0,0100	0,0132	0,0172
85	0,0059	0,0080	0,0106	0,0140	0,0182
90	0,0063	0,0084	0,0112	0,0148	0,0193
95	0,0066	0,0089	0,0119	0,0156	0,0204
100	0,0070	0,0094	0,0125	0,0165	0,0215

Tabla A6.3. Flujo másico de aire seco en el aire ambiente para diferentes condiciones ambientales.

Humedad relativa (%)	Temperatura ambiente (°C)				
	15	20	25	30	35
	Flujo másico de aire seco (kg/s)				
50	0,6586	0,6453	0,6319	0,6181	0,6038
55	0,6581	0,6446	0,6309	0,6168	0,6021
60	0,6575	0,6438	0,6299	0,6155	0,6004
65	0,6569	0,6431	0,6289	0,6141	0,5986
70	0,6564	0,6423	0,6279	0,6128	0,5969
75	0,6558	0,6416	0,6269	0,6115	0,5952
80	0,6553	0,6408	0,6259	0,6102	0,5935
85	0,6547	0,6401	0,6249	0,6088	0,5917
90	0,6541	0,6393	0,6238	0,6075	0,5900
95	0,6536	0,6386	0,6228	0,6062	0,5883
100	0,6530	0,6378	0,6218	0,6049	0,5866

Tabla A6.4. Fracción másica de vapor de agua con respecto al aire ambiente para diferentes condiciones ambientales.

Humedad relativa (%)	Temperatura ambiente (°C)				
	15	20	25	30	35
	Fracción másica de vapor de agua respecto al aire ambiente				
50	0,0052	0,0072	0,0098	0,0131	0,0175
55	0,0058	0,0079	0,0108	0,0145	0,0192
60	0,0063	0,0087	0,0118	0,0158	0,0210
65	0,0068	0,0094	0,0127	0,0171	0,0228
70	0,0074	0,0101	0,0137	0,0184	0,0245
75	0,0079	0,0108	0,0147	0,0198	0,0263
80	0,0084	0,0116	0,0157	0,0211	0,0281
85	0,0089	0,0123	0,0167	0,0225	0,0299
90	0,0095	0,0130	0,0177	0,0238	0,0317
95	0,0100	0,0138	0,0187	0,0251	0,0335
100	0,0105	0,0145	0,0197	0,0265	0,0353

Tabla A6.5. Fracción másica del aire seco con respecto al aire ambiente para diferentes condiciones ambientales.

Humedad relativa (%)	Temperatura ambiente (°C)				
	15	20	25	30	35
	Fracción másica de aire seco respecto al aire ambiente				
50	0,9948	0,9928	0,9902	0,9869	0,9825
55	0,9942	0,9921	0,9892	0,9855	0,9808
60	0,9937	0,9913	0,9882	0,9842	0,9790
65	0,9932	0,9906	0,9873	0,9829	0,9772
70	0,9926	0,9899	0,9863	0,9816	0,9755
75	0,9921	0,9892	0,9853	0,9802	0,9737
80	0,9916	0,9884	0,9843	0,9789	0,9719
85	0,9911	0,9877	0,9833	0,9775	0,9701
90	0,9905	0,9870	0,9823	0,9762	0,9683
95	0,9900	0,9862	0,9813	0,9749	0,9665
100	0,9895	0,9855	0,9803	0,9735	0,9647

Tabla A6.6. Constante R del aire ambiente para diferentes condiciones ambientales.

Humedad relativa (%)	Temperatura ambiente (°C)				
	15	20	25	30	35
	Constante R de gases del aire ambiente (kJ/kg-K)				
50	0,28790	0,28825	0,28870	0,28928	0,29004
55	0,28800	0,28837	0,28887	0,28951	0,29034
60	0,28809	0,28850	0,28904	0,28974	0,29065
65	0,28818	0,28863	0,28921	0,28998	0,29096
70	0,28827	0,28875	0,28938	0,29021	0,29127
75	0,28836	0,28888	0,28956	0,29044	0,29158
80	0,28846	0,28901	0,28973	0,29067	0,29190
85	0,28855	0,28913	0,28990	0,29091	0,29221
90	0,28864	0,28926	0,29008	0,29114	0,29252
95	0,28873	0,28939	0,29025	0,29138	0,29284
100	0,28883	0,28952	0,29042	0,29161	0,29315

Tabla A6.7. Flujo másico de la mezcla de gases⁷ para diferentes condiciones ambientales.

Humedad relativa (%)	Temperatura ambiente (°C)				
	15	20	25	30	35
	Flujo másico de la mezcla de gases (kg/s)				
50	0,6622	0,6501	0,6382	0,6264	0,6147
55	0,6620	0,6499	0,6379	0,6259	0,6140
60	0,6618	0,6496	0,6375	0,6254	0,6134
65	0,6616	0,6493	0,6371	0,6249	0,6127
70	0,6614	0,6490	0,6367	0,6244	0,6121
75	0,6612	0,6487	0,6363	0,6239	0,6114
80	0,6610	0,6484	0,6360	0,6234	0,6108
85	0,6607	0,6482	0,6356	0,6229	0,6101
90	0,6605	0,6479	0,6352	0,6224	0,6095
95	0,6603	0,6476	0,6348	0,6219	0,6088
100	0,6601	0,6473	0,6344	0,6214	0,6081

Tabla A6.8. Fracción másica del aire ambiente con respecto a la mezcla de gases para diferentes condiciones ambientales.

Humedad relativa (%)	Temperatura ambiente (°C)				
	15	20	25	30	35
	Fracción másica del aire ambiente con respecto a la mezcla de gases				
50	0,9998158	0,9998124	0,9998089	0,9998053	0,9998016
55	0,9998157	0,9998123	0,9998088	0,9998051	0,9998014
60	0,9998157	0,9998122	0,9998087	0,9998050	0,9998011
65	0,9998156	0,9998121	0,9998085	0,9998048	0,9998009
70	0,9998156	0,9998121	0,9998084	0,9998047	0,9998007
75	0,9998155	0,9998120	0,9998083	0,9998045	0,9998005
80	0,9998155	0,9998119	0,9998082	0,9998044	0,9998003
85	0,9998154	0,9998118	0,9998081	0,9998042	0,9998001
90	0,9998153	0,9998117	0,9998080	0,9998040	0,9997999
95	0,9998153	0,9998116	0,9998079	0,9998039	0,9997996
100	0,9998152	0,9998116	0,9998077	0,9998037	0,9997994

⁷ Se conoce como mezcla de gases a mezcla del aire ambiente con los gases de soldadura.

Tabla A6.9. Fracción másica de los gases de soldadura con respecto a la mezcla de gases para diferentes condiciones ambientales.

Humedad relativa (%)	Temperatura ambiente (°C)				
	15	20	25	30	35
	Fracción másica de los gases de soldadura con respecto a la mezcla de gases				
50	0,0001842	0,0001876	0,0001911	0,0001947	0,0001984
55	0,0001843	0,0001877	0,0001912	0,0001949	0,0001986
60	0,0001843	0,0001878	0,0001913	0,0001950	0,0001989
65	0,0001844	0,0001879	0,0001915	0,0001952	0,0001991
70	0,0001844	0,0001879	0,0001916	0,0001953	0,0001993
75	0,0001845	0,0001880	0,0001917	0,0001955	0,0001995
80	0,0001845	0,0001881	0,0001918	0,0001956	0,0001997
85	0,0001846	0,0001882	0,0001919	0,0001958	0,0001999
90	0,0001847	0,0001883	0,0001920	0,0001960	0,0002001
95	0,0001847	0,0001884	0,0001921	0,0001961	0,0002004
100	0,0001848	0,0001884	0,0001923	0,0001963	0,0002006

Tabla A6.10. Constante R de la mezcla de gases para diferentes condiciones ambientales.

Humedad relativa (%)	Temperatura ambiente (°C)				
	15	20	25	30	35
	Constante R de la mezcla de gases (kJ/kg-K)				
50	0,28790	0,28824	0,28869	0,28928	0,29003
55	0,28799	0,28837	0,28887	0,28951	0,29034
60	0,28809	0,28850	0,28904	0,28974	0,29065
65	0,28818	0,28862	0,28921	0,28997	0,29096
70	0,28827	0,28875	0,28938	0,29021	0,29127
75	0,28836	0,28888	0,28956	0,29044	0,29158
80	0,28845	0,28900	0,28973	0,29067	0,29189
85	0,28855	0,28913	0,28990	0,29091	0,29221
90	0,28864	0,28926	0,29007	0,29114	0,29252
95	0,28873	0,28939	0,29025	0,29137	0,29283
100	0,28882	0,28951	0,29042	0,29161	0,29315

Tabla A6.11. Densidad de la mezcla de gases para diferentes condiciones ambientales.

Humedad relativa (%)	Temperatura ambiente (°C)				
	15	20	25	30	35
	Densidad de la mezcla de gases (kg/m ³)				
50	0,94355	0,94243	0,94096	0,93906	0,93661
55	0,94325	0,94201	0,94040	0,93831	0,93562
60	0,94294	0,94160	0,93984	0,93756	0,93462
65	0,94264	0,94119	0,93928	0,93680	0,93363
70	0,94234	0,94077	0,93872	0,93605	0,93263
75	0,94204	0,94036	0,93816	0,93530	0,93164
80	0,94174	0,93995	0,93760	0,93455	0,93064
85	0,94144	0,93953	0,93704	0,93380	0,92965
90	0,94114	0,93912	0,93648	0,93305	0,92865
95	0,94083	0,93871	0,93592	0,93230	0,92766
100	0,94053	0,93829	0,93536	0,93155	0,92667

ANEXO 7

$h_e = 0.93 VP_d$
PLAIN DUCT END

$h_e = 0.49 VP_d$
FLANGED DUCT END

$h_e = 0.04 VP_d$
BELLMOUTH ENTRY

$h_e = 1.78 VP_{Orifice}$
SHARP-EDGED ORIFICE

$h_e = 0.4 VP_d$ (tapered take-off)
 $h_e = 0.65 VP_d$ (no taper)
STANDARD GRINDER HOOD

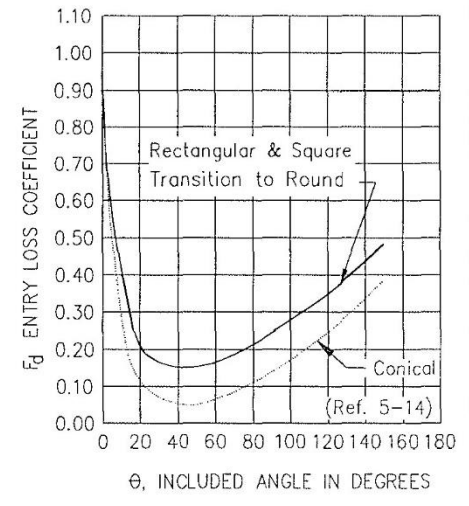
$h_e = 1.5 VP_d$
TRAP OR SETTLING CHAMBER

TAPERED HOODS
Flanged or unflanged; round, square or rectangular. θ is the major angle on rectangular hoods.

Face area (A_f) at least 2 times the duct area.

θ	ENTRY LOSS (h_d)	
	ROUND	RECTANGULAR
15°	0.15 VP	0.25 VP
30°	0.08 VP	0.16 VP
45°	0.06 VP	0.15 VP
60°	0.08 VP	0.17 VP
90°	0.15 VP	0.25 VP
120°	0.26 VP	0.35 VP
150°	0.40 VP	0.48 VP
180°	0.50 VP	0.50 VP

VP = Duct VP = VP_d
Note: 180° values represent round ducts butted into back of booth or hood without a rectangular to round transition.



COMPOUND HOODS
A compound hood, such as the slot/plenum shown to the right, would have 2 losses, one through the slot and the other through the transition into the duct.

The slot entry loss coefficient, F_s , would have a value typically in the range of 1.00 to 1.78 (see Chapters 3 and 10).

The duct entry loss coefficient is given by the above data for tapered hoods.

$$h_e = F_s VP_s + F_d VP_d$$

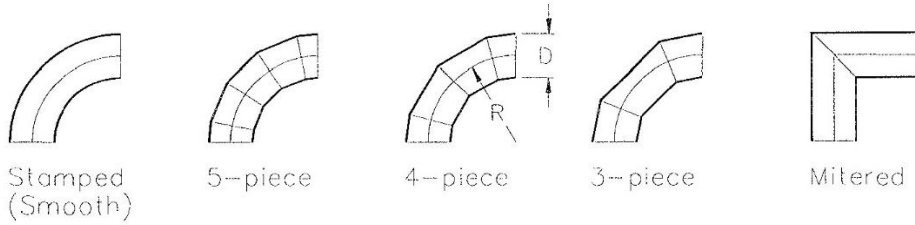
MISCELLANEOUS VALUES

HOOD	ENTRY LOSS COEFFICIENT F_d
Abrasive blast chamber	1.0
Abrasive blast elevator	2.3
Abrasive separator	2.3
Elevators (enclosures)	0.69
Flanged pipe plus close elbow	0.8
Plain pipe plus close elbow	1.60

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS

HOOD ENTRY LOSS COEFFICIENTS

DATE 1-95 FIGURE 5-13



	R/D					
	0.5	0.75	1.00	1.50	2.00	2.50
Stamped	0.71	0.33	0.22	0.15	0.13	0.12
5-piece	--	0.46	0.33	0.24	0.19	0.17*
4-piece	--	0.50	0.37	0.27	0.24	0.23*
3-piece	0.90	0.54	0.42	0.34	0.33	0.33*

* extrapolated from published data

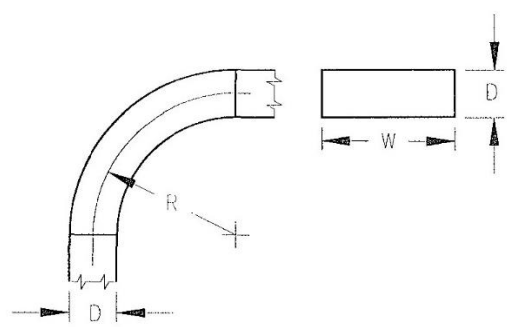
OTHER ELBOW LOSS COEFFICIENTS

- Mitered, no vanes 1.2
- Mitered, turning vanes 0.6
- Flatback (R/D = 2.5) 0.05 (see Figure 5-23)

NOTE: Loss factors are assumed to be for elbows of "zero length." Friction losses should be included to the intersection of centerlines.

ROUND ELBOW LOSS COEFFICIENTS

(Ref. 5.13)



R/D	Aspect Ratio, W/D					
	0.25	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0
0.0(Mitred)	1.50	1.32	1.15	1.04	0.92	0.86
0.5	1.36	1.21	1.05	0.95	0.84	0.79
1.0	0.45	0.28	0.21	0.21	0.20	0.19
1.5	0.28	0.18	0.13	0.13	0.12	0.12
2.0	0.24	0.15	0.11	0.11	0.10	0.10
3.0	0.24	0.15	0.11	0.11	0.10	0.10

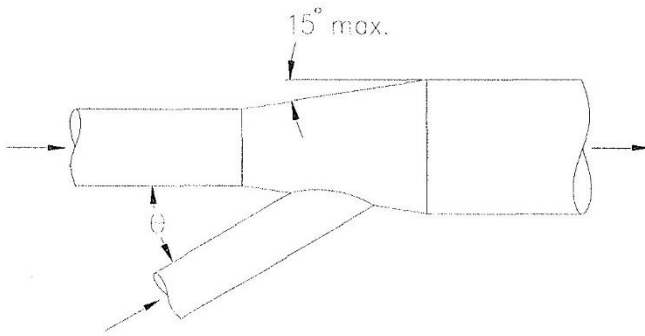
SQUARE & RECTANGULAR ELBOW LOSS COEFFICIENTS

AMERICAN CONFERENCE
OF GOVERNMENTAL
INDUSTRIAL HYGIENISTS

DUCT DESIGN DATA
ELBOW LOSSES

DATE 1-95

FIGURE 5-14

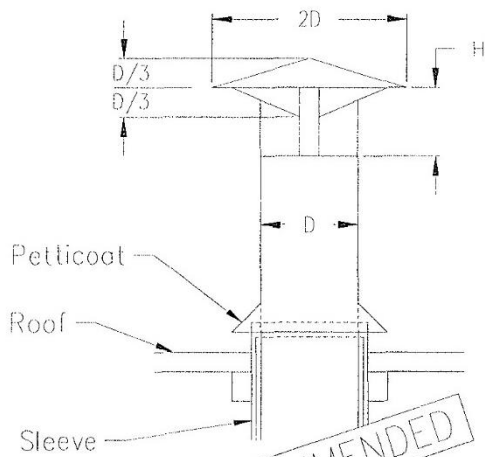


Angle θ Degrees	Loss Fraction of VP in Branch
10	0.06
15	0.09
20	0.12
25	0.15
30	0.18
35	0.21
40	0.25
45	0.28
50	0.32
60	0.44
90	1.00

Note: Branch entry loss assumed to occur in branch and is so calculated.

Do not include an enlargement regain calculation for branch entry enlargements.

BRANCH ENTRY LOSSES



H, No. of Diameters	Loss Fraction of VP
1.0 D	0.10
0.75 D	0.18
0.70 D	0.22
0.65 D	0.30
0.60 D	0.41
0.55 D	0.56
0.50 D	0.73
0.45 D	1.0

NOT RECOMMENDED

WEATHER CAP LOSSES

See Fig. 5-29

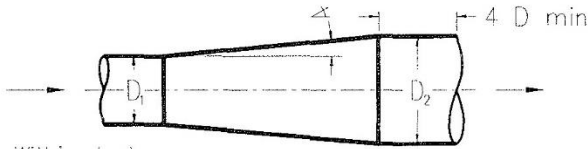
AMERICAN CONFERENCE
OF GOVERNMENTAL
INDUSTRIAL HYGIENISTS

DUCT DESIGN DATA

DATE 1-95

FIGURE 5-15

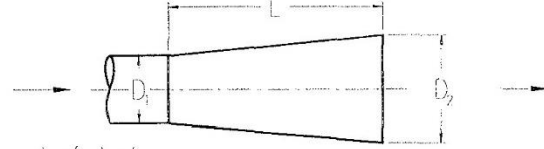
STATIC PRESSURE REGAINS FOR EXPANSIONS



Within duct

Taper angle degrees	Diameter ratios D_2/D_1				
	1.25:1	1.5:1	1.75:1	2:1	2.5:1
3 1/2	0.92	0.88	0.84	0.81	0.75
5	0.88	0.84	0.80	0.76	0.68
10	0.85	0.76	0.70	0.63	0.53
15	0.83	0.70	0.62	0.55	0.43
20	0.81	0.67	0.57	0.48	0.43
25	0.80	0.65	0.53	0.44	0.28
30	0.79	0.63	0.51	0.41	0.25
Abrupt 90	0.77	0.62	0.50	0.40	0.25

Where: $SP_2 = SP_1 + R(VP_1 - VP_2)$



At end of duct

Taper length to inlet diam L/D	Diameter ratios D_2/D_1					
	1.2:1	1.3:1	1.4:1	1.5:1	1.6:1	1.7:1
1.0:1	0.37	0.39	0.38	0.35	0.31	0.27
1.5:1	0.39	0.46	0.47	0.46	0.44	0.41
2.0:1	0.42	0.49	0.52	0.52	0.51	0.49
3.0:1	0.44	0.52	0.57	0.59	0.60	0.59
4.0:1	0.45	0.55	0.60	0.63	0.63	0.64
5.0:1	0.47	0.56	0.62	0.65	0.66	0.68
7.5:1	0.48	0.58	0.64	0.68	0.70	0.72

Where: $SP_1 = SP_2 - R(VP_1)^*$

*When $SP_2 = 0$ (atmosphere) SP_1 will be (-)

The regain (R) will only be 70% of value shown above when expansion follows a disturbance or elbow (including a fan) by less than 5 duct diameters.

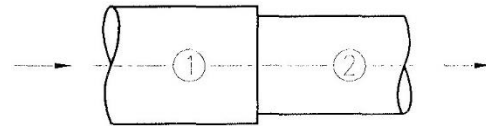
STATIC PRESSURE LOSSES FOR CONTRACTIONS



Tapered contraction

$$SP_2 = SP_1 - (VP_2 - VP_1) - L(VP_2 - VP_1)$$

Taper angle degrees	L(loss)
5	0.05
10	0.06
15	0.08
20	0.10
25	0.11
30	0.13
45	0.20
60	0.30
over 60	Abrupt contraction



Abrupt contraction

$$SP_2 = SP_1 - (VP_2 - VP_1) - K(VP_2)$$

Ratio A_2/A_1	K
0.1	0.48
0.2	0.46
0.3	0.42
0.4	0.37
0.4	0.32
0.6	0.26
0.7	0.20

A = duct area, ft²

Note:

In calculating SP for expansion or contraction use algebraic signs: VP is (+), and usually SP is (+) in discharge duct from fan, and SP is (-) in inlet duct to fan.

AMERICAN CONFERENCE
OF GOVERNMENTAL
INDUSTRIAL HYGIENISTS

DUCT DESIGN DATA

DATE 1-95

FIGURE 5-16

ANEXO 8

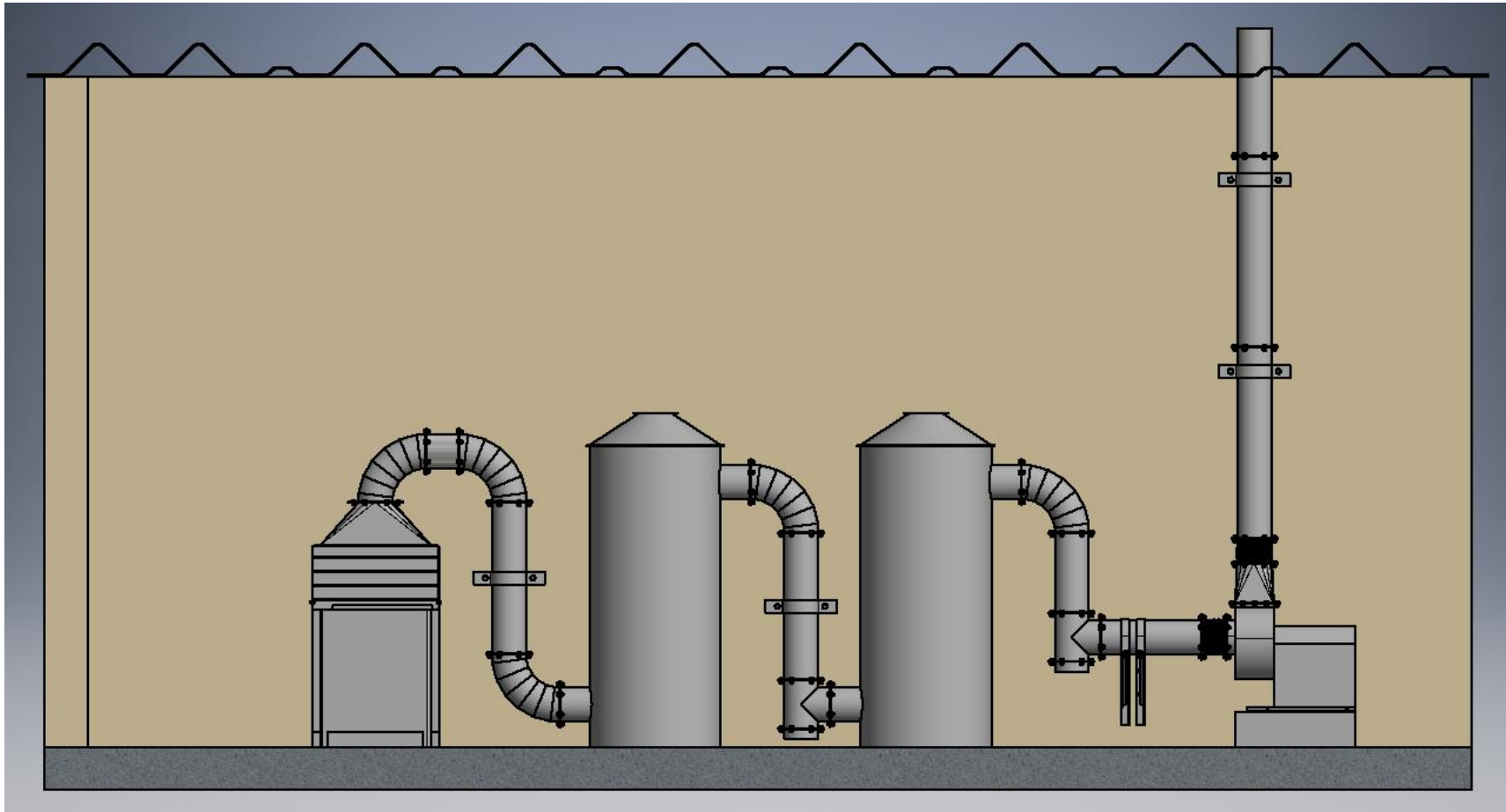


Figura A8.1. Sistema de extracción y tratamiento de gases para la fragua (Vista frontal).

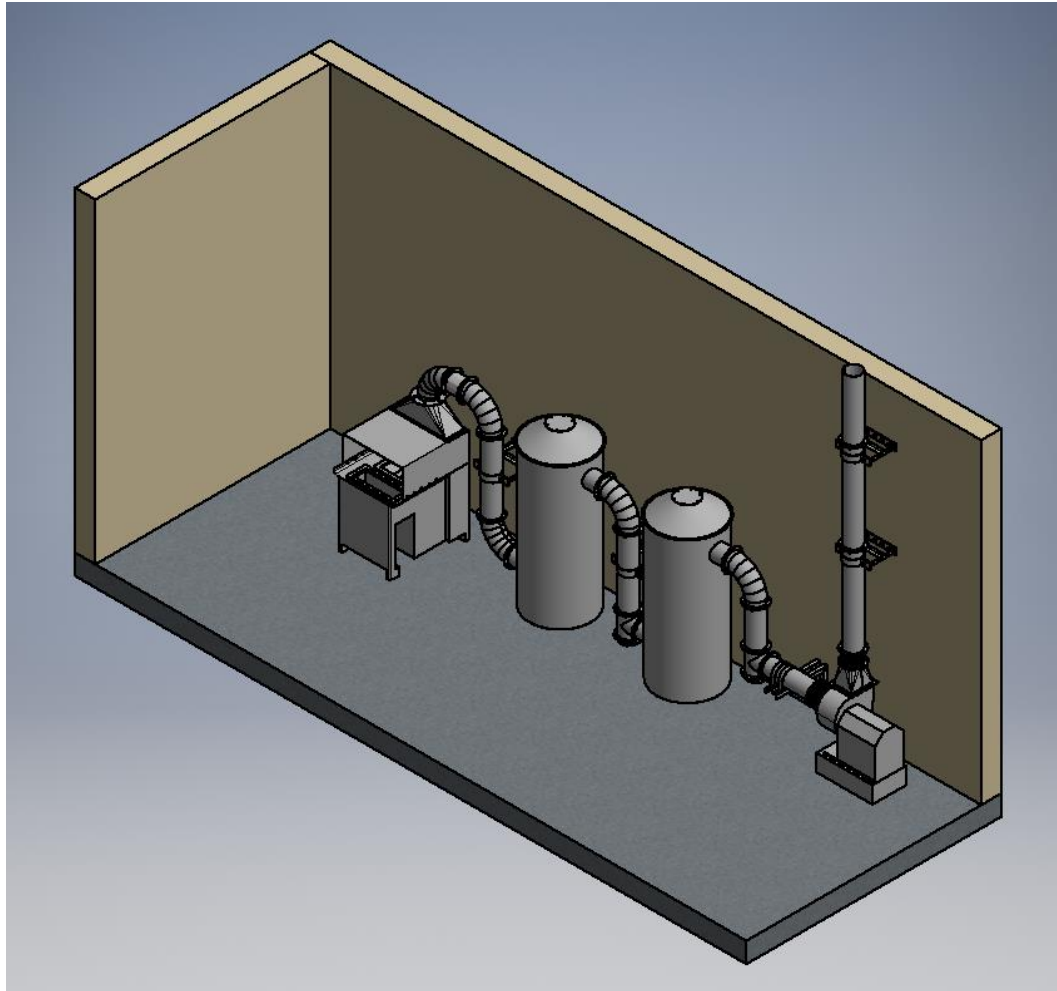


Figura A8.2. Sistema de extracción y tratamiento de gases para la fragua (Isométrico).

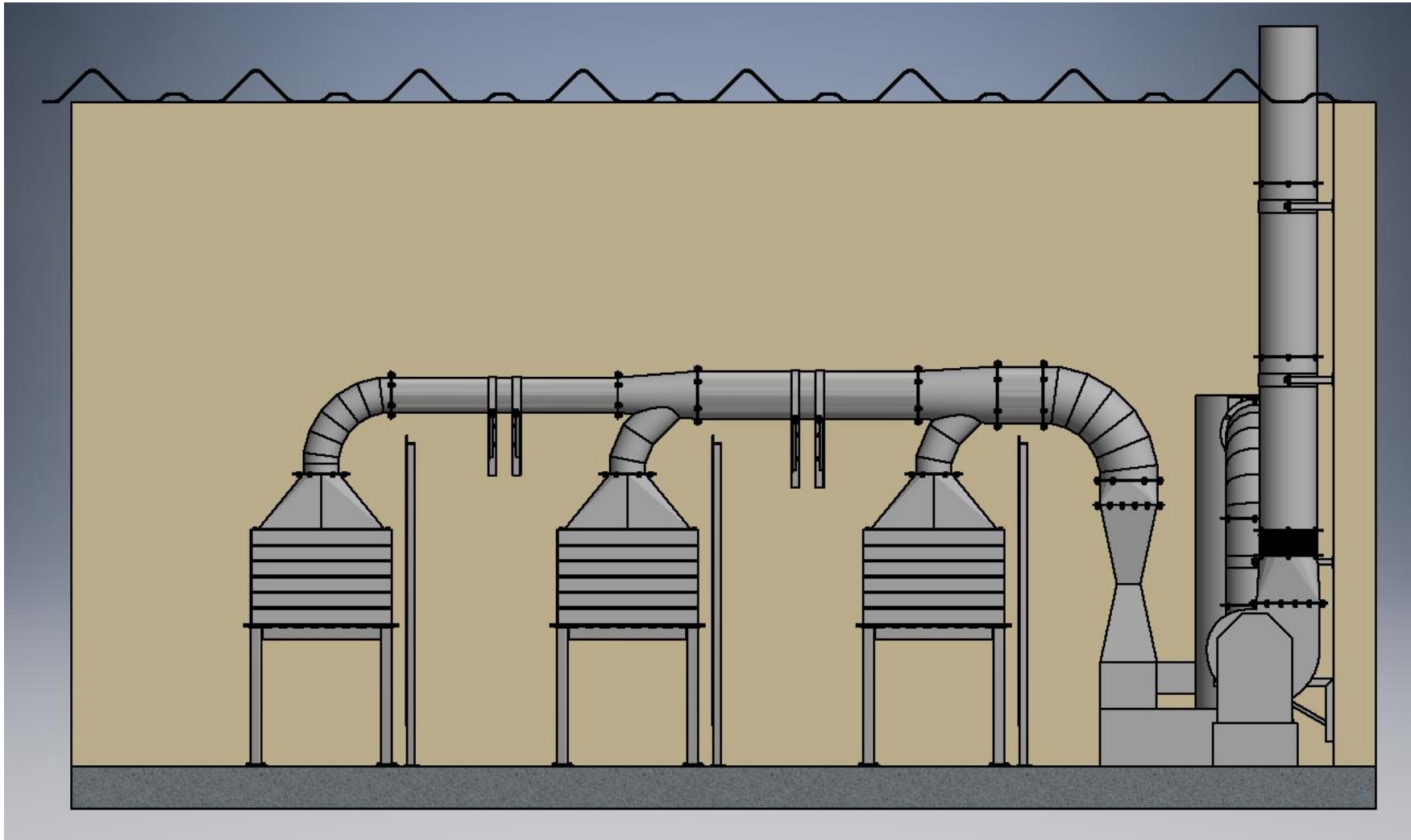


Figura A8.3. Sistema de extracción y tratamiento de gases para cabinas de soldadura (Vista frontal).

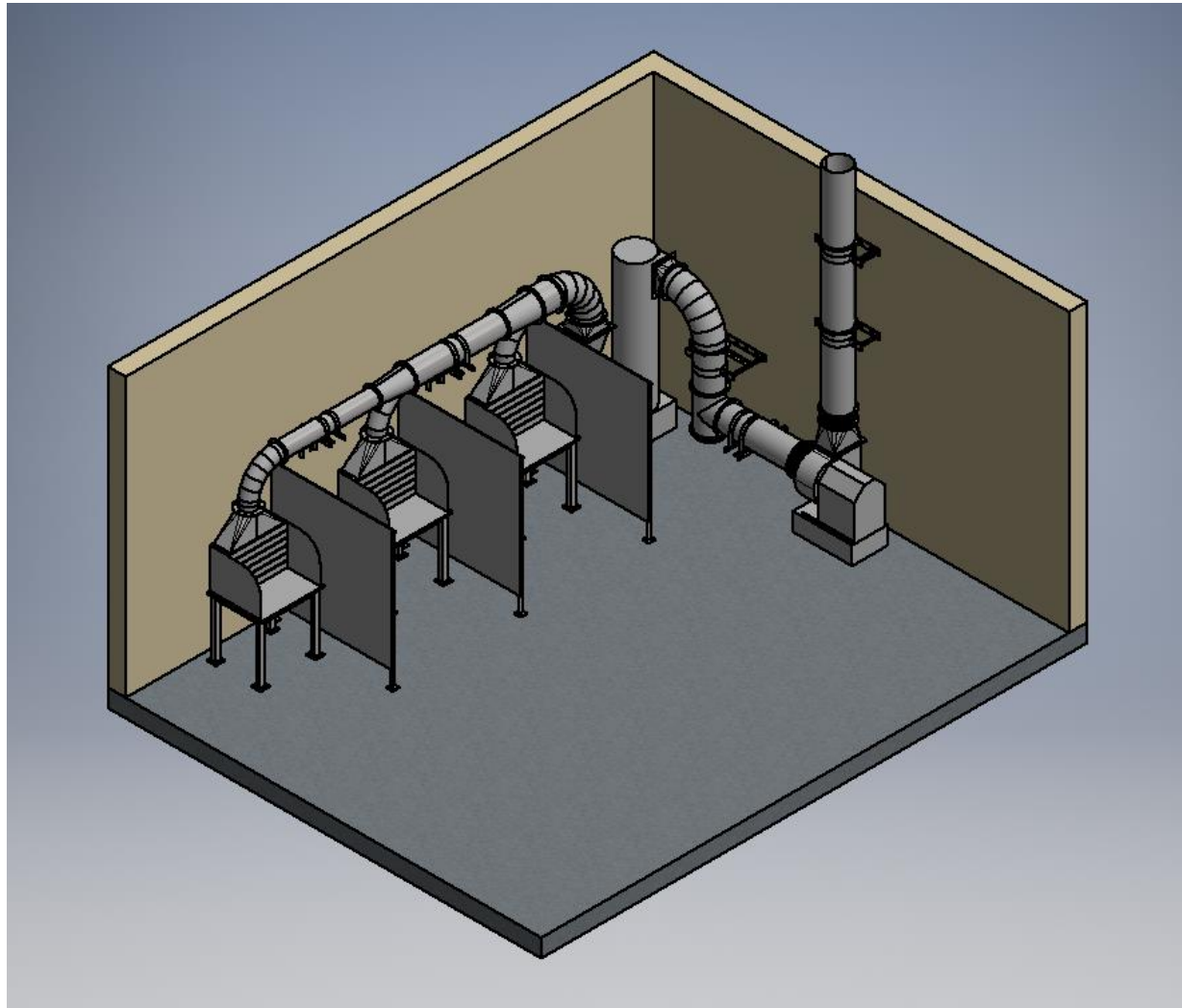


Figura A8.4. Sistema de extracción y tratamiento de gases para cabinas de soldadura (Isométrico).

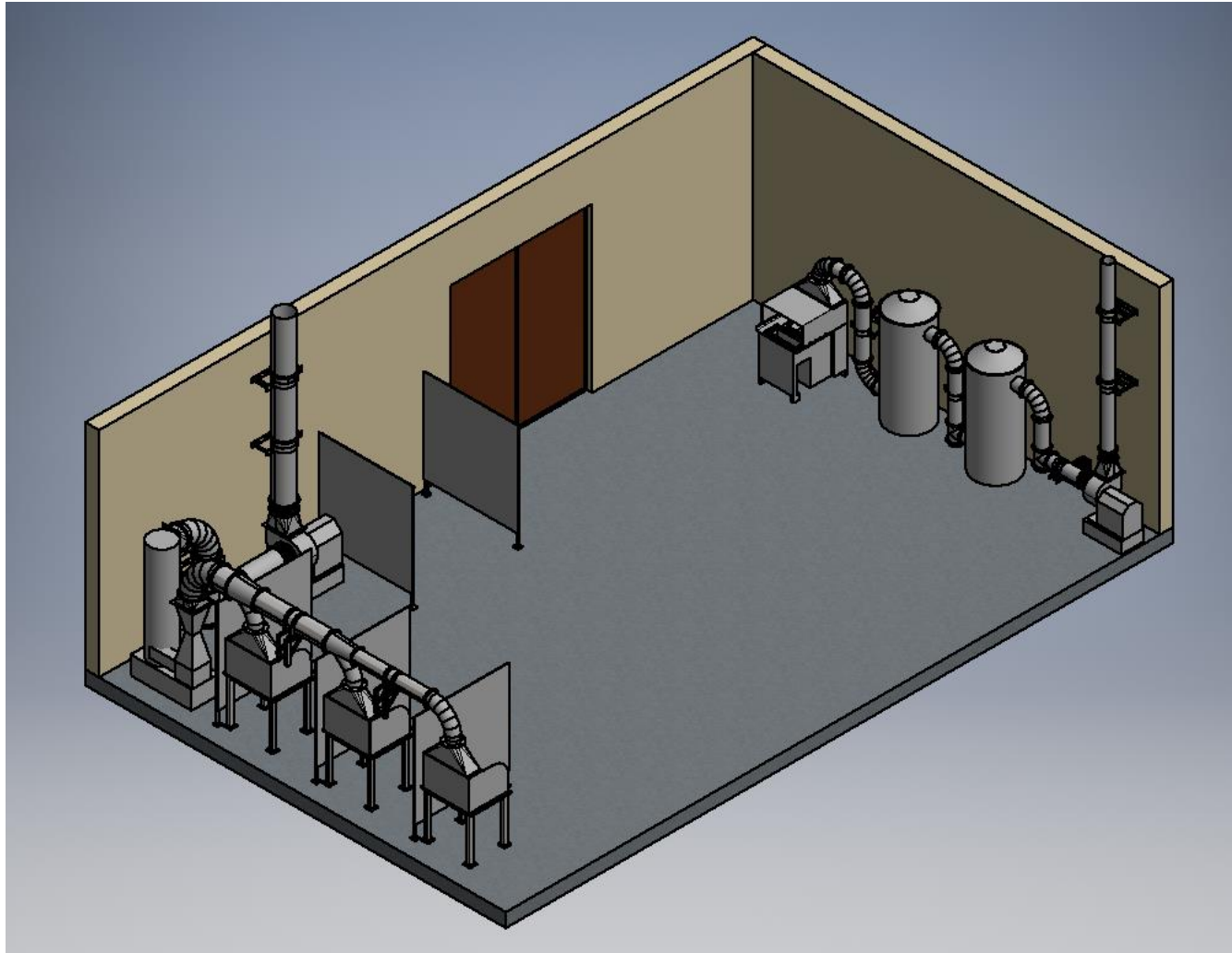


Figura A8.5. Disposición de los sistemas de extracción en la Zona de Soldadura y Forja del Laboratorio de Manufactura.

ANEXO 9

La tabla A9.1 indica las pérdidas de presión del sistema de extracción de gases para la fragua. Los elementos mostrados están en orden desde la zona de captación hasta el ventilador centrífugo. Todos los elementos tienen 210 mm de diámetro, valor que se seleccionó en la sección 2.9.

Tabla A9.1 Pérdidas de presión de cada elemento del sistema para la fragua.

Elemento	Longitud (mm)	Pérdidas de presión (Pa)	Pérdidas de presión (mmH ₂ O)
Campana	-	140,16	14,29
Codo 90°	-	9,74	0,99
Ducto 1	200	0,76	0,08
Codo 90°	-	9,74	0,99
Ducto 2	950	3,60	0,37
Codo 90°	-	9,74	0,99
Torre empacada	-	139,79	14,25
Codo 90°	-	9,74	0,99
Ducto 3	923	3,50	0,36
Unión tee	-	48,69	4,96
Torre empacada	-	139,79	14,25
Codo 90°	-	9,74	0,99
Ducto 4	500	1,90	0,19
Unión tee	-	48,69	4,96
Tramo de tubería	630	2,39	0,24
TOTAL		577,97	58,92

Para el caso de las cabinas de soldadura, se debe evaluar si es necesario el balance de presiones en los ramales de unión. Las tablas A9.2, A9.3 y A9.4 muestran las pérdidas de presión para la campana 1.

Tabla A9.2. Pérdidas de presión en campana 1

Elemento	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Caída de presión (Pa)	Presión acumulada (Pa)
Campana 1	-	-	200,376	200,376
Tramo de tubería	220	60	0,436	200,812
Codo 90°	220	-	14,765	215,577
Tramo de tubería	220	1438	10,450	226,027

Tabla A9.3. Pérdidas de presión en campana 2

Elemento	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Caída de presión (Pa)	Presión acumulada (Pa)
Campana	-	-	200,376	200,376
Codo 45°	220	-	21,758	222,135
Expansión	220 - 300	500	1,516	227,542
Tramo de tubería	300	1398	7,958	235,500

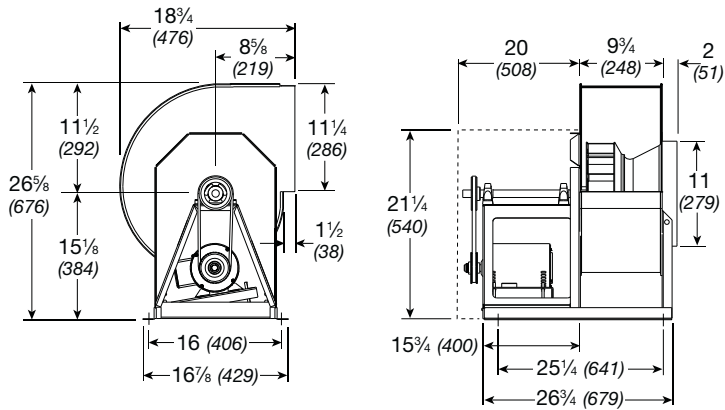
Tabla A9.3. Pérdidas de presión en campana 3 y el resto del sistema

Elemento	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Caída de presión (Pa)	Presión acumulada (Pa)
Campana	-	-	200,376	200,376
Codo 45°	220	-	21,758	222,135
Expansión	300 - 360	500	4,597	240,097
Tramo de tubería	360	288	1,417	241,514
Codo 90°	360	-	23,398	264,912
Transición	360	-	87,742	352,654
Lavador Venturi	-	-	156,250	508,904
Transición	360	-	87,742	596,646
Codo 90°	360	-	23,398	620,044
Tramo de tubería	360	548	2,696	622,740
Unión tee	360	-	116,989	739,729
Tramo de tubería	360	1100	5,412	745,142

Lo que resultó en una pérdida de presión total de 745,14 Pa ó 75,96 mmH₂O de pérdidas en el sistema de extracción de gases de soldadura. Se debe observar también que no hubo necesidad de corrección de caudal en ninguno de los ramales. Por lo tanto, el caudal de aspiración total del sistema de soldadura es de 1,46 m³/s ó 3100 cfm.

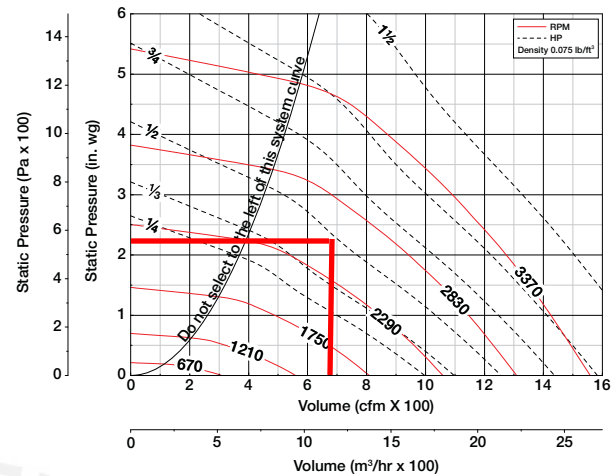
SWB-208 - Belt Drive Series 200

ΑΕΡΟΨΥΑΞΕ



Wheel Diameter = $11\frac{3}{8}$ (289)
 Shaft Diameter = $\frac{3}{4}$ (19)
 Outlet Area = 0.63 ft^2 (0.06 m^2)
 ^Approximate Unit Weight = 140 lb. (64 kg)

All dimensions in inches (millimeters)
 For additional discharge positions see page 15
 ^Weight shown is largest cataloged Open Drip Proof motor

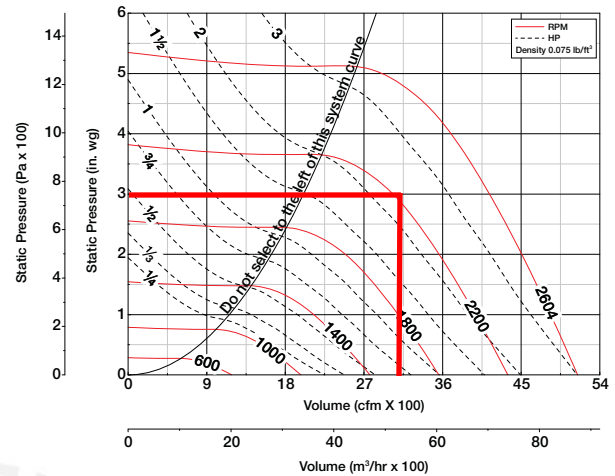
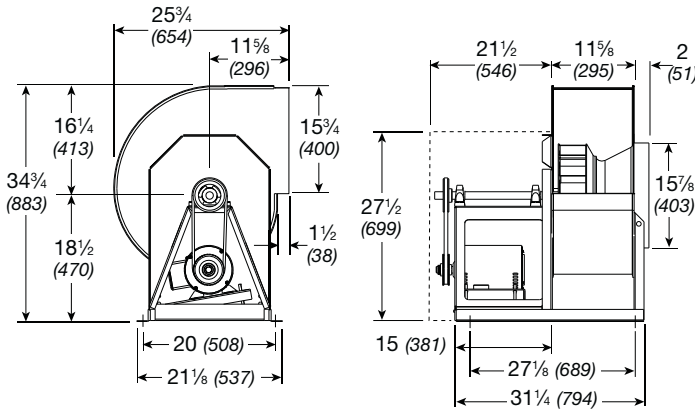


SWB-208

CFM	OV		Static Pressure in Inches wg												
			0.5	0.75	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5			
250	397	RPM	1125	1343											
		BHP	0.04	0.06											
		Sones	7.0	8.0											
370	587	RPM	1270	1451	1610	1909	2172								
		BHP	0.06	0.09	0.11	0.18	0.26								
		Sones	7.7	8.3	8.8	10.9	13.2								
490	778	RPM	1445	1606	1753	2014	2240	2472	2681	2874					
		BHP	0.09	0.12	0.16	0.23	0.30	0.39	0.49	0.59					
		Sones	8.6	9.1	9.7	11.4	13.1	15.3	17.6	19.9					
610	968	RPM	1640	1785	1918	2160	2378	2575	2755	2941	3121	3289			
		BHP	0.12	0.16	0.21	0.29	0.38	0.47	0.56	0.67	0.79	0.91			
		Sones	9.2	10.5	11.3	12.5	14.4	16.2	18.1	21	22	23			
730	1159	RPM	1852	1980	2101	2323	2528	2715	2892	3056	3210	3357			
		BHP	0.18	0.22	0.27	0.37	0.47	0.57	0.68	0.79	0.90	1.01			
		Sones	11.2	12.4	12.9	13.8	14.8	17.8	19.9	22	22	23			
850	1349	RPM	2076	2189	2298	2505	2693	2871	3039	3196	3348				
		BHP	0.24	0.29	0.34	0.45	0.57	0.69	0.81	0.93	1.06				
		Sones	13.5	14.1	14.6	15.6	16.5	17.6	18.6	22	23				
970	1540	RPM	2310	2409	2507	2697	2874	3041	3198	3350					
		BHP	0.33	0.38	0.44	0.56	0.69	0.82	0.95	1.09					
		Sones	15.3	16.0	16.6	17.7	18.6	19.5	20	21					
1090	1730	RPM	2548	2637	2725	2896	3065	3222							
		BHP	0.44	0.50	0.56	0.69	0.82	0.97							
		Sones	17.5	18.1	18.8	20	21	21							
1210	1921	RPM	2790	2872	2951	3110	3263								
		BHP	0.57	0.63	0.70	0.84	0.98								
		Sones	19.9	21	21	22	23								
1330	2111	RPM	3035	3111	3184	3329									
		BHP	0.73	0.80	0.87	1.02									
		Sones	22	23	24	25									
1450	2302	RPM	3282	3352											
		BHP	0.91	0.99											
		Sones	26	25											

Performance certified is for installation Type B - Free inlet, Ducted outlet. Power rating (Bhp) does not include transmission losses. Performance ratings do not include the effects of appurtenances (accessories). The AMCA Certified Ratings Seal applies to air performance only.

SWB-215 - Belt Drive Series 200



Wheel Diameter = 15 1/4 (387)
 Shaft Diameter = 1 (25)
 Outlet Area = 1.25 ft² (0.12 m²)
 ^Approximate Unit Weight = 231 lb. (105 kg)

All dimensions in inches (millimeters)
 For additional discharge positions see page 15
 ^Weight shown is largest cataloged Open Drip Proof motor

Maximum BHP at a given RPM = (RPM/1679)³
 (Maximum KW at a given RPM = (RPM/1851)³)
 Maximum RPM = 2604
 Tip Speed (ft/min.) = RPM x 3.93
 (Tip Speed (m/s) = RPM x 0.0200)
 Maximum Motor Frame Size = 184T

SWB-215

CFM	OV		Static Pressure in Inches wg										
			0.5	0.75	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	
1200	960	RPM	886	1024	1157								
		BHP	0.15	0.21	0.29								
		Sones	6.9	7.5	8.5								
1550	1240	RPM	1009	1112	1214	1421							
		BHP	0.22	0.29	0.37	0.56							
		Sones	8.2	8.7	9.3	11.2							
1900	1520	RPM	1150	1236	1322	1487	1661	1830					
		BHP	0.32	0.40	0.49	0.68	0.91	1.16					
		Sones	9.7	10.2	10.8	12.3	14.4	15.9					
2250	1800	RPM	1301	1377	1449	1593	1732	1879	2020	2165			
		BHP	0.45	0.54	0.64	0.85	1.09	1.34	1.61	1.92			
		Sones	11.5	12.1	12.7	14.2	15.6	16.6	17.9	19.3			
2600	2080	RPM	1458	1525	1591	1715	1840	1958	2083	2213	2333	2456	
		BHP	0.62	0.72	0.84	1.07	1.32	1.58	1.86	2.17	2.48	2.83	
		Sones	13.8	14.3	15.0	16.3	17.2	18.0	19.0	20	21	23	
2950	2360	RPM	1620	1680	1738	1852	1961	2072	2176	2285	2396		
		BHP	0.83	0.96	1.08	1.33	1.59	1.88	2.18	2.49	2.81		
		Sones	16.5	17.0	17.4	18.2	19.0	19.8	21	22	23		
3300	2640	RPM	1785	1839	1893	1996	2095	2193	2293	2388			
		BHP	1.09	1.23	1.37	1.65	1.94	2.23	2.54	2.88			
		Sones	19.0	19.2	19.4	20	21	22	23	24			
3650	2920	RPM	1951	2001	2050	2145	2238	2326	2416				
		BHP	1.41	1.56	1.72	2.02	2.33	2.66	2.98				
		Sones	21	21	22	22	23	24	25				
4000	3200	RPM	2120	2166	2211	2299	2385						
		BHP	1.78	1.95	2.13	2.46	2.79						
		Sones	24	24	24	25	26						
4350	3480	RPM	2290	2332	2374	2456							
		BHP	2.21	2.41	2.60	2.97							
		Sones	26	27	27	28							
4700	3760	RPM	2460	2500									
		BHP	2.72	2.93									
		Sones	30	30									

Performance certified is for installation Type B - Free inlet, Ducted outlet. Power rating (Bhp) does not include transmission losses. Performance ratings do not include the effects of appurtenances (accessories). The AMCA Certified Ratings Seal applies to air performance only.