



Reglamento de Emisiones:

Estrategias para su Cumplimiento

**Juan L. Murillo Rojas
Gilbert Duarte Martínez
TABOGA**

**San José, Costa Rica
Setiembre 2011**

REGLAMENTO SOBRE EMISIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS PROVENIENTES DE CALDERAS



Decreto N° 30222-S-MINAE

(publicado en La Gaceta N° 60 del martes 26 de marzo de 2002)

Mediante el artículo 28, del *Reglamento sobre Emisión de Contaminantes Atmosféricos Provenientes de Calderas y Hornos de Tipo Indirecto*, aprobado mediante decreto ejecutivo N° 36551 del 27 de abril de 2011, se derogará esta norma a partir del 21 de enero del 2012.

Definiciones

- **Caldera:** todo recipiente cerrado en el cual, para cualquier fin, excepto el cocimiento doméstico de alimentos, se calienta agua o se genera vapor, generalmente de agua, para ser usado fuera de él, a una presión mayor que la presión atmosférica. Los supercalentadores, recalentadores, economizadores, u otras partes a presión, conectadas directamente a la caldera, sin intervención de válvulas, serán consideradas como parte de la caldera.
- **Horno de tipo indirecto:** Horno en el cual el material a calentar no está en contacto directo con los productos de combustión, por ejemplo: hornos de calentamiento en refinería de petróleo, calentadores de fluido térmico, calentadores de agua industrial, secadores de tipo indirecto y generadores de vapor.

Definiciones

- **Partículas Totales en Suspensión (PTS)**: Para efectos de este reglamento es el material particulado que es capturado por un filtro mediante muestreo isocinético.
- **Dióxido de Azufre (SO₂)**: Gas incoloro con olor picante que, al oxidarse y combinarse con agua, forma ácido sulfúrico, principal componente de la lluvia ácida.
- **Óxidos de Nitrógeno (NO_x)**: Suma de concentraciones expresadas en ppm de dióxido de nitrógeno (NO₂) y monóxido de nitrógeno (NO), finalmente convertida a mg/m³ en función de NO₂ a estas condiciones: TPN, la referencia de oxígeno correspondiente y base seca.

Emisiones permitidas para Calderas que utilizan combustibles biomásicos

Partículas totales en suspensión (mg/Nm³)			
	Grandes	Medianas	Pequeñas
Categoría	A	B	C,D
Existentes	220	220	220
Nuevas	120	150	175

Emisiones permitidas para calderas que utilizan combustibles líquidos fósiles

Dióxido de azufre (mg/Nm ³)			
	Grandes	Medianas	Pequeñas
Categoría	A	B	C,D
$S \leq 1,0\%$	1.500	1.500	-
$1,0 < S \leq 2,5\%$	2.500	2.500	-
$S > 2,5\%$	4.000	4.000	-

Emisiones permitidas para calderas que utilizan combustibles líquidos fósiles

Óxidos de Nitrógeno (mg/Nm ³)			
	Grandes	Medianas	Pequeñas
Categoría	A	B	C,D
Existentes	515	515	-
Nuevas	300	300	-

Reglamento sobre Emisión de Contaminantes Atmosféricos Provenientes de Calderas y Hornos de Tipo Indirecto

**Decreto N° 36551-S-MINAET-MTSS
La Gaceta N° 140 del 20 de julio de 2011**

Emisiones permitidas para calderas y hornos de tipo indirecto que utilizan biomasa como combustible



Partículas Totales en Suspensión (mg/Nm³)			
	Grandes	Medianas	Pequeñas
Categoría	A	B	C,D
Nuevas	120	150	175

Emisiones permitidas para calderas y hornos de tipo indirecto que utilizan combustibles líquidos, gaseosos y biomásicos con un contenido de azufre de hasta un 3,0% en masa



Dióxido de Azufre (mg/Nm³)			
	Grandes	Medianas	Pequeñas
Categoría	A	B	C,D
	2.500	2.500	2.500

Emisiones permitidas para calderas y hornos de tipo indirecto que utilizan combustibles líquidos, gaseosos y biomásicos



Óxidos de Nitrógeno, NO _x (mg/Nm ³)			
	Grandes	Medianas	Pequeñas
Categoría	A	B	C,D
Calderas y hornos que empleen combustibles fósiles			
Bunker	550	580	600
Diesel	200	200	220
Gasoleo	420	420	420
Kerosene	150	150	150
Gas LP	170	170	Exentos
Hornos que empleen combustibles biomásicos	650	650	650

Artículo 7. Valores Máximos de Emisión



- **Para efectos de comparación con los valores máximos de emisión establecidos, los resultados de las emisiones muestreadas y analizadas de dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y partículas totales en suspensión, deberán reportarse en base seca y estar referidos a un cinco por ciento (5%) de oxígeno para calderas, un siete (7%) para hornos de tipo indirecto y un diez (10%) para hornos que empleen combustibles biomásicos.**

Fórmula para transformar el valor de emisiones de base húmeda a base seca



$$E_{BS} = \frac{100 * E_{BH}}{100 - \%H_2O}$$

EBS= Emisión en base seca

EBH= Emisión en base húmeda

%H2O= Contenido de humedad en los gases

Fórmula para corregir las emisiones de los gases en base seca al porcentaje de oxígeno de referencia



$$E_r = \frac{20.9\% - O_r}{20.9\% - O_m} \times E_m$$

- E_r = Emisión calculada al valor de referencia
- E_m = Emisión medida en base seca
- O_r = Nivel de referencia para el O_2 (5%, 7% o 10%)
- O_m = Valor medido para el O_2

Parámetros Ingenio Taboga

Parámetro	CALDERA 1 (650 psi)			CALDERA 2 (900 psi)		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011
Nivel O2 referencia (%)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Valor medido O2 (%)	15.3	12.4	10.9	7.5	9.5	4.8
Particulado base húmeda (mg/Nm ³)	53.8	41.6	27.7	50.7	35.9	72.2
Humedad (%)	22.5	21.4	26.6	22.8	24.1	24.1
Particulado base seca (mg/Nm ³)	69.4	52.9	37.7	65.7	47.3	95.2
Particulado base referencia (mg/Nm ³)	197.0	99.0	60.0	78.0	66.0	94.0
Parámetro	CALDERA 1 (650 psi)			CALDERA 2 (900 psi)		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011
Nivel O2 referencia (%)	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Valor medido O2 (%)	15.3	12.4	10.9	7.5	9.5	4.8
Particulado base húmeda (mg/Nm ³)	53.8	41.6	27.7	50.7	35.9	72.2
Humedad (%)	22.5	21.4	26.6	22.8	24.1	24.1
Particulado base seca (mg/Nm ³)	69.4	52.9	37.7	65.7	47.3	95.2
Particulado base referencia (mg/Nm ³)	135.1	67.9	41.1	53.5	45.2	64.4

Comparación del cálculo de PTS para un nivel de referencia de O2 del 5% en las calderas de Ingenio Taboga

	Partículas totales en suspensión base referencia (mg/Nm3)					
Valor medido de O2	CALDERA 1 (650 psi)			CALDERA 2 (900 psi)		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011
5	69.4	52.9	37.7	65.7	47.3	95.2
7.5	82.3	62.8	44.8	78.0	56.1	112.9
10	101.2	77.2	55.0	95.9	69.0	138.8
12.5	131.3	100.2	71.4	124.4	89.6	180.2
15	187.0	142.6	101.7	177.2	127.5	256.5
17.5	324.5	247.5	176.5	307.4	221.3	445.1

⋮

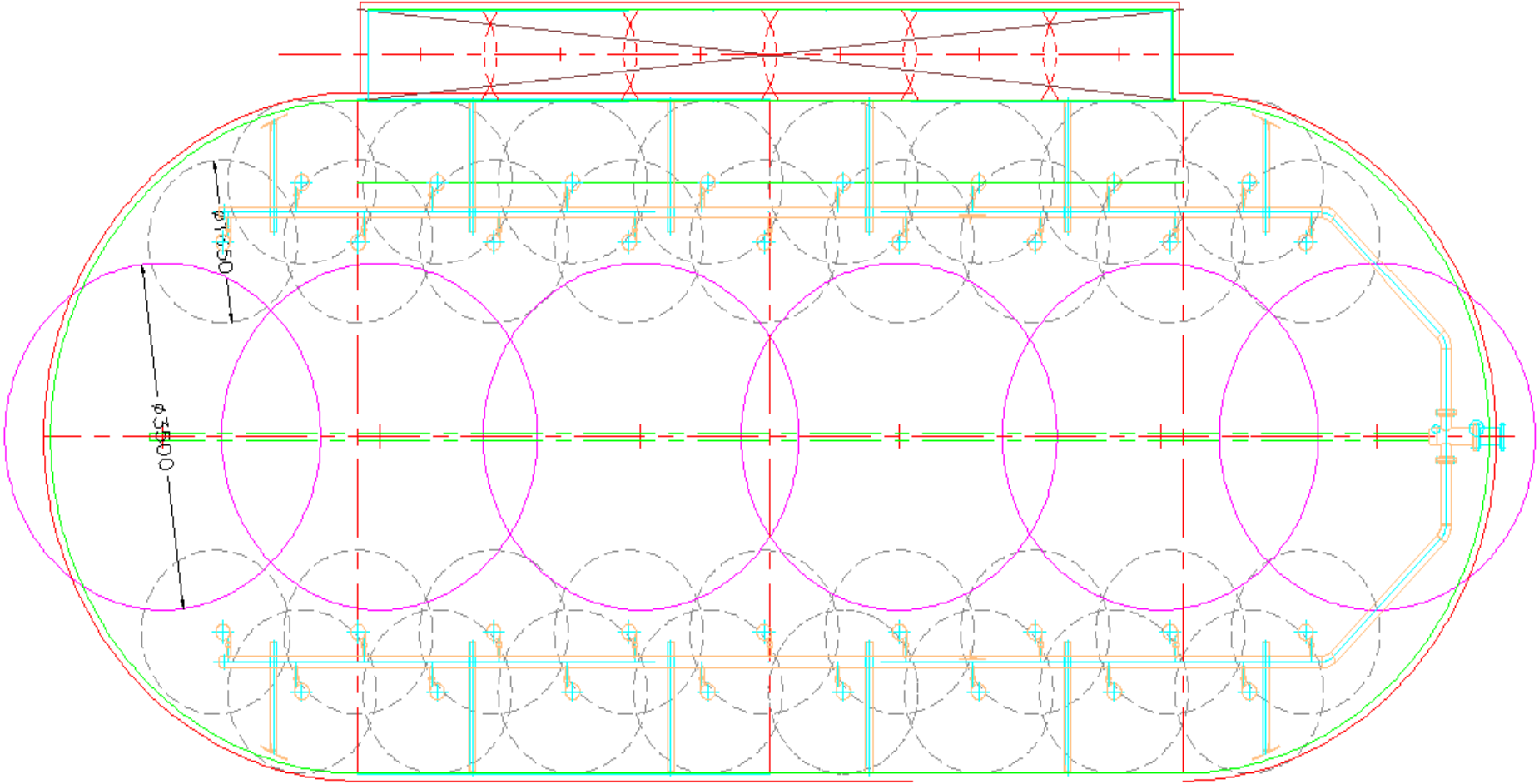


Medidas para mejorar la cantidad de O₂ en los gases de salida de las chimeneas

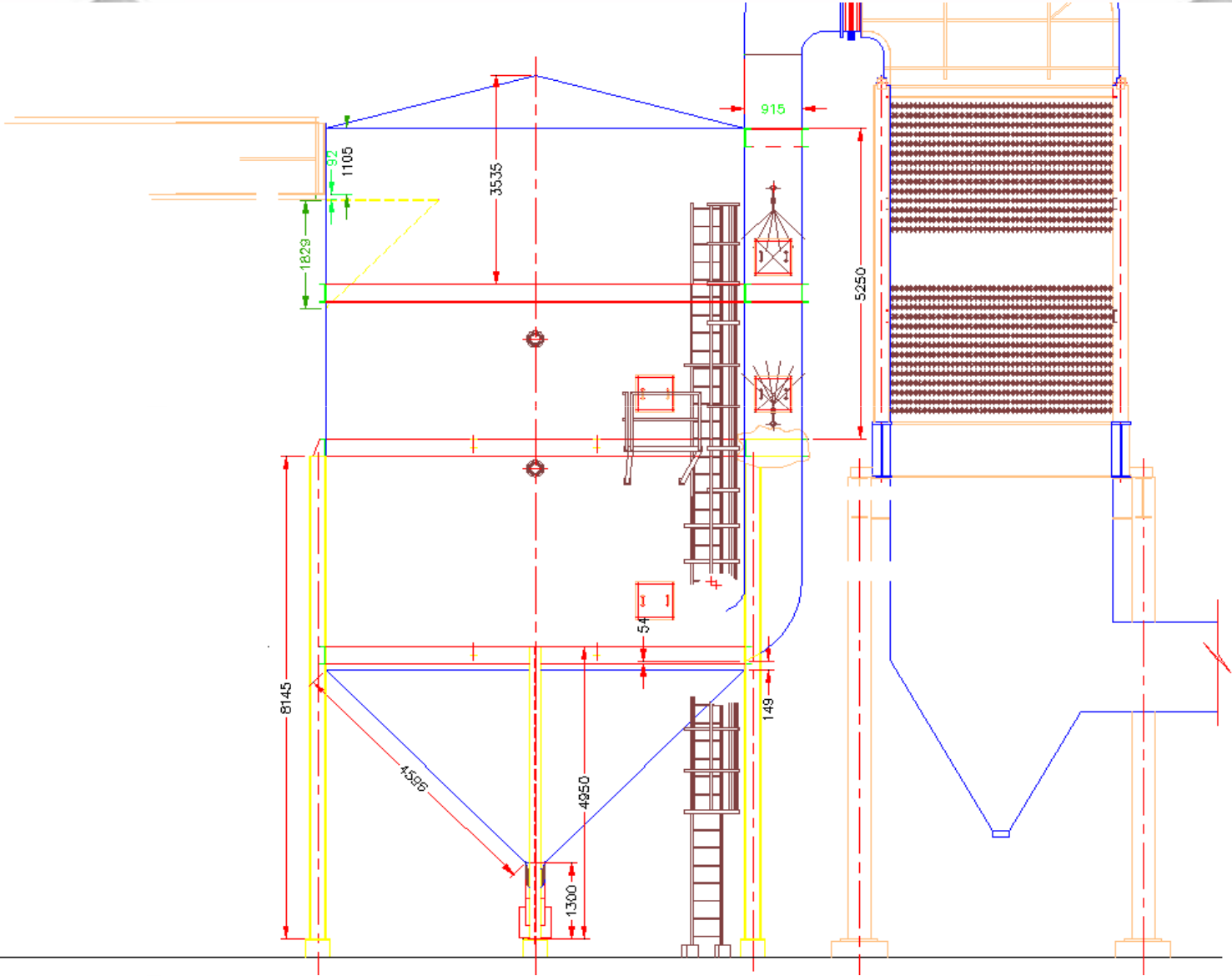
Relación de velocidad

	Área m2	m ancho	m largo
Entrada	8.16	0.915	8.915
Eoquillas	6		
Cuerpo	62.17	6.795	9.15
	36.26		
Área total del cuerpo	98.44		
Boya 2 niveles	64		
Boquillas 2 niveles	12		
Salida	12.98	1.105	5.874
Bete model 1" NPT, TFXP40 - 120 ^a , ss 316, 1.83 diámetro chorro			
Rango presion de agua 40 psi			
Cuerpo/ entrada	12.07		
Cuerpo/ salida	7.58		

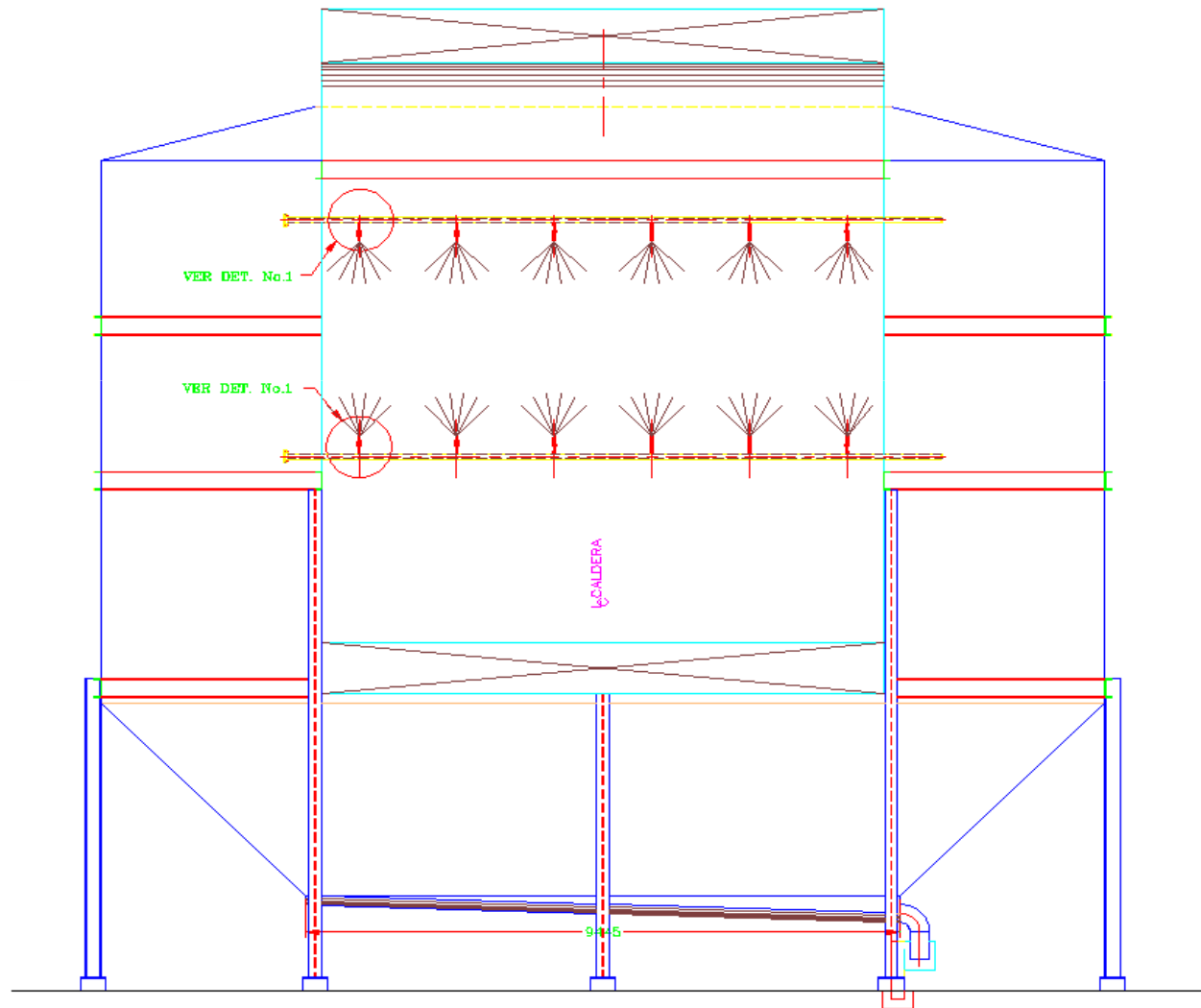
Distribución de aspersores



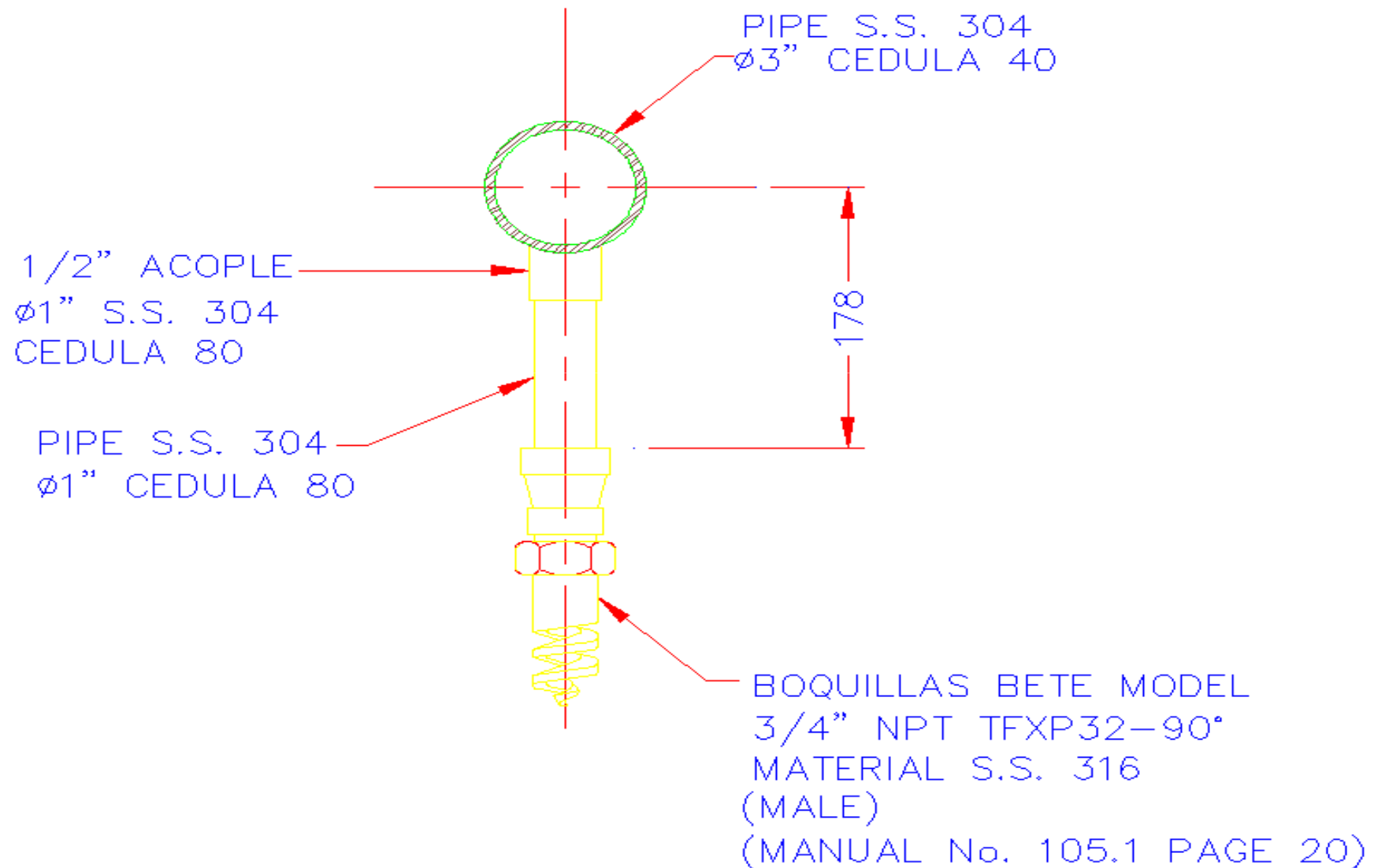
Distribución de aspersores



Ducto de entrada



Montaje de aspersor



Montaje de Aspersor Tipo Boya



Montaje de Aspersores Cónicos



Separador de Hollín



Boquillas Bete modelo TFXP

TFXP Caudales y dimensiones

Cono lleno, ángulo de pulverización 90° (XPN) y 120° (XP) anchos nominales 3/8" hasta 4" BSP ó NPT

BSP NPT	Tobera número	K	L / MIN @ BAR								Aprox. diám / paso libre Ø [mm]	Metal [mm]		[g] 180° Metal Plástico	
			0,5 bar	0,7 bar	1 bar	2 bar	3 bar	5 bar	10 bar	20 bar		A	B		
3/8	TF12	13,7	9,67	11,4	13,7	19,3	23,7	30,6	43,2	61,1	4,76	73,1	22,2	0,09	0,02
	TF14	18,5	13,1	15,4	18,5	26,1	32,0	41,3	58,4	82,6	5,56	73,1	22,2		
	TF16	24,2	17,1	20,2	24,2	34,2	41,8	54,0	76,4	108	6,35	69,9	22,2		
	TF20	37,6	26,6	31,5	37,6	53,2	65,1	84,1	119	168	7,94	79,5	22,2		
1/2	TF24	54,9	38,8	46,0	54,9	77,7	95,1	123	174	246	9,53	88,1	26,9	0,19	0,03
	TF28	75,2	53,2	62,9	75,2	106	130	168	238	336	11,1	88,9	26,9		
3/4	TF32	95,7	67,7	80,1	95,7	135	166	214	303	428	12,7	137	44,5	0,71	0,10
1	TF40	153	103	128	153	216	264	341	483	683	15,9	133	50,8	0,71	0,11
	TF48	216	153	181	216	306	375	484	685	968	19,1	169	50,8	0,93	0,21
1 1/2	TF56	294	208	246	294	416	509	657	930	1315	22,2	177	63,5	1,81	0,27
	TF64	385	272	322	385	545	667	861	1220	1720	25,4	176	63,5	1,11	0,24
	TF72	438	309	366	438	619	758	978	1380	1960	28,6	188	63,5	1,27	0,24
2	TF88	638	451	534	638	902	1110	1430	2020	2850	34,9	267	76,2	2,32	0,57
	TF96	806	570	674	806	1140	1400	1800	2550	3600	38,1	279	76,2	2,86	0,57
3	TF112	1167	825	976	1170	1650	2020	2610	3690	5220	44,5**	305	88,9	3,80	0,62
	TF128	1547	1090	1290	1550	2190	2680	3460	4890	6920	50,8**	297	88,9	4,42	0,68
4	TF160	2393	1690	2000	2390	3380	4140	5350	7570	10700	63,5**	305	114	7,08	0,85

Caudal (l/min) = $K \sqrt{bar}$

**aprox. paso libre 38,1 mm

Materiales estándar: Latón, 1.4401 (316), PVC, Polipropileno y PTFE.

Artículo 4º—De la creación del Consejo Técnico de Normas de Emisión e Inmisión.



- **El Consejo tendrá un rol asesor cuyas funciones principales consistirán en analizar globalmente el desempeño de las calderas y hornos de tipo indirecto con base en los reportes operacionales que los entes generadores presenten al Ministerio de Salud, así como los resultados de los controles que realice directamente el Ministerio de Salud; formular recomendaciones técnicas sobre esta materia y revisar y actualizar periódicamente el presente reglamento. Para ello, se reunirá al menos una vez al año y fungirá como coordinador el representante del Ministerio de Salud quien tendrá la responsabilidad de preparar la información y convocar al Consejo.**

**Ingenio Taboga S.A
les agradece
su atención**

