CETESB

A Sec STAR
P/ Arquivo
12/7/79

RELATÓRIO DAMC Nº 11

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA
AV. PROF. FREDERICO HERMANN JR., 345 CEP 05489 - PINHEIROS
SÃO PAULO - BRASIL

CALIBRAÇÃO DE INSTRUMENTOS: Ferro Enamel do Brasil Ind. e Comércio Ltda.

DATA: 12.06.79

DAMC/CQAR

Superintendência de Tecnologia do Ar
Diretoria de Saneamento do Ar e de
Controle de Fontes de Poluição

8301
K62c(RCET)
002198

CETESB

12858
002198

8301
K62c(RCET)
002198

CLASS
A...OR
TOMBO 2198

UNIDADE EXECUTANTE: Superintendência de Tecnologia do Ar - Diretoria de Tecnologia de Saneamento do Ar e de Controle de Fontes de Poluição

CLIENTE: Ferro Enamel do Brasil Indústria e Comércio Ltda.

OBJETO: Execução de calibração de gasômetro sêco, orifício de medida de vazão e Tubo Pitot "S" componentes do equipamento de amostragem de chaminé marca RAC

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA
AV. PROF. FREDERICO HERMANN JR., 345 CEP 05459 PINHEIROS
SÃO PAULO - BRASIL

DATA DA CALIBRAÇÃO: 12.06.79

Í N D I C E

INFORMAÇÕES GERAIS 1

SERVIÇOS EXECUTADOS 1

PROCEDIMENTO 1

CALIBRAÇÃO DO GASÔMETRO SÊCO 1

CALIBRAÇÃO DO ORIFÍCIO DE MEDIDA DE VAZÃO .. 2

CALIBRAÇÃO DO PITOT "S" 4

DADOS COLETADOS 5

TABELA "I" - Determinação do Fator de Correção do Medidor de Volume 6

TABELA "II"- Calibração do Orifício do Medidor de vazão 7

TABELA"III"- Calibração do Pitot Tipo "S" .. 8

RESULTADOS FINAIS 9

CETESB - GIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA
AV. PROF. FREDERICO HERMANN JR., 345 CEP 05489 - PINHEIROS
SÃO PAULO - BRASIL

R E L A T Ó R I O

I. INFORMAÇÕES GERAIS

I.1 NOME DA FIRMA: Ferro Enamel do Brasil Indústria e Comércio Ltda.

I.2 LOCALIZAÇÃO: Av. Senador Vergueiro nº 2.720 - São Bernardo do Campo - S.P.

I.3 OBJETIVO: Execução de calibrações do gasômetro seco, orifício de medida de vazão e Tubo Pitot "S" componentes do equipamento de Amostragem em Chaminé marca RAC

II. SERVIÇOS EXECUTADOS

Os serviços executados para Ferro Enamel do Brasil Indústrias e Com. Ltda.; constaram de 3 (três) calibrações de instrumentos de medidas, pertencentes ao Trem de amostragem de chaminé RAC, quais sejam:

Calibração do medidor de volume tipo gasômetro sêco, utilizando-se como medidor primário um gasômetro úmido- WET TEST METER.

Calibração do orifício de medida de vazão, com a determinação do coeficiente de proporcionalidade "Km".

Calibração do Tubo Pitot "S" (Tipo Stauscheiber ou reverso), com a utilização do pitot Standard como medidor primário.

III. PROCEDIMENTO

III.1 CALIBRAÇÃO DO GASÔMETRO SÊCO

Esta calibração consiste em se fazer passar um volume de ar, durante um determinado tempo, através de um medidor primário (WET TEST METER), acoplado em série com um medidor secundário (DRY GÁS METER) sendo que este último pertencente ao próprio equipamento de amostragem.

A tomada de volume é executada para mais de uma vazão, pré escolhida, controlada através da indicação da pressão manométrica do orifício que encontra-se acoplado a este gasômetro sêco, com períodos idênticos de tempo.

A primeira tomada de volume é feita quando o orifício em questão acusar um Δp igual a 1 (uma) pol.de H_2O, seguindo-se uma segunda tomada de volume para um Δp igual a 2 (duas) pol.de H_2O, durante períodos de tempos iguais de 10 minutos.

Em conjunto com as leituras volumétricas registradas nos medidores de volume, tomou-se também as condições de pressão e temperatura através de termômetros e manômetros acoplados aos respectivos gasômetros.

Antes de se iniciar este tipo de trabalho, alguns cuidados devem ser observados, tais como verificação do nível de água do WET TEST METER e seu nivelamento em relação a superfície de apôio, bem como possíveis vezamentos e desvios de fluxos que possam alterar as medidas realizadas

Esquema Simplificado



Através das leituras efetuadas e resultados calculados determinamos o fator de correção do gasômetro sêco.

III.2 CALIBRAÇÃO DO ORIFÍCIO DE MEDIDA DE VAZÃO

Esta calibração consiste em se determinar o coeficiente de proporcionalidade "Km" do orifício, o qual posteriormente será utilizado nos cálculos da determinação do Δp de orifício em condições específicas (temperatura 21°C, Pressão 760 mmHg e vazão de 21,24 ℓ/min) cujo valor será plotado

no normógrafo para obtenção das condições de isocinética, em amostragens de material particulado.

A calibração é executada através das tomadas de vazões, obtidas pelas leituras de volume do gasometro sêco, bem como de cronometragem dos tempos destas tomadas, conforme as variações impostas ao Δp do orifício a ser calibrado. Estas leituras são acompanhadas pelas leituras das temperaturas para as condições de cada variação.

Os valores de "km" são calculados através da formulação

$$Qm = \frac{V}{\theta} \cdot \frac{Ts}{Tm}$$

$$Km = Qm \times \sqrt{\frac{Pm \times mol}{Tm \times \Delta p}}$$

ONDE:

km = coeficiente de proporcionalidade
Qm = vazões lidas em c.f.m
Pm = Pressão absoluta do medidor "Hg
mol = peso molecular do ar 29 $\frac{\ell b}{\ell b.\ mol}$
Tm = temperatura absoluta do medidor ^{o}R
Δp = pressão do orifício $"H_2O$
V = volume total lido em c.f.
θ = tempo gasto em min.
Ts = temperatura absoluta da saída do medidor ^{o}R

Com o valor de "km" assim determinado, calculamos o valor de Δp nas condições específicas.

Esquema Simplificado



III.3 CALIBRAÇÃO DO PITOT "S"

Esta calibração é executada em um duto, em que esteja passando um fluxo gasoso, dentro dos limites de velocidade recomendados para utilização do Tubo Pitot.

É recomendado que o ponto de calibração no duto, esteja localizado a 8 (oito) diâmetros a jusante do último desvio do fluxo e a 2 (dois) diâmetros a montante.

Inicia-se com a tomada de pressão cinética no centro da seção transversal escolhida como ponto de calibração, através do Tubo Pitot Standard, para em seguida no mesmo local tomar a pressão cinética com o Pitot "S".

Através da utilização de formulação, chegamos ao coeficiente "cp" de correção.

$$cp_{pitot-S} = cp_{Standard} \quad \frac{\Delta p \text{ Std}}{\Delta p \text{ "S"}}$$

ONDE:

$$cp_{std} = 0,99$$

Os coeficientes do Tubo Pitot Tipo "S" determinados em suas posições inversas, não devem diferir em mais de 0,01

$$\Delta cp_{pitot"S"} = \left| cp_{pitot"S"\ (pos.normal)} - cp_{pitot"S"\ (pos.inversa)} \right| < 0,01$$

Foram executadas determinações de coeficiente de correção para dois tubos Pitot "S", que aqui serão descriminados por Pitot S-1 (o de menor tamanho) e Pitot "S"-2 (o de maior tamanho).

IV. DADOS COLETADOS

Os dados coletados nas calibrações fazem parte das tabelas I, II, e III, obtendo-se como resultado final as médias das determinações efetuadas.

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

TABELA "I"

DETERMINAÇÃO DO FATOR DE CORREÇÃO DO MEDIDOR DE VOLUME

WET TEST METER							DRY GÁS METER										$FCM_1 = \frac{Vw}{VD} \times \frac{TD}{Tw} \times \frac{Pw}{PD}$
PRESSÃO		VOLUME	TEMPERATURA				PRESSÃO		VOLUME	TEMPERATURA E		TEMPERATURA S					
VÁCUO "H_2O	"Hg abs	cf	^oF_I	^oF_F	^oF_M	$^oR_{abs}$	+ "H_2O	"Hg abs	cf	^oF_I	^oF_F	^oF_I	^oF_F	^oF_M	$^oR_{abs}$		
0,4	27,60	5,596	70,5	70,5	70,5	530,5	1,0	27,70	6,215	119	120	97	100	109	569,0		0,9623
0,4	27,60	5,697	71,5	71,5	71,5	531,5	1,0	27,70	5,990	74	90	72	74	77,5	537,5		0,9584
0,4	27,60	5,633	71,5	71,5	71,5	531,5	1,0	27,70	5,980	92	103	74	79	87,0	547,0		0,9659
																MÉDIA	0,9622

Pressão Barométrica = 27,63"Hg

I = Início
F = Final

E = Entrada
S = Saída
M = Média

W = Wet Test Meter
D = Dry Gás Meter

WET TEST METER							DRY GÁS METER										$\overline{FCM_2}$ $\frac{Vw}{VD} \times \frac{TD}{Tw} \times \frac{Pw}{PD}$
PRESSÃO		VOLUME	TEMPERATURA				PRESSÃO		VOLUME	TEMPERATURA E		TEMPERATURA S					
VÁCUO "H_2O	"Hg abs	cf	^oF_I	^oF_F	^oF_M	$^oR_{abs}$	+ "H_2O	"Hg abs	cf	^oF_I	^oF_F	^oF_I	^oF_F	^oF_M	$^oR_{abs}$		
0,7	27,58	7,750	71,0	70,5	70,75	530,75	2,0	27,78	8,590	117	119	93	97	106,5	586,5		0,9561
0,7	27,58	7,822	71,5	71,0	71,25	531,25	2,0	27,78	8,495	104	112	81	87	96,0	556,0		0,9567
0,7	27,58	7,785	71,0	71,0	71,0	531,00	2,0	27,78	8,540	113	117	87	92	102,25	562,25		0,9583
																MÉDIA	0,9570

CETESB

TABELA "II"

CALIBRAÇÃO DO ORIFÍCIO DO MEDIDOR DE VAZÃO

PRESSÃO BAROMÉTRICA: 27,63"Hg

ΔH	Vm	θ	Ts	Tm	Pm	Mol_{ar}	Qm	Km
+ $"H_2O$	cf	min	^oR	^oR	abs "Hg	lb/lbmol	cfm	
0,5	0,5	1,110	559	565,5	27,67	29,0	0,4453	0,7502
1,0	0,5	0,810	559	566,0	27,70	29,0	0,6097	0,7264
2,0	0,5	0,580	560	568,0	27,78	29,0	0,8499	0,7157
6,0	0.5	0.352	561	571,0	28,07	29,0	1,3956	0,6803

ΔH	Vm	θ	Ts	Tm	Pm	Mol_{ar}	Qm	Km
+ $"H_2O$	cf	min	^oR	^oR	abs "Hg	lb/lbmol	cfm	
0,5	0,5	1,110	559	565,5	27,67	29,0	0,4453	0,7502
1,0	0,5	0,810	559	566,0	27,70	29,0	0,6097	0,7264
2,0	0,5	0,582	560	568,5	27,78	29,0	0,8463	0,7124
6,0	0,5	0,350	561	571,0	28,07	29,0	1,4036	0,6842

TABELA "III"

CALIBRAÇÃO DO PITOT TIPO "S"

	Δp "H_2O	$Cp_s = Cp_{std} \cdot \sqrt{\frac{\Delta p\ std}{\Delta p\ "S"}}$
Pitot Standard Cp = 0,99	0,44	
Pitot "S" - 1 pos. normal	0,72	$Cp_s = 0,99 \times \sqrt{\frac{0,44}{0,72}} = 0,7739$
Pitot "S" 1 pos. inversa	0,72	$Cp_s = 0,99 \times \sqrt{\frac{0,44}{0,72}} = 0,7739$
Pitot "S" 2 pos. normal	0,73	$Cp_s = 0,99 \times \sqrt{\frac{0,44}{0,73}} = 0,7686$
Pitot "S" 2 pos. inversa	0,71	$Cp_s = 0,99 \times \sqrt{\frac{0,44}{0,71}} = 0,7794$

$$\Delta Cp_s\ 1 = \left| Cp_{s_n} - Cp_{s_I} \right| = 0$$

$$\Delta Cp_s\ 2 = \left| Cp_{s_n} - Cp_{s_I} \right| = \left| 0,7686 - 0,7794 \right| = 0,0108$$

V. RESULTADOS FINAIS

Após a execução dos cálculos chegamos aos seguintes resultados:

. fator de correção do gasômetro

FCM = 0,9596

. coeficiente de proporcionalidade do orifício

Km = 0,7182

. fator de correção do tubo Pitot

Cp_1 = 0,7739

Cp_2 = 0,7686

Engº Paulo Hidemasa Kinjo
Divisão de Amostragem em Chaminé

De acordo

Engº Henry Itsuo Oda
Chefe da Divisão de
Amostragem em Chaminé

BIBLIOTECA	
DEVOLVER EM	DEVOLVER EM

Data Aquis.: 20/8/91
Indic.:
Livraria:
Preço: Cr$
Data Tomba: 20/8/91

CENTRO TECNOLÓGICO DE SANEAMENTO BÁSICO
BIBLIOTECA

Se este livro não for devolvido dentro do prazo regulamentar, o leitor ficará sujeito às penalidades do regulamento da biblioteca.

O prazo poderá ser prorrogado se não houver pedido para este livro.