

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº ET-3000.00-1500-813-PEK-001							
	CLIENTE		SUB					FOLHA		1 de 21
	PROGRAMA									
	AREA									
DP&T	TÍTULO		MEDIDOR SUBMARINO DE VAZÃO MONOFÁSICA					NP-2		
								GESTOR: SUB/ES/EECE/ECE		
Microsoft Word® 2010 / ET-3000.00-1500-813-PEK-001 Rev. 0 - MEDIDOR SUBMARINO DE VAZÃO MONOFÁSICA.docx										
ÍNDICE DE REVISÕES										
REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS									
0	Este documento cancela e substitui o documento ET-3000.00-1500-813-PAZ-001.									
	REV. 0	REV. A	REV. B	REV. C	REV. D	REV. E	REV. F	REV. G	REV. H	
DATA	13/12/2018									
PROJETO	ECE									
EXECUÇÃO	CJM5									
VERIFICAÇÃO	ES26									
APROVAÇÃO	UR6A									
AS INFORMAÇÕES DESTE DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.										
FORMULÁRIO PERTENCENTE A PETROBRAS N-0381 REV. L										

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº	ET-3000.00-1500-813-PEK-001	REV.	0
	PROGRAMA				FOLHA 2 de 21
	TÍTULO	MEDIDOR SUBMARINO DE VAZÃO MONOFÁSICA			NP-2 GESTOR: SUB/ES/EECE/ECE

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	3
2	REQUISITOS GERAIS	6
3	REQUISITOS ESPECÍFICOS AO MEDIDOR TIPO CONE	8
4	REQUISITOS ESPECÍFICOS AO VENTURI.....	9
5	TRANSMISSORES.....	10
6	COMPUTADOR DE VAZÃO	11
7	REQUISITOS DE PROJETO.....	12
8	FACTORY ACCEPTANCE TEST (FAT)	13
9	QUALIFICAÇÃO	15
10	DOCUMENTAÇÃO	16
	ANEXO A. MODELO DE TABELA COM OS DADOS DE ENTRADA PARA DIMENSIONAMENTO DO MEDIDOR DE VAZÃO	17
	ANEXO B. EQUAÇÕES.....	19

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº	ET-3000.00-1500-813-PEK-001	REV.	0																				
	PROGRAMA				FOLHA	3 de 21																				
	TÍTULO				NP-2 GESTOR: SUB/ES/EECE/ECE																					
1 INTRODUÇÃO Este documento define os requisitos a serem atendidos para o fornecimento de medidores de vazão monofásica do tipo Cone ou Venturi, para medição de gás ou água em equipamentos submarinos. 1.1 Referências e Normas Aplicáveis 1.1.1 Normas e Referências Aplicáveis É apresentada, a seguir, a lista de normas e referências aplicáveis. <table border="1"> <tr> <td>[1] ISO 12213-2:2006</td> <td>Natural gas - Calculation of compression factor — Part 2: Calculation using molar-composition analysis</td> </tr> <tr> <td>[2] ISO 5167-4:2003</td> <td>Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full — Part 4: Venturi tubes</td> </tr> <tr> <td>[3] ISO 5167-5:2016</td> <td>Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full — Part 5: Cone meters</td> </tr> <tr> <td>[4] API Spec 6A:2010</td> <td>Specification for Wellhead and Christmas Tree Equipment</td> </tr> <tr> <td>[5] API Spec 17D:2011</td> <td>Design and Operation of Subsea Production Systems — Subsea Wellhead and Tree Equipment</td> </tr> <tr> <td>[6] API Spec 17F:2017</td> <td>Standard for Subsea Production Control Systems</td> </tr> <tr> <td>[7] ISO 2186:2007</td> <td>Fluid flow in closed conduits - Connections for pressure signal transmissions between primary and secondary elements</td> </tr> <tr> <td>[8] ASTM A269 Latest Revision</td> <td>Standard Specification for Seamless and Welded Austenitic Stainless Steel Tubing for General Service</td> </tr> <tr> <td>[9] VIM 2012</td> <td>Vocabulário Internacional de Metrologia: Conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM 2012). Duque de Caxias, RJ : INMETRO, 2012.</td> </tr> <tr> <td>[10] ET-3000.00-1500-813-PEK-002 Rev. 0</td> <td>Qualificação de Medidor Submarino de Vazão Monofásica</td> </tr> </table>							[1] ISO 12213-2:2006	Natural gas - Calculation of compression factor — Part 2: Calculation using molar-composition analysis	[2] ISO 5167-4:2003	Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full — Part 4: Venturi tubes	[3] ISO 5167-5:2016	Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full — Part 5: Cone meters	[4] API Spec 6A:2010	Specification for Wellhead and Christmas Tree Equipment	[5] API Spec 17D:2011	Design and Operation of Subsea Production Systems — Subsea Wellhead and Tree Equipment	[6] API Spec 17F:2017	Standard for Subsea Production Control Systems	[7] ISO 2186:2007	Fluid flow in closed conduits - Connections for pressure signal transmissions between primary and secondary elements	[8] ASTM A269 Latest Revision	Standard Specification for Seamless and Welded Austenitic Stainless Steel Tubing for General Service	[9] VIM 2012	Vocabulário Internacional de Metrologia: Conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM 2012). Duque de Caxias, RJ : INMETRO, 2012.	[10] ET-3000.00-1500-813-PEK-002 Rev. 0	Qualificação de Medidor Submarino de Vazão Monofásica
[1] ISO 12213-2:2006	Natural gas - Calculation of compression factor — Part 2: Calculation using molar-composition analysis																									
[2] ISO 5167-4:2003	Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full — Part 4: Venturi tubes																									
[3] ISO 5167-5:2016	Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full — Part 5: Cone meters																									
[4] API Spec 6A:2010	Specification for Wellhead and Christmas Tree Equipment																									
[5] API Spec 17D:2011	Design and Operation of Subsea Production Systems — Subsea Wellhead and Tree Equipment																									
[6] API Spec 17F:2017	Standard for Subsea Production Control Systems																									
[7] ISO 2186:2007	Fluid flow in closed conduits - Connections for pressure signal transmissions between primary and secondary elements																									
[8] ASTM A269 Latest Revision	Standard Specification for Seamless and Welded Austenitic Stainless Steel Tubing for General Service																									
[9] VIM 2012	Vocabulário Internacional de Metrologia: Conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM 2012). Duque de Caxias, RJ : INMETRO, 2012.																									
[10] ET-3000.00-1500-813-PEK-002 Rev. 0	Qualificação de Medidor Submarino de Vazão Monofásica																									

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº	ET-3000.00-1500-813-PEK-001	REV.	0																										
	PROGRAMA				FOLHA	4 de 21																										
	TÍTULO				NP-2 GESTOR: SUB/ES/EECE/ECE																											
[11] ISO 15156-3:2015				Petroleum and natural gas industries — Materials for use in H2S-containing environments in oil and gas production — Part 3: Cracking-resistant CRAs (corrosionresistant alloys) and other alloys																												
1.2 Siglas, Definições e Convenções																																
1.2.1 Siglas																																
<table><tr><td>FAT</td><td>Factory Acceptance Test</td></tr><tr><td>FS</td><td>Full Scale – Valor Superior do Range</td></tr><tr><td>PLC</td><td>Programmable Logic Controller</td></tr><tr><td>PSL</td><td>Product Specification Level, conforme definições da API Spec 17D:2011 [5]</td></tr><tr><td>RWP</td><td>Rated Working Pressure, conforme definições da API Spec 17D:2011 [5]</td></tr><tr><td>TPT</td><td>Transmissor de Pressão e Temperatura</td></tr></table>							FAT	Factory Acceptance Test	FS	Full Scale – Valor Superior do Range	PLC	Programmable Logic Controller	PSL	Product Specification Level, conforme definições da API Spec 17D:2011 [5]	RWP	Rated Working Pressure, conforme definições da API Spec 17D:2011 [5]	TPT	Transmissor de Pressão e Temperatura														
FAT	Factory Acceptance Test																															
FS	Full Scale – Valor Superior do Range																															
PLC	Programmable Logic Controller																															
PSL	Product Specification Level, conforme definições da API Spec 17D:2011 [5]																															
RWP	Rated Working Pressure, conforme definições da API Spec 17D:2011 [5]																															
TPT	Transmissor de Pressão e Temperatura																															
1.2.2 Definições																																
<table><tr><td>CERTIFICADO DE QUALIFICAÇÃO</td><td>Documento no qual uma CERTIFICADORA atesta que determinado componente / produto teve seu processo de QUALIFICAÇÃO concluído com êxito.</td></tr><tr><td>CERTIFICADORA</td><td>Organismo de Certificação de Produto</td></tr><tr><td>Classe de Temperatura</td><td>Conforme definições da Tabela 2 da API Spec 6A:2010 [4].</td></tr><tr><td>Computador de Vazão</td><td>Equipamento que calcula a vazão tendo como dados de entrada as propriedades do fluido e medições de pressão, temperatura e pressão diferencial no elemento primário.</td></tr><tr><td>CONTRATADA</td><td>Empresa responsável por fornecer o medidor submarino de vazão monofásica, bem como responsável por atender todos os requisitos desta especificação técnica.</td></tr><tr><td>Condições de Referência</td><td>20°C e 101,325 kPa abs.</td></tr><tr><td>Condição Local</td><td>Refere-se as variáveis ou propriedades termodinâmicas nas condições de pressão e temperatura que o medidor de vazão está operando.</td></tr><tr><td>Deve (e suas conjugações)</td><td>Caracteriza um requisito mandatório.</td></tr><tr><td>Elemento Primário</td><td>É a restrição ao fluxo, que gera uma pressão diferencial.</td></tr><tr><td>Medidor de Vazão do tipo Cone</td><td>Medidor de vazão monofásica cujo elemento primário é definido pela ISO 5167-5:2016 [3].</td></tr><tr><td>Medidor de Vazão do tipo Venturi</td><td>Medidor de vazão monofásica cujo elemento primário é definido pela ISO 5167-4:2003 [2].</td></tr><tr><td>Medidor de Vazão</td><td>Medidor de vazão do tipo Cone ou Medidor de vazão do tipo Venturi</td></tr><tr><td></td><td></td></tr></table>							CERTIFICADO DE QUALIFICAÇÃO	Documento no qual uma CERTIFICADORA atesta que determinado componente / produto teve seu processo de QUALIFICAÇÃO concluído com êxito.	CERTIFICADORA	Organismo de Certificação de Produto	Classe de Temperatura	Conforme definições da Tabela 2 da API Spec 6A:2010 [4].	Computador de Vazão	Equipamento que calcula a vazão tendo como dados de entrada as propriedades do fluido e medições de pressão, temperatura e pressão diferencial no elemento primário.	CONTRATADA	Empresa responsável por fornecer o medidor submarino de vazão monofásica, bem como responsável por atender todos os requisitos desta especificação técnica.	Condições de Referência	20°C e 101,325 kPa abs.	Condição Local	Refere-se as variáveis ou propriedades termodinâmicas nas condições de pressão e temperatura que o medidor de vazão está operando.	Deve (e suas conjugações)	Caracteriza um requisito mandatório.	Elemento Primário	É a restrição ao fluxo, que gera uma pressão diferencial.	Medidor de Vazão do tipo Cone	Medidor de vazão monofásica cujo elemento primário é definido pela ISO 5167-5:2016 [3].	Medidor de Vazão do tipo Venturi	Medidor de vazão monofásica cujo elemento primário é definido pela ISO 5167-4:2003 [2].	Medidor de Vazão	Medidor de vazão do tipo Cone ou Medidor de vazão do tipo Venturi		
CERTIFICADO DE QUALIFICAÇÃO	Documento no qual uma CERTIFICADORA atesta que determinado componente / produto teve seu processo de QUALIFICAÇÃO concluído com êxito.																															
CERTIFICADORA	Organismo de Certificação de Produto																															
Classe de Temperatura	Conforme definições da Tabela 2 da API Spec 6A:2010 [4].																															
Computador de Vazão	Equipamento que calcula a vazão tendo como dados de entrada as propriedades do fluido e medições de pressão, temperatura e pressão diferencial no elemento primário.																															
CONTRATADA	Empresa responsável por fornecer o medidor submarino de vazão monofásica, bem como responsável por atender todos os requisitos desta especificação técnica.																															
Condições de Referência	20°C e 101,325 kPa abs.																															
Condição Local	Refere-se as variáveis ou propriedades termodinâmicas nas condições de pressão e temperatura que o medidor de vazão está operando.																															
Deve (e suas conjugações)	Caracteriza um requisito mandatório.																															
Elemento Primário	É a restrição ao fluxo, que gera uma pressão diferencial.																															
Medidor de Vazão do tipo Cone	Medidor de vazão monofásica cujo elemento primário é definido pela ISO 5167-5:2016 [3].																															
Medidor de Vazão do tipo Venturi	Medidor de vazão monofásica cujo elemento primário é definido pela ISO 5167-4:2003 [2].																															
Medidor de Vazão	Medidor de vazão do tipo Cone ou Medidor de vazão do tipo Venturi																															

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº	ET-3000.00-1500-813-PEK-001	REV.	0
	PROGRAMA				FOLHA	5 de 21
	TÍTULO				NP-2	
MEDIDOR SUBMARINO DE VAZÃO MONOFÁSICA				GESTOR: SUB/ES/EECE/ECE		

Pressão Estática	É o valor da pressão absoluta interna (fluido) à montante do Elemento Primário.
QUALIFICAÇÃO	Processo no qual o projeto de um componente / produto é validado através de verificação de desempenho em um protótipo. O protótipo necessita ter características de materiais e fabricação idênticas ao do componente / produto a ser fabricado em série.
Range	Faixa dos valores que o objeto da medição pode assumir (ex.: Range de temperatura: de -18°C a 121°C).
Rangeabilidade	É a razão entre o valor superior e o valor inferior do range (ex.: Range: 5 a 40mBar, Rangeabilidade: 8:1).
Re	Número de Reynolds
Span	Diferença algébrica entre os valores superior e inferior do range.
Tomadas de Pressão	Nesta Especificação, o termo Tomadas de Pressão se refere as conexões e <i>tubings</i> , que ligam o transmissor de pressão diferencial ao corpo do medidor submarino de vazão monofásica para determinar a pressão diferencial no elemento primário.
Transmissor	Conjunto do elemento sensor e eletrônica que interpreta, determina a medida e provê a interface de saída ou comunicação de dados.
Valor Nominal de uma Variável	Valor da variável mais provável de ocorrer (vazão, pressão e temperatura).

1.2.3 Convenções adotadas neste documento

Termos Sublinhados	Todos os termos de metrologia sublinhados nesta especificação técnica são definidos no VIM 2012 [9].
--------------------	--

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº	ET-3000.00-1500-813-PEK-001	REV.	0
	PROGRAMA	FOLHA 6 de 21			
	TÍTULO	MEDIDOR SUBMARINO DE VAZÃO MONOFÁSICA NP-2 GESTOR: SUB/ES/EECE/ECE			

2 REQUISITOS GERAIS

- 2.1** O Medidor de Vazão deverá ser projetado utilizando-se os dados de entrada a serem fornecidos pela PETROBRAS. O ANEXO A contém um modelo de tabela com os dados de entrada.
- 2.2** Cada Medidor de Vazão deverá ter seu Coeficiente de Descarga (C_d) determinado em testes de Vazão, em laboratório acreditado pelo INMETRO ou laboratório internacionalmente reconhecido, utilizando gás natural, ar ou água. As vazões utilizadas no teste deverão cobrir toda a faixa de Re especificada na requisição de materiais. A incerteza expandida do C_d em todo o *range* de vazão deverá ser menor ou igual a $\pm 0,5\%$ com 95% de probabilidade de abrangência.
- 2.3** O Medidor de Vazão deverá ser fornecido com Rangeabilidade de Vazão de 10:1, ou maior.
- 2.4** O Medidor de Vazão deverá ser fornecido com dois transmissores de pressão diferencial (redundância) com cada transmissor tendo um par exclusivo de tomadas de pressão. Os requisitos para o transmissor de pressão diferencial se encontram no item 5.
- 2.5** As tomadas de pressão diferencial para os Medidor de Vazão de gás deverão ter o menor comprimento possível, sem curvas ou derivações, e ser do tipo *wall tap* (tanto a de alta quanto a de baixa). O diâmetro interno de todas as tomadas de pressão deverão ser maior ou igual a 11mm.
- 2.5.1** Alternativamente, é admitido a utilização de selos de diafragma (substituindo as tomadas de pressão).
- 2.6** O posicionamento e orientação das tomadas de pressão e do transmissor de pressão diferencial devem estar de acordo com as prescrições dos itens 4.5, 5 e 6 da norma ISO 2186:2007 [7], considerando a posição final do Medidor de Vazão no equipamento submarino. Em especial:
- 2.6.1** Para Medidor de Vazão de gás, deve-se ter especial atenção para que o posicionamento do transmissor de pressão e o arranjo de tomadas de pressão consiga drenar por gravidade qualquer líquido que possa se acumular¹.
- 2.6.2** Para Medidor de Vazão de água ou líquido, deve-se buscar um arranjo de tomadas de pressão que não favoreça o acúmulo de sólidos que possam estar presentes no escoamento.
- 2.7** Nas aplicações de gás, o Medidor de Vazão deverá ser fornecido com transmissor de pressão e transmissor de temperatura a montante do elemento primário. Tais instrumentos serão utilizados na determinação da massa específica do gás local (ver

¹ Operações típicas de limpeza para intervenção incluem circulação de água. Desta forma, a construção do medidor submarino de vazão monofásica deve favorecer a drenagem da água nestes casos.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº	ET-3000.00-1500-813-PEK-001	REV.	0
	PROGRAMA				FOLHA	7 de 21
	TÍTULO				NP-2 GESTOR: SUB/ES/EECE/ECE	
ANEXO B - EQUAÇÕES). Tais transmissores devem atender ao disposto no item 5. Estes transmissores podem estar integrados no corpo do medidor ou em separado. 2.8 O Medidor de Vazão deverá ser fornecido com Computador de Vazão, atendendo ao disposto no item 6. 2.9 O Medidor de Vazão deverá ser QUALIFICADO, atendendo ao disposto no item 9. 2.10 O Medidor de Vazão deverá ser submetido a um FAT, atendendo ao disposto no item 8. 2.11 A documentação do medidor de vazão deverá atender ao disposto no item 10.						

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº	ET-3000.00-1500-813-PEK-001	REV.	0
	PROGRAMA				FOLHA	8 de 21
	TÍTULO				NP-2	
	MEDIDOR SUBMARINO DE VAZÃO MONOFÁSICA				GESTOR: SUB/ES/EECE/ECE	

3 REQUISITOS ESPECÍFICOS AO MEDIDOR TIPO CONE

- 3.1** O Medidor de Vazão do tipo Cone deverá ser projetado e fabricado atendendo aos requisitos da ISO 5167-5:2016 [3], porém com as seguintes exceções:
- 3.1.1** A tomada de pressão de baixa não deve ser pelo interior do cone, conforme ilustrado no item 4 da ISO 5167-5:2016 [3]. Deve-se utilizar tomadas do tipo *wall tap*, conforme item 2.5 e Figura 1.

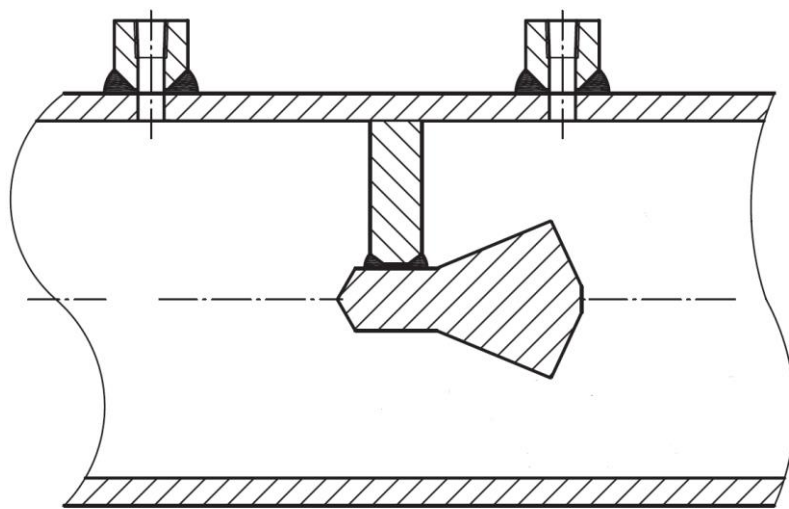


Figura 1 – Esquema de um medidor tipo cone com tomadas de pressão tipo wall tap

- 3.1.2** O diâmetro das tomadas de pressão deve ser conforme o item 2.5.
- 3.2** O Medidor de Vazão do tipo Cone deverá ser instalado respeitando-se os requisitos de instalação contidos no item 6 ISO 5167-5:2016 [3], com atenção especial aos requisitos de trecho reto de tubulação.
- 3.3** O Medidor de Vazão do tipo Cone e a tubulação imediatamente à montante e à jusante deverão ter o mesmo diâmetro interno. Deve-se ter especial atenção para atender ao disposto nos itens 6.3.1 (*Circularity and Cylindricity of the pipe*) e 6.3.2 (*Roughness of the upstream and downstream pipe*) da norma ISO 5167-5:2016 [3].

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº	ET-3000.00-1500-813-PEK-001	REV.	0
	PROGRAMA				FOLHA 9 de 21
	TÍTULO	MEDIDOR SUBMARINO DE VAZÃO MONOFÁSICA			NP-2 GESTOR: SUB/ES/EECE/ECE

4 REQUISITOS ESPECÍFICOS AO VENTURI

- 4.1** O Medidor de Vazão do tipo Venturi deverá ser projetado, construído e instalado em total concordância com a norma ISO 5167-4:2003 [2]. As exceções à norma são:
- 4.1.1** Não deve ser utilizado tomadas de pressão no arranjo triple-T.
- 4.1.2** O diâmetro das tomadas de pressão deve ser conforme o item 2.5.
- 4.2** Deverão ser respeitados os trechos retos de tubulação requeridos pela norma ISO 5167-4:2003 [2]. Não serão aceitas interpolações do fator Beta para determinar o tamanho do trecho reto. O fornecedor deverá utilizar o valor de Beta subsequente da Tabela 1 da referida norma (valor acima mais próximo).
- 4.2.1** É admitido o uso dos valores de trecho reto da coluna B da Tabela 1 da ISO 5167-4:2003 [2].
- 4.3** O Medidor de Vazão do tipo Venturi e a tubulação imediatamente à montante e à jusante deverão ter o mesmo diâmetro interno. Deve-se ter especial atenção para atender ao disposto nos itens 6.4.1 (*Circularity and Cylindricity of the pipe*), 6.4.2 (*Roughness of the upstream pipe*) e 6.4.3 (*Alignment of the classical Venturi tube*) da norma ISO 5167-4:2003 [2].

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-3000.00-1500-813-PEK-001	REV. 0
	PROGRAMA		FOLHA 10 de 21
	TÍTULO MEDIDOR SUBMARINO DE VAZÃO MONOFÁSICA		NP-2 GESTOR: SUB/ES/EECE/ECE

5 TRANSMISSORES

5.1 Requisitos para o Transmissor de Pressão Diferencial:

5.1.1 Os transmissores deverão ser calibrados em fábrica ou em laboratório, utilizando a pressão estática nominal em ambas as tomadas (high pressure calibration)² e na mesma posição de instalação final do medidor de vazão monofásica. Os padrões de pressão utilizados deverão estar calibrados por laboratório acreditado pelo INMETRO ou laboratório internacionalmente reconhecido.

5.1.2 Os transmissores deverão ter incerteza expandida de $\pm 0,5\%$ do *span* com 95% de probabilidade de abrangência.

5.2 Requisitos para o Transmissor de Pressão (estática) (ver item 2.7):

5.2.1 Os transmissores deverão ser calibrados em fábrica ou em laboratório, utilizando o *range* de pressão estática especificada em projeto. Os padrões de pressão utilizados deverão estar calibrados por laboratório acreditado pelo INMETRO ou laboratório internacionalmente reconhecido.

5.2.2 Os transmissores deverão ter incerteza expandida de $\pm 0,2\%$ FS com 95% de probabilidade de abrangência.

5.3 Requisitos para o Transmissor de Temperatura (ver item 2.7):

5.3.1 Os transmissores deverão ser calibrados em fábrica ou em laboratório, utilizando o *range* de temperatura especificada em projeto³. Os padrões de temperatura utilizados deverão estar calibrados por laboratório acreditado pelo INMETRO ou laboratório internacionalmente reconhecido.

5.3.2 Os transmissores deverão ter incerteza expandida de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ com 95% de probabilidade de abrangência.

5.3.3 É vedado o uso de termopogo. O transmissor de temperatura (seu elemento sensor) deve ser do tipo *wall flush*.

5.4 É admitido o uso de TPT, desde que atenda integralmente aos itens 5.2 e 5.3.

² Exemplo: Pressão estática nominal: 120 Bar – *Range* do instrumento: 0 a 500 mBar => Calibração: Tomada de alta: variar entre 120 Bar a 120,5 Bar – Tomada de baixa: fixa em 120 Bar.

³ Não confundir *range* de temperatura especificada em projeto com a Classe de Temperatura (item 7.1). Neste item, *range* de temperatura se refere aos valores especificados para escoamento (ver dados de entrada do ANEXO A).

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº	ET-3000.00-1500-813-PEK-001	REV.	0
	PROGRAMA				FOLHA 12 de 21
	TÍTULO	MEDIDOR SUBMARINO DE VAZÃO MONOFÁSICA			NP-2 GESTOR: SUB/ES/EECE/ECE

7 REQUISITOS DE PROJETO

- 7.1** O Medidor de Vazão deve ser seu projeto mecânico e fabricação conforme a norma API Spec 17D:2011 [5]. Deverá ser empregado o mesmo material para o elemento primário e o spool (medidor tipo Cone).
- 7.1.1** Medidor de Vazão de gás deve ser especificado com PSL3G, conforme a norma API Spec 17D:2011 [5], e classe de temperatura U (ou mais abrangente, de forma a atender o *range* de temperatura que o equipamento será submetido), conforme API Spec 6A:2010 [4].
- 7.1.2** Medidor de Vazão de água deve ser especificado com a mesma especificação PSL e classe de temperatura especificada para o equipamento em que será instalado.
- 7.2** Os transmissores de pressão diferencial, pressão estática e temperatura devem atender aos requisitos da norma API Spec 17F:2017 [6].
- 7.3** Todas as tomadas de pressão deverão ser do tipo sem-costura ASTM A269 [8]. O material das tomadas de pressão deve ser conforme a Tabela A.7 da ISO 15156-3:2015 [11].

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº	ET-3000.00-1500-813-PEK-001	REV.	0
	PROGRAMA				FOLHA	14 de 21
	TÍTULO				NP-2	
MEDIDOR SUBMARINO DE VAZÃO MONOFÁSICA				GESTOR: SUB/ES/EECE/ECE		

de Vazão do tipo Cone quanto para Medidor de Vazão do tipo Venturi. Adicionalmente, deverá se realizada análise de incerteza para a calibração, conforme o disposto no item 7.6 da ISO 5167-5 [3].

8.4.3 Deverá ser conduzido o levantamento dimensional do Medidor de Vazão.

8.4.3.1 Para Medidor de Vazão do tipo Cone, o levantamento dimensional deve ser realizado conforme o disposto no item 5.2 da ISO 5167-5:2016 [3].

8.4.3.2 Para Medidor de Vazão do tipo Venturi, o levantamento dimensional deve ser realizado conforme o disposto no item 5.2 da ISO 5167-4:2003 [2].

8.4.3.3 O levantamento dimensional deverá ser documentado. Em especial, os valores medidos de D e d devem ser configurados no Computador de Vazão (em oposição à utilização dos valores especificados).

8.4.3.4 A incerteza de medição no levantamento deste dimensional, bem como sua probabilidade de abrangência, deverão ser documentadas.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº	ET-3000.00-1500-813-PEK-001	REV.	0
	PROGRAMA				FOLHA 15 de 21
	TÍTULO	MEDIDOR SUBMARINO DE VAZÃO MONOFÁSICA			NP-2 GESTOR: SUB/ES/EECE/ECE

9 QUALIFICAÇÃO

- 9.1** O Medidor de Vazão fornecido deve ser submetido a um processo de QUALIFICAÇÃO, atendendo ao disposto na ET-3000.00-1500-813-PEK-002 Rev. 0 [10].
- 9.2** A unidade de Medidor de Vazão (identificada pelo seu número de série), submetida ao processo de QUALIFICAÇÃO, não poderá ser utilizada posteriormente (i.e. é vedado o fornecimento de unidades que foram submetidas ao processo de QUALIFICAÇÃO).
- 9.3** QUALIFICAÇÕES realizadas anteriormente serão aceitas apenas se todas as condições do item 3 da ET-3000.00-1500-813-PEK-002 Rev. 0 [10] forem satisfeitas. Cabe ressaltar que a QUALIFICAÇÃO anterior deve cobrir o *range* das variáveis do presente projeto, conforme item 2.3 da ET-3000.00-1500-813-PEK-002 Rev. 0 [10].

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-3000.00-1500-813-PEK-001	REV. 0
	PROGRAMA		FOLHA 16 de 21
	TÍTULO MEDIDOR SUBMARINO DE VAZÃO MONOFÁSICA		NP-2 GESTOR: SUB/ES/EECE/ECE

10 DOCUMENTAÇÃO

10.1 Devem ser apresentados, no mínimo os seguintes documentos:

- a. Folha de Dados de cada Medidor de Vazão, com o dimensional e dados de calibração (C_d , β , D , α_{PE} , *range* calibrado de fábrica do Transmissor de pressão diferencial);
- b. Especificações e Procedimentos de Testes;
- c. Todos os Relatórios de Testes;
- d. Todos os Desenhos Mecânicos;
- e. Memórias de Cálculo do dimensionamento do Medidor de Vazão;
- f. Tabela relacionando o TAG no supervisório do sistema de controle com o número de série do Medidor de Vazão e o número de série dos Transmissores (pressão diferencial, pressão e temperatura);
- g. Manual de Configuração e Operação do Computador de Vazão;
- h. Tabela das variáveis disponíveis no *topside* para integração com outros sistemas.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº	ET-3000.00-1500-813-PEK-001	REV.	0
	PROGRAMA	FOLHA 17 de 21			
	TÍTULO	MEDIDOR SUBMARINO DE VAZÃO MONOFÁSICA			NP-2 GESTOR: SUB/ES/EECE/ECE

ANEXO A.MODELO DE TABELA COM OS DADOS DE ENTRADA PARA DIMENSIONAMENTO DO MEDIDOR DE VAZÃO

Na Tabela 1 são apresentados os dados de entrada para dimensionamento do Medidor de Vazão para gás. A Tabela 2 contém a composição molar do gás.

Tabela 1 - Dados de entrada para dimensionamento do Medidor de Vazão para gás

Parâmetro	Mínimo	Máximo	Nominal	Unidade
Vazão				m ³ /h (Condições de Referência)
Pressão				BAR abs
Temperatura				°C
k				-
Z _{op}				-
Z _b				-
Viscosidade				cP
Re				-

Tabela 2 – Composição Molar do Gás

Componente	Fração Molar [%]
C ₁	
C ₂	
C ₃	
i-C ₄	
n-C ₄	
i-C ₅	
n-C ₅	
C ₆	
C ₇	
C ₈	
C ₉	
C ₁₀₊	
N ₂	
CO ₂	
He	
O ₂	
H ₂ O	
H ₂ S	
H ₂	
CO	
Ar	

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-3000.00-1500-813-PEK-001	REV. 0
	PROGRAMA		FOLHA 18 de 21
	TÍTULO MEDIDOR SUBMARINO DE VAZÃO MONOFÁSICA		NP-2 GESTOR: SUB/ES/EECE/ECE

Na Tabela 3 são apresentados os dados de entrada para dimensionamento do Medidor de Vazão para água.

Tabela 3 - Dados de entrada para dimensionamento do Medidor de Vazão para água.

Parâmetro	Mínimo	Máximo	Nominal	Unidade
Vazão				m ³ /h
Pressão				BAR abs
Temperatura				°C
Massa Específica				kg/m ³
Viscosidade				cP
Re				-

A definição dos parâmetros citados nas tabelas acima estão no ANEXO B.

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-3000.00-1500-813-PEK-001	REV. 0
	PROGRAMA		FOLHA 19 de 21
	TÍTULO MEDIDOR SUBMARINO DE VAZÃO MONOFÁSICA		NP-2 GESTOR: SUB/ES/EECE/ECE

ANEXO B.EQUAÇÕES

Massa Específica para gás:

$$\rho_{op} = \frac{MM \cdot P_{op}}{T_{op} \cdot Z_{op} \cdot R} \quad (B.1)$$

Massa Específica para água:

Um valor a ser inserido no computador de vazão. Deve ser possível alterar/atualizar a massa específica no Computador de Vazão.

Fator Beta para Cone:

$$\beta = \sqrt{\frac{D^2 - d^2}{D^2}} \quad (B.2)$$

Fator Beta para Venturi:

$$\beta = \frac{d}{D} \quad (B.3)$$

Fator de expansão do gás para Cone⁴ (no caso de água Y=1):

$$Y = 1 - (0,649 + 0,696 \cdot \beta^4) \cdot \frac{\Delta P}{k P_{op}} \quad (B.4)$$

Fator de expansão do gás para Venturi⁵ (no caso de água Y=1):

$$Y = \sqrt{\left(\frac{k \cdot \tau^{2/k}}{k - 1}\right) \cdot \left(\frac{1 - \beta^4}{1 - \beta^4 \cdot \tau^{2/k}}\right) \cdot \left(\frac{1 - \tau^{(k-1)/k}}{1 - \tau}\right)} \quad (B.5)$$

⁴ Conforme item 5.6 da norma ISO 5167-5:2016 [3].

⁵ Conforme item 5.6 da norma ISO 5167-4:2003 [2].

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº	ET-3000.00-1500-813-PEK-001	REV.	0
	PROGRAMA				FOLHA	21 de 21
	TÍTULO				NP-2 GESTOR: SUB/ES/EECE/ECE	
MEDIDOR SUBMARINO DE VAZÃO MONOFÁSICA						

Q_{std} = Vazão volumétrica nas Condições de Referência [Sm^3/h – m^3/hora nas Condições de Referência].

R = Constante dos gases = 8314,51 [$\text{Pa.m}^3/\text{kmol.K}$]

T_{op} = Temperatura de operação a montante do medidor [K]

T_b = Temperatura de referência do gás (Condições de Referência) [K]

Y = Fator de Expansão do Gás. Para água $Y=1$.

Z_b = Fator de compressibilidade do gás nas Condições de Referência, determinado pela equação AGA8-92DC (ver ISO 12213-2:2006 [1])

Z_{op} = Fator de compressibilidade do gás em Condição Local, determinado pela equação AGA8-92DC (ver ISO 12213-2:2006 [1])

Considerações sobre F_a :

Fator de Expansão Térmica dos Materiais pode ser necessário quando o medidor de vazão opera em condições de temperatura bem distintas da temperatura que foi realizado o levantamento dimensional, especificado no item 8.4.3. Este fator deve ser proposto pelo projetista do medidor de vazão, se este julgar apropriado incluir o fator.