	<b>RELATÓRIO</b>		Nº: <b>RL-ANP-FPL-024</b>	
	<b>CLIENTE:</b> ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS			<b>FOLHA:</b> 1 de 11
	<b>PROGRAMA:</b> MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS			-
	<b>TÍTULO:</b> Documentação do Modelo de Simulação do Trecho 3 do Gasoduto Uruguaiana-Porto Alegre			-

Faculdades Católicas – PUC-Rio – **SIMDUT**

**ÍNDICE DE REVISÕES**

REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS
0	EMISSÃO ORIGINAL
A	APÓS COMENTÁRIOS DA SCM
B	APÓS COMENTÁRIOS DA SCM

	REV. 0	REV. A	REV. B	REV. C	REV. D	REV. E	REV. F	REV. G	REV. H
DATA	03/04/2015	15/05/2015	22/05/2015						
PROJETO	ANP	ANP	ANP						
EXECUÇÃO	L.Pires	L.Pires	L.Pires						
VERIFICAÇÃO	I.Patrocínio	I.Patrocínio	I.Patrocínio						
APROVAÇÃO	P. Krause	P. Krause	P. Krause						

AS INFORMAÇÕES DESTE DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DA ANP, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-024**REV. **B****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 2 de 11**TÍTULO:** Documentação do Modelo de Simulação do Gasoduto Uruguaiana-Porto Alegre Trecho 3-  
-**ÍNDICE**

1	OBJETIVO	3
2	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	3
3	DESCRIÇÃO GERAL DO MODELO	3
4	PREMISSAS DE CÁLCULO	4
4.1	CONDIÇÕES DE REFERÊNCIA	4
4.2	MODELO DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR (REF. 2.2)	4
4.3	TEMPERATURA DO SOLO	5
4.4	CORRELAÇÕES ADOTADAS	5
4.5	SOFTWARE UTILIZADO	5
4.6	CARACTERÍSTICAS DO GÁS	5
5	GASODUTO URUGUAIANA – PORTO ALEGRE – TRECHO 3	5
5.1	DIÂMETRO, ESPESSURA E PMOA	5
5.2	PERFIL ALTIMÉTRICO	6
5.3	RUGOSIDADE	6
5.4	PONTOS DE RECEBIMENTO	7
5.5	PONTOS DE ENTREGA	7
6	CONDIÇÕES DE CONTORNO	7
6.1	PERFIL DE CONSUMO	7
6.2	PRESSÃO MÁXIMA DE OPERAÇÃO ADMISSÍVEL	7
	A PRESSÃO MÁXIMA DE OPERAÇÃO ADMISSÍVEL NO GASODUTO É DE 100 KGF/CM <sup>2</sup> (REF.2.1).	7
6.3	PRESSÃO DE ENTREGA NOMINAL CONTRATUAL	8
6.4	INTERCONEXÕES	8
7	RESULTADOS DA SIMULAÇÃO	8
	ANEXO – “STEADY STATE REPORT” DO MODELO	9

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-024**REV. **B****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 3 de 11**TÍTULO:** Documentação do Modelo de Simulação do Gasoduto Uruguaiana-Porto Alegre Trecho 3

-

-

**1 OBJETIVO**

Documentar as informações necessárias para a criação do modelo computacional do Trecho 3 do gasoduto Uruguaiana-Porto Alegre e apresentar as características físicas e valores limites de projeto dos diversos elementos que compõe o modelo de simulação termo-hidráulica. Permitindo, assim, a reprodutibilidade do modelo por qualquer interessado.

O modelo foi criado para o programa de simulação *PipelineStudio* versão 3.4.1.0 da *Energy Solutions*.

**2 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA**

- 2.1. Características físicas e capacidade, tanto atual quanto projeções, das instalações de transporte – <http://www.tsb.com.br/repositorio/bibArq000438.pdf>, 23/04/2015
- 2.2. Capacidade de Escoamento no GASUP – Trecho 3 Modelo Termohidráulico do trecho 3 – <http://www.tsb.com.br/repositorio/bibArq000443.pdf> 23/04/2015
- 2.3. CCG-RSI-030-2005 – Capacidade de Escoamento do GASUP – Trecho 3
- 2.4. DE-6010.10-652-948-PTC-600 a DE-6010.10-6520-948-PTC-624 – Planta e Perfil do Gasoduto Uruguaiana-Porto Alegre
- 2.5. RL-5000-962-TOC-009\_R0 - Simulação Termo-Hidráulica- Condição Operacional 2012
- 2.6. Contrato de Serviço de Transporte firmado entre o Carregador e a Transportadora Sulbrasileira de Gás S.A. (TSB)
- 2.7. Processo ANP nº 48610.010500/2012-40
- 2.8. RL-ANP-FPL-007, rev.A - Análise da Influência de Parâmetros Utilizados no Modelo de Cálculo da Capacidade
- 2.9. RL-ANP-FPL-025\_RC\_F1-5 - Cálculo de Capacidade do Trecho 3 do Gasoduto Uruguaiana – Porto Alegre

**3 DESCRIÇÃO GERAL DO MODELO**

O Trecho 3 consiste em um segmento do Gasoduto Uruguaiana – Porto Alegre que visa o suprimento de gás natural ao Pólo Petroquímico de Triunfo. O trecho em questão representa apenas 24,85 km dos 608 km do projeto original do gasoduto, desenvolvendo-se desde o

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-024**REV. **B**

PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS

FOLHA 4 de 11

TÍTULO: Documentação do Modelo de Simulação do Gasoduto Uruguiana-Porto Alegre Trecho 3

-

-

Lançador de “Pig” no ponto de entrega TBG / SULGÁS em Canoas até o Recebedor de “Pig” na área do Pólo Petroquímico.

O trecho 3 do gasoduto Uruguiana – Porto Alegre é de propriedade da Transportadora Sulbrasileira de Gás S.A. (TSB) tem um diâmetro nominal de 24” e é feito de aço API 5L X-70, revestido externamente com poliuretano.

A Figura 1 apresenta uma visão geral do Trecho 3 do gasoduto e a Figura 2 um fluxograma do modelo de simulação desenvolvido, com o ponto de recebimento na fronteira Argentina - Brasil e o ponto de entrega de Uruguiana.

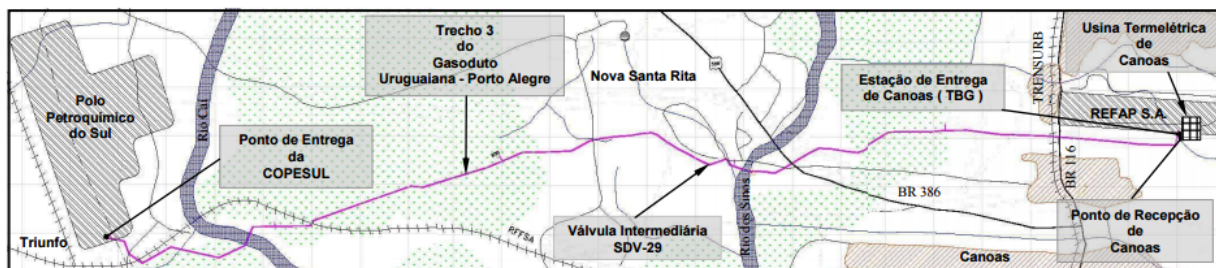


Figura 1 – Visão geral do trecho 3 do gasoduto Uruguiana-Porto Alegre (fonte: [www.tsb.com.br](http://www.tsb.com.br))

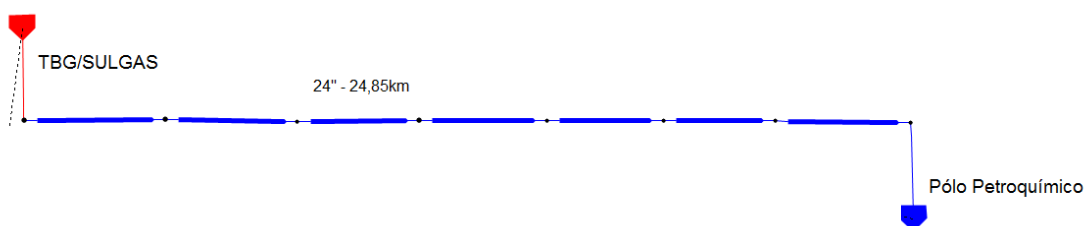


Figura 2 – Fluxograma do modelo do trecho 3 do gasoduto Uruguiana – Porto Alegre

#### 4 PREMISSAS DE CÁLCULO

##### 4.1 Condições de Referência

- Pressão: 1 atm
- Temperatura: 20 °C

As vazões apresentadas neste relatório utilizam estes valores de pressão e temperatura como referência.

##### 4.2 Modelo de transferência de calor (Ref. 2.2)

- Condução de calor radial para o solo
- Coeficiente de transferência de calor global solo-tubo: 2,7 W/m².K
- Temperatura ambiente: 28 °C

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-024**REV. **B****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 5 de 11**TÍTULO:** Documentação do Modelo de Simulação do Gasoduto Uruguaiana-Porto Alegre Trecho 3

-

-

\* Diversas premissas de cálculo utilizaram as informações do relatório de simulação termohidráulica do trecho 1 devido à falta de informações sobre as premissas utilizadas no trecho 3

### 4.3 Temperatura do solo

- 28°C (Ref. 2.2).

### 4.4 Correlações Adotadas

- Equação de Estado: BWRS (será utilizada a composição do gás do GASBOL de acordo com a Ref. 2.7 visto que não foi informado pela transportadora a composição do gás usado no Trecho 3).
- Equação do Fator de Atrito: Colebrook (Ref.2.8)
- Viscosidade: LGE (Ref.2.8)

### 4.5 Software utilizado

- Pipeline Studio versão 3.4.1.0

### 4.6 Características do Gás

Será utilizada a composição do gás do GASBOL de janeiro de 2015 de acordo com a Ref. 2.7 para a simulação do Trecho 3 de acordo com a Tabela 1.

**Tabela 1 - Composição do gás utilizado na simulação**

Componente	Teor Molar (%)
Metano	89,51
Etano	6,03
Propano	1,87
i-Butano	0,89
Nitrogênio	0,65
Dióxido de Carbono	1,05

## 5 GASODUTO URUGUAIANA – PORTO ALEGRE – TRECHO 3

### 5.1 Diâmetro, espessura e PMOA

O trecho 3 do gasoduto Uruguaiana – Porto Alegre é construído em aço carbono API 5LX-70, com revestimento externo de polietileno extrudado em tripla camada e espessura da parede variando ao longo do duto.

O trecho 3 foi modelado com as seguintes características descritas nas referências 2.1 e 2.4.

- Diâmetro nominal: 24"
- Espessura: variando entre 0,339", e 0.488"
- Pressão Máxima Operacional Admissível (PMOA): 100 kgf/cm<sup>2</sup>



A Tabela 2 apresenta os trechos do gasoduto que foram modelados para refletir o perfil de elevação do mesmo.

**Tabela 2 - Seguintos do trecho 1 do gasoduto Uruguaiana – Porto Alegre**

Trecho	Diâmetro (pol)	Comprimento (km) *	Espessura (pol)**	Cota (m)***
Duto1	24	8.4	0.339	E 0 - D 0
Duto2	24	1.83	0.488	E 0 - D 40
Duto3	24	1.57	0.488	E 40 - D 70
Duto4	24	1.2	0.488	E 70 - D 40
Duto5	24	1.5	0.488	E 40 - D 0
Duto6	24	6.5	0.339	E 0 - D 25
Duto7	24	3.85	0.488	E 25 - D 0

\* - Comprimento a partir de TBG/SULGAS;

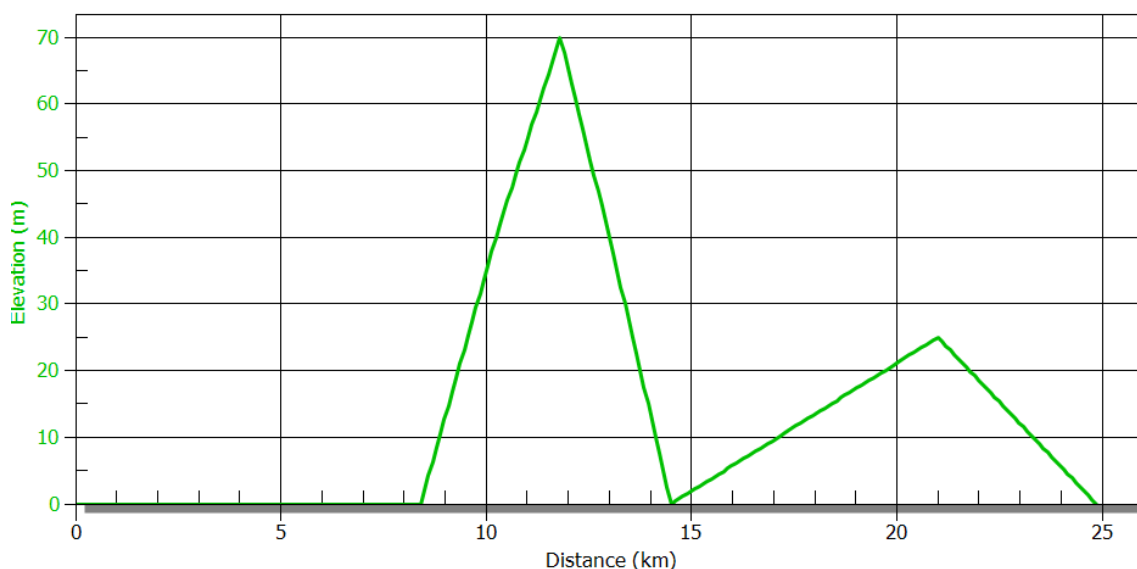
\*\* - Espessura média do segmento;

\*\*\* - O programa de simulação usado só permite cota nos nós, E significa a cota do lado esquerdo e D do lado direito do segmento.

Nesse documento, as localizações e extensões, expressas em km, referem-se ao comprimento desenvolvido (real), salvo quando disposto em contrário.

## 5.2 Perfil Altimétrico

A Figura 3 apresenta o perfil de elevação utilizado no modelo, obtido a partir da referência 2.4.



**Figura 3 – Perfil de elevação**

## 5.3 Rugosidade

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-024**REV. **B**

PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS

FOLHA 7 de 11

TÍTULO: Documentação do Modelo de Simulação do Gasoduto Uruguiana-Porto Alegre Trecho 3

- Rugosidade: 0,02 mm (0,00078") (Ref. 2.1)

#### 5.4 Pontos de recebimento

O ponto de recebimento considerado no modelo é localizado no "city gate" da Transportadora Brasileira Gasoduto Bolívia – Brasil (TBG) para a SULGAS, no município de Canoas. As pressões e vazões de projeto estão listadas na Tabela 3.

**Tabela 3 - Ponto de recebimento do trecho 3 do gasoduto Uruguiana – Porto Alegre**

Ponto de recebimento	Localização	Cota (m)	Pressão de Projeto (kgf/cm <sup>2</sup> )		Vazão de Projeto (Mm <sup>3</sup> /dia)	
			Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
TBG/SULGAS	km 0	0	*	100,0	*	*

\* - Dado não disponível nos documentos de referência;

#### 5.5 Pontos de Entrega

O ponto de entrega do Pólo Petroquímico está localizado na extremidade oposta do gasoduto e as pressões e vazões de projeto estão listados na Tabela 4.

**Tabela 4 - Ponto de entrega do trecho 3 do gasoduto Uruguiana – Porto Alegre**

Ponto de entrega	Localização	Cota (m)	Pressão de Projeto (kgf/cm <sup>2</sup> )		Vazão de projeto (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /dia)	
			Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
Pólo Petroquímico	km 24,85	91	28	49	*	1.200

\* - Dado não disponível nos documentos de referência;

### 6 CONDIÇÕES DE CONTORNO

#### 6.1 Perfil de Consumo

De acordo com a referência 2.7, a vazão contratual do PTE Pólo Petroquímico é baseada numa rampa contratual. Será considerado o valor 650.000 m<sup>3</sup>/d, referente ao ano de 2015 atual.

**Tabela 5 – Vazão Contratual nos PTEs**

Ponto de entrega	Vazão contratual (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /dia)		Condição de contorno
	Mínima	Máxima	
Pólo Petroquímico	*	650	650.000 m <sup>3</sup> /dia

\* - Dado não disponível nos documentos de referência;

#### 6.2 Pressão Máxima de Operação Admissível

A pressão máxima de operação admissível no gasoduto é de 100 kgf/cm<sup>2</sup> (Ref.2.1).

**RELATÓRIO**Nº **RL-ANP-FPL-024**REV. **B****PROGRAMA:** MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS**FOLHA** 8 de 11**TÍTULO:** Documentação do Modelo de Simulação do Gasoduto Uruguiana-Porto Alegre Trecho 3

-

-

### 6.3 Pressão de Entrega Nominal Contratual

A Tabela 6 apresenta a pressão de entrega nominal de acordo com referência 2.7.

**Tabela 6 – Pressão mínima contratual no PTE**

Ponto de entrega	Pressão contratual (kgf/cm <sup>2</sup> )	
	Mínima	Máxima
Pólo Petroquímico	21,00	*

\* - Dado não disponível nos documentos de referência;

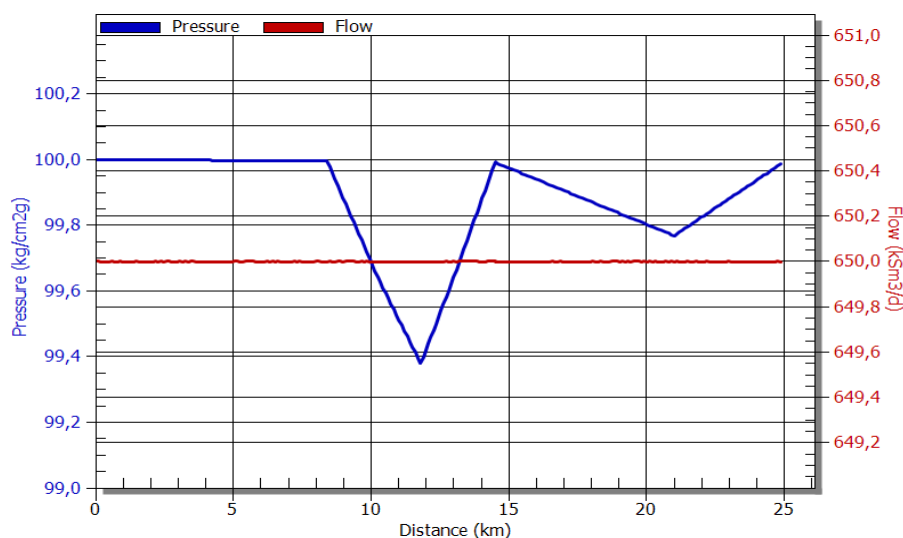
### 6.4 Interconexões

Até o momento da elaboração do presente relatório, não foram obtidas informações sobre as condições da interconexão entre a TBG e a TSB.

Dessa forma, foi utilizado o valor da PMOA do duto (100kgf/cm<sup>2</sup>) como condição de pressão máxima na interconexão.

## 7 RESULTADOS DA SIMULAÇÃO

As distribuições de vazão e pressão no trecho 3 do gasoduto Uruguiana-Porto Alegre estão apresentadas na Figura 4.



**Figura 4 – Perfil de pressão e vazão**

Deve-se ressaltar que os resultados das simulações que detalham as capacidades de transporte, ociosa e disponível encontram-se na referência 2.9.







# RELATÓRIO

Nº **RL-ANP-FPL-024**

REV. **B**

PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS

FOLHA 10 de 11

TÍTULO: Documentação do Modelo de Simulação do Gasoduto Uruguiana-Porto Alegre Trecho 3

3	0.0001000	0.0000001	0.0000315	0.0000000	TNODE N6
4	0.0001000	0.0000050	0.0000020	0.0000000	Pipe DUTO2

\*\*\*\*\*  
\* SIMULACAO \*  
\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*  
\* Reference Conditions Report \*  
\*\*\*\*\*

Reference Pressure = 0.00 KG/CM2G  
Reference Temperature = 20.00 (DEG C )

\*\*\*\*\*  
\* Leg Hydraulic Summary Report ----- Time = 0.000 ( HRS ) \*  
\*\*\*\*\*

Leg ID	Pressure KG/CM2G		Flow (KSM3/D)		Line Pack ( KSM3 )	Temperature (DEG C )	
	Head	Tail	Head	Tail		Head	Tail
DUTO1	100.00	100.00	650.000	650.000	269.1630	28.00	28.00
DUTO2	100.00	99.64	650.000	650.000	57.0696	28.00	27.83
DUTO4	99.38	99.64	650.000	650.000	37.3059	27.75	27.95
DUTO5	99.64	99.99	650.000	650.000	46.7339	27.95	28.14
DUTO6	99.99	99.77	650.000	650.000	202.6855	28.14	27.96
DUTO7	99.77	99.99	650.000	650.000	120.0522	27.96	28.07
DUTOR3	99.64	99.38	650.000	650.000	48.8302	27.83	27.75

\*\*\*\*\*  
\* External Regulator Hydraulic Report ----- Time = 0.000 ( HRS ) \*  
\*\*\*\*\*

:::  
:: External Regulator Flow Balance Report ::  
::

	Mass Units ( KG/H )	Volumetric Units (KSM3/D)
Total input flow	20499.688	650.000
Total output flow	20499.688	650.000
Network flow balance	0.000	0.000

:::  
:: External Regulator Hydraulic Summary Report ::  
::

External Regulator ID	Mode of Control	Pressure KG/CM2G	Flow (KSM3/D)	Temperature (DEG C )	Specific Gravity	Heating Value ( MJ/M3)
PÓLO_PETROQUÍMICO	Max Flow	99.99	650.000	28.07	0.6287	35.77
TBG/SULGAS	Max Pres	100.00	-650.000	28.00	0.6287	35.77



# RELATÓRIO

Nº **RL-ANP-FPL-024**

REV. **B**

PROGRAMA: MODELO TEÓRICO E COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DE CAPACIDADE DE GASODUTOS

FOLHA 11 de 11

TÍTULO: Documentação do Modelo de Simulação do Gasoduto Uruguiana-Porto Alegre Trecho 3

External Regulator ID	Current Flow Rate (KSM3/D)	Accumulated Volume ( KSM3 )	Timer Value ( HRS )
PÓLO_PETROQUÍMICO	650.000	0.000	0.000
TBG/SULGAS	-650.000	0.000	0.000

:: Supply External Regulator Hydraulic Summary Report ::

Supply Xreg ID	Mode of Control	Pressure KG/CM2G	Flow (KSM3/D)	Temperature (DEG C )	Specific Gravity	Heating Value ( MJ/M3 )
TBG/SULGAS	Max Pres	100.00	-650.000	28.00	0.6287	35.77

Supply Xreg ID	Current Flow Rate (KSM3/D)	Accumulated Volume ( KSM3 )	Timer Value ( HRS )
TBG/SULGAS	-650.000	0.000	0.000

:: Delivery External Regulator Hydraulic Summary Report ::

Delivery Xreg ID	Mode of Control	Pressure KG/CM2G	Flow (KSM3/D)	Temperature (DEG C )	Specific Gravity	Heating Value ( MJ/M3 )
PÓLO_PETROQUÍMICO	Max Flow	99.99	650.000	28.07	0.6287	35.77

Delivery Xreg ID	Current Flow Rate (KSM3/D)	Accumulated Volume ( KSM3 )	Timer Value ( HRS )
PÓLO_PETROQUÍMICO	650.000	0.000	0.000

\* Node Mass Balance Error Report Time = 0.000 ( HRS ) \*

Threshold Level = 0.0100 (KSM3/D)  
No Mass Balance Errors above Threshold

:: Pressure/Flow Violation Reports ::

ALL XREGS FALL WITHIN PRESSURE BOUNDS  
ALL INTERNAL LEG KNOTS FALL WITHIN PRESSURE BOUNDS

:: Setpoint/Constraint Violation Reports ::

ALL XREGS COMPLY WITH MONITORED CONSTRAINTS

TRANSIENT GAS NETWORK MODEL (TGNET)  
RELEASE 7.6 LEVEL 00 30-SEP-2008  
STEADY-STATE MODULE