

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y SENSIBILIDAD DE MEZCLA ENTRE GAS  
GIBRALTAR Y GAS PROVENIENTE DE ESTABILIZACIÓN DE CONDENSADOS**

**JUAN CARLOS CAMACHO ANGULO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA DE PETROLEOS  
ESPECIALIZACION EN INGENIERÍA DEL GAS  
BUCARAMANGA**

**2010**

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y SENSIBILIDAD DE MEZCLA ENTRE GAS  
GIBRALTAR Y GAS PROVENIENTE DE ESTABILIZACIÓN DE CONDENSADOS**

**JUAN CARLOS CAMACHO ANGULO**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para obtener el título de  
Especialista en Ingeniería del Gas**

**Director**

**Ing. Faustino Camargo**

**Profesor de postgrado Escuela De Ingeniería Petróleos UIS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA DE PETROLEOS  
ESPECIALIZACION EN INGENIERÍA DEL GAS  
BUCARAMANGA**

**2010**

## **DEDICATORIA**

Dedico este nuevo triunfo A Dios que me ha dado la vida y fortaleza para terminar este proyecto, a mis Padres por estar ahí cuando más los necesité , a mi amada esposa Paola Narvárez por apoyarme y ayudarme en los momentos más difíciles y finalmente dedico este triunfo a mi hija Valeria Q:E:P:D. quien está dándome la fuerza y las ganas de salir adelante

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar agradecer a Transoriente por el apoyo a la utilización e implementación de los Nuevos Paquetes de simulación de Procesos, al Ing. César Quiroz por sus aportes al desarrollo de este proyecto y a la Universidad Industrial de Santander.

Al Ingeniero Faustino Camargo mi director de proyecto por su constante apoyo y colaboración en la culminación de este proyecto.

Finalmente a mi hermosa familia, mi esposa por su amor incondicional y ser la fuente de mi inspiración, a Dios que es el motor que necesitaba para empezar y culminar todos mis proyectos.

## TABLA DE CONTENIDO

|   | <b>PÁG.</b> |
|---|-------------|
| INTRODUCCIÓN .....  | 20          |
| 1. MARCO TEORICO .....  | 23          |
| 1.1 GENERALIDADES DEL GAS NATURAL .....   | 23          |
| 1.1.1 Fundamentos del Gas Natural .....   | 24          |
| 1.1.2 Tipos de Gas Natural .....  | 25          |
| 1.1.3 Subproductos del Gas Natural .....  | 26          |
| 1.1.4 Cadena Tecnológica del Gas Natural .....  | 26          |
| 1.1.5 Tratamiento del Gas Natural .....   | 28          |
| 1.1.6 Punto cricondentérmico .....  | 31          |
| 1.1.7 Tecnologías Supersónicas de Tratamiento de Gas .....                                  | 31          |
| 1.1.8 Propiedades Básicas del Gas Natural .....   | 34          |
| 1.1.9 Composición del Gas Natural .....   | 39          |
| 2. INFORMACIÓN GENERAL .....  | 41          |
| 2.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO .....  | 41          |
| 2.1.1 Objetivo General .....  | 41          |
| 2.1.2 Objetivos Específicos .....   | 41          |
| 2.2 ALCANCE DEL PROYECTO .....  | 41          |
| 2.3 DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO .....   | 42          |
| 2.3.1 Escenario 1 (Estado Actual) .....   | 46          |
| 2.3.2 Escenario 2 (Opción para gas adicional) .....   | 46          |
| 2.3.3 Escenario 3 (Máxima carga) .....  | 47          |
| 2.4 PARÁMETROS OPERACIONALES DE DISEÑO .....  | 48          |
| 2.4.1 Parámetros de Diseño del Gasoducto Gibraltar-Bucaramanga (En fase constructiva) ..... | 48          |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 2.4.2 | Parámetros de Diseño y Operación para la Simulación.....                  | 49 |
| 2.4.3 | Clasificación De Áreas. Clase De Localización.....                        | 50 |
| 2.4.4 | Códigos Y Normas Aplicables.....  | 51 |
| 2.4.5 | Restricciones .....   | 52 |
| 3.    | MODELAMIENTO Y SIMULACION .....   | 53 |
| 3.1   | ECUACIÓN DE ESTADO DE PENG ROBINSON .....                                 | 54 |
| 3.2   | CONSTRUCCIÓN DEL MODELO .....   | 58 |
| 3.2.1 | Descripción de proceso.....   | 58 |
| 3.3   | DATOS GENERALES DE LA SIMULACION .....                                    | 59 |
| 3.3.1 | Perfiles de Elevación de los Gasoductos .....                             | 60 |
| 3.3.2 | Perfiles de Temperatura de los Gasoductos .....                           | 61 |
| 4.    | ANALISIS DE RESULTADOS.....   | 63 |
| 4.1   | SIMULACION ESCENARIO 1.....   | 63 |
| 4.1.1 | Perfiles de presión de los Gasoductos.....                                | 66 |
| 4.1.2 | Envolvente de Fase de la corriente Gibraltar-Bucaramanga.....             | 67 |
| 4.1.3 | Producción de Líquidos “Holdup” en la Línea .....                         | 69 |
| 4.1.4 | Comportamiento del CO <sub>2</sub> .....                                  | 71 |
| 4.2   | SIMULACION ESCENARIO 2.....   | 72 |
| 4.2.1 | Perfiles de presión de los Gasoductos.....                                | 75 |
| 4.2.2 | Envolvente de Fase de la corriente Gibraltar-Bucaramanga Escenario 2..... | 76 |
| 4.2.3 | Producción de Líquidos “Holdup” en la Línea .....                         | 77 |
| 4.2.4 | Comportamiento del CO <sub>2</sub> .....                                  | 80 |
| 4.3   | SIMULACION ESCENARIO 3.....   | 81 |
| 4.3.1 | Perfiles de presión de los Gasoductos.....                                | 83 |
| 4.3.2 | Envolvente de Fase de la corriente Gibraltar-Bucaramanga Escenario 3..... | 84 |
| 4.3.3 | Producción de Líquidos “Holdup” en la Línea .....                         | 85 |
| 4.3.4 | Comportamiento del CO <sub>2</sub> .....                                  | 88 |
|       | CONCLUSIONES .....  | 89 |

|                      |    |
|----------------------|----|
| RECOMENDACIONES..... | 91 |
| BIBLIOGRAFÍA.....    | 92 |
| ANEXOS.....          | 95 |

## LISTA DE TABLAS

|   | <b>PÁG.</b> |
|---|-------------|
| Tabla 1-1 Poder Calorífico de los Componentes del Gas Natural.....                                  | 36          |
| Tabla 1-2 Constantes Físicas de los Principales Componentes de Gas Natural .....                    | 37          |
| Tabla 1-3 Composiciones Molares Típicas de Gas Seco y Gas Húmedo.....                               | 40          |
| <br>  |             |
| Tabla 2-1 Composición de las corrientes de Gas Natural.....   | 44          |
| Tabla 2-2 Especificaciones de Calidad del Gas Natural RUT .....                                     | 45          |
| Tabla 2-3 Parámetros de Diseño del Gasoducto .....  | 49          |
| Tabla 2-4 Factores de Diseño Básico Según la Clase de Localidad.....                                | 50          |
| <br>  |             |
| Tabla 3-1 Tabla Resumen Principales Operaciones Unitarias y Equipos Usados<br>en la Simulación..... | 59          |

## TABLA DE ILUSTRACIONES

|   |    |
|---|----|
| Ilustración 1. Punto cricondentérmico.....  | 31 |
| Ilustración 2. Separador 3S .....   | 33 |
| Ilustración 3. Planteamiento del Caso de Estudio.....                                       | 43 |
| Ilustración 4. Diagrama de Flujo para Selección de un Modelo Termodinámico .....            | 55 |
| Ilustración 5. Diagrama de Bloques de la simulación.....                                    | 59 |
| Ilustración 6. Perfil de elevación gasoducto Gibraltar-Bucaramanga.....                     | 60 |
| Ilustración 7. Perfil de elevación gasoducto Bucaramanga-Barrancabermeja<br>Loop 8”.....    | 60 |
| Ilustración 8. Perfil de temperatura gasoducto Gibraltar-Bucaramanga.....                   | 61 |
| Ilustración 9. Perfil de temperatura gasoducto Bucaramanga-Barrancabermeja<br>Loop 8”.....  | 62 |
| Ilustración 10. PFD HYSYS Escenario 1. ....   | 65 |
| Ilustración 11. Perfil de Presión Gibraltar Bucaramanga Escenario 1.....                    | 66 |
| Ilustración 12. Perfil de Presión Bucaramanga-Barrancabermeja Escenario 1.....              | 66 |
| Ilustración 13. Página principal del reporte de la utilidad “envolvente”. ....              | 67 |
| Ilustración 14. Evolvente de fase de la corriente Palenque (llegada a<br>Bucaramanga). .... | 68 |
| Ilustración 15. Producción de Condensado en Gibraltar-Bucaramanga .....                     | 69 |
| Ilustración 16. Fracción Líquida in Situ en Gibraltar-Bucaramanga .....                     | 70 |
| Ilustración 17. Producción de Condensado en Bucaramanga-Payoa .....                         | 70 |
| Ilustración 18. Fracción Líquida in Situ en Bucaramanga-Payoa.....                          | 71 |
| Ilustración 19. Composición de la Corriente Palenque .....                                  | 72 |
| Ilustración 20. PFD HYSYS Escenario 2. ....   | 74 |
| Ilustración 21. Perfil de Presión Gibraltar Bucaramanga Escenario 2.....                    | 75 |
| Ilustración 22. Perfil de Presión Bucaramanga-Barrancabermeja Escenario 2.....              | 75 |
| Ilustración 23. Página principal del reporte de la utilidad “envolvente”. ....              | 76 |

|   |    |
|---|----|
| Ilustración 24. Evolvente de fase de la corriente Palenque (llegada a Bucaramanga). ..... | 77 |
| Ilustración 25. Producción de Condensado en Gibraltar-Bucaramanga .....                   | 78 |
| Ilustración 26. Fracción Líquida in Situ en Gibraltar-Bucaramanga .....                   | 78 |
| Ilustración 27. Producción de Condensado en Bucaramanga-Payoa .....                       | 79 |
| Ilustración 28. Fracción Líquida in Situ en Bucaramanga-Payoa.....                        | 79 |
| Ilustración 29. Composición de la Corriente Palenque .....                                | 80 |
| Ilustración 30. PFD HYSYS Escenario 3. ....   | 82 |
| Ilustración 31. Perfil de Presión Gibraltar Bucaramanga Escenario 3.....                  | 83 |
| Ilustración 32. Perfil de Presión Bucaramanga-Barrancabermeja Escenario 3.....            | 83 |
| Ilustración 33. Página principal del reporte de la utilidad “envolvente”. .....           | 84 |
| Ilustración 34. Evolvente de fase de la corriente Palenque (llegada a Bucaramanga). ..... | 85 |
| Ilustración 35. Producción de Condensado en Gibraltar-Bucaramanga .....                   | 86 |
| Ilustración 36. Fracción Líquida in Situ en Gibraltar-Bucaramanga .....                   | 86 |
| Ilustración 37. Producción de Condensado en Bucaramanga-Payoa .....                       | 87 |
| Ilustración 38. Fracción Líquida in Situ en Bucaramanga-Payoa.....                        | 87 |
| Ilustración 39. Composición de la Corriente Palenque .....                                | 88 |

## GLOSARIO

**ABSORBEDORA:** torre o columna que proporciona el contacto entre el gas natural a ser procesado y el líquido solvente.

**ABSORCIÓN:** operación en la cual uno o más componentes en fase gaseosa son transferidos al líquido solvente.

**ACEITE DE ABSORCIÓN:** hidrocarburo líquido usado para absorber y recuperar componentes del gas natural.

**ACEITE POBRE:** aceite de absorción recuperado de la planta o aceite del cual se han removido los compuestos absorbidos.

**ACEITE RICO:** aceite que sale por el fondo de una torre absorbidora. Este producto es el aceite pobre más los componentes absorbidos.

**API (GRAVEDAD API):** escala arbitraria para expresar la densidad relativa de los productos líquidos del petróleo. Esta escala se expresa en grados API.

**BUTANO COMERCIAL:** Hidrocarburo líquido constituido principalmente por butano y/o butileno.

**BUTANO, NORMAL:** Contiene un mínimo de 95% en volumen líquido de normal-butano. Químicamente el normal-butano es un compuesto alifático de la serie de las parafinas, con la fórmula química C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>.

**CITY GATE:** Estación de regulación y medición conectadas a los gasoductos troncales para la distribución de gas natural en las ciudades.

**COGB:** Centro Operacional de Gas en Barrancabermeja Santander

**CONDENSADO:** líquido formado por la condensación de un gas; específicamente, el hidrocarburo líquido separado del gas natural debido a los cambios en la temperatura y presión cuando el gas del yacimiento es enviado a los separadores de superficie.

**CONDENSADO ESTABILIZADO:** condensado que ha sido estabilizado a la presión de vapor definitiva en un sistema de fraccionamiento.

**CREG:** comisión de regulación de energía y gas de Colombia

**DESBUTANIZADORA:** torre fraccionadora diseñada para separar butano (y compuestos de mayor volatilidad, si están presentes) de una mezcla de hidrocarburos.

**DEMETANIZADORA:** torre fraccionadora diseñada para separar metano (y compuestos de mayor volatilidad, si están presentes) de una mezcla de hidrocarburos.

**DESPROPANIZADORA:** torre fraccionadora diseñada para separar propano (y compuestos de mayor volatilidad, si están presentes) de una mezcla de hidrocarburos.

**DESHIDRATACIÓN:** proceso mediante el cual se retira el agua del gas o del crudo.

**DESPOJADORA:** columna en la cual los componentes absorbidos son despojados del aceite de absorción. El término se aplica a columnas que usan un medio de despojo, como vapor o gas.

**DESTILACIÓN:** proceso de separar materiales por adición de calor para vaporizar los compuestos más volátiles y de enfriar la porción restante para licuar una parte del vapor. Los materiales a separar deben tener diferentes puntos de ebullición y/o volatilidades relativas.

**DESTILADORA (“STILL”):** columna donde el producto absorbido se recupera del aceite de absorción. En plantas donde se utiliza aceite de absorción de bajo peso molecular, la destiladora es diseñada como una columna de fraccionamiento. En plantas que usan aceite de absorción de alto peso molecular, la destiladora debe utilizar vapor u otros fluidos como medio de despojo.

**ESTABILIZADORA:** columna de fraccionamiento diseñada para reducir la presión de vapor de una corriente líquida.

**FACTOR DE ABSORCIÓN:** factor que indica la tendencia de un componente en fase gaseosa a ser transferido (o absorbido) al líquido solvente.

**FONDOS:** líquido o material residual que es retirado del fondo de una torre fraccionadora o de un separador durante el procesamiento del gas.

**FRACCIONAMIENTO:** ver destilación. Separación de una mezcla de hidrocarburos

en productos individuales, basada en la diferencia entre los puntos de ebullición y/o volatilidades relativas.

**GAS ASOCIADO:** hidrocarburos gaseosos que se encuentran como gas libre bajo las condiciones de presión y temperatura del yacimiento.

**GAS NATURAL:** forma gaseosa del petróleo. Compuesta principalmente por mezcla de los gases hidrocarburos; el componente más común es el metano.

**GAS RICO:** gas alimento de una planta de procesamiento para recuperar líquidos.

**GASOLINA NATURAL:** mezcla de hidrocarburos, principalmente pentanos y más pesados, extraídos del gas natural, la cual cumple con la presión de vapor y otros requerimientos específicos.

**GLP:** Gas licuado del petróleo. Compuesto predominantemente por propano y butano, el cual se mantiene en fase líquida bajo presión.

**GPM:** 1. Término utilizado para describir la tasa de flujo de un fluido en galones por minuto. 2. Galones por millón de pie cúbico estándar, se refiere al contenido, en el gas natural, de componentes recuperables como productos líquidos.

**HIDRATO:** material sólido resultante de la combinación de hidrocarburos con agua, bajo presión.

**ISO-BUTANO:** contiene un mínimo de 95% en volumen líquido de isobutano. Químicamente, es un hidrocarburo de la serie de las parafinas con la fórmula  $C_4H_{10}$ .

**PLANTA CRIOGÉNICA:** planta de procesamiento de gas que es capaz de producir gas natural líquido, incluyendo etano, a temperaturas de operación muy bajas, generalmente por debajo de  $-50^{\circ}F$ .

**PLANTA DE PROCESAMIENTO DE GAS:** planta en la cual se procesa el gas natural para recuperar líquidos y algunas veces otras sustancias como sulfuro.

**PRESIÓN ATMOSFÉRICA:** presión ejercida sobre la superficie terrestre por la atmósfera. Una presión de 760 mmHg, 29.92 inHg, o 14.696 psia se usa como estándar para algunos cálculos.

**PRESIÓN CRÍTICA:** presión de vapor de una sustancia a su temperatura crítica.

**PRESIÓN DE VAPOR:** presión ejercida por la fase vapor que está en contacto con

una fase líquida sobre las paredes de un recipiente.

**PROCESAMIENTO DEL GAS:** separación de los componentes del gas natural para tener productos vendibles y para tratar el gas residual para alcanzar las especificaciones de venta.

**PUNTO DE BURBUJA:** temperatura a la cual se forma la primera burbuja de vapor estable en el líquido, a una presión determinada.

**PUNTO DE ROCÍO:** temperatura a cualquier temperatura dada o presión a cualquier temperatura dada, a la cual el líquido comienza a condensar en un gas.

**RECICLO:** retorno de una porción de una corriente de proceso al punto corriente arriba de donde fue removido para enriquecer el proceso de recuperación o de control.

**RECUPERACIÓN:** porcentaje o fracción de un componente dado en el alimento de una planta que se recupera como producto de planta.

**REFLUJO:** porción de condensado de cima que regresa a la columna de fraccionamiento para reforzar la pureza que se puede alcanzar en el producto de tope.

**RELACIÓN DE REFLUJO:** una manera de medir el volumen de reflujo. Normalmente referida al alimento o al producto de tope.

**RVP:** presión de vapor Reid. Presión de vapor de un material medida por el método Reid.

**RUT:** reglamento único de transporte de gas natural para Colombia.

**TEMPERATURA CRÍTICA:** máxima temperatura a la cual un componente puro puede existir como un líquido.

**TWISTER:** Es un separador supersónico basado en el principio de flujo que se expande a condiciones cercanas a las isentrópicas, a velocidades supersónicas en una boquilla, para condensar y colectar los hidrocarburos gaseosos presentes en el gas natural en función de grado de enfriamiento alcanzado.

## NOMENCLATURA

|   | <b>Símbolo</b> | <b>Unidades</b> |
|---|----------------|-----------------|
| Calor demandado por el proceso  | [Qu]           | [kW]            |
| Capacidad Calorífica  | [Cp]           | [kJ/°C]         |
| Eficiencia  | [η]            | [%]             |
| Entalpia  | [H]            | [kJ/h]          |
| Flujo másico  |                | kg/h            |
| Potencia eléctrica producida  | [We]           | [kW]            |
| Relación Calor – Potencia   | [RCP]          |                 |
| Temperaturas  | [T]            | [°C]            |
| Caudal Transportado de gas en millones de pies cúbicos por día a condiciones estándar | [Q]            | [MMSCFD]        |
| Barriles de crudo por día.  | [Q]            | [BOPD]          |

## RESUMEN

**TITULO:** ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y SENSIBILIDAD DE MEZCLA ENTRE GAS GIBRALTAR Y GAS PROVENIENTE DE ESTABILIZACIÓN DE CONDENSADOS\*.

**AUTOR:** JUAN CARLOS CAMACHO ANGULO\*\*\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Gas Natural, simulación, Hysys, Pipesys, estabilización de condensados, gasoducto Gibraltar y punto cricondentérmico

El presente análisis se llevó a cabo en el proyecto del Gasoducto “Gibraltar-Bucaramanga” donde se plantea transportar Gas a Alta Presión, la planta de producción en “Gibraltar” de propiedad de Ecopetrol contempla un sistema de extracción de líquidos por un equipo denominado “Twister”. De acuerdo con los resultados del análisis de los escenarios de producción evaluados por la Superintendencia de Yacimientos, para garantizar un suministro de 30 MMSCFD durante un período de 15 a 25 años, maximizando el recobro de gas y condensados y retardando la irrupción de agua en los pozos recomendó que: “El modelo óptimo de explotación del campo Gibraltar para ventas es de 30 MMSCFD, el cual permitirá incrementar la recuperación de condensados, para tal fin se consideró que se debe producir en los pozos GB-02 y GB-03 10 MMSCFD en cada uno y el pozo GB-01 12 MMSCFD (para una producción de 32 MMSCFD y 744 BOPD y reservas de 3.61 MMBIs). Las posibles ventas adicionales de 6 MMSCFD se deben producir del pozo GB-01, con un incremental en el caudal inicial de condensados de 114 BOPD y un recobro adicional de 0,5 MMBIs en relación con el escenario óptimo para 30 MMSCFD”.

Este trabajo consiste en encontrar la cantidad máxima de gas proveniente de la etapa de estabilización de condensados que se pueda ingresar al transporte del gasoducto cumpliendo con las condiciones RUT, para lograrlo se realizará la simulación hidráulica del gasoducto Gibraltar – Bucaramanga – Barrancabermeja utilizando las diferentes mezclas de gas, Determinando el comportamiento termodinámico de las diferentes mezclas a lo largo del gasoducto (envolvente de fases, curva de hidratos, curva de saturación de agua, curva de operación), la cantidad de condesado producido en los puntos bajos del gasoducto y las relaciones de flujo óptimas para lograr las condiciones RUT en el gasoducto.

---

\* Trabajo de grado de Especialización

\*\* Facultad de ingenierías fisicoquímicas, Escuela de ingeniería Petróleos, Especialización en Ingeniería del Gas. Director: Esp. Faustino Camargo.

## SUMMARY

**TITLE: FEASIBILITY STUDY AND SENSITIVITY OF MIXING BETWEEN GIBRALTAR AND GAS GAS FROM CONDENSATE STABILIZATION\*\***

**AUTHOR: JUAN CARLOS CAMACHO ANGULO\*\***

**KEY WORDS:** Natural Gas, simulation, Hysys, Pipesys, condensate stabilization, Gibraltar pipeline and point cricondentérmico

This analysis was accomplished in the project "the Gibraltar- Bucaramanga pipeline" which will transport High Pressure Gas, the production plant owned Ecopetrol Gibraltar provides a fluid extraction system for a facility named "Twister." According to the results of the analysis of production scenarios evaluated by the Superintendencia de Yacimientos, to ensure a supply of 30 MMSCFD for a period of 15 to 25 years, maximizing the recovery of gas and condensate and delaying the arrival of water in Wells recommended that: "The optimal model of the field operation for sales Gibraltar is 30 MMSCFD, which will increase the recovery of condensates, for that purpose was considered to be produced in wells GB-02 GB-March 10 MMSCFD in each well and the GB-January 12 MMSCFD (for a production of 32 BOPD and 744 MMSCFD and reserves MMbbls 3.61). Any additional sales of 6 MMSCFD be produced from the well GB-01, with an initial incremental condensate flow of 114 BOPD and an additional 0.5 MMbbls recovery under the optimal scenario for 30 MMSCFD.

Purpose of this work is to find the maximum amount of gas from the condensate stabilization phase that can enter the gas pipeline into parameters and conditions of the RUT (Transport Regulation), to achieve this, perform the hydraulic simulation of the Gibraltar - Bucaramanga - Barrancabermeja pipeline using different mixtures gas, Determining the thermodynamic conditions of different mixtures along the pipeline (envelope phase, curves of hydrates, water saturation curve, curve of operation), the amount of Condensate produced at low points of the pipeline and relationships to achieve optimum flow conditions in the pipeline RUT.

---

\* M.Sc. Engineering Thesis

\*\* Physical Chemistry Engineering Faculty, Petroleum Engineering Department,  
Advisor: Spc. Faustino Camargo

## INTRODUCCIÓN

El presente análisis se llevó a cabo en el proyecto del Gasoducto Gibraltar-Bucaramanga donde se plantea transportar Gas a Alta Presión, la planta de producción en Gibraltar de propiedad de Ecopetrol contempla un sistema de extracción de líquidos por un equipo denominado “Twister”. De acuerdo con los resultados del análisis de los escenarios de producción evaluados por la Superintendencia de Yacimientos, para garantizar un suministro de 30 MMSCFD durante un período de 15 a 25 años, maximizando el recobro de gas y condensados y retardando la irrupción de agua en los pozos recomendó que: “El modelo optimo de explotación del campo Gibraltar para ventas es de 30 MMSCFD, el cual permitirá incrementar la recuperación de condensados, para tal fin se consideró que se debe producir en los pozos GB-02 y GB-03 10 MMSCFD en cada uno y el pozo GB-01 12 MMSCFD (para una producción de 32 MMSCFD y 744 BOPD y reservas de 3.61 MMBIs). Las posibles ventas adicionales de 6 MMSCFD se deben producir del pozo GB-01, con un incremental en el caudal inicial de condensados de 114 BOPD y un recobro adicional de 0,5 MMBIs en relación con el escenario optimo para 30 MMSCFD”.

Dicha planta fue concebida para contribuir a la producción de petróleo por recuperación de condensados, el buen funcionamiento de esta garantiza el suministro de gas a las condiciones idóneas para tal fin. El gas de venta es alimentado con dos corrientes de gas natural una proveniente de procesos de deshidratación y criogénico (“Twister”), denominado gas acondicionado y el gas residual proveniente de los tambores de estabilización de condensados, teniendo la posibilidad de producir la mezcla de ambas corrientes para así tener una nueva composición, denominada en lo sucesivo gas de mezcla la cual siempre deberá estar dentro los parámetros RUT.

La vida útil de los componentes de un gasoducto se ve afectada negativamente por la cantidad excesiva de algunas variables del proceso las cuales se encuentran reglamentadas por ley en Colombia por la CREG en un documento denominado RUT (Reglamento Único de Transporte de Gas Natural). Entre estas variables a controlar está el poder calorífico, Volumen de CO y CO<sub>2</sub>, líquidos, partículas, presión y temperatura entre otras por eso es de suma importancia que el gas de mezcla cumpla con los parámetros RUT y se considerará las posibles consecuencias de no cumplir con dicha reglamentación.

Reiteradamente en la operación de gasoductos las principales fallas se presentan en los reguladores de presión de los sistemas de los "City Gates". Por formación de hielo en su parte externa así como la presencia de estructuras parecidas a escarcha y en ocasiones a hielo en los componentes internos de estas válvulas que impiden el cierre y apertura de los mismos provocando variaciones en el flujo de gas y el consecuente paro de la operación en donde se produce la falla. Además se produce formación excesiva de condensado en las partes bajas del gasoducto y debido al trazado del mismo que posee en su diseño cambios bruscos de pendiente es importante analizar la producción de condensado en la línea.

Se define una estructura que encaja en la descripción hecha del fenómeno estudiado, como causa de este problema debido a su naturaleza y al proceso como se forma, estos son los hidratos, formados por la combinación física de agua y otras moléculas pequeñas para producir un sólido que tiene una apariencia parecida al hielo pero con un estructura diferente a este. Su formación en el gas natural y/o sistemas de líquidos de gas natural pueden taponar tuberías, equipos y instrumentos, restringiendo o interrumpiendo el flujo.

En todos los hidratos, las moléculas de agua forman los enlaces y los hidrocarburos, el Nitrógeno, el CO<sub>2</sub> y el H<sub>2</sub>S ocupan las cavidades. Pequeñas moléculas (CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S) cristalizan en forma cúbica de cuerpo centrado llamada estructura

I. Moléculas mas grandes (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, i-C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>, N-C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) forman la estructura II. Para que se forme un hidrato debe presentarse entre otras condiciones, la precipitación de hidrocarburos (condensados).

Para solucionar la disyuntiva se usó como herramienta el simulador HYSYS que permite evaluar en conjunto o de forma individual los diferentes procesos termodinámicos que ocurren en los equipos, obteniéndose un estudio termodinámico del proceso.

Metodológicamente, el documento se estructura en cuatro capítulos que ofrecerán:

\_ Capítulo 1. Marco Teórico.

\_ Capítulo 2. Información general del proyecto donde se especifican los objetivos, el alcance, la información disponible para el caso de estudio y las restricciones en las cuales se basó el mismo.

\_ Capítulo 3. Modelamiento y simulación

\_ Capítulo 4. Análisis de resultados

## **1. MARCO TEORICO**

En este capítulo se presenta una breve reseña sobre el gas natural, su procesamiento, importancia, características, entre otros. Anteriormente el gas natural que aparecía en los yacimientos se quemaba como un residuo más, ya que, a pesar de su enorme poder calorífico, no se podía aprovechar por los problemas que plantea su almacenamiento y transporte. No puede ser licuado simplemente bajo presión porque su temperatura crítica, 190 K, es muy baja y, por tanto, debe ser enfriado hasta temperaturas inferiores a ella antes de licuarse. Una vez licuado debe ser almacenado en contenedores muy bien aislados, y su transporte se realiza por tuberías fabricadas con materiales y soldaduras especiales para resistir grandes presiones.

En la actualidad el gas natural se utiliza como combustible doméstico e industrial, además por su gran poder calorífico, porque su combustión es regulable y produce escasa contaminación. También se emplea como materia prima en la industria petroquímica en la obtención de amoníaco, metanol, etileno, butadieno y propeno.

### **1.1 GENERALIDADES DEL GAS NATURAL**

El Gas natural se define como el gas que se obtiene de reservas subterráneas naturales, ya sea como gas libre o gas asociado con crudo. En su estado natural a menudo contiene una cantidad de sustancias que no son hidrocarburos como el nitrógeno, dióxido de carbono y sulfuro de hidrógeno. De igual manera en su estado natural casi siempre está saturado con agua.

Por lo general contiene grandes cantidades de metano CH<sub>4</sub> junto con otras cantidades menos representativas de hidrocarburos más pesados. El gas que se entrega para consumo final como combustible o materia prima tiene una composición diferente a la

presente en el yacimiento o en boca de pozo. Composición que debe definirse mediante una calidad específica que requiere ser cumplida por todos los productores que comercializan gas natural.

### **1.1.1 Fundamentos del Gas Natural**

Desde la década de 1870, la mayoría de los científicos concuerdan en que el petróleo es de origen orgánico. Según ellos la descomposición de los restos orgánicos presentes en los sedimentos se acumulan en los poros de los depósitos sedimentarios más superficiales de la corteza terrestre y con el tiempo se transforman en lo que hoy conocemos como petróleo y gas natural; sin embargo, desde la década del 1970, algunos científicos cuestionan esta teoría.

El Físico Thomas Gold, autor de varias teorías controvertidas, se expresa así en el libro *The Deep Hot Biosphere - The Myth of Fossil Fuels* (La Caliente y Profunda Biosfera- El Mito de los Combustibles Fósiles) "La teoría del origen orgánico de los hidrocarburos recibió tal aceptación en los Estados Unidos y gran parte de Europa que de hecho paralizó la investigación en la dirección opuesta. Pero tal cosa no sucedió en los países de la ex Unión Soviética". Es probable que se debiera a que el respetado químico Ruso Mendeleev definió el origen como inorgánico.

Hoy día, en vista de la mayor cantidad de información de que disponemos, sus argumentos cobran aún más fuerza, ¿en qué consiste la teoría del origen inorgánico, Gold explica:"La teoría del origen inorgánico sostiene que los

hidrocarburos eran parte integral del material que formó la tierra mediante sustancias sólidas hace unos cuatro mil quinientos millones de años". Según dicha teoría, los elementos del petróleo se encuentran en las profundidades del planeta desde que éste se formó.

Localizar depósitos de petróleo y gas no es solo cuestión de encontrar capas de rocas sedimentarias y perforar un pozo. Más bien hay que hacer un esfuerzo muy grande de análisis y perforaciones especulativas.

### **1.1.2 Tipos de Gas Natural**

Debido a que el gas natural es una mezcla de varios compuestos y debido a que su composición difiere de un yacimiento a otro y que su presencia en el subsuelo puede darse acompañado de petróleo o libre se definen varios tipos de gas natural a saber:

- A. *Gas Crudo*: Es aquel que sale del yacimiento, sin tratar ni procesar.
- B. *Gas Libre*: Es aquel que proviene de un yacimiento donde solo existe gas como hidrocarburo
- C. *Gas Asociado*: Es aquel que proviene de un yacimiento donde simultáneamente se produce gas y crudo.
- D. *Gas Pobre*: Un gas que contiene muy poca cantidad de etano, propano y compuestos más pesados.
- E. *Gas Rico*: Gas que contiene una cantidad de compuestos más pesados que el etano, alrededor de 0.7 galones de propano equivalente por 1000 pies cúbicos de gas.
- F. *Gas Acido o Agrio*: Gas que contiene más de 16 ppm de H<sub>2</sub>S o cantidades porcentuales altas (mayores a 6%) de CO<sub>2</sub>.
- G. *Gas Dulce*: Gas que contiene menos de 16 ppm de H<sub>2</sub>S o cantidades bajas de CO<sub>2</sub>.

### **1.1.3 Subproductos del Gas Natural**

Los principales subproductos que se obtienen en el procesamiento del gas natural son principalmente etano, propano, butano mezclado, condensados o pentanos (Gasolina Natural) y azufre.

### **1.1.4 Cadena Tecnológica del Gas Natural**

El gas que abandona el yacimiento generalmente se encuentra saturado con agua y contiene todas las impurezas asociadas a la producción y, dependiendo de su calidad puede ser tratado o procesado para ser transportado para su consumo final.

El esquema general del tratamiento del gas natural está referido a dos situaciones a saber:

- a. Condicionamiento del gas natural
- b. Procesamiento del gas natural

La selección de un esquema de tratamiento ya sea acondicionamiento o procesamiento depende de las siguientes condiciones:

- La necesidad de protección contra problemas de taponamiento
- Las especificaciones del gas de venta
- Consideraciones de problemas potenciales de erosión - corrosión
- Economía de recuperación de líquidos
- Factores locales que afectan el diseño y operación

✓ *Condicionamiento del gas natural*

El término condicionamiento del gas se refiere a los procesos tendientes a satisfacer las especificaciones del gas residual. Éste incluye:

- Deshidratación del gas para prevenir la condensación del agua
- Control del punto de rocío de hidrocarburos para prevenir su condensación
- Remoción de componentes de azufre y de dióxido de carbono para satisfacer la protección a equipos, necesidades del proceso y asuntos ambientales.

✓ *Procesamiento del gas natural*

Su objeto está centrado en la recuperación de cantidades comerciales de líquidos a partir del gas natural. Los componentes a recuperar son:

- Etano
- Propano comercial
- Mezclas propano – butano
- Gasolina natural

En general el condicionamiento/procesamiento consiste de cuatro procesos básicos:

- Separación de los líquidos libres del gas tales como crudo, condensados de hidrocarburos, agua y sólidos
- Remoción de vapores de hidrocarburos recuperables y condensables
- Remoción de vapor de agua condensable, el cual bajo ciertas condiciones puede formar hidratos
- Remoción de algunos componentes indeseados como sulfuro de hidrógeno y dióxido de carbono.

Algunos de estos procesos se realizan en el campo pero en la mayoría de los casos el gas se envía a unidades de condicionamiento/procesamiento centralizadas.

### **1.1.5 Tratamiento del Gas Natural**

El gas se encuentra en el yacimiento a presiones altas mayores a 4000 psig y 150° F de temperatura, se lleva a la superficie mediante una tubería en el pozo donde se reduce la presión del gas a la presión de operación de la línea de recolección del gas que es 1200-1400 psig. Esta reducción de presión condensa parte del agua de saturación del gas, lo cual conduce a la formación de hidratos. Sin embargo, en el campo se usan procesos de prevención de hidratos como el calentamiento del gas para mantenerlo por encima de su temperatura de formación de hidratos, o mediante el uso de aditivos químicos y luego su traslado mediante gasoductos a la planta de procesamiento. Este flujo ocurre normalmente en dos fases.

El gas que llega a la planta entra a un separador donde se remueven los líquidos. Posteriormente el gas se envía a una unidad de endulzamiento en la cual se remueven los gases ácidos ( Si es necesario).

El gas que abandona la unidad de endulzamiento es dulce pero aún se encuentra saturado con vapor de agua y contiene una cantidad considerable de hidrocarburos pesados, ambos deben ser removidos de modo que se puedan cumplir las especificaciones de punto de rocío tanto del agua como de los hidrocarburos, esto se hace por diferentes procesos como enfriamiento, absorción y deshidratación. Los hidrocarburos líquidos provenientes de las instalaciones de separación y de control del punto de rocío de los hidrocarburos se envían a instalaciones de fraccionamiento para separar los hidrocarburos en componentes individuales (Procesamiento).

Algunos pozos de gas natural suministran gas con un grado de pureza muy alta que es prácticamente metano puro. De cualquier forma, la mayoría de los hidrocarburos son mezclas complejas de cientos de diferentes compuestos. Un típico fluido de un pozo es una mezcla constantemente expansiva de gases e hidrocarburos íntimamente mezclada con agua, sólidos y otros contaminantes, con gran velocidad y turbulencia.

Los procesos de remoción de contaminantes pueden ser divididos en dos grupos: deshidratación y purificación. Las razones principales de la importancia de la deshidratación del gas natural incluyen las siguientes:

1. El agua líquida y el gas natural pueden formar hidratos parecidos al hielo que pueden obstruir válvulas, tubería, etc.
2. El gas natural que contiene agua líquida es corrosivo, particularmente si contiene CO<sub>2</sub> o H<sub>2</sub>S.
3. El vapor de agua utilizado en los gasoductos de gas natural pueden condensarse causando condiciones lentas de flujo.
4. El vapor de agua aumenta el volumen y disminuye el valor calorífico del gas natural, por lo tanto se reduce la capacidad de la línea.
5. La deshidratación del gas natural antes del procesamiento criogénico es vital para prevenir la formación de hielo en los intercambiadores de calor de baja temperatura.

De estas, la razón más común de deshidratación es prevenir la formación de hidratos en los gasoductos. Los hidratos de gas natural son compuestos sólidos cristalinos formados por la combinación de gas natural y agua bajo presión a temperaturas considerablemente por encima del punto de congelación del agua. En la presencia de agua libre, los hidratos se formaran cuando la temperatura este por debajo del punto llamado temperatura del hidrato.

La formación del hidrato es comúnmente confundida con la condensación. La diferencia entre ambas debe ser claramente entendida.

La condensación del agua del gas natural bajo presión ocurre cuando la temperatura está en el punto de rocío o por debajo del mismo a esa presión. El agua libre obtenida bajo estas condiciones es esencial para la formación de hidratos que ocurrirá el punto de temperatura del hidrato o por debajo de ese punto a esa misma presión.

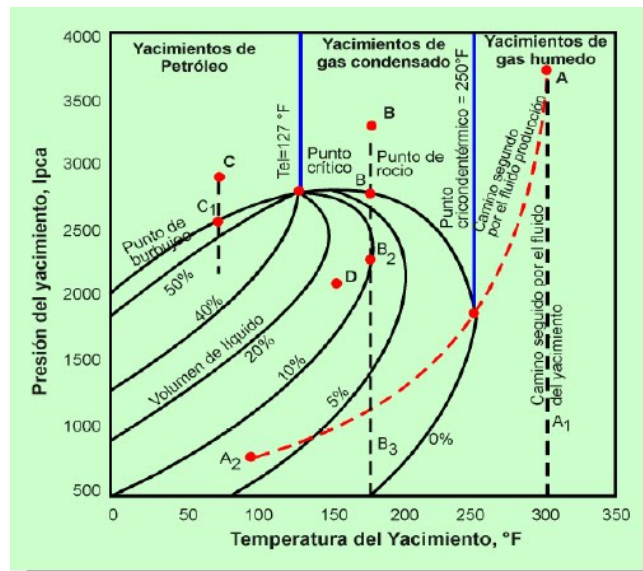
Durante el flujo de gas natural, es necesario evitar condiciones que faciliten la formación de hidratos. Esto es esencial ya que los hidratos pueden atorar el flujo, líneas de superficie y otro equipo. La formación de hidratos en el flujo resulta en un valor menor de las presiones medidas de la boca del pozo. En un medidor de la tasa de flujo, la formación de hidratos genera una aparente tasa de flujo más baja. La formación excesiva de hidratos también puede bloquear completamente las líneas de flujo y el funcionamiento del equipo. El método más eficiente para remover el agua presente en el flujo de gas natural es por adsorción con un desecante sólido como un filtro molecular o alúmina activada.

Otra aplicación importante para el secado con desecante es el licuado del gas natural. El metano es convertido a líquido por medio de un proceso criogénico a  $-285^{\circ}\text{F}$  ( $-176^{\circ}\text{C}$ ) y presión atmosférica. Existe una reducción del volumen de 600 a 1. Como líquido, grandes volúmenes de metano pueden ser transportados y/o almacenados. Las compañías de gas natural licuan y almacenan gas (1 a 20 MMSCFD) durante periodos de baja demanda y utilizan el gas líquido almacenado durante periodos con alta demanda. El gas natural localizado en áreas remotas puede ser licuado y transportado a los lugares de demanda. Las secadoras son utilizadas por los bajos puntos de rocío requeridos para la producción criogénica de GNL (Gas Natural Licuado).

### 1.1.6 Punto cricondentérmico

Un factor importante para determinar la formación de hidratos es el punto cricondentérmico, el cual es el punto de temperatura máxima en la curva envolvente de la región de dos fases en el diagrama de composición presión-temperatura, de fluidos de yacimientos, es decir, sistemas de hidrocarburos complejos. Temperatura máxima a la cual dos fases pueden existir.

**Ilustración 1. Punto cricondentérmico.**



### 1.1.7 Tecnologías Supersónicas de Tratamiento de Gas

Esta es una tecnología patentada por TransLang Technologies Ltd., Calgary, Canadá, quien en los últimos 10 años junto con sus socios han hecho esfuerzos importantes en la investigación, desarrollo y mejoramiento continuo de esta nueva tecnología de separación de líquidos y acondicionamiento de gas natural que se obtiene mediante el uso de lo que se conoce como “El separador Supersónico, 3S”. La confiabilidad y simplicidad de los dispositivos estáticos, sin parte rotativas, y

operación sin químicos, asegura una instalación simple con una alta disponibilidad que la hace ideal para operaciones in-atendidas.

✓ *Flujo supersónico*

El flujo supersónico ha sido estudiado desde el siglo 19, principalmente para aplicaciones en aeronáutica. Hoy se conoce que una de las variables más importantes que afectan el comportamiento aerodinámico en estas aplicaciones es la velocidad de flujo de aire (V) relativa a la del sonido (c), sobre un cuerpo. El primero que reconoció esta dependencia fue Ernst Mach, igualmente fue el primero que notó los cambios discontinuos y súbitos en el comportamiento aerodinámico del flujo de aire cuando la relación de V/c pasa de ser menor a 1 (subsónico) hasta llegar a ser superior que 1 (supersónico). La relación V/c se denomina número Mach (M).

$$M = \frac{V}{c}$$

El flujo transónico (cuando el número de Mach es alrededor de 1) y supersónico tienen las siguientes características:

La densidad ( $\rho$ ) no puede considerarse constante. Se aplica generalmente cuando  $V > 0.3$  Mach. Varía con la Presión, y con la temperatura, P, como función del número Mach.

Aunque la transición de flujo subsónico a supersónico es gradual, lo opuesto no, lo que produce discontinuidades (Shocks), donde el número Mach llega a ser menor que 1 y las variables Presión, temperatura y densidad muestra un aumento súbito. La boquilla supersónica de flujo finaliza en una estructura de choque compleja. Este shock resultará en una separación en las paredes de la boquilla debido al alto gradiente de presión positiva.

Este procedimiento moderno de extraer los componentes licuables del gas natural está basado en una alta capacidad de enfriamiento producida por la transformación de una parte de la energía potencial del flujo a cinética en un flujo de gas supersónico que se obtiene mediante el uso de una boquilla convergente-divergente Laval (Venturi) que permite acelerar la corriente gaseosa hasta velocidades que exceden la de propagación del sonido en el gas.

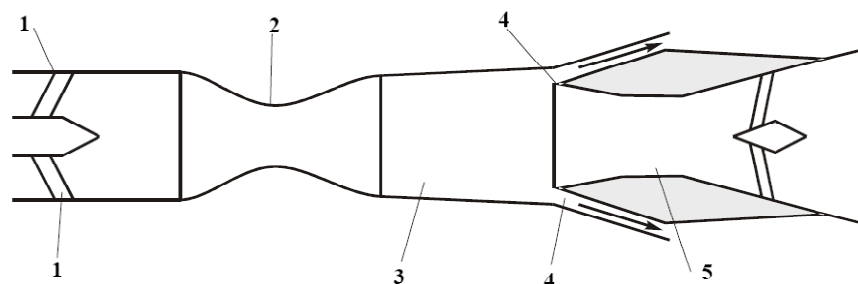
Los condensados de  $C_3^+$  se separan y la corriente gaseosa a la salida de la boquilla será un gas que contiene solo elementos livianos.

En esta tecnología la separación de los condensados con los componentes objetivos se produce en la boquilla supersónica por efecto de las fuerzas centrífugas, cuyo campo se crea por acción del flujo en remolino y la recolección posterior de los condensados que se hace en el separador 3S.

En el esquema de la figura No. 1 incluye:

1-Dispositivo creador de remolino, 2 – Boquilla supersónica, 3 – Sección de trabajo, 4 – Dispositivo para extracción de mezcla liquido, 5 – difusor.

**Ilustración 2. Separador 3S**



La transformación de energía cinética a potencial se logra gracias al difusor localizado en la salida de la sección de trabajo del separador 3S haciendo posible

obtener una presión de gas a la salida del difusor, mayor que la presión estática en la boquilla supersónica.

La Comparación de la tecnología 3S con el turbo-expander mostró que existen esquemas en los que la tecnología 3S tiene mejor extracción que aquellos en los que solo se usa turbo-expander.

#### ✓ *Separador supersónico*

El separador supersónico Twister usa el principio de flujo que se expande a condiciones cercanas a las isentrópicas, a velocidades supersónicas en una boquilla, para condensar y colectar los hidrocarburos gaseosos presentes en el gas natural en función de grado de enfriamiento alcanzado.

El separador tiene los siguientes componentes:

- Una boquilla Laval (Venturi) que expande la corriente de gas de alimento a velocidad supersónica que produce un enfriamiento y una disminución de presión. Esta hace que se formen las gotas de condensado.
- Una aleta en la zona de flujo supersónico que genera una alta vorticidad, de hasta 300.000g, centrifugando las gotas contra las paredes.
- Separador ciclónico que separa los líquidos de la corriente gaseosa.
- Difusores que recobran del 65 al 80% de la presión inicial.

#### **1.1.8 Propiedades Básicas del Gas Natural**

El gas natural es incoloro, inodoro, inflamable y no es tóxico, sin embargo desplaza al aire en un ambiente cerrado. El gas natural es un excelente combustible debido a que se quema fácil y completamente produciendo poca contaminación.

El gas natural es tratado al salir del pozo. La composición del gas tratado, en la forma como se entrega a los consumidores obedece a una reglamentación previamente establecida.

Un gas ideal, a menudo llamado gas perfecto, es un gas donde no existe fuerza molecular. Es necesario conocer la temperatura y la presión para poder determinar el volumen de un gas ideal con precisión.

Las propiedades básicas de los gases aplicadas al comportamiento del gas natural son:

- Los gases son afectados por los cambios de temperatura y de presión debido a su capacidad de expandirse y contraerse con facilidad.
- Si no están confinados, los gases se expanden al calentarse y se contraen al enfriarse.
- Los gases pueden fácilmente comprimirse hasta volúmenes más pequeños.
- Los gases puros, que contienen un solo componente gaseoso, son tratados generalmente como gases ideales a baja presión.

Un gas se comporta como un gas ideal a baja presión, dicha ley expresa los efectos de la presión sobre el volumen al igual que la temperatura sobre el volumen.

Los gases reales se desvían del comportamiento anterior debido a la interacción de las fuerzas moleculares. Para la mayoría de los gases incluyendo el gas natural la desviación del comportamiento puede ser estimado con bastante exactitud, utilizando el factor de compresibilidad  $Z$ .

El comportamiento presión - volumen - temperatura es fundamental para entender el manejo del gas natural por tuberías. El flujo de gas a través de una tubería es debido al gradiente de presión entre el punto inicial y el punto de entrega. En aquellos casos cuando el consumo disminuye la línea inicia un proceso de

empaquetamiento al mantenerse el suministro hasta el punto de máxima presión referida a la condición de diseño de la tubería. En el caso contrario, cuando el consumo se hace mayor a la rata de suministro de gas la presión del sistema empieza a disminuir hasta el punto de igualar la condición de presión mínima en el sistema de regulación, en este momento se suspende el consumo y se inicia el proceso de incremento de presión.

Comercialmente las transacciones de gas natural generalmente se hacen basadas en su contenido energético, este contenido energético se obtiene multiplicando el volumen de gas por su poder calorífico bruto. El poder calorífico de un combustible se define como la cantidad de calor liberado en una combustión completa por una cantidad unitaria de combustible bajo condiciones de Temperatura y una atmósfera de presión. Las diferentes referencias de temperatura son 0, 15 y 25 °C.

Durante la combustión de gas natural hay formación de agua. El poder calorífico neto (NHV) se obtiene ya que el agua producida durante la combustión se produce como vapor. Por otro lado el poder calorífico bruto (GHV) considera el calor de condensación del agua. La tabla 1-1 muestra el poder calorífico de los diferentes hidrocarburos que componen el gas natural.

**Tabla 0-1 Poder Calorífico de los Componentes del Gas Natural**

| <i>COMPONENTE</i> | <i>PODER CALORÍFICO</i> |                     |
|-------------------|-------------------------|---------------------|
|                   | <b>GHV (KJ/NM3)</b>     | <b>NHV (KJ/NM3)</b> |
| Metano            | 39,936                  | 35,904              |
| Etano             | 70,498                  | 64,404              |
| Propano           | 101,364                 | 93,146              |
| n-Butano          | 134,415                 | 123,910             |
| Iso-Butano        | 153,851                 | 123,356             |
| n-Pentano         | 172,189                 | 159,045             |
| n-Hexano          | 210,226                 | 194,445             |
| Benceno           | 162,219                 | 155,582             |
| Tolueno           | 207,717                 | 198,242             |

También hay que considerar las propiedades a la hora de procesar el gas natural, estas se listan a continuación:

**Tabla 0-1 Constantes Físicas de los Principales Componentes de Gas Natural**

| Componente       | PM<br>(KG/KMOL) | TPF<br>(K) | TEB<br>(K) | VE<br>(M3/KMOL) |
|------------------|-----------------|------------|------------|-----------------|
| Hidrogeno        | 2,016           | 13,95      | 20,39      | 0,028604        |
| Helio            | 4,003           | 1,76       | 4,22       | 0,032275        |
| Nitrógeno        | 28,014          | 63,15      | 77,35      | 0,034678        |
| Oxigeno          | 31,999          | 54,36      | 90,17      | 0,034678        |
| Agua             | 18,015          | 273,15     | 373,15     | 0,018069        |
| Co               | 28,010          | 68,15      | 81,70      | 0,035456        |
| Co <sub>2</sub>  | 44,010          | 216,58     | 194,67     | 0,037278        |
| H <sub>2</sub> S | 34,082          | 187,68     | 12,80      | 0,036142        |
| Metano           | 16,043          | 90,67      | 11,66      | 0,037832        |
| Etano            | 30,070          | 90,35      | 184,55     | 0,055203        |
| Propano          | 44,097          | 85,46      | 231,11     | 0,075642        |
| Isobutano        | 58,123          | 113,54     | 261,43     | 0,097704        |
| N-BUTANO         | 58,123          | 134,86     | 272,65     | 0,096553        |
| Isopentano       | 72,150          | 256,58     | 282,65     | 0,119536        |
| N-PENTANO        | 72,150          | 143,42     | 309,22     | 0,116126        |
| N-HEXANO         | 86,177          | 177,84     | 341,88     | 0,131306        |
| N-HEPTANO        | 100,204         | 182,57     | 371,58     | 0,147014        |
| N-OCTANO         | 114,231         | 216,38     | 398,83     | 0,163507        |
| Ciclopentano     | 70,134          | 179,31     | 322,40     | 0,093509        |
| Benceno          | 78,114          | 278,68     | 353,24     | 0,089495        |
| Tolueno          | 92,141          | 178,18     | 383,78     | 0,106556        |
| Etil benceno     | 106,167         | 178,20     | 409,35     | 0,122681        |

**TPF: Temperatura** punto de fusión.

**TEB:** Temperatura de ebullición.

**VE:** volumen específico.

✓ *Poder calorífico del gas*

Como se dijo anteriormente el poder calorífico es la energía liberada cuando se quema un volumen estándar de gas y se expresa en Btu/pie<sup>3</sup> o Julios/m<sup>3</sup>. Debido a que lo que genera calor es el rompimiento de las uniones entre el carbono y el

hidrógeno, mientras más átomos de carbono e hidrógeno haya en cada molécula, mayor será el poder calorífico del gas, en vista de que el gas natural es una mezcla.

✓ *Poder Calorífico Bruto*

Es la cantidad de energía transferida como calor en la reacción de combustión donde todos los productos de combustión son enfriados a 60° F y el agua producto de la reacción ha sido condensada.

✓ *Poder Calorífico Neto*

Es la cantidad de energía transferida como calor en la reacción de combustión pero el agua que se forma en la combustión permanece en la fase vapor. La diferencia entre calor bruto y neto es el calor latente de condensación del agua producida en el proceso de combustión.

✓ *Temperatura de Ignición*

La temperatura de ignición de un gas es la temperatura más baja a la que sucede la combustión auto sostenida. La temperatura de ignición de un gas natural es inferior a la temperatura de ignición del metano como componente puro, debido a la presencia de otros hidrocarburos con temperaturas de ignición más bajas. A la temperatura de ignición, el gas empieza a arder en una mezcla adecuada de gas y aire. Esta posibilidad de ignición tiene aplicaciones tanto en la seguridad como en su uso como combustible. La temperatura de ignición del metano es de 705° C.

✓ *Limites de Inflamabilidad*

Los límites de inflamabilidad de un gas definen el rango en el que se sucede la combustión.

- *Límite Inferior de Inflamabilidad:* Es la concentración más baja de un gas en aire en la que ocurre una combustión sostenida.
- *Límite Superior de Inflamabilidad:* Es la concentración más alta de un gas en aire en la que soporta la combustión.

Los límites de inflamabilidad del gas natural son aproximadamente 5% (LII) y 15% (LSI) dependiendo de su composición. Si la concentración del gas natural en aire está entre el 5% y el 15% el gas empezará a arder si está expuesto a una fuente de ignición.

✓ *Peso Molecular*

El comportamiento de una mezcla de gas está influenciada por su composición, es decir, por el contenido de cada componente de la mezcla. La cantidad de masa se expresa en términos del peso molecular en unidades de masa que se denominan moles. *Una molécula de metano (CH<sub>4</sub>) está formada por un átomo de carbono (C=12) y cuatro átomos de Hidrógeno (H=1), por lo tanto el peso molecular del metano es de 16.*

✓ *Gravedad Específica*

La gravedad específica de un gas está definida como la relación entre la densidad del gas y la densidad del aire seco a la misma temperatura y presión. Para calcular la gravedad específica de un gas debe conocerse la densidad del aire a la misma temperatura y presión de la muestra del gas. La gravedad específica del metano es de 0.554. La gravedad específica de un gas natural tiene un rango que va de 0.55 a 0.90, dependiendo de la cantidad de hidrocarburos pesados que haya en el gas. En un ambiente no confinado el gas natural sube y se disipa.

### **1.1.9 Composición del Gas Natural**

La composición del gas natural varía de acuerdo con el yacimiento de donde proviene. El gas Natural puede contener de 80% a 98% de metano dependiendo del origen y del grado de procesamiento. Como ya se mencionó antes, el gas natural puede contener otros hidrocarburos más pesados tales como etano, propano y butano en concentraciones considerables e hidrocarburos de C<sub>5</sub>+ en concentraciones menores. El metano y el etano se procesan como gas natural. Los

hidrocarburos de C3 y C4 corresponden a la fracción de GLP (gas licuado del petróleo) y la fracción más pesada C5+ se llama gasolina natural. Por lo general es imposible identificar todos los componentes presentes en la fracción pesada del gas, por esto se agrupan de acuerdo a su número de átomos de carbono representada como Cm+ donde m representa un número desde 5 hasta 20 dependiendo de la reserva de gas.

**Tabla 0-1 Composiciones Molares Típicas de Gas Seco y Gas Húmedo**

| <b>COMPONENTE</b>  | <b>COMPOSICIÓN MOLAR</b> |                   |
|--------------------|--------------------------|-------------------|
|                    | <b>GAS SECO</b>          | <b>GAS HUMEDO</b> |
| Metano             | 0,7 - 0,98               | 0,5 - 0,92        |
| Etano              | 0,01 - 0,1               | 0,05 - 0,15       |
| Propano            | Trazas - 0,05            | 0,02 - 0,14       |
| Butano             | Trazas - 0,02            | 0,01 - 0,10       |
| Pentano            | Trazas - 0,01            | Trazas - 0,05     |
| Hexano             | Trazas - 0,005           | Trazas - 0,03     |
| Heptano            | 0 - trazas               | Trazas - 0,15     |
| Nitrógeno          | Trazas - 0,15            | Trazas - 0,10     |
| Dióxido de carbono | Trazas - 0,01            | Trazas - 0,04     |
| Helio              | 0 - 0,05                 | 0                 |
| H <sub>2</sub> S   | 0 - trazas               | 0 - 0,06          |

\* Trazas se refiere a menos de 0.001 molar.

## **2. INFORMACIÓN GENERAL**

### **2.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

#### **2.1.1 Objetivo General**

Encontrar la cantidad máxima de gas proveniente de la etapa de estabilización de condensados que se puede ingresar al transporte del gasoducto cumpliendo con las condiciones RUT.

#### **2.1.2 Objetivos Específicos**

- ✓ Realizar la simulación hidráulica del gasoducto Gibraltar – Bucaramanga – Barrancabermeja utilizando las diferentes mezclas de gas.
- ✓ Determinar el comportamiento termodinámico de las diferentes mezclas a lo largo del gasoducto (envolvente de fases, curva de hidratos, curva de saturación de agua, curva de operación).
- ✓ Determinar la cantidad de condesado producido en los puntos bajos del gasoducto.
- ✓ Determinar las relaciones de flujo óptimas para lograr las condiciones RUT en el gasoducto.

### **2.2 ALCANCE DEL PROYECTO**

Se entregará un documento que contendrá los siguientes puntos: una sensibilización en el simulador ASPEN HYSYS V7 donde se encontrará la cantidad máxima de gas proveniente de la estabilización de condensados que puede

ingresar al gasoducto Gibraltar – Bucaramanga (el punto óptimo de mezcla),  
Análisis de resultados, conclusiones y recomendaciones.

Para satisfacer la intención mencionada, el alcance específico del proyecto consiste en:

- A. Descripción del caso de estudio.
- B. Recolección y análisis de la información.
- C. Modelamiento hidráulico aproximado del trazado del gasoducto Gibraltar-Bucaramanga usando PIPESYS®.
- D. Modelamiento de los sistemas de tubería con sus diámetros y espesores.
- E. Construcción de las envolventes de fase para las diferentes corrientes.
- F. Elaboración de los diagramas de flujo de proceso (PFD) en HYSYS® con las operaciones unitarias requeridas.
- G. Elaboración del informe de la simulación.
- H. Análisis de resultados y conclusiones.

### **2.3 DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO**

Actualmente la capacidad del campo de Gibraltar está diseñada para 32.5 MMSCFD y se pretende aumentar la capacidad de producción a 38 MMSCFD mediante el análisis de las instalaciones y optimización de las corrientes incluyendo el proceso.

### Ilustración 3. Planteamiento del Caso de Estudio



El gas producido en el Campo Gibraltar, que se transportará por el Gasoducto Gibraltar–Bucaramanga se trata y acondiciona en un sistema de separación Twister donde ingresa a una presión de 1832 Psig@28°F y sale a 1260 Psig, después de ser despojado los líquidos condensables a sus condiciones de operación.

La estrategia para llegar a incrementar la producción de gas es utilizar gas proveniente de los vapores hidrocarburos liberados de los tambores y cima de columna estabilizadora, cuya composición se muestran en la tabla No.2-1. El incremento de la producción de gas de venta deberá ser analizado contra los parámetros RUT mostrados en la tabla 2-2.

La tabla No. 2-1 muestra la composición de los gases a la salida del Twister, Tambores, Cima estabilizadora y gas resultante de la mezcla TRANSORIENTE S.A E.S.P necesita definir constructiva y operativamente que implicaciones tendría en la integridad de la tubería esta adición de gas.

En el análisis y simulación se tendrá en cuenta la topografía de la línea por cuanto se hace más fácil una posible condensación de líquidos en los valles de la línea.

**Tabla 0-1 Composición de las corrientes de Gas Natural<sup>1</sup>**

| CROMATOGRAFIA DE GAS GIBRALTAR |                     |                 |                       |            |
|--------------------------------|---------------------|-----------------|-----------------------|------------|
| CONDITIONS                     |                     |                 |                       |            |
| Stream Name                    | Gas de Twister + JT | Gas de Tambores | Gas de Estabilizadora | Gas Ventas |
| Vapour / Phase Fraction        | 1,00                | 1,00            | 1,00                  | 1,00       |
| Temperature [F]                | 80,96               | 44,79           | 100,00                | 80,59      |
| Pressure [psig]                | 1.201,31            | 1.205,00        | 1.210,30              | 1.201,31   |
| Molar Flow [MMSCFD]            | 34,66               | 0,33            | 0,98                  | 35,97      |
| Mass Flow [lb/hr]              | 70.094,85           | 706,01          | 2.770,05              | 73.570,91  |
| COMPOSITION (Mole Fractions)   |                     |                 |                       |            |
| Nitrogen                       | 0,004616            | 0,003054        | 0,000889              | 0,004501   |
| CO2                            | 0,020014            | 0,023450        | 0,034160              | 0,020429   |
| Methane                        | 0,890434            | 0,852509        | 0,588090              | 0,881886   |
| Ethane                         | 0,059136            | 0,078305        | 0,184972              | 0,062725   |
| Propane                        | 0,015901            | 0,025245        | 0,142155              | 0,019411   |
| i-Butane                       | 0,003635            | 0,006242        | 0,022981              | 0,004183   |
| n-Butane                       | 0,003135            | 0,005554        | 0,016670              | 0,003525   |
| i-Pentane                      | 0,001227            | 0,002183        | 0,004713              | 0,001330   |
| n-Pentane                      | 0,000701            | 0,001254        | 0,002566              | 0,000757   |
| n-Hexane                       | 0,000627            | 0,001054        | 0,001559              | 0,000657   |
| n-Heptane                      | 0,000347            | 0,000528        | 0,000569              | 0,000355   |
| n-Octane                       | 0,000075            | 0,000214        | 0,000169              | 0,000079   |
| n-Nonane                       | 0,000024            | 0,000082        | 0,000048              | 0,000026   |
| n-Decane                       | 0,000006            | 0,000025        | 0,000011              | 0,000006   |
| n-C11                          | 0,000001            | 0,000008        | 0,000002              | 0,000001   |
| n-C12                          | 0,000000            | 0,000003        | 0,000001              | 0,000000   |
| n-C13                          | 0,000000            | 0,000001        | 0,000000              | 0,000000   |
| n-C14                          | 0,000000            | 0,000000        | 0,000000              | 0,000000   |
| n-C15                          | 0,000000            | 0,000000        | 0,000000              | 0,000000   |
| Benzene                        | 0,000035            | 0,000060        | 0,000106              | 0,000037   |
| Toluene                        | 0,000062            | 0,000098        | 0,000126              | 0,000064   |
| H2O                            | 0,000020            | 0,000130        | 0,000211              | 0,000026   |
| EGlycol                        | 0,000000            | 0,000001        | 0,000003              | 0,000000   |
| ∑Xi                            | 1,000000            | 1,000000        | 1,000000              | 1,000000   |

<sup>1</sup> Fuente: Transoriente S.A. ESP

**Tabla 0-1 Especificaciones de Calidad del Gas Natural RUT<sup>2</sup>**

| ESPECIFICACIONES DE CALIDAD DEL GAS NATURAL   |                   |              |
|---|-------------------|--------------|
| Poder Calorífico bruto mínimo, en MJ/m <sup>3</sup> (BTU/ft <sup>3</sup> )  | 35.4              | 950 (Nota 1) |
| Poder Calorífico bruto máximo, en MJ/m <sup>3</sup> (BTU/ft <sup>3</sup> )  | 42.8              | 1150         |
| Contenido de Líquido (Nota 2)   | Libre de Líquidos |              |
| Contenido total de H <sub>2</sub> S máximo mgr/m <sup>3</sup> (granos/100ft <sup>3</sup> )  | 6                 | 0.25         |
| Contenido total de azufre máximo, mgr/m <sup>3</sup> (granos/100ft <sup>3</sup> )   | 23                | 1.0          |
| Contenido de CO <sub>2</sub> máximo, %Vol.  | 2                 | 2            |
| Contenido de N <sub>2</sub> máximo, %Vol.   | 3                 | 3            |
| Contenido de inertes máximo, %Vol. (CO <sub>2</sub> + N <sub>2</sub> + O <sub>2</sub> ) (Nota 3)  | 5                 | 5            |
| Contenido de Oxígeno máximo, %Vol.  | 0.1               | 0.1          |
| Contenido de agua máximo, mg / m <sup>3</sup> (lb / MMSCF)  | 97                | 6.0          |
| Temperatura de entrada máxima, °C (°F)  | 49                | 120          |
| Temperatura de entrada mínima, °C (°F)  | 7.2               | 45           |
| Contenido máximo de polvos y material en suspensión, mg / m <sup>3</sup> (granos/1000 scf) (Nota 4)   | 1.6               | 0.7          |
| Libre de Gomas  | Sí                | Sí           |
| <p><b>Nota 1:</b> Todos los datos sobre metro cúbico o pie cúbico de gas están referidos a Condiciones Estándar.</p> <p><b>Nota 2:</b> Los líquidos pueden ser: hidrocarburos, agua y otros contaminantes en estado líquido.</p> <p><b>Nota 3:</b> Se considera como contenido de inertes la suma de los contenidos de CO<sub>2</sub>, nitrógeno y oxígeno.</p> <p><b>Nota 4:</b> El máximo tamaño de las partículas debe ser 15 micrones.</p> <p>Salvo acuerdo entre las partes, el Productor-comercializador y el Remitente están en la obligación de entregar Gas Natural a la presión de operación del gasoducto en el Punto de Entrada hasta las 1.200 Psig, de acuerdo con los requerimientos del Transportador. El Agente que entrega el gas no será responsable por una disminución en la presión de entrega debido a un evento atribuible al Transportador o a otro Agente usuario del Sistema de Transporte correspondiente.</p> <p>Si el Gas Natural entregado por el Agente no se ajusta a alguna de las especificaciones establecidas en este RUT, el Transportador podrá rehusar aceptar el gas en el Punto de Entrada.</p> |                   |              |

<sup>2</sup> Fuente: CREG Comisión de Regulación de Energía y Gas

Para estudiar las posibilidades y consecuencias de este incremento de la producción y su impacto en las variables de gas de mezcla se plantean tres escenarios para la simulación y su posterior análisis de resultados.

### 2.3.1 Escenario 1 (Estado Actual)

Se pretenden adicionar al gas tratado para incrementar el volumen a transportar de gas de venta de 30.06 a 31.28 MMSCFD.

| <b>BALANCE DEL GAS DE VENTAS ESCENARIO 1</b> |             |              |            |                            |
|--|-------------|--------------|------------|----------------------------|
|  | Gas Twister | Gas Residual |            | Gas de Ventas <sup>3</sup> |
|  |             | Tambores     | Cima Torre |                            |
| <b>Presión (psig)</b>                        | 1201        | 1205         | 1205       | 1201                       |
| <b>Temperatura (°F)</b>                      | 81.6        | 42.2         | 100.0      | 81.07                      |
| <b>Flujo (MMscfd)</b>                        | 30.06       | 0.30         | 0.91       | 31.28                      |
| <b>Masa Molar</b>                            | 18.37       | 19.43        | 26.13      | 18.61                      |
| <b>Contenido CO<sub>2</sub> (% molar)</b>    | 2.00        | 2.35         | 3.38       | 2.04                       |
| <b>Humedad (lb/MMscf)</b>                    | 1.15        | 5.37         | 8.60       | 1.41                       |
| <b>Cricodentherm (°F)</b>                    | 43.5        | 88.6         | 105.4      | 46.13                      |
| <b>HHV (BTU/scf)</b>                         | 1082.2      | 1133.1       | 1476.7     | 1094.2                     |
| <b>CONDENSADOS ESTABILIZADOS</b>             |             |              |            |                            |
| <b>Flujo (BPD)</b>                           | 693.1       |              |            |                            |

### 2.3.2 Escenario 2 (Opción para gas adicional)

Se pretenden adicionar al gas tratado para incrementar el volumen a transportar de gas de venta de 34.66 a 35.97 MMSCFD.

<sup>3</sup> Datos Suministrados por Transoriente

| <b>BALANCE DEL GAS DE VENTAS ESCENARIO 2</b> |             |              |            |                            |
|--|-------------|--------------|------------|----------------------------|
|  | Gas Twister | Gas Residual |            | Gas de Ventas <sup>4</sup> |
|  |             | Tambores     | Cima Torre |                            |
| <b>Presión (psig)</b>                        | 1201        | 1205         | 1205       | 1201                       |
| <b>Temperatura (°F)</b>                      | 81.0        | 44.8         | 100.0      | 80.6                       |
| <b>Flujo (MMscfd)</b>                        | 34.66       | 0.33         | 0.98       | 35.97                      |
| <b>Masa Molar</b>                            | 18.42       | 19.40        | 25.87      | 18.63                      |
| <b>Contenido CO<sub>2</sub> (% molar)</b>    | 2.00        | 2.35         | 3.42       | 2.04                       |
| <b>Humedad (lb/MMscf)</b>                    | 0.96        | 6.16         | 10.01      | 1.25                       |
| <b>Cricodentherm (°F)</b>                    | 44.01       | 89.77        | 103.1      | 46.54                      |
| <b>HHV (BTU/scf)</b>                         | 1084.7      | 1131.7       | 1461.4     | 1095.3                     |
| <b>CONDENSADOS ESTABILIZADOS</b>             |             |              |            |                            |
| <b>Flujo (BPD)</b>                           | 693.1       |              |            |                            |

### 2.3.3 Escenario 3 (Máxima carga)

Se pretenden adicionar al gas tratado para incrementar el volumen a transportar de gas de venta de 38.48 a 39.88 MMSCFD.

| <b>BALANCE DEL GAS DE VENTAS ESCENARIO 3</b> |             |              |            |                            |
|--|-------------|--------------|------------|----------------------------|
|  | GAS TWISTER | GAS RESIDUAL |            | GAS DE VENTAS <sup>5</sup> |
|  |             | TAMBORES     | CIMA TORRE |                            |
| <b>Presión (psig)</b>                        | 1201        | 1205         | 1205       | 1201                       |
| <b>Temperatura (°F)</b>                      | 80.2        | 46.3         | 100.0      | 79.9                       |
| <b>Flujo (MMscfd)</b>                        | 38.48       | 0.36         | 1.04       | 39.88                      |
| <b>Masa Molar</b>                            | 18.45       | 19.38        | 25.72      | 18.64                      |

<sup>4</sup> Datos Suministrados por Transoriente

<sup>5</sup> Datos Suministrados por Transoriente

| <b>BALANCE DEL GAS DE VENTAS ESCENARIO 3</b> |                    |                     |                   |                                  |
|--|--------------------|---------------------|-------------------|----------------------------------|
|  | <b>GAS TWISTER</b> | <b>GAS RESIDUAL</b> |                   | <b>GAS DE VENTAS<sup>5</sup></b> |
|  |                    | <b>TAMBORES</b>     | <b>CIMA TORRE</b> |                                  |
| <b>Contenido CO<sub>2</sub> (% molar)</b>    | 2.00               | 2.34                | 3.44              | 2.04                             |
| <b>Humedad (lb/MMscf)</b>                    | 0.98               | 6.70                | 10.98             | 1.29                             |
| <b>Cricodentherm (°F)</b>                    | 44.41              | 90.52               | 102.0             | 46.76                            |
| <b>HHV (BTU/scf)</b>                         | 1086.2             | 1130.8              | 1452.6            | 1096.1                           |
| <b>CONDENSADOS ESTABILIZADOS</b>             |                    |                     |                   |                                  |
| <b>Flujo (BPD)</b>                           | 693.1              |                     |                   |                                  |

## 2.4 PARÁMETROS OPERACIONALES DE DISEÑO

### 2.4.1 Parámetros de Diseño del Gasoducto Gibraltar-Bucaramanga (En fase constructiva)

|   | <b>Diámetro Nominal (in)</b> | <b>Espesor</b> | <b>Longitud (km)</b> |
|---|------------------------------|----------------|----------------------|
| Gasoducto en Alta Presión:                    | 12"                          | 0.250"         | 175                  |
| <b>Acero al carbono, material API 5L X-65</b> |                              |                | kilómetros           |

**Tabla 0-1 Parámetros de Diseño del Gasoducto<sup>6</sup>**

| <b>Parámetro</b>                                  | <b>valor</b>         |
|---|----------------------|
| Temperatura máxima de diseño                      | 49°C                 |
| Temperatura mínima de diseño                      | 5°C                  |
| Punto de rocío del vapor de agua a 1200 psig máx. | -10°C                |
| Contenido máximo de agua en condiciones normales  | 65 mg/m <sup>3</sup> |
| Profundidad a TOP                                 | 1.0 m minimun        |
| En roca   | 0.6 m minimun        |
| Máximo espaciamento entre válvulas de bloqueo     | 30 km                |
| Máximos espaciamento entre trampas mixtas         | 80km                 |

#### **2.4.2 Parámetros de Diseño y Operación para la Simulación**

Presión de diseño: 1415

Presión máxima de operación: 1200 Psig

Presión mínima de operación: 900 Psig

Presión promedio de operación: 1000 Psig

Caudal Pico Horario: 1.250.000 SCFH

Caudal Mínimo Horario: 208.333,33 SCFH

Caudal Promedio Diario: 416.666 SCFH

Temperatura Máxima Diseño: 120° F

Temperatura Promedio del Gas: 68,5° F

Temperatura Mínima de Diseño del Gas: 60 °F

Temperatura Ambiente Promedio: 85°F

Velocidad máxima del gas en la línea: 20 m/s

Longitud estimada de la Línea: 175 Km

<sup>6</sup> Fuente: Transoriente S.A. ESP

Se parte del supuesto que la máxima cantidad de agua permitida es la establecida por el RUT, 6 lb H<sub>2</sub>O/MMSCFD al igual que el resto de condiciones de la calidad del gas serán las establecidas en el RUT (Reglamento Único de Transporte).

### 2.4.3 Clasificación De Áreas. Clase De Localización

Para la determinación del espesor de pared de la tubería, según el código ASME B 31.8 y la normativa Colombiana (NTC3728, Numeral 3.2.2.2.d), se consideró la clasificación de las áreas atravesadas de conformidad con la información de Transoriente S.A. ESP. Según sea la clase, se tiene un factor “F” que interviene en la determinación del espesor, los cuales se indican en la tabla 2-4.

**Tabla 0-1 Factores de Diseño Básico Según la Clase de Localidad<sup>7</sup>**

| <b>Clase de Localidad</b> | <b>Factor de diseño</b> |
|---------------------------|-------------------------|
| <b>1</b>                  | 0,72                    |
| <b>2</b>                  | 0,60                    |
| <b>3</b>                  | 0,50                    |
| <b>4</b>                  | 0,4                     |

Fuente: Código ASME B 31.8

Las áreas relacionadas con este caso de estudio contienen zonas con *clase de localidad* 1,2, y 3, por lo tanto habrán secciones del gasoducto donde hay transiciones de espesores.

---

<sup>7</sup> Fuente: Código ASME B 31.8 2007

## 2.4.4 Códigos Y Normas Aplicables

Los Códigos y Normas considerados para la realización del Proyecto son los que se indican a continuación.

### a. NORMAS MECÁNICAS (RECIPIENTES)

| Organización | Norma             | Versión | Título                          |
|--------------|-------------------|---------|---------------------------------|
| ASME         | ASME Sec. 8 Div 1 | 2007    | Boiler and Pressure Vessel Code |

### b. NORMAS DE TUBERÍA

| Organización | Norma             | Versión | Título  |
|--------------|-------------------|---------|---|
| ASME         | B31.8             | 2007    | Gas transmission and distribution piping systems  |
| ASME         | ANSI/ASME B 16.5  | 2009    | Steel Pipe Flanges and Flanged Fitting  |
| ASME         | ANSI/ASME B 16.9  | 2007    | Factory Made Wrought Steel but Welding Fitting  |
| ASME         | ANSI/ASME B 16.47 | 2006    | Large Diameter Steel Flanges  |
| ASME         | ANSI/ASME B 16.11 | 2009    | Forged Steel Fittings, Socket. Welding and Threaded   |
| ASME         | ANSI/ASME B36.10  | 2004    | Welded and Seamless Wrought Steel Pipe  |
| ASME         | ANSI/ASME B16.36  | 2009    | Steel Orifice Flange  |
| API          | API 1104          | 2008    | Welding of Pipelines and related facilities   |
| API          | API RP1107        | 1991    | Pipeline Maintenance Welding Practices  |
| API          | API 5L            | 2007    | Specifications For Line Pipes   |
| API          | API 600           | 2009    | Steel Gate Valves, flanged and butt-welding ends, Bolted Bonnets  |
| API          | API Spec 6D       | 2008    | Specification for Pipeline Valves   |
| MSS          | MSS-SP-75         | 2008    | Specifications for High Test Wrought Butt-Welding Fittings  |
| MSS          | MSS-SP-44         | 2006    | Steel Pipe Line Flange  |
| ICONTEC      | NTC 3949          | 2002    | Estaciones de Regulación de Presión para líneas de transporte y redes de distribución de gas combustible. |

### c. NORMAS INSTRUMENTACIÓN

| Organización | Norma            | Versión | Título   |
|--------------|------------------|---------|--|
| ISA          | ISA COMPLETE SET | 2008    | ISA Standards Library for Automation and Control |

#### 2.4.5 Restricciones

- Toda la tubería simulada deberá cumplir el límite de velocidad máxima de 66 ft/s y la velocidad de erosión en ft/s será  $\frac{C}{\sqrt{\rho}}$ , donde C es una constante empírica y  $\rho$  es la densidad de la mezcla de gas.
- Las partes involucradas (Ecopetrol, Transoriente) deben llegar a acuerdos comerciales y contractuales para llevar a cabo las premisas planteadas en este documento y no se podrán pronosticar o proyectar otros resultados de mezcla variando las condiciones iniciales sin antes ser validados por una simulación.

### 3. MODELAMIENTO Y SIMULACION

La representación de un proceso mediante la simulación, implica la determinación de propiedades termodinámicas, físicas y de transporte, con las cuales se realizan los cálculos de transferencia de masa y energía requeridos.

El "HYSYS" es un simulador de procesos termodinámicos, en el cual todas las aplicaciones necesarias funcionan en un ambiente de simulación integrado dentro de una estructura común. Esta estructura elimina los procedimientos de prueba y error que se presentan, cuando los requerimientos para el modelamiento de un proceso no pueden ser manipulados dentro de un sólo paquete o modelo, pues en tal caso se debe recurrir a una segunda utilidad y desarrollar allí las tareas necesarias para obtener la información adicional. A menudo los datos adquiridos en ésta segunda aplicación tendrán un impacto sobre el primer modelo, y por tanto, el proceso debe repetirse.

Las ventajas del simulador son:

- La información en vez de ser transferida, es compartida entre las aplicaciones.
- Todas las aplicaciones usan modelos termodinámicos comunes.
- Todas las aplicaciones usan una interfaz de hojas de flujo común. Es necesario aprender a manejar una de las interfaces.
- Se pueden realizar intercambios entre las aplicaciones de modelamiento en cualquier momento, adquiriendo así una visión global del proceso.

La simulación debe iniciar con la construcción de un modelo conceptual, mediante el cual se determinen los requerimientos básicos del proceso, como equipos, corrientes de materia y energía, accesorios, etc. Basado en el diseño conceptual, se

procede a la construcción de un modelo en estado estable, que debe ser ajustado apropiadamente para que simule el proceso con la mayor exactitud posible; este ajuste se realiza utilizando datos de campo. Una vez ajustado el modelo, se procede a determinar las condiciones óptimas de operación. Paso siguiente, se ejecutan cálculos de dimensionamiento y costo del equipo requerido para realizar modelamiento dinámico y poder determinar estrategias de control apropiadas. Una vez el modelo se ha convertido en una realidad, se usan datos reales del proceso para hacer estudios de “que pasa sí”, resolución de problemas o incluso, optimización automática del proceso. Si un cambio en alguna etapa del proceso de diseño afecta los datos comunes, la nueva información se hace inmediatamente disponible a todas las otras aplicaciones sin necesidad de realizar transferencia manual de datos bajo ninguna circunstancia.

El corazón del simulador está constituido por los paquetes propietarios o modelos termodinámicos y físicos, que se utilizan en los cálculos de equilibrio para determinar el número de fases coexistentes, su composición y su cantidad, a unas condiciones dadas de presión y temperatura. Los modelos disponibles en el simulador incluyen ecuaciones de estado, modelos de actividad, métodos empíricos, modelos de presión de vapor y métodos misceláneos.

La presentación teórica de este capítulo corresponde a la ecuación de estado que mejores resultados ofrece para el presente análisis (Ilustración 3.1), denominada Peng-Robinson (PR).

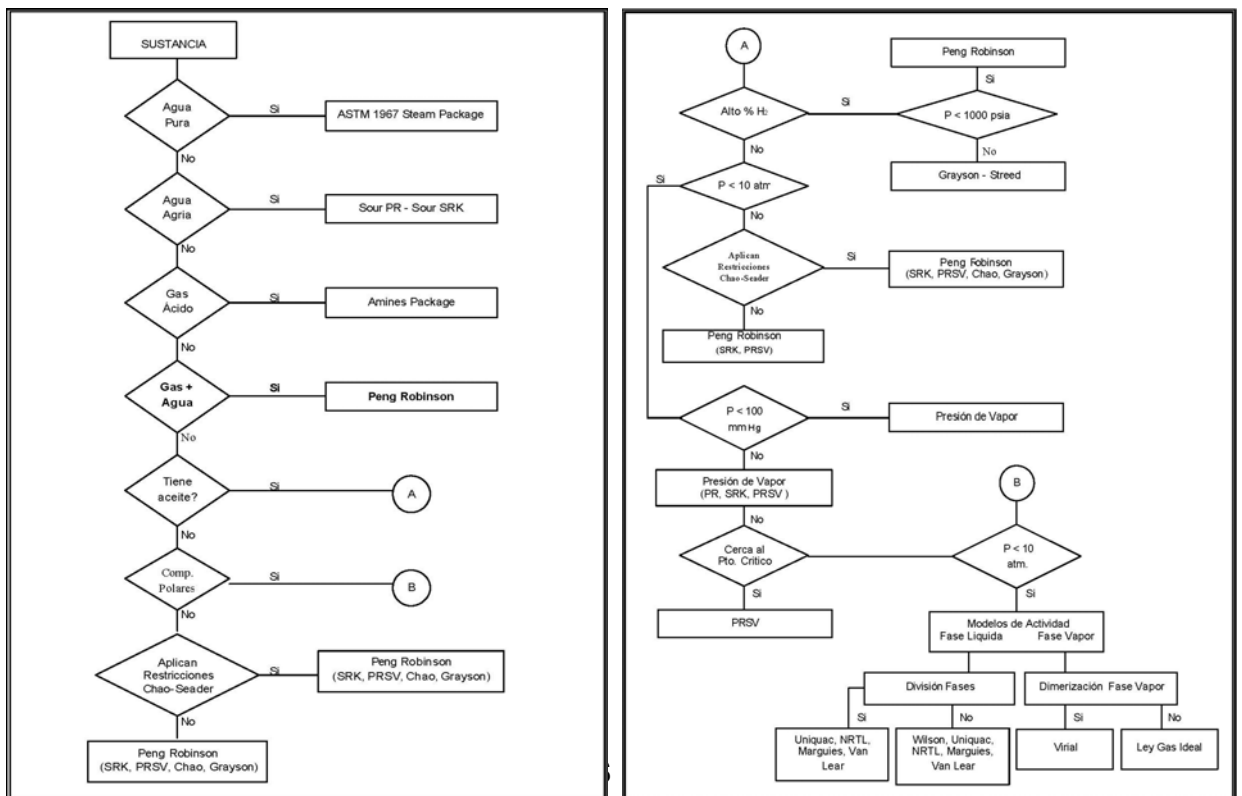
### **3.1 ECUACIÓN DE ESTADO DE PENG ROBINSON**

Esta ecuación se utiliza para resolver en forma rigurosa, cualquier sistema de una, dos o tres fases, con alto grado de eficiencia, precisión y confiabilidad. Aplica para una gran variedad de sistemas, desde criogénicos hasta de alta temperatura, para

sistemas de yacimientos a alta presión y un amplio rango de condiciones (Temperatura hasta -456 °F y Presión hasta 15,000 psia).

La ecuación permite realizar cálculos “flash” rigurosos en tres fases para sistemas acuosos que contienen CH<sub>3</sub>OH o glicoles, así como para sistemas que contienen otros hidrocarburos o no hidrocarburos en una segunda fase líquida. Es importante resaltar que los resultados de las propiedades predichas por la ecuación Peng Robinson (PR) del simulador, no necesariamente son los mismos que las predichas con PR por otros simuladores comerciales; ello depende de las mejoras que cada compañía involucre a su simulador.

**Ilustración 4. Diagrama de Flujo para Selección de un Modelo Termodinámico**



El software ASPEN **HYSYS** es un programa en continuo desarrollo que permite, además, al usuario usar sus propios códigos y sub-rutinas de cálculo en el entorno

del programa, sin necesidad de acceder a los códigos fuentes. Esto se hace a través del concepto de extensiones.

Las extensiones son ejecutables compilados en formato .dll que pueden ser incorporados al programa y ejecutados por este como si formaran parte de su estructura básica.

En forma de extensiones se han desarrollado aplicaciones de mucho interés y utilidad en la simulación de procesos; algunas de ellas por la propia *HyproTech* y otras por usuarios ajenos a dicha empresa. Entre todas las extensiones de HYSYS que aparecen en la red hemos decidido utilizar la denominada **PIPESYS**, que permite modelar el comportamiento de un gasoducto con todos los componentes que poseen estas facilidades para su operación, con dicha extensión podemos simular los comportamientos hidráulicos del sistema y predecir condiciones de operación.

PIPESYS es un paquete de software para simular tubería hidráulicamente. Calcula detalladamente los perfiles de presión y temperatura acorde con las propiedades de los fluidos, las características de las tuberías y los equipos montados en la línea. Es totalmente compatible con todos los Paquetes de fluido en HYSYS respecto de gas, líquido y gas/líquido.

La interfaz PIPESYS se compone de nueve hojas de trabajo principales: Conexiones, Hoja de Trabajo, Métodos, Perfil de elevación, Amplitud de paso, Emulsión, Cooldown, Perfil de Temperatura, y Resultados.

Con el uso de esta extensión se puede combinar PIPESYS y objetos de HYSYS en cualquier configuración durante la construcción de un diagrama de flujo HYSYS (PFD). Los objetos PIPESYS se pueden insertar en cualquier punto en el diagrama

de flujo donde los efectos de un sistema de tuberías o varias fases de flujo deben tenerse en cuenta en la simulación.

Un gasoducto debe transportar fluidos sobre topografía diversa y bajo diversas condiciones. Lo ideal sería que esto se hiciera de manera eficiente con una tubería de tamaño adecuado que represente normalmente la caída de presión, pérdidas de calor, las propiedades especificadas adecuadamente e incluya el tamaño de las instalaciones en la línea, tales como compresores, calentadores o accesorios. Debido a la complejidad de los cálculos de las redes de gasoductos, esto a menudo resulta una tarea difícil. No es raro que durante la fase de diseño se elija una tubería de gran tamaño para compensar inexactitudes en los cálculos de pérdida de presión. Con flujo multifase, esto puede conducir a una mayor pérdida de presión y de temperatura, aumento de las necesidades de manejo de líquidos y el aumento de corrosión en la tubería. La precisión de modelado del flujo ayuda a evitar estas y otras complicaciones y redundancia en un sistema de tubería más económico. Para lograr esto se requiere de una tecnología de flujo monofásico y multifase, que sea capaz de simular el flujo de la tubería con precisión y eficiencia.

PIPESYS tiene capacidades robustas y con precisión para el modelamiento hidráulico de tuberías. Utilizando la más confiable tecnología de flujo monofásico y multifase disponible para simular flujos en tubería. Funcionando como una perfecta extensión de HYSYS, PIPESYS tiene acceso a características tales como el componente de la base de datos HYSYS y propiedades de los fluidos. PIPESYS incluye muchos equipos en línea y opciones de instalación relacionados con la construcción de tuberías y sus pruebas.

Los modelos de extensión en tuberías se extienden en las más elevadas y variadas situaciones y entornos. PIPESYS permite:

- Modelar rigurosamente flujo monofásico y multifase.

- Calcular detalladamente perfiles de presión y de temperatura para ductos que atraviesan un terreno irregular, tanto en tierra como costa fuera.
- Realizar cálculos de avance y retroceso de presión.
- Modelar los efectos de los equipos en línea, tales como compresores, bombas, calentadores, refrigeradores, reguladores y equipamiento, incluyendo válvulas y codos.
- Realizar análisis especiales que incluyen: marraneo de líneas, predicción de la erosión, predicción de velocidad, y controles de slugging severo.

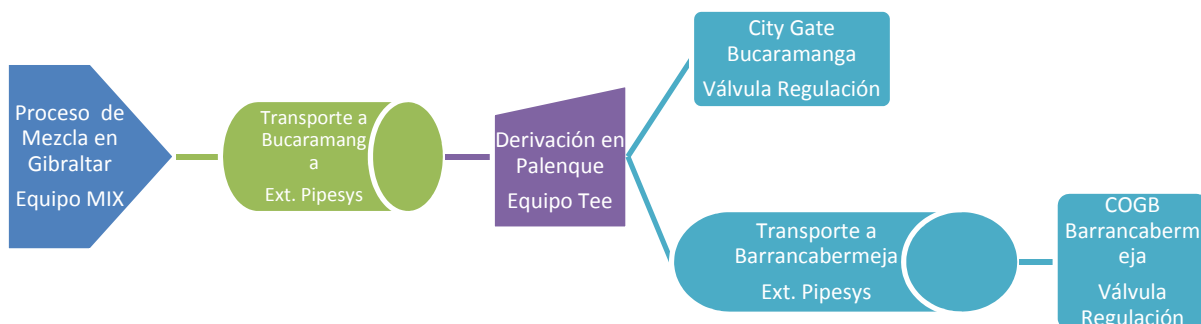
### **3.2 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO**

Para las simulaciones de los diferentes escenarios se uso como paquete de fluidos el Peng Robinson descrito en el ítem anterior este paquete fue el resultado de aplicar el algoritmo de selección de paquetes termodinámicos para modelar corrientes involucradas con hidrocarburos.

#### **3.2.1 Descripción de proceso**

Para el Modelamiento de todos los escenarios se utilizó la misma distribución de procesos que consiste en un mezclador donde ocurre el proceso de mezclado de las tres corrientes, una extensión del gasoducto Gibraltar-Bucaramanga, una bifurcación en Palenque donde se deriva gas hacia el “City Gate” de Bucaramanga, tres extensiones del gasoducto Bucaramanga-Barrancabermeja en PIPESYS y finalmente una etapa de regulación en el COGB, lo anterior se representa en el siguiente diagrama de bloques:

**Ilustración 5. Diagrama de Bloques de la simulación.**



**Tabla 0-1 Tabla Resumen Principales Operaciones Unitarias y Equipos Usados en la Simulación**

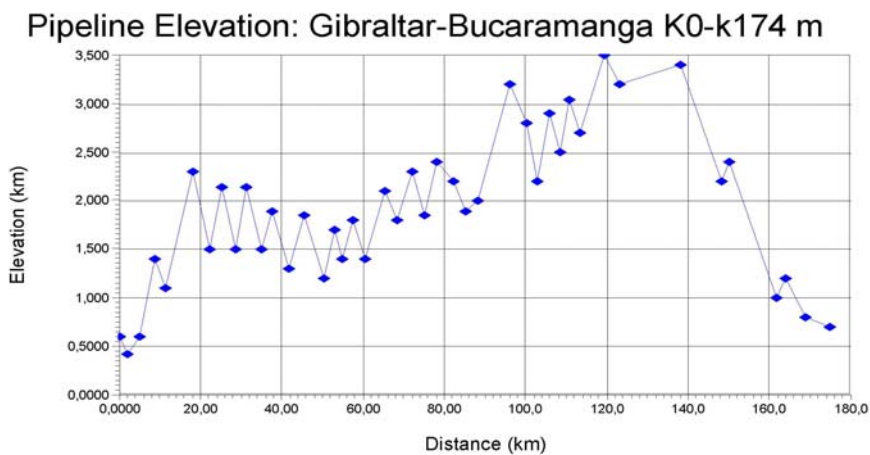
| Operation Name                  | Operation Type    | Feeds   | Products                                   |
|---------------------------------|-------------------|---|--|
| MIX-100                         | Mixer             | Gas Salida Tambores<br>Gas Salida Cima Estabilizado |  |
| MIX-100-2                       | Mixer             | Gas Salida Twister-2                                | Gas Original                               |
| MIX-101                         | Mixer             | a pk 105<br>a pk 105-2                              | a COGB                                     |
| Gibraltar-Bucaramanga K0-k1     | PIPESYS Extension | Gas Mezcla  | Palenque<br>Energy1                        |
| K0-k174                         | PIPESYS Extension | Gas Original  | Palenque-2<br>Energy1-2                    |
| Línea de regulación Bucaramanga | PIPESYS Extension | Gas Regulado  | A la Ciudad<br>q2-2                        |
| op-100                          | PIPESYS Extension | Gas A Bucaramanga                                   | Bucaramanga<br>q2                          |
| op-100-3                        | PIPESYS Extension | a COGB  | COGB Alta<br>q2-3                          |
| op-100-3-2                      | PIPESYS Extension | Loop 6"   | a pk 105<br>q2-3-2                         |
| Bucaramanga-Payoa 8"            | PIPESYS Extension | Loop 8"   | a pk 105-2<br>q2-3-2-2                     |
| TEE-100                         | Tee               | Palenque  | Gas A Bucaramanga<br>Gas A Barrancabermeja |
| TEE-101                         | Tee               | Gas A Barrancabermeja                               | Loop 6"<br>Loop 8"                         |
| VLV-100                         | Valve             | Bucaramanga   | Gas Regulado                               |
| VLV-100-2                       | Valve             | COGB Alta   | COGB baja                                  |

### 3.3 DATOS GENERALES DE LA SIMULACION

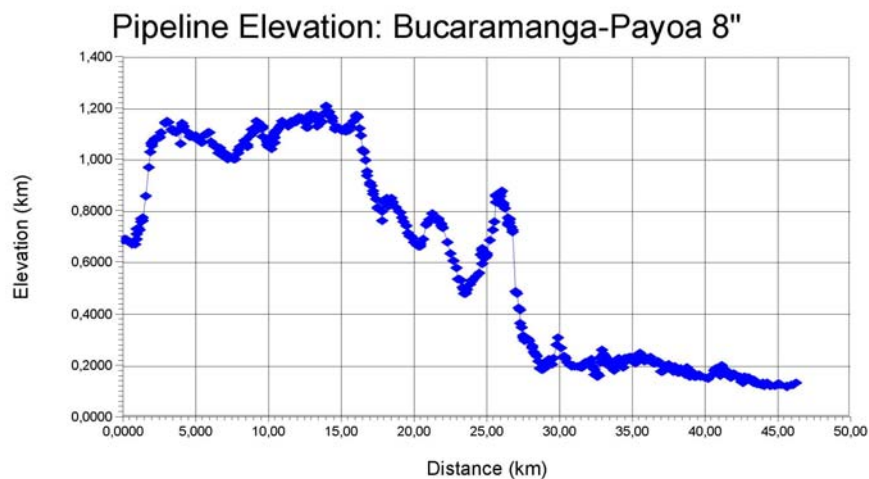
Para el Modelamiento de los diferentes escenarios se utilizaran los siguientes datos de entrada generales:

### 3.3.1 Perfiles de Elevación de los Gasoductos

**Ilustración 6. Perfil de elevación gasoducto Gibraltar-Bucaramanga.<sup>8</sup>**



**Ilustración 7. Perfil de elevación gasoducto Bucaramanga-Barrancabermeja Loop 8".<sup>9</sup>**

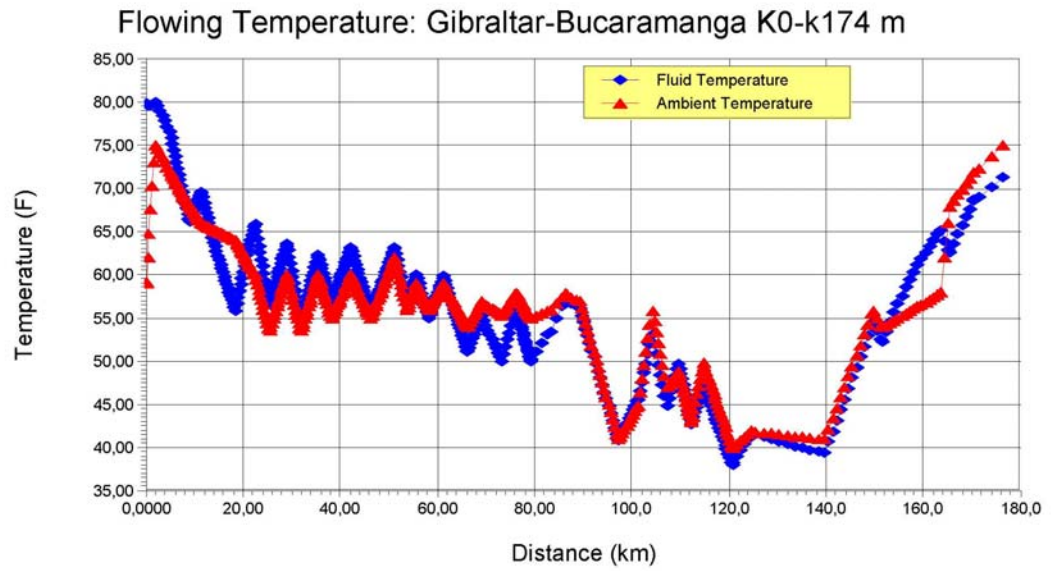


<sup>8</sup> Datos suministrados Por Transoriente

<sup>9</sup> Datos suministrados por Transoriente

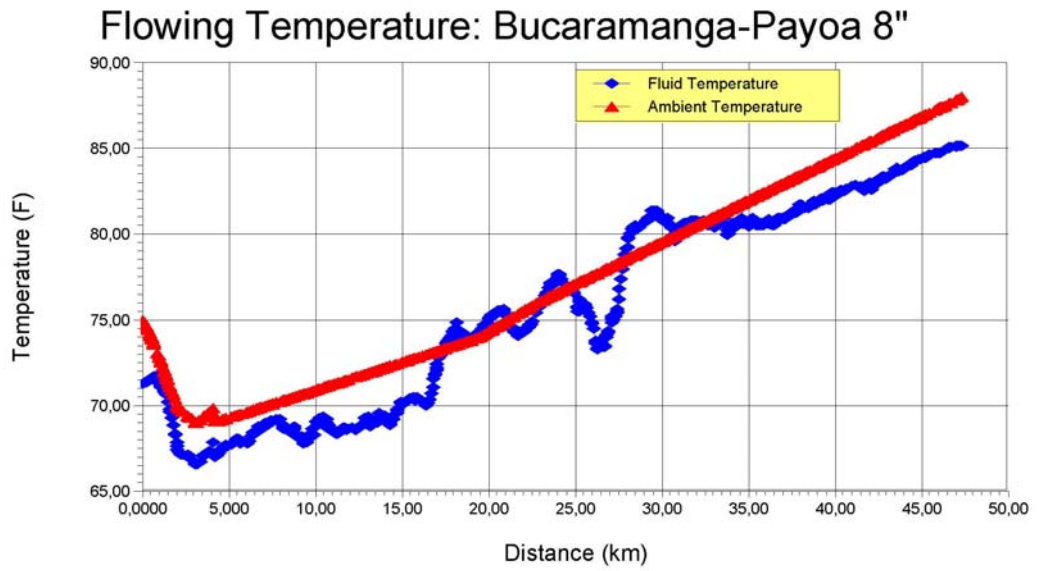
### 3.3.2 Perfiles de Temperatura de los Gasoductos

Ilustración 8. Perfil de temperatura gasoducto Gibraltar-Bucaramanga.<sup>10</sup>



<sup>10</sup> Datos de temperatura ambiente calculados por el autor.

**Ilustración 9. Perfil de temperatura gasoducto Bucaramanga-Barrancabermeja  
Loop 8".<sup>11</sup>**



<sup>11</sup> Datos de temperatura ambiente calculados por el autor

## 4. ANALISIS DE RESULTADOS

El análisis de resultados se basa en los datos obtenidos en la simulación de las alternativas de mezclado expuestas en el capítulo 2 y su comparación con los parámetros RUT y las condiciones de operación normales en un gasoducto.

### 4.1 SIMULACION ESCENARIO 1

Las corrientes, los nombres de los equipos y las operaciones unitarias así como los principales resultados se muestran en la ilustración 10, las condiciones, las composiciones, las propiedades y demás detalles de todas las corrientes y operaciones unitarias se pueden observar con detenimiento en el anexo 1, donde está el reporte resumido de la simulación.

| <b>PARAMETROS GENERALES DE LA SIMULACIÓN DEL GAS DE VENTAS ESCENARIO 1</b> |             |              |            |                             |
|--|-------------|--------------|------------|-----------------------------|
|  | Gas Twister | Gas Residual |            | Gas de Ventas <sup>12</sup> |
|  |             | Tambores     | Cima Torre |                             |
| Presión (psig)   | 1201        | 1205         | 1205       | 1201                        |
| Temperatura (°F)   | 81.6        | 42.2         | 100.0      | 81.07                       |
| Flujo (MMscfd)   | 30.06       | 0.30         | 0.91       | 31.28                       |
| Masa Molar   | 18.37       | 19.43        | 26.13      | 18.61                       |
| Contenido CO <sub>2</sub> (% Volumen)                                      | 1,89        | 2.16         | 2,73       | 1.92                        |
| Cricondentherm (°F)  | 39,63       | 78,99        | 103        | 42,31                       |

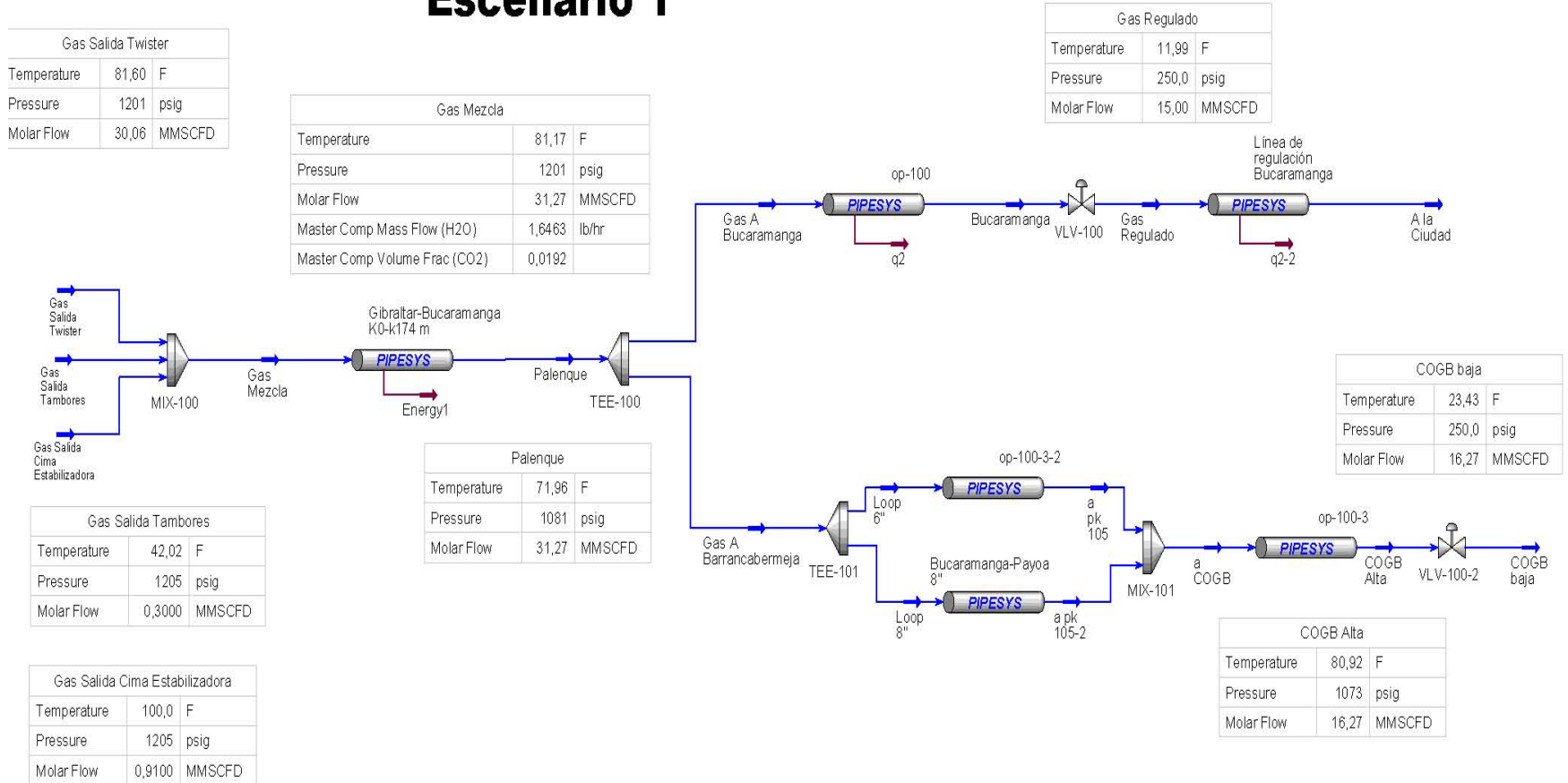
Una vez establecidas las corrientes con las propiedades, condiciones y cromatografías suministradas por Transoriente se procede a crear las operaciones

<sup>12</sup> Datos Obtenidos del Simulador

unitarias y las extensiones necesarias para montar el diagrama de flujo propuesto en la ilustración 5.

Ilustración 10. PFD HYSYS Escenario 1.

# Escenario 1



#### 4.1.1 Perfiles de presión de los Gasoductos

Ilustración 11. Perfil de Presión Gibraltar Bucaramanga Escenario 1.

Flowing Pressure: Gibraltar-Bucaramanga K0-k174 m

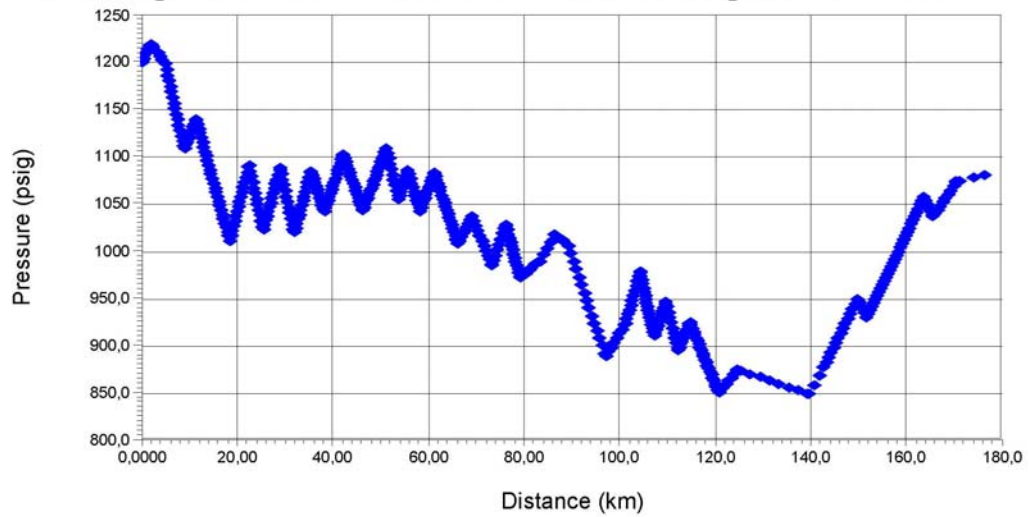
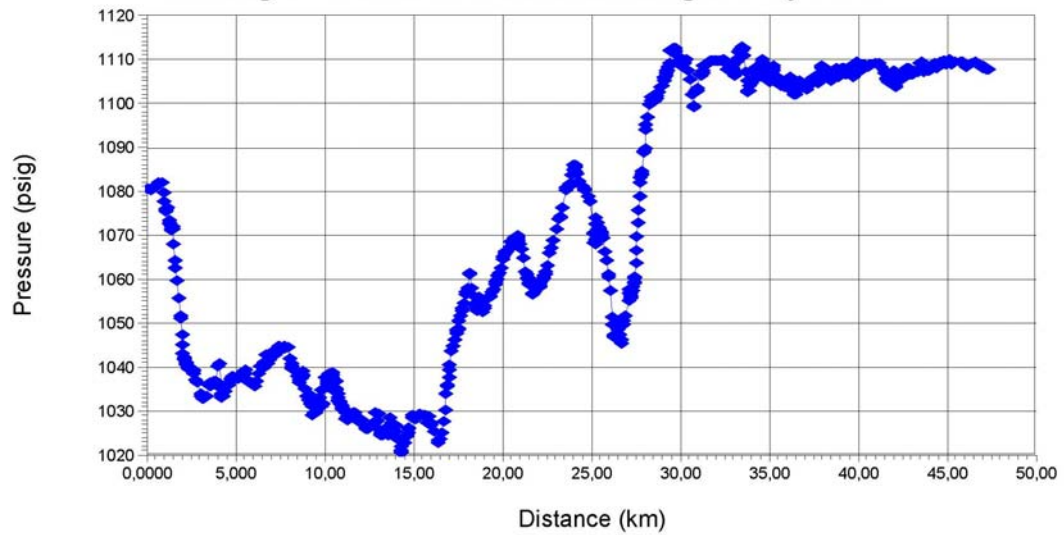


Ilustración 12. Perfil de Presión Bucaramanga-Barrancabermeja Escenario 1.

Flowing Pressure: Bucaramanga-Payoa 8"



#### 4.1.2 Envoltante de Fase de la corriente Gibraltar-Bucaramanga.

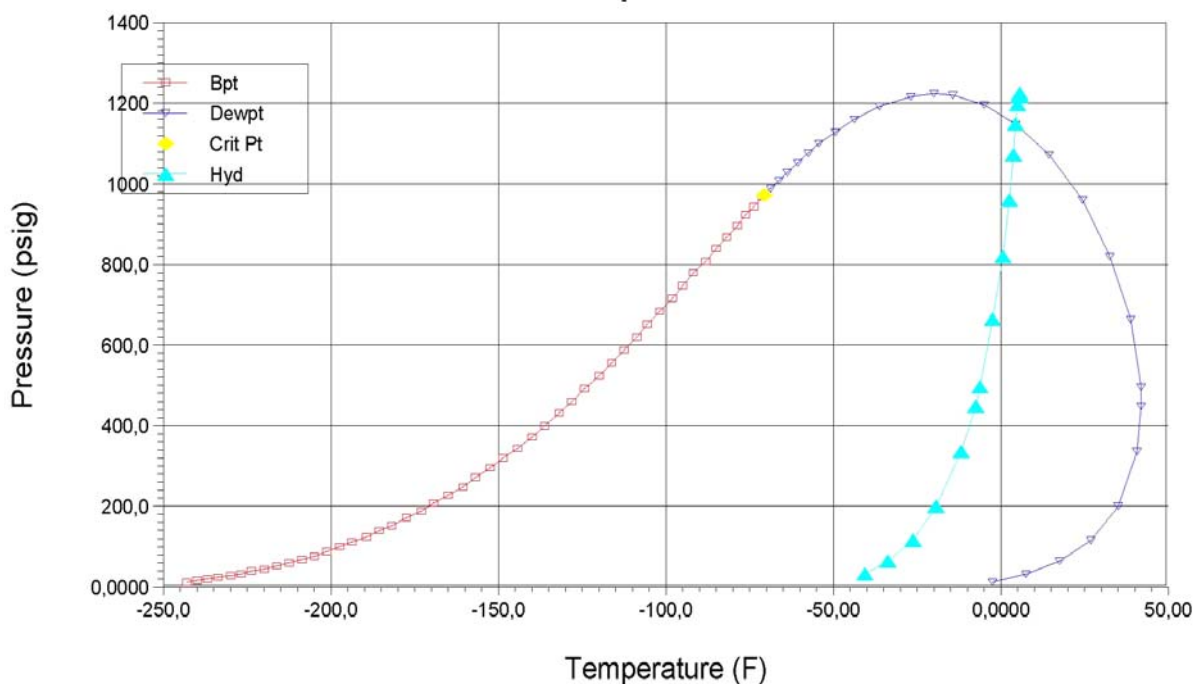
Una utilidad del software es la “envoltante” la cual permite encontrar los puntos notables de la envoltante de fase de una corriente, tales como el punto crítico, el punto cricondentérmico, el punto cricondenbar, formación de hidratos y otros datos de interés para examinar el comportamiento de las corrientes en los componentes del gasoducto.

Ilustración 13. Página principal del reporte de la utilidad “envoltante”.

|    |   |                 |   |                 |
|----|---|-----------------|---|-----------------|
| 1  | <b>SOLUTEC</b> Ingenieria Ltda<br>Barranquilla Colombia |                 | Case Name: ESCENARIO 1 HSC                  |                 |
| 2  |   |                 | Unit Set: Field 1                           |                 |
| 3  |   |                 | Date/Time: Fri Jul 16 01:17:32 2010         |                 |
| 4  |   |                 |   |                 |
| 5  |   |                 |   |                 |
| 6  | <b>Stream: Palenque</b>                                 |                 | <b>Envelope Utility: Envelope Utility-1</b> |                 |
| 7  | <b>CONNECTIONS</b>                                      |                 |   |                 |
| 8  | Calculation Type: HYSYS Two-Phase                       |                 |   |                 |
| 9  |   |                 |   |                 |
| 10 | Two-Phase Critical Temperature: -70.17 F                |                 | Two-Phase Critical Pressure: 975.1 psig     |                 |
| 11 | Three-Phase Critical Pressure: ---                      |                 | Three-Phase Critical Temperature: ---       |                 |
| 12 |   |                 | Cricondentherm: 42.31 F                     |                 |
| 13 |   |                 | Cricondenbar: 1224 psig                     |                 |
| 14 | <b>STREAM COMPOSITIONS</b>                              |                 |   |                 |
| 15 |   |                 |   |                 |
| 16 | Component   | Mole Fraction   | Mass Fraction                               | Volume Fraction |
| 17 | Nitrogen  | 0.0045          | 0.0068                                      | 0.0028          |
| 18 | CO2   | 0.0205          | 0.0483                                      | 0.0192          |
| 19 | Methane   | 0.8813          | 0.7583                                      | 0.8328          |
| 20 | Ethane  | 0.0630          | 0.1016                                      | 0.0939          |
| 21 | Propane   | 0.0197          | 0.0465                                      | 0.0302          |
| 22 | i-Butane  | 0.0042          | 0.0132                                      | 0.0077          |
| 23 | n-Butane  | 0.0036          | 0.0111                                      | 0.0062          |
| 24 | i-Pentane   | 0.0013          | 0.0052                                      | 0.0027          |
| 25 | n-Pentane   | 0.0008          | 0.0029                                      | 0.0015          |
| 26 | EGlycol   | 0.0000          | 0.0000                                      | 0.0000          |
| 27 | TEGlycol  | 0.0000          | 0.0000                                      | 0.0000          |
| 28 | H2O   | 0.0000          | 0.0000                                      | 0.0000          |
| 29 | Toluene   | 0.0001          | 0.0003                                      | 0.0001          |
| 30 | Benzene   | 0.0000          | 0.0002                                      | 0.0001          |
| 31 | n-Heptane   | 0.0004          | 0.0019                                      | 0.0009          |
| 32 | n-Hexane  | 0.0007          | 0.0030                                      | 0.0015          |
| 33 | n-Octane  | 0.0001          | 0.0005                                      | 0.0002          |
| 34 | n-Nonane  | 0.0000          | 0.0002                                      | 0.0001          |
| 35 | n-Decane  | 0.0000          | 0.0000                                      | 0.0000          |
| 36 | n-C11   | 0.0000          | 0.0000                                      | 0.0000          |
| 37 | n-C12   | 0.0000          | 0.0000                                      | 0.0000          |
| 38 | n-C13   | 0.0000          | 0.0000                                      | 0.0000          |
| 39 | <b>CURVES</b>   |                 |   |                 |
| 40 |   |                 |   |                 |
| 41 | <b>Bubble Point Curve Table</b>                         |                 |   |                 |
| 42 |   |                 |   |                 |
| 43 | Pressure (psig)   | Temperature (F) | Volume                                      | Enthalpy        |
| 44 |   |                 |   | Entropy         |
| 45 | 13.78   | -242.8          |   |                 |
| 46 | 17.20   | -239.7          |   |                 |
| 47 | 21.01   | -236.6          |   |                 |
| 48 | 25.24   | -233.3          |   |                 |
| 49 | 29.94   | -230.0          |   |                 |
| 50 | 35.15   | -226.6          |   |                 |
| 51 | 40.92   | -223.2          |   |                 |
| 52 | 47.29   | -219.7          |   |                 |
| 53 | 54.32   | -216.1          |   |                 |
| 54 | 62.05   | -212.4          |   |                 |
| 55 | 70.54   | -208.7          |   |                 |
| 56 | 79.85   | -205.0          |   |                 |
| 57 | 90.02   | -201.1          |   |                 |
| 58 | 101.1   | -197.3          |   |                 |
| 59 | 113.2   | -193.3          |   |                 |
| 60 | 126.3   | -189.4          |   |                 |
| 61 | 140.5   | -185.3          |   |                 |
| 62 | 155.8   | -181.3          |   |                 |
| 63 | Hyprotech Ltd.  |                 | Aspen HYSYS Version 7 (22.0.0.7020)         |                 |
|    |   |                 | Page 1 of 4                                 |                 |

**Ilustración 14. Evolvente de fase de la corriente Palenque (llegada a Bucaramanga).**

## Palenque



La corriente palenque es el comportamiento que nos interesa analizar ya que es el punto clave en el tema contractual entre Transoriente y Ecopetrol, analizando la grafica se observa que el punto cricondentérmico es 42,31 °F diferente en 4° a los datos suministrados por Ecopetrol a Transoriente, esta diferencia se debe entre otras a los niveles de cifras significativas tomados en la composición de las corrientes y la diferencia de los simuladores, ya que aunque se use el mismo paquete termodinámico los simuladores basan su desempeño en la experiencia y las correcciones aplicadas.

Este punto cricondentérmico es inferior al máximo permitido por el RUT por la tanto está dentro de los parámetros aceptados.

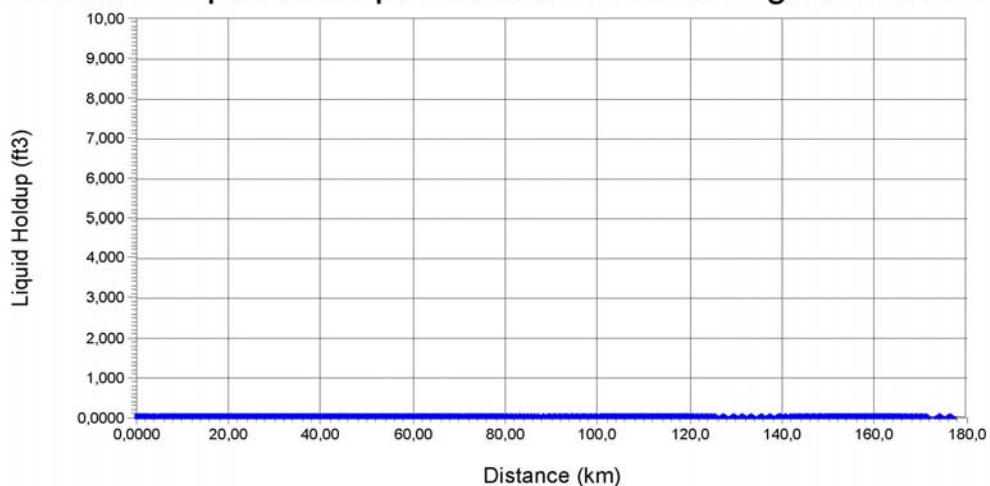
También se observa en la ilustración 14 la curva de formación de Hidratos la cual está por dentro de la envolvente y las condiciones de operación del gasoducto no se acercan a dicha curva.

#### 4.1.3 Producción de Líquidos “Holdup” en la Línea

La extensión PIPESYS posee una herramienta para predecir la producción de “Holdup” condensados in situ y también predice la cantidad de líquidos acumulados. Para el escenario 1 la producción de líquidos condensables es prácticamente cero.

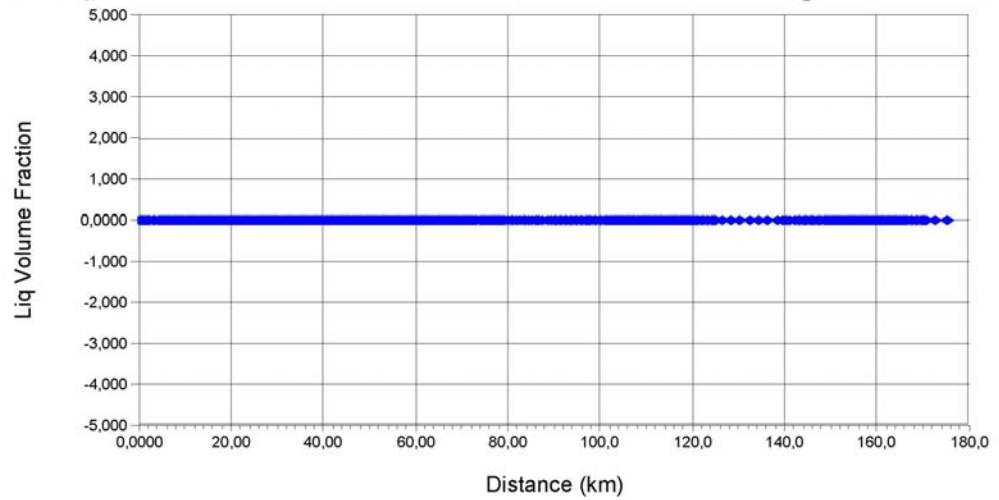
#### Ilustración 15. Producción de Condensado en Gibraltar-Bucaramanga

Cumulative Liquid Holdup: Gibraltar-Bucaramanga K0-k174 m



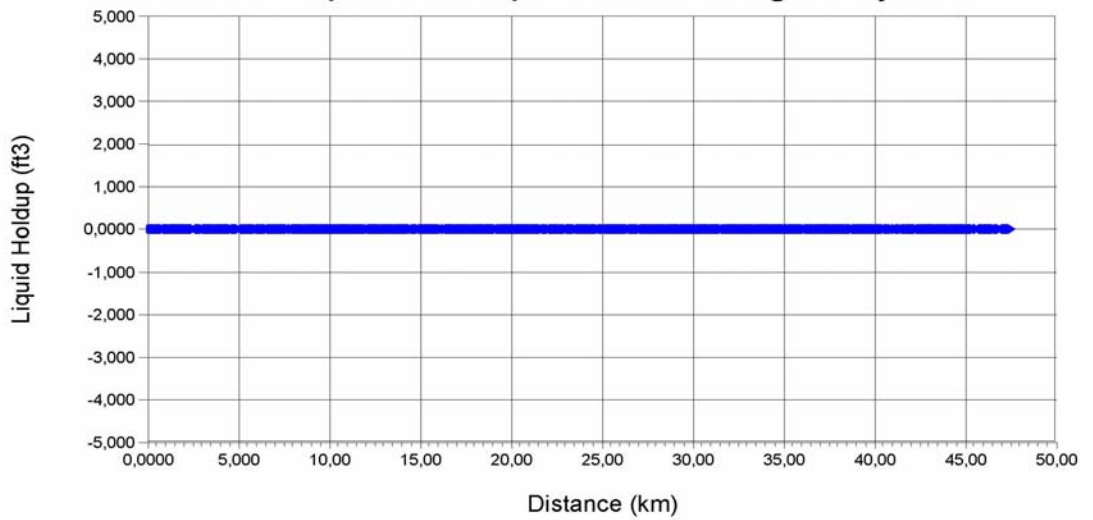
**Ilustración 16. Fracción Líquida in Situ en Gibraltar-Bucaramanga**

Insitu Liquid Volume Fraction: Gibraltar-Bucaramanga K0-k174 m



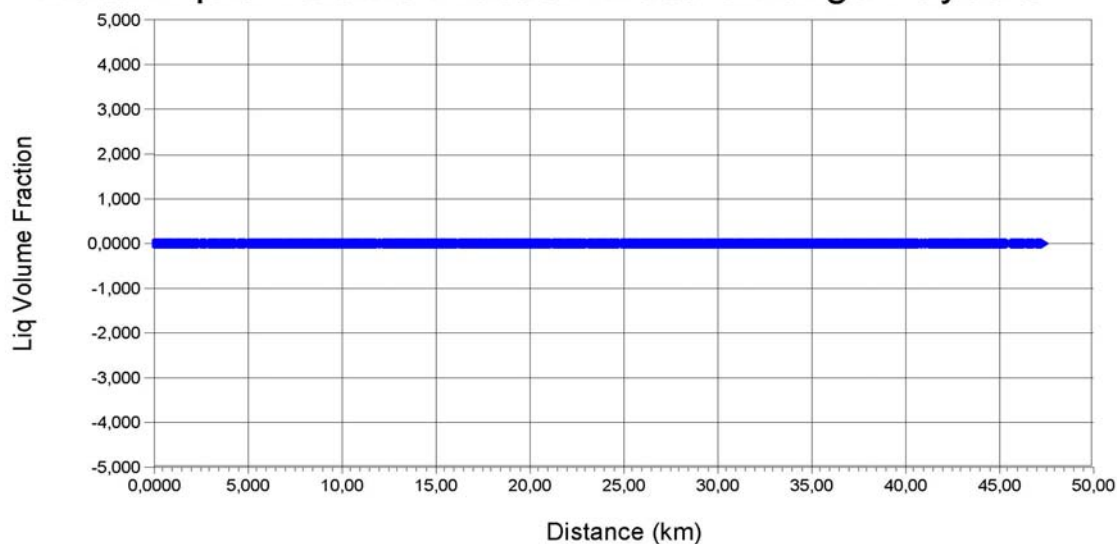
**Ilustración 17. Producción de Condensado en Bucaramanga-Payoa**

Cumulative Liquid Holdup: Bucaramanga-Payoa 8"



### Ilustración 18. Fracción Líquida in Situ en Bucaramanga-Payoa

#### Insitu Liquid Volume Fraction: Bucaramanga-Payoa 8"



#### 4.1.4 Comportamiento del CO<sub>2</sub>

El RUT establece el máximo valor del CO<sub>2</sub>, como 2 % en fracción volumétrica, el resultado mostrado por la simulación es 1,92%, por lo tanto este escenario cumple con este parámetro y se encuentra dentro de norma.

### Ilustración 19. Composición de la Corriente Palenque

| Material Stream: Palenque |                           |               |                      |               | Fluid Package:                    | Basis-1                   |
|---------------------------|---------------------------|---------------|----------------------|---------------|-----------------------------------|---------------------------|
|                           |                           |               |                      |               | Property Package:                 | PengRobinson              |
| COMPOSITION               |                           |               |                      |               |                                   |                           |
| Overall Phase             |                           |               |                      |               | Vapour Fraction                   | 1.0000                    |
| COMPONENTS                | MOLAR FLOW<br>(lbmole/hr) | MOLE FRACTION | MASS FLOW<br>(lb/hr) | MASS FRACTION | LIQUID VOLUME<br>FLOW (barel/day) | LIQUID VOLUME<br>FRACTION |
| Nitrogen                  | 15.4254                   | 0.0045        | 432.1115             | 0.0068        | 36.5925                           | 0.0028                    |
| CO2                       | 70.2469                   | 0.0205        | 3091.5441            | 0.0483        | 256.4859                          | 0.0192                    |
| Methane                   | 3025.9395                 | 0.8813        | 48544.8445           | 0.7583        | 11102.4360                        | 0.8328                    |
| Ethane                    | 216.2550                  | 0.0630        | 6502.7661            | 0.1016        | 1251.8528                         | 0.0939                    |
| Propane                   | 67.5211                   | 0.0197        | 2977.4801            | 0.0465        | 402.3788                          | 0.0302                    |
| I-Butane                  | 14.5001                   | 0.0042        | 842.8086             | 0.0132        | 102.6918                          | 0.0077                    |
| n-Butane                  | 12.1965                   | 0.0036        | 708.9086             | 0.0111        | 83.2288                           | 0.0062                    |
| I-Pentane                 | 4.5929                    | 0.0013        | 331.3791             | 0.0052        | 36.3955                           | 0.0027                    |
| n-Pentane                 | 2.6115                    | 0.0008        | 188.4245             | 0.0029        | 20.4881                           | 0.0015                    |
| EGlycol                   | 0.0003                    | 0.0000        | 0.0207               | 0.0000        | 0.0013                            | 0.0000                    |
| TEGlycol                  | 0.0000                    | 0.0000        | 0.0000               | 0.0000        | 0.0000                            | 0.0000                    |
| H2O                       | 0.0914                    | 0.0000        | 1.6463               | 0.0000        | 0.1130                            | 0.0000                    |
| Toluene                   | 0.2205                    | 0.0001        | 20.3138              | 0.0003        | 1.5987                            | 0.0001                    |
| Benzene                   | 0.1281                    | 0.0000        | 10.0056              | 0.0002        | 0.7766                            | 0.0001                    |
| n-Heptane                 | 1.2196                    | 0.0004        | 122.2107             | 0.0019        | 12.1839                           | 0.0009                    |
| n-Hexane                  | 2.2601                    | 0.0007        | 194.7676             | 0.0030        | 20.1253                           | 0.0015                    |
| n-Octane                  | 0.2715                    | 0.0001        | 31.0131              | 0.0005        | 3.0105                            | 0.0002                    |
| n-Nonane                  | 0.0867                    | 0.0000        | 11.1220              | 0.0002        | 1.0571                            | 0.0001                    |
| n-Decane                  | 0.0217                    | 0.0000        | 3.0914               | 0.0000        | 0.2889                            | 0.0000                    |
| n-C11                     | 0.0038                    | 0.0000        | 0.5884               | 0.0000        | 0.0542                            | 0.0000                    |
| n-C12                     | 0.0002                    | 0.0000        | 0.0339               | 0.0000        | 0.0031                            | 0.0000                    |
| n-C13                     | 0.0000                    | 0.0000        | 0.0061               | 0.0000        | 0.0005                            | 0.0000                    |
| Total                     | 3433.5928                 | 1.0000        | 64015.0838           | 1.0000        | 13331.8636                        | 1.0000                    |

## 4.2 SIMULACION ESCENARIO 2

Las corrientes, los nombres de los equipos y las operaciones unitarias así como los principales resultados se muestran en la ilustración 20, las condiciones, las composiciones, las propiedades y demás detalles de todas las corrientes y operaciones unitarias se pueden observar con detenimiento en el anexo 1, donde está el reporte resumido de la simulación.

| PARAMETROS DE LA SIMULACIÓN DEL GAS DE VENTAS ESCENARIO 2 |             |              |            |                             |
|---|-------------|--------------|------------|-----------------------------|
|   | Gas Twister | Gas Residual |            | Gas de Ventas <sup>13</sup> |
|   |             | Tambores     | Cima Torre |                             |
| Presión (psig)  | 1201        | 1205         | 1205       | 1201                        |
| Temperatura (°F)  | 81.0        | 44.8         | 100.0      | 81.07                       |
| Flujo (MMscfd)  | 34.66       | 0.33         | 0.98       | 35.97                       |
| Masa Molar  | 18.37       | 19.43        | 26.13      | 18.61                       |
| Contenido CO <sub>2</sub> (% Volumen)                     | 1,89        | 2.16         | 2.73       | 1,92                        |
| Cricodentherm (°F)  | 39,63       | 78.99        | 103        | 42,16                       |

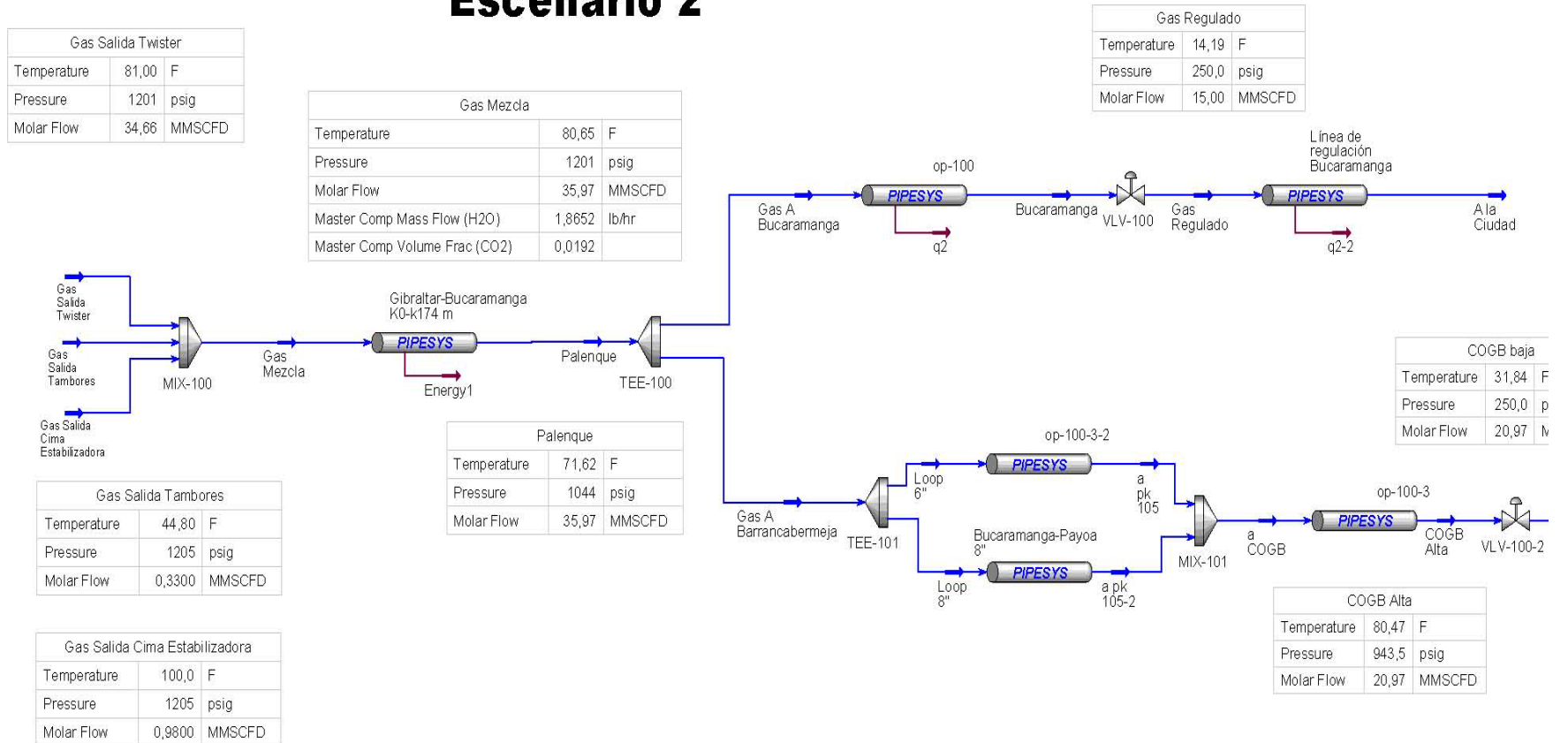
Una vez establecidas las corrientes con las propiedades, condiciones y cromatografías suministradas por Transoriente se procede a crear las operaciones unitarias y las extensiones necesarias para montar el diagrama de flujo propuesto en la ilustración 5.

---

<sup>13</sup> Datos Obtenidos del Simulador

## Ilustración 20. PFD HYSYS Escenario 2.

### Escenario 2



#### 4.2.1 Perfiles de presión de los Gasoductos

Ilustración 21. Perfil de Presión Gibraltar Bucaramanga Escenario 2.

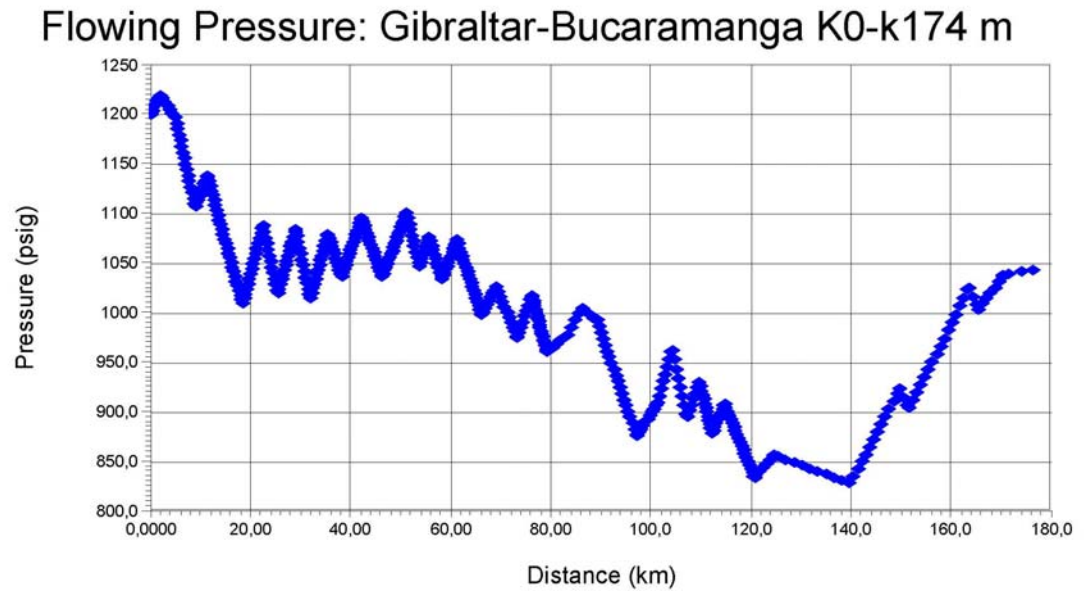
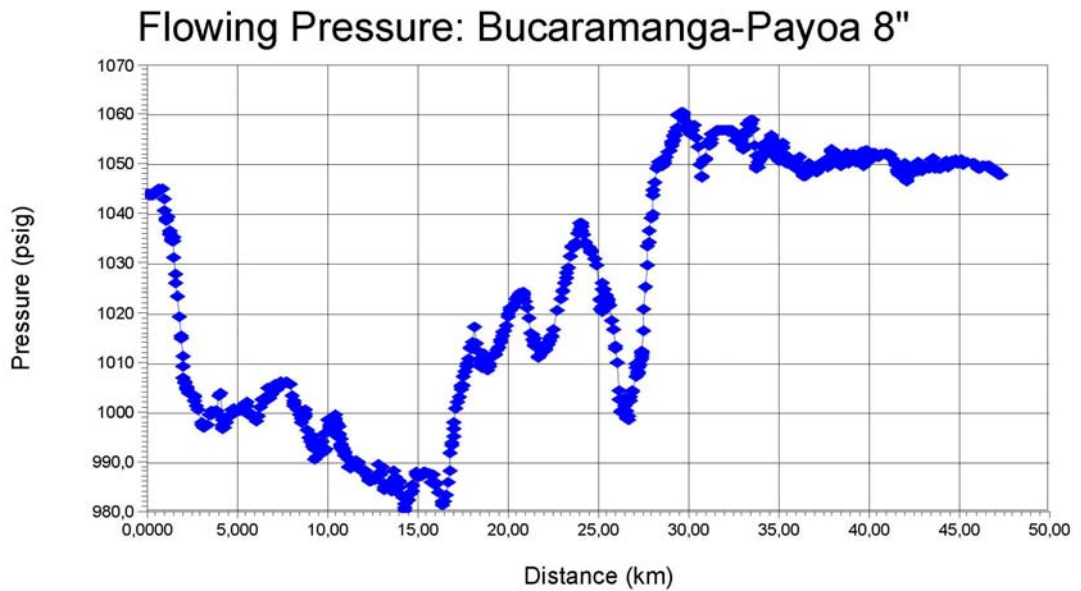



Ilustración 22. Perfil de Presión Bucaramanga-Barrancabermeja Escenario 2.



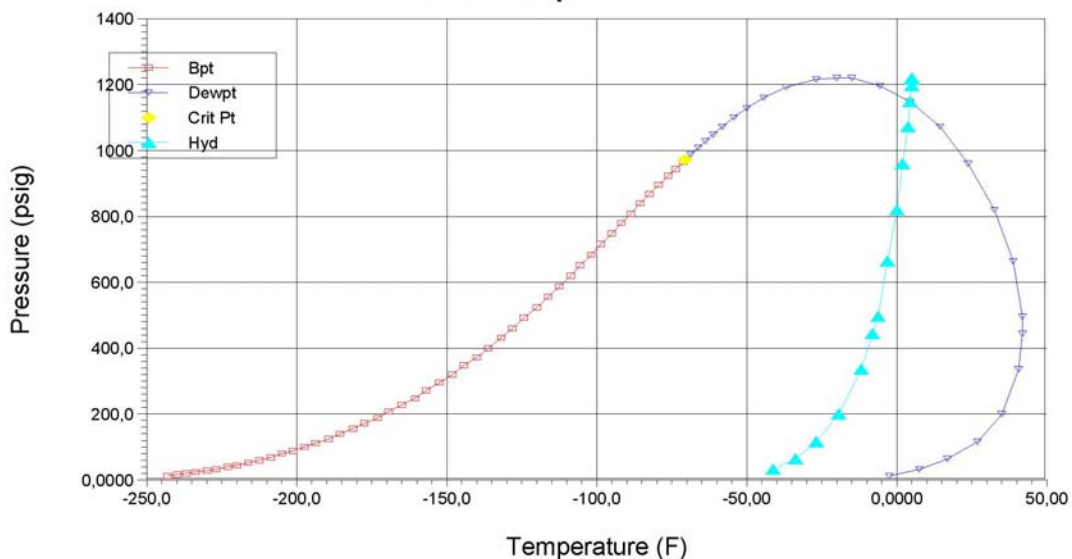
## 4.2.2 Envolvente de Fase de la corriente Gibraltar-Bucaramanga Escenario 2.

Ilustración 23. Página principal del reporte de la utilidad “envolvente”.

|    |  |   |   |                 |
|----|--|---|---|-----------------|
| 1  |  |   | Case Name: ESCENARIO 2.HSC                  |                 |
| 2  |  Solutec Ingeniería Ltda<br>Barranquilla Colombia |   | Unit Set: Field 1                           |                 |
| 3  |  |   | Date/Time: Fri Jul 16 01:53:34 2010         |                 |
| 4  |  |   |   |                 |
| 5  |  |   |   |                 |
| 6  |  |   |   |                 |
| 7  | <b>Stream: Palenque</b>  |   | <b>Envelope Utility: Envelope Utility-1</b> |                 |
| 8  |  |   |   |                 |
| 9  | <b>CONNECTIONS</b>   |   |   |                 |
| 10 | Calculation Type: HYSYS Two-Phase  |   |   |                 |
| 11 |  |   |   |                 |
| 12 | Two-Phase Critical Temperature: -70.42 F   | Two-Phase Critical Pressure: 973.2 psig | Three-Phase Critical Temperature: ---       |                 |
| 13 | Three-Phase Critical Pressure: ---   | Cricondenstem: 42.16 F                  | Cricondenbar: 1223 psig                     |                 |
| 14 | <b>STREAM COMPOSITIONS</b>   |   |   |                 |
| 15 |  |   |   |                 |
| 16 | Component  | Mole Fraction                           | Mass Fraction                               | Volume Fraction |
| 17 | Nitrogen   | 0.0045                                  | 0.0068                                      | 0.0028          |
| 18 | CO2  | 0.0204                                  | 0.0483                                      | 0.0192          |
| 19 | Methane  | 0.8819                                  | 0.7594                                      | 0.8336          |
| 20 | Ethane   | 0.0627                                  | 0.1013                                      | 0.0936          |
| 21 | Propane  | 0.0194                                  | 0.0460                                      | 0.0298          |
| 22 | i-Butane   | 0.0042                                  | 0.0131                                      | 0.0076          |
| 23 | n-Butane   | 0.0035                                  | 0.0110                                      | 0.0062          |
| 24 | i-Pentane  | 0.0013                                  | 0.0052                                      | 0.0027          |
| 25 | n-Pentane  | 0.0008                                  | 0.0029                                      | 0.0015          |
| 26 | EGlycol  | 0.0000                                  | 0.0000                                      | 0.0000          |
| 27 | TEGlycol   | 0.0000                                  | 0.0000                                      | 0.0000          |
| 28 | H2O  | 0.0000                                  | 0.0000                                      | 0.0000          |
| 29 | Toluene  | 0.0001                                  | 0.0003                                      | 0.0001          |
| 30 | Benzene  | 0.0000                                  | 0.0002                                      | 0.0001          |
| 31 | n-Heptane  | 0.0004                                  | 0.0019                                      | 0.0009          |
| 32 | n-Hexane   | 0.0007                                  | 0.0030                                      | 0.0015          |
| 33 | n-Octane   | 0.0001                                  | 0.0005                                      | 0.0002          |
| 34 | n-Nonane   | 0.0000                                  | 0.0002                                      | 0.0001          |
| 35 | n-Decane   | 0.0000                                  | 0.0000                                      | 0.0000          |
| 36 | n-C11  | 0.0000                                  | 0.0000                                      | 0.0000          |
| 37 | n-C12  | 0.0000                                  | 0.0000                                      | 0.0000          |
| 38 | n-C13  | 0.0000                                  | 0.0000                                      | 0.0000          |
| 39 | <b>CURVES</b>  |   |   |                 |
| 40 |  |   |   |                 |
| 41 | <b>Bubble Point Curve Table</b>  |   |   |                 |
| 42 |  |   |   |                 |
| 43 | Pressure (psig)  | Temperature (F)                         | Volume                                      | Enthalpy        |
| 44 |  |   |   | Entropy         |
| 45 | 13.86  | -242.6                                  |   |                 |
| 46 | 17.29  | -239.7                                  |   |                 |
| 47 | 21.11  | -236.5                                  |   |                 |
| 48 | 25.35  | -233.2                                  |   |                 |
| 49 | 30.06  | -229.9                                  |   |                 |
| 50 | 35.28  | -226.6                                  |   |                 |
| 51 | 41.07  | -223.1                                  |   |                 |
| 52 | 47.45  | -219.6                                  |   |                 |
| 53 | 54.49  | -216.0                                  |   |                 |
| 54 | 62.24  | -212.4                                  |   |                 |
| 55 | 70.75  | -208.7                                  |   |                 |
| 56 | 80.08  | -204.9                                  |   |                 |
| 57 | 90.27  | -201.1                                  |   |                 |
| 58 | 101.4  | -197.2                                  |   |                 |
| 59 | 113.5  | -193.3                                  |   |                 |
| 60 | 126.6  | -189.3                                  |   |                 |
| 61 | 140.8  | -185.3                                  |   |                 |
| 62 | 156.1  | -181.2                                  |   |                 |
| 63 | Hyprotech Ltd.   |   | Aspen HYSYS Version 7 (22.0.0.7020)         |                 |
|    | Licensed to: LEGENDS   |   | Page 1 of 4                                 |                 |
|    |  |   | * Specified by user.                        |                 |

## Ilustración 24. Evolvente de fase de la corriente Palenque (llegada a Bucaramanga).

### Palenque



La corriente palenque es el comportamiento que nos interesa analizar ya que es el punto clave en el tema contractual entre Transoriente y Ecopetrol, analizando la grafica se observa que el punto cricondentérmico es 42,16 °F.

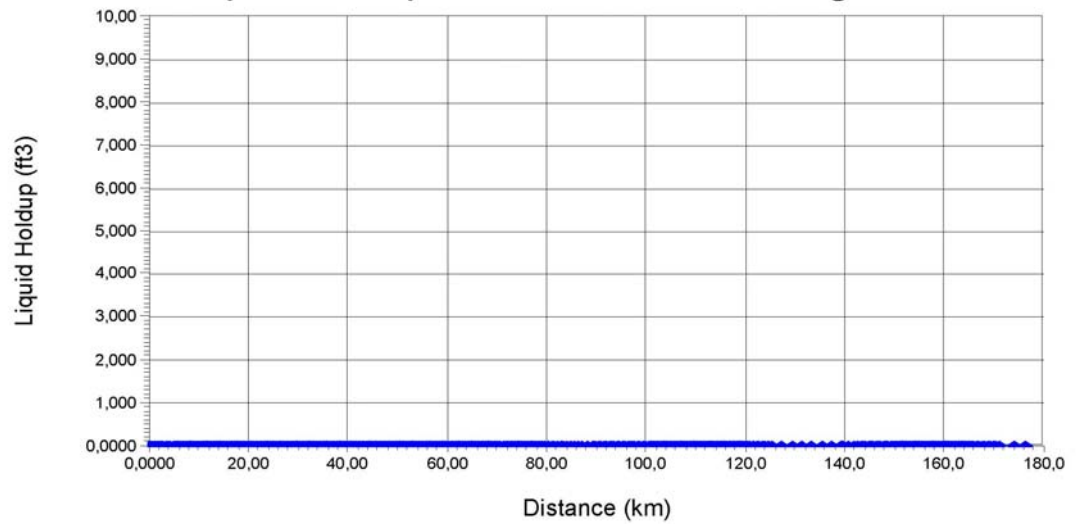
Este punto cricondentérmico es inferior al máximo permitido por el RUT por la tanto está dentro de los parámetros aceptados.

#### 4.2.3 Producción de Líquidos “Holdup” en la Línea

La extensión PIPESYS posee una herramienta para predecir la producción de “Holdup” condensados in situ y también predice la cantidad de líquidos acumulados. Para el escenario 2 la producción de líquidos condensables es prácticamente cero.

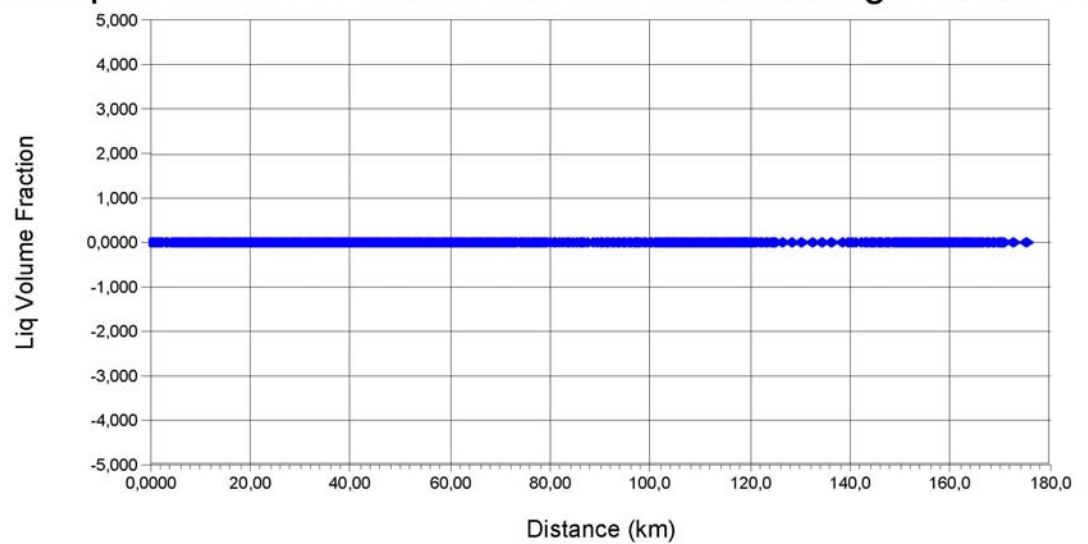
**Ilustración 25. Producción de Condensado en Gibraltar-Bucaramanga**

**Cumulative Liquid Holdup: Gibraltar-Bucaramanga K0-k174 m**



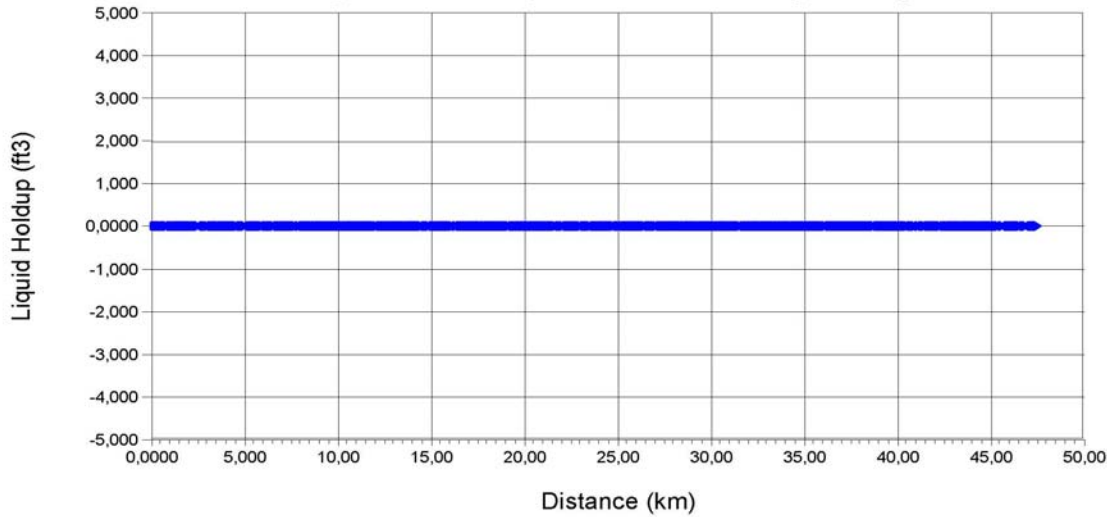
**Ilustración 26. Fracción Líquida in Situ en Gibraltar-Bucaramanga**

**Insitu Liquid Volume Fraction: Gibraltar-Bucaramanga K0-k174 m**



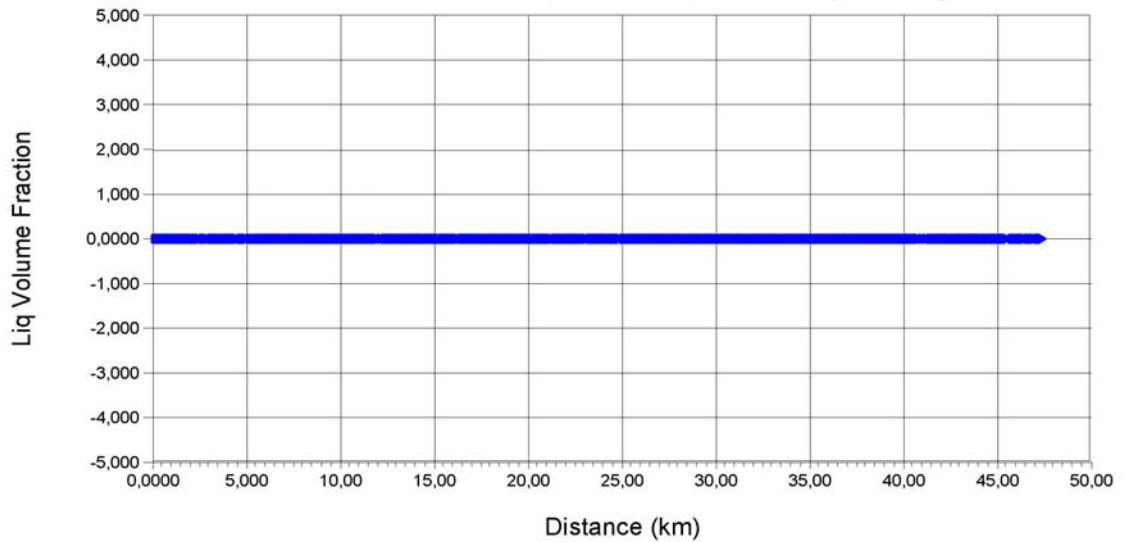
**Ilustración 27. Producción de Condensado en Bucaramanga-Payoa**

**Cumulative Liquid Holdup: Bucaramanga-Payoa 8"**



**Ilustración 28. Fracción Líquida in Situ en Bucaramanga-Payoa**

**Insitu Liquid Volume Fraction: Bucaramanga-Payoa 8"**



#### 4.2.4 Comportamiento del CO<sub>2</sub>

El RUT establece el máximo valor del CO<sub>2</sub>, como 2 % en fracción volumétrica, el resultado mostrado por la simulación es 1,92%, por lo tanto este escenario cumple con este parámetro y se encuentra dentro de norma al igual que el escenario anterior.

**Ilustración 29. Composición de la Corriente Palenque**

| Material Stream: Palenque |                           |               |                      |               |                                    |                           | Fluid Package:    | Basis-1      |
|---------------------------|---------------------------|---------------|----------------------|---------------|------------------------------------|---------------------------|-------------------|--------------|
|                           |                           |               |                      |               |                                    |                           | Property Package: | PengRobinson |
| COMPOSITION               |                           |               |                      |               |                                    |                           |                   |              |
| Overall Phase             |                           |               |                      |               |                                    | Vapour Fraction           | 1.0000            |              |
| COMPONENTS                | MOLAR FLOW<br>(lbmole/hr) | MOLE FRACTION | MASS FLOW<br>(lb/hr) | MASS FRACTION | LIQUID VOLUME<br>FLOW (barrel/day) | LIQUID VOLUME<br>FRACTION |                   |              |
| Nitrogen                  | 17.7738                   | 0.0045        | 497.8977             | 0.0068        | 42.2787                            | 0.0028                    |                   |              |
| CO2                       | 80.8958                   | 0.0204        | 3551.3996            | 0.0483        | 294.6372                           | 0.0192                    |                   |              |
| Methane                   | 3483.0295                 | 0.8819        | 55877.8937           | 0.7594        | 12779.5391                         | 0.8336                    |                   |              |
| Ethane                    | 247.3045                  | 0.0627        | 7451.4568            | 0.1013        | 1434.4861                          | 0.0936                    |                   |              |
| Propane                   | 76.7286                   | 0.0194        | 3383.5016            | 0.0460        | 457.2488                           | 0.0298                    |                   |              |
| i-Butane                  | 16.5334                   | 0.0042        | 960.9864             | 0.0131        | 117.0915                           | 0.0076                    |                   |              |
| n-Butane                  | 13.9264                   | 0.0035        | 809.4589             | 0.0110        | 95.0339                            | 0.0062                    |                   |              |
| i-Pentane                 | 5.2560                    | 0.0013        | 379.2281             | 0.0052        | 41.6507                            | 0.0027                    |                   |              |
| n-Pentane                 | 2.9895                    | 0.0008        | 215.6926             | 0.0029        | 23.4531                            | 0.0015                    |                   |              |
| EGlycol                   | 0.0004                    | 0.0000        | 0.0223               | 0.0000        | 0.0014                             | 0.0000                    |                   |              |
| TEGlycol                  | 0.0000                    | 0.0000        | 0.0000               | 0.0000        | 0.0000                             | 0.0000                    |                   |              |
| H2O                       | 0.1035                    | 0.0000        | 1.8652               | 0.0000        | 0.1280                             | 0.0000                    |                   |              |
| Toluene                   | 0.2531                    | 0.0001        | 23.3183              | 0.0003        | 1.8352                             | 0.0001                    |                   |              |
| Benzene                   | 0.1468                    | 0.0000        | 11.4656              | 0.0002        | 0.8899                             | 0.0001                    |                   |              |
| n-Heptane                 | 1.4010                    | 0.0004        | 140.3862             | 0.0019        | 13.9960                            | 0.0009                    |                   |              |
| n-Hexane                  | 2.5922                    | 0.0007        | 223.3920             | 0.0030        | 23.0830                            | 0.0015                    |                   |              |
| n-Octane                  | 0.3114                    | 0.0001        | 35.5694              | 0.0005        | 3.4528                             | 0.0002                    |                   |              |
| n-Nonane                  | 0.0995                    | 0.0000        | 12.7588              | 0.0002        | 1.2130                             | 0.0001                    |                   |              |
| n-Decane                  | 0.0249                    | 0.0000        | 3.5464               | 0.0000        | 0.3314                             | 0.0000                    |                   |              |
| n-C11                     | 0.0043                    | 0.0000        | 0.6739               | 0.0000        | 0.0621                             | 0.0000                    |                   |              |
| n-C12                     | 0.0002                    | 0.0000        | 0.0368               | 0.0000        | 0.0034                             | 0.0000                    |                   |              |
| n-C13                     | 0.0000                    | 0.0000        | 0.0067               | 0.0000        | 0.0006                             | 0.0000                    |                   |              |
| Total                     | 3949.6748                 | 1.0000        | 73580.5570           | 1.0000        | 15330.4158                         | 1.0000                    |                   |              |

### 4.3 SIMULACION ESCENARIO 3

Las corrientes, los nombres de los equipos y las operaciones unitarias así como los principales resultados se muestran en la ilustración 30, las condiciones, las composiciones, las propiedades y demás detalles de todas las corrientes y operaciones unitarias se pueden observar con detenimiento en el anexo 1, donde está el reporte resumido de la simulación.

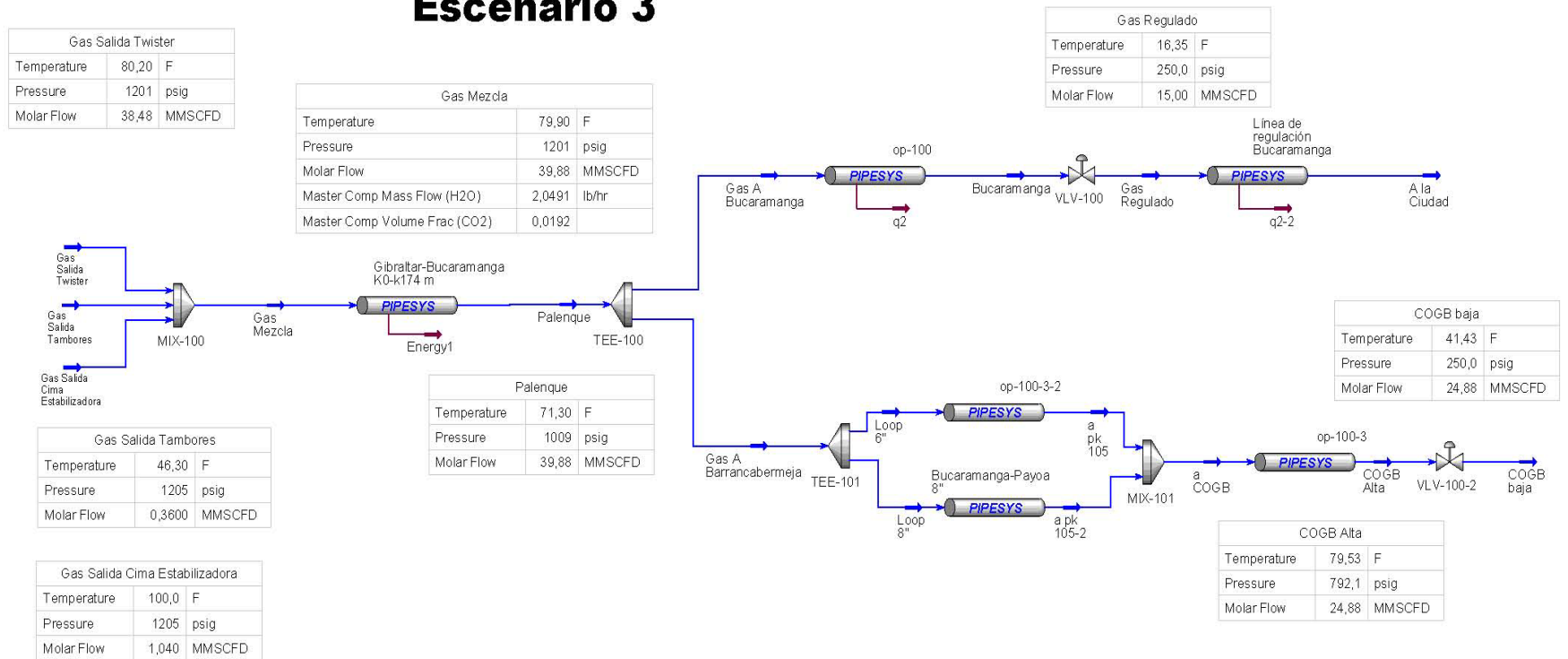
| PARAMETROS DE LA SIMULACIÓN DEL GAS DE VENTAS ESCENARIO 3 |         |              |            |                             |
|---|---------|--------------|------------|-----------------------------|
|   | Gas     | Gas Residual |            | Gas de Ventas <sup>14</sup> |
|   | Twister | Tambores     | Cima Torre |                             |
| Presión (psig)  | 1201    | 1205         | 1205       | 1201                        |
| Temperatura (°F)  | 80,2    | 46,3         | 100.0      | 79,9                        |
| Flujo (MMscfd)  | 38,48   | 0.36         | 1.04       | 39.88                       |
| Masa Molar  | 18.37   | 19.43        | 26.13      | 18.61                       |
| Contenido CO <sub>2</sub> (% Volumen)                     | 1,89    | 2.16         | 2.73       | 1,92                        |
| Cricodentherm (°F)  | 39,63   | 78.99        | 103        | 42,07                       |

Una vez establecidas las corrientes con las propiedades, condiciones y cromatografías suministradas por Transoriente se procede a crear las operaciones unitarias y las extensiones necesarias para montar el diagrama de flujo propuesto en la ilustración 5.

<sup>14</sup> Datos Obtenidos del Simulador

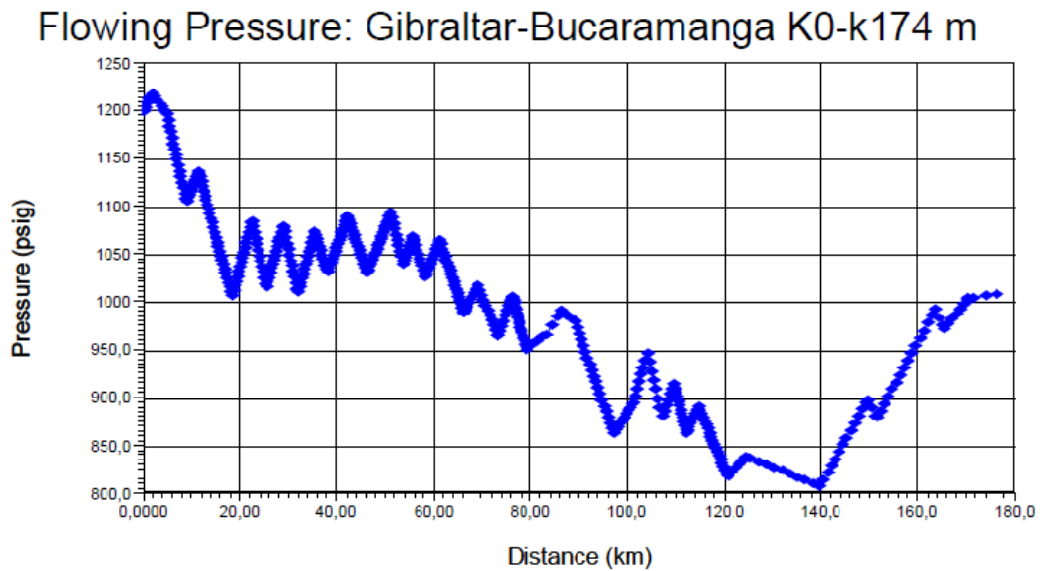
Ilustración 30. PFD HYSYS Escenario 3.

### Escenario 3

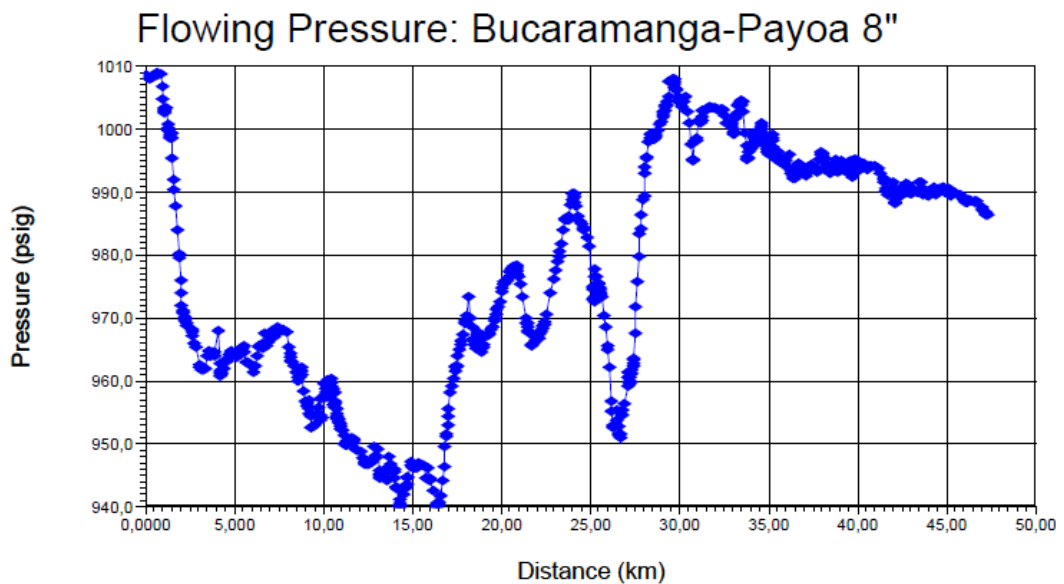


### 4.3.1 Perfiles de presión de los Gasoductos

**Ilustración 31. Perfil de Presión Gibraltar Bucaramanga Escenario 3.**




**Ilustración 32. Perfil de Presión Bucaramanga-Barrancabermeja Escenario 3.**

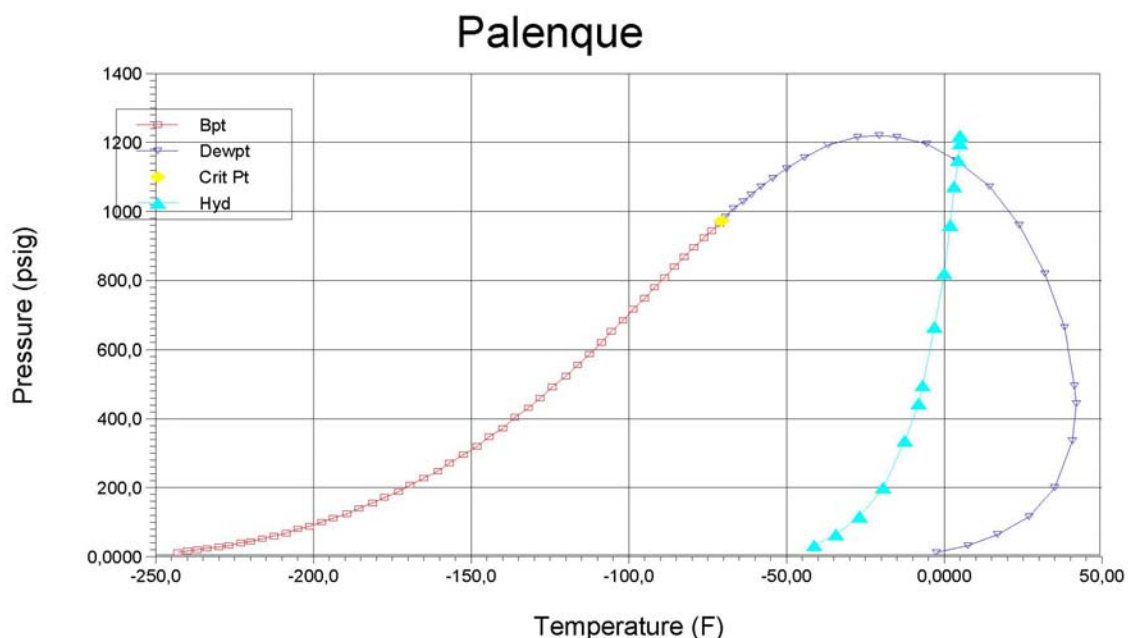


### 4.3.2 Envoltante de Fase de la corriente Gibraltar-Bucaramanga Escenario 3.

Ilustración 33. Página principal del reporte de la utilidad “envoltante”.

|    |  |                 |   |          |                      |
|----|--|-----------------|---|----------|----------------------|
| 1  |  Solutec Ingeniería Ltda<br>Barranquilla Colombia |                 | Case Name: ESCENARIO 3 HSC                          |          |                      |
| 2  |  |                 | Unit Set: Field 1                                   |          |                      |
| 3  |  |                 | Date/Time: Thu Jul 15 23:33:34 2010                 |          |                      |
| 4  |  |                 |   |          |                      |
| 5  |  |                 |   |          |                      |
| 6  | <b>Stream: Palenque (continued)</b>  |                 | <b>Envelope Utility: Envelope Utility-1 (contir</b> |          |                      |
| 7  | <b>Dew Point Curve Table</b>   |                 |   |          |                      |
| 8  | Pressure (psig)  | Temperature (F) | Volume  | Enthalpy | Entropy              |
| 9  |  |                 |   |          |                      |
| 10 |  |                 |   |          |                      |
| 11 | 1223   | -20.06          |   |          |                      |
| 12 | 1217   | -27.06          |   |          |                      |
| 13 | 1192   | -36.78          |   |          |                      |
| 14 | 1160   | -44.24          |   |          |                      |
| 15 | 1128   | -49.93          |   |          |                      |
| 16 | 1099   | -54.34          |   |          |                      |
| 17 | 1074   | -57.93          |   |          |                      |
| 18 | 1051   | -60.99          |   |          |                      |
| 19 | 1029   | -63.74          |   |          |                      |
| 20 | 1008   | -66.30          |   |          |                      |
| 21 | 987.7  | -68.75          |   |          |                      |
| 22 | 972.1  | -70.58          |   |          |                      |
| 23 |  |                 |   |          |                      |
| 24 |  |                 |   |          |                      |
| 25 | <b>Hydrate Curve Table</b>   |                 |   |          |                      |
| 26 | Pressure (psig)  | Temperature (F) |   |          |                      |
| 27 |  |                 |   |          |                      |
| 28 |  |                 | 33.76   |          | -40.93               |
| 29 |  |                 | 65.20   |          | -33.89               |
| 30 |  |                 | 117.0   |          | -26.65               |
| 31 |  |                 | 202.5   |          | -19.22               |
| 32 |  |                 | 338.4   |          | -11.90               |
| 33 |  |                 | 447.3   |          | -7.861               |
| 34 |  |                 | 497.7   |          | -6.320               |
| 35 |  |                 | 664.8   |          | -2.810               |
| 36 |  |                 | 824.0   |          | 0.1885               |
| 37 |  |                 | 962.7   |          | 2.273                |
| 38 |  |                 | 1079  |          | 3.661                |
| 39 |  |                 | 1151  |          | 4.530                |
| 40 |  |                 | 1199  |          | 5.020                |
| 41 |  |                 | 1220  |          | 5.232                |
| 42 |  |                 | 1223  |          | 5.262                |
| 43 |  |                 | 1217  |          | 5.208                |
| 44 |  |                 |   |          |                      |
| 45 | <b>PROPERTIES</b>  |                 |   |          |                      |
| 46 |  | Overall         | Vapour Phase  |          |                      |
| 47 | Vapour/Phase Fraction  | 1.0000          | 1.0000  |          |                      |
| 48 | Temperature (F)  | 71.30           | 71.30   |          |                      |
| 49 | Pressure (psig)  | 1009            | 1009  |          |                      |
| 50 | Motor Flow (MMSCFD)  | 39.88           | 39.88   |          |                      |
| 51 | Mass Flow (b/hr)   | 8.154e+004      | 8.154e+004  |          |                      |
| 52 | Std Ideal Liq Vol Flow (barrel/day)  | 1.699e+004      | 1.699e+004  |          |                      |
| 53 | Molar Enthalpy (Btu/mole)  | -3.643e+004     | -3.643e+004   |          |                      |
| 54 | Mass Enthalpy (Btu/lb)   | -1956           | -1956   |          |                      |
| 55 | Motor Entropy (Btu/lb-mole-F)  | 35.30           | 35.30   |          |                      |
| 56 | Mass Entropy (Btu/lb-F)  | 1.896           | 1.896   |          |                      |
| 57 | Heat Flow (Btu/hr)   | -1.595e+008     | -1.595e+008   |          |                      |
| 58 | Molar Density (lbmole/ft3)   | 0.2201          | 0.2201  |          |                      |
| 59 | Mass Density (lb/ft3)  | 4.099           | 4.099   |          |                      |
| 60 | Std Ideal Liq Mass Density (lb/ft3)  | 20.51           | 20.51   |          |                      |
| 61 | Liq Mass Density @Std Cond (lb/ft3)  | ---             | ---   |          |                      |
| 62 |  |                 |   |          |                      |
| 63 | Hyprotech Ltd.   |                 | Aspen HYSYS Version 7 (22.0.0.7020)                 |          | Page 3 of 4          |
|    | Licensed to: LEGENDS   |                 |   |          | * Specified by user. |

**Ilustración 34. Evolvente de fase de la corriente Palenque (llegada a Bucaramanga).**



La corriente palenque es el comportamiento que nos interesa analizar ya que es el punto clave en el tema contractual entre Transoriente y Ecopetrol, analizando la grafica se observa que el punto cricondentérmico es 42,07 °F, el cricondentérmico obtenido en este escenario es el más bajo de los tres planteados, esto es debido a que la mezcla propuesta de mezclado para este caso es la mezcla en mayor proporción de gas de venta comparada con gas residual.

Al igual que en los escenarios anteriores este punto cricondentérmico es inferior al máximo permitido por el RUT por la tanto está dentro de los parámetros aceptados.

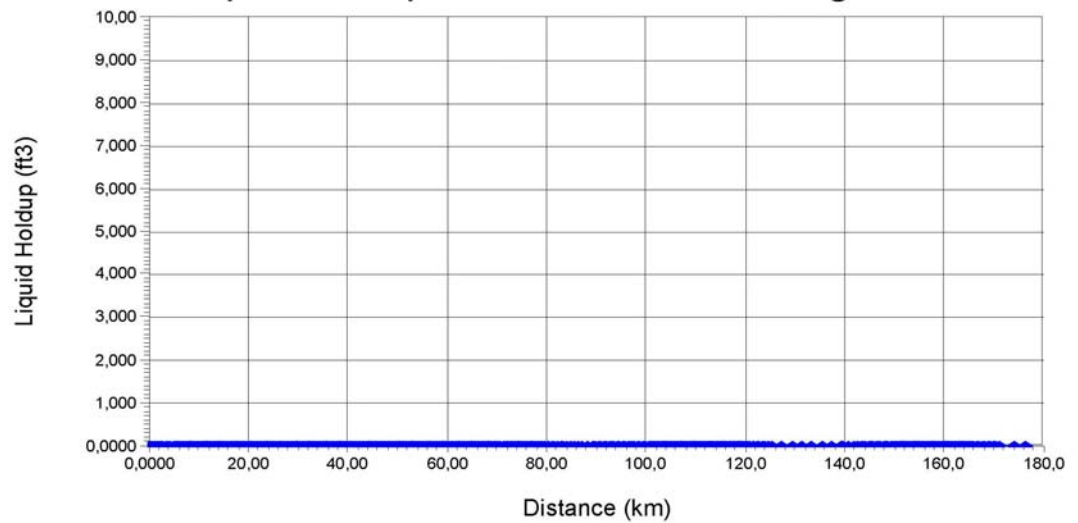
#### **4.3.3 Producción de Líquidos “Holdup” en la Línea**

La extensión PIPESYS posee una herramienta para predecir la producción de “Holdup” condensados in situ y también predice la cantidad de líquidos acumulados.

Para el escenario 3 la producción de líquidos condensables es prácticamente cero, debido a que presenta el cricondentérmico más bajo de todos los escenarios.

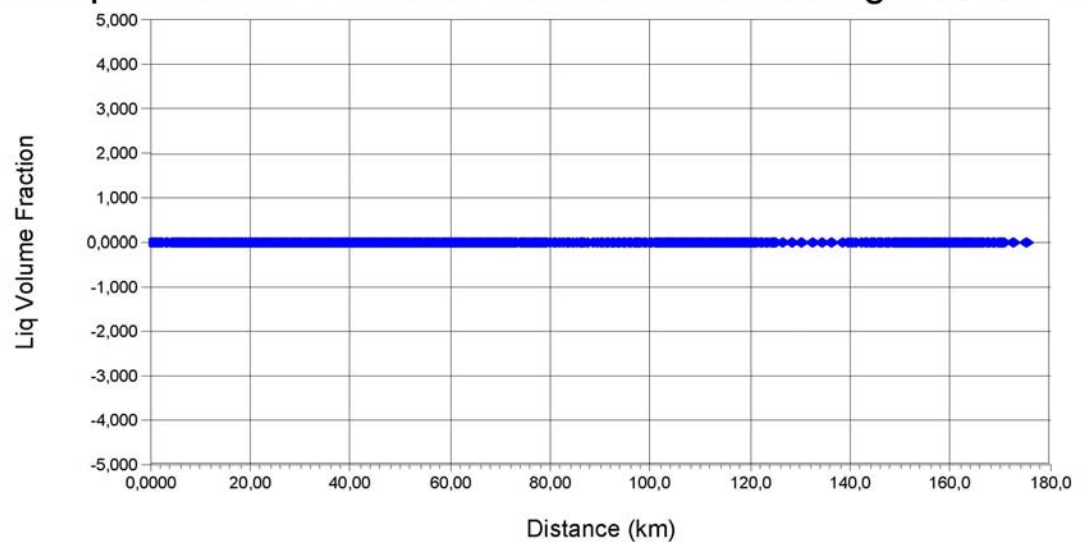
### Ilustración 35. Producción de Condensado en Gibraltar-Bucaramanga

#### Cumulative Liquid Holdup: Gibraltar-Bucaramanga K0-k174 m



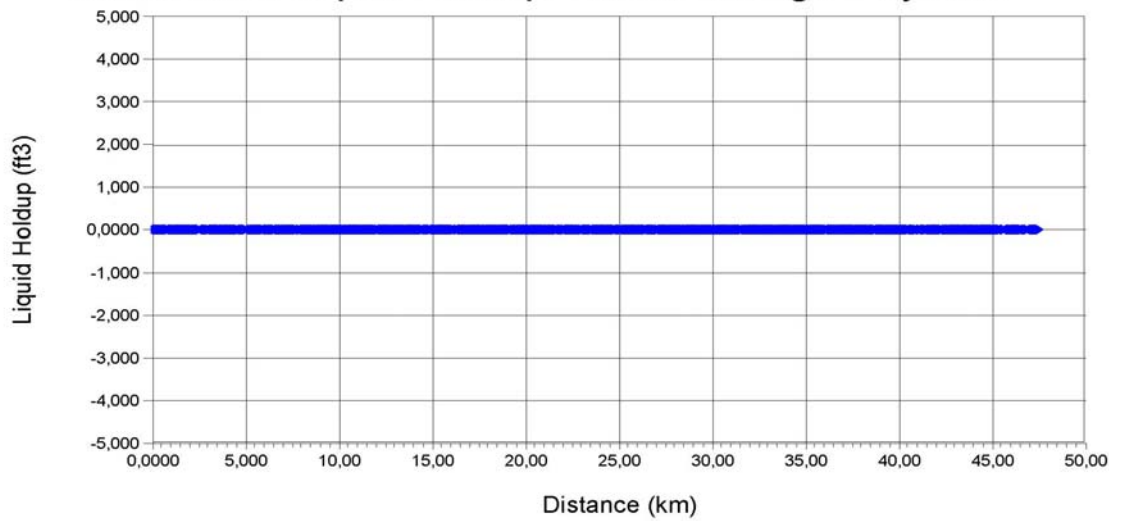
### Ilustración 36. Fracción Líquida in Situ en Gibraltar-Bucaramanga

#### Insitu Liquid Volume Fraction: Gibraltar-Bucaramanga K0-k174 m



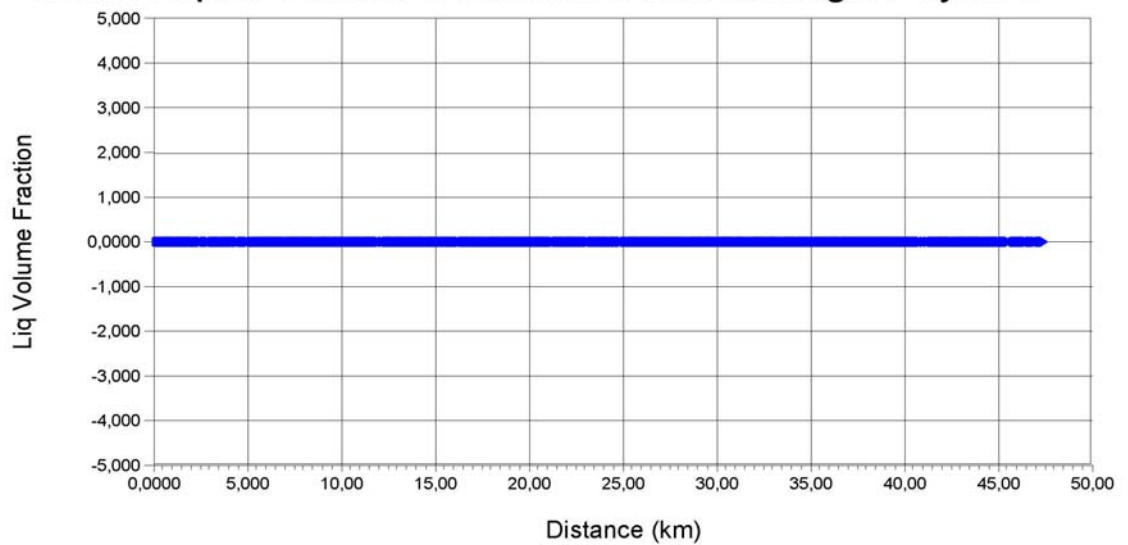
**Ilustración 37. Producción de Condensado en Bucaramanga-Payoa**

**Cumulative Liquid Holdup: Bucaramanga-Payoa 8"**



**Ilustración 38. Fracción Líquida in Situ en Bucaramanga-Payoa**

**Insitu Liquid Volume Fraction: Bucaramanga-Payoa 8"**



#### 4.3.4 Comportamiento del CO<sub>2</sub>

El RUT establece el máximo valor del CO<sub>2</sub>, como 2 % en fracción volumétrica, el resultado mostrado por la simulación es 1,92%, por lo tanto este escenario cumple con este parámetro y se encuentra dentro de norma al igual que el escenario anterior.

**Ilustración 39. Composición de la Corriente Palenque**

| <b>Material Stream: Palenque</b> |                           |               |                      |               |                                    |                           |        |
|----------------------------------|---------------------------|---------------|----------------------|---------------|------------------------------------|---------------------------|--------|
|                                  |                           |               |                      |               | Fluid Package:                     | Basis-1                   |        |
|                                  |                           |               |                      |               | Property Package:                  | PengRobinson              |        |
| <b>COMPOSITION</b>               |                           |               |                      |               |                                    |                           |        |
| <b>Overall Phase</b>             |                           |               |                      |               |                                    | Vapour Fraction           | 1.0000 |
| COMPONENTS                       | MOLAR FLOW<br>(lbmole/hr) | MOLE FRACTION | MASS FLOW<br>(lb/hr) | MASS FRACTION | LIQUID VOLUME<br>FLOW (barrel/day) | LIQUID VOLUME<br>FRACTION |        |
| Nitrogen                         | 19.7259                   | 0.0045        | 552.5818             | 0.0068        | 48.9222                            | 0.0028                    |        |
| CO2                              | 89.3931                   | 0.0204        | 3934.1648            | 0.0482        | 328.3928                           | 0.0192                    |        |
| Methane                          | 3883.2098                 | 0.8822        | 61977.0890           | 0.7801        | 14174.4540                         | 0.8341                    |        |
| Ethane                           | 274.0860                  | 0.0626        | 8241.7395            | 0.1011        | 1588.6241                          | 0.0934                    |        |
| Propane                          | 84.4181                   | 0.0193        | 3722.5847            | 0.0457        | 503.0728                           | 0.0296                    |        |
| i-Butane                         | 18.2301                   | 0.0042        | 1059.6047            | 0.0130        | 129.1077                           | 0.0076                    |        |
| n-Butane                         | 15.3695                   | 0.0035        | 893.3385             | 0.0110        | 104.8817                           | 0.0062                    |        |
| i-Pentane                        | 5.8089                    | 0.0013        | 419.1214             | 0.0051        | 48.0322                            | 0.0027                    |        |
| n-Pentane                        | 3.3045                    | 0.0008        | 238.4258             | 0.0029        | 25.9249                            | 0.0015                    |        |
| EGlycol                          | 0.0004                    | 0.0000        | 0.0237               | 0.0000        | 0.0015                             | 0.0000                    |        |
| TEGlycol                         | 0.0000                    | 0.0000        | 0.0000               | 0.0000        | 0.0000                             | 0.0000                    |        |
| H2O                              | 0.1137                    | 0.0000        | 2.0491               | 0.0000        | 0.1408                             | 0.0000                    |        |
| Toluene                          | 0.2802                    | 0.0001        | 25.8207              | 0.0003        | 2.0321                             | 0.0001                    |        |
| Benzene                          | 0.1824                    | 0.0000        | 12.6824              | 0.0002        | 0.9844                             | 0.0001                    |        |
| n-Heptane                        | 1.5520                    | 0.0004        | 155.5211             | 0.0019        | 15.5049                            | 0.0009                    |        |
| n-Hexane                         | 2.8890                    | 0.0007        | 247.2411             | 0.0030        | 25.5473                            | 0.0015                    |        |
| n-Octane                         | 0.3447                    | 0.0001        | 39.3708              | 0.0005        | 3.8218                             | 0.0002                    |        |
| n-Nonane                         | 0.1101                    | 0.0000        | 14.1252              | 0.0002        | 1.3429                             | 0.0001                    |        |
| n-Decane                         | 0.0278                    | 0.0000        | 3.9265               | 0.0000        | 0.3689                             | 0.0000                    |        |
| n-C11                            | 0.0048                    | 0.0000        | 0.7458               | 0.0000        | 0.0887                             | 0.0000                    |        |
| n-C12                            | 0.0002                    | 0.0000        | 0.0397               | 0.0000        | 0.0038                             | 0.0000                    |        |
| n-C13                            | 0.0000                    | 0.0000        | 0.0073               | 0.0000        | 0.0007                             | 0.0000                    |        |
| Total                            | 4379.0112                 | 1.0000        | 81540.2028           | 1.0000        | 18993.2278                         | 1.0000                    |        |

## CONCLUSIONES

- ✚ De conformidad con las simulaciones, ver anexos, no se presentaran condensados en la tubería, ni en las estaciones donde hay etapas de regulación, no obstante al presentarse una temperatura por debajo del punto de rocío, debido al bajo contenido de HC pesados de las mezclas resultantes. Se prevé condensación de agua ambiente en la tubería externa aguas abajo de la regulación.
- ✚ Según el modelamiento realizado indica que no se presentarán condensados que impliquen frecuencias mayores de limpieza que las buenas prácticas de operación aconsejan para un gasoducto que transporta gas que cumple las condiciones de calidad establecidas en la regulación.
- ✚ La presión en el COGB es inversamente proporcional al aumento del gas de venta, y para el escenario con carga máxima su presión se calcula aproximadamente de 792 psig.
- ✚ El porcentaje en volumen del CO<sub>2</sub> en ningún escenario supera el 2% permitido por el RUT. Supera el 2% solo en fracción molar no volumétrica.
- ✚ A manera de comprobación y control del modelo se simuló un flujo de 15 MMSCFD de gas de venta con el escenario máximo de gas residual y el resultado arrojado determinó que no hay presencia de condensado en la tubería y el cricondentérmico en la estación de palenque es de 45,39 °F aproximadamente igual al máximo establecido por el RUT de 45 °F.

- ✚ A manera de comprobación y control se simuló un flujo de 30,6 MMSCFD de gas de venta con el escenario hipotético de gas residual de 5,445 MMSCFD en las proporciones establecidas en el escenario 3 que corresponde a una proporción muy similar en los otros escenarios y el resultado presentado es que hay presencia de condensado en la tubería y el cricondentérmico en la estación de palenque es de 49,47 °F por encima del máximo establecido por el RUT de 45 °F. y en la línea regulada presenta un exceso de producción de condensado interno, también llega al 2% la fracción volumétrica de CO<sub>2</sub>.

## RECOMENDACIONES

- ✚ Aceptar el gas de mezcla en cualquier escenario de los tres inicialmente planteados por Ecopetrol.
- ✚ TRANSORIENTE deberá asegurarse que la composición del gas a la salida del Twister cumpla con las especificaciones RUT, para lo cual deberá establecerse que el sistema de monitoreo de calidad del gas, cromatógrafo y monitor de punto de rocío de hidrocarburos, deberán estar instalados en la corriente de gas de salida del Twister. Sin el cumplimiento de este requisito no se recomienda aceptar el gas adicional.
- ✚ La producción de condensados en el Twister es directamente proporcional a la producción de gas venta, debido a un factor conocido como GPM (galones de condensado por millón de pies cúbicos), el cual es una medida dependiente de la cromatografía del gas, por tanto se puede inferir que la relación de gas venta y gas residual esta por el orden de 96 a 4, en todo caso el porcentaje de gas venta no deberá ser inferior al 92% de la mezcla ya que dicha relación se acerca al punto de rocío de hidrocarburos máximo permitido por el RUT 45°F, adicional se presenta condensado in situ en partes de la línea, se sobrepasa el límite máximo de CO<sub>2</sub> y problemas en las líneas de gas regulado en Bucaramanga.

## **BIBLIOGRAFÍA**

ARNOLD. Ken, Surface production operations.(design of gas-handling systems and facilities) 2 ed. Houston Tx.: Gulf Publishing Company, 1999 559p. Volume 2.

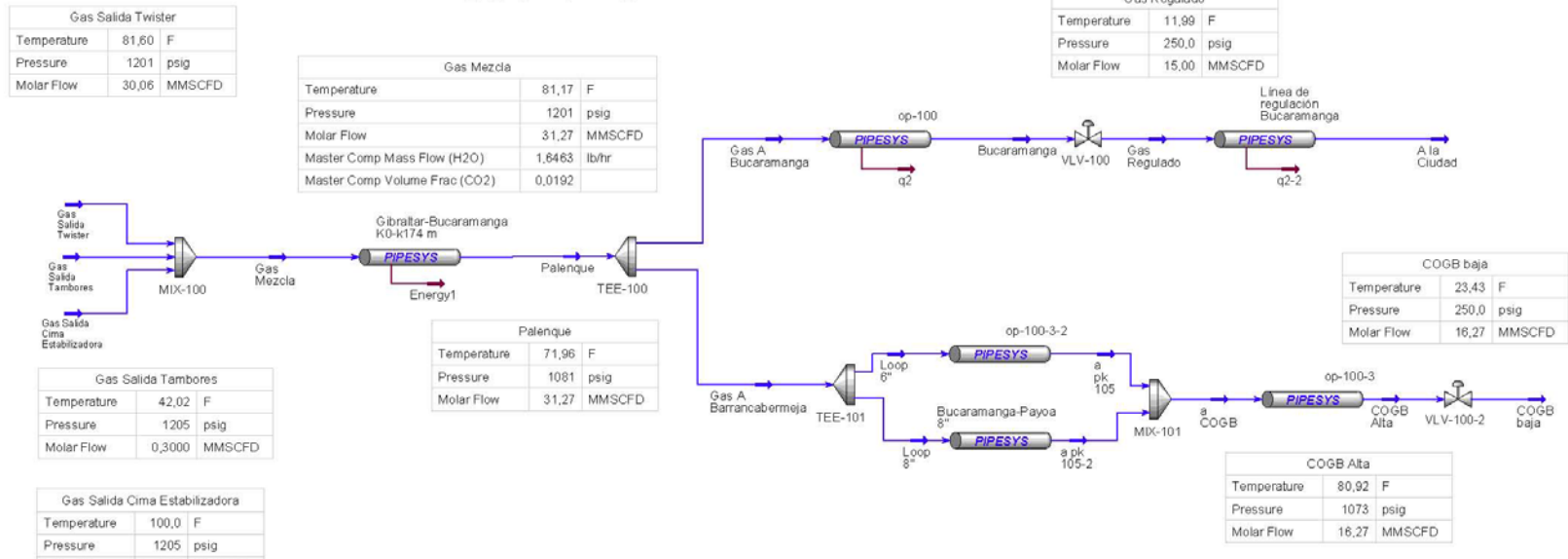
E.W. McAllister, Editor. RULES OF THUMB. Handbook. (a manual of quick, accurate solutions to everyday pipeline engineering problems).7 ed. Oxford.: Gulf Publishing Company, 2009 763p.


AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. Gas transmission and distribution piping systems. ASME B31.8, New York : ASME, 2007. 165p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN.ICONTEC. Código Eléctrico Colombiano. NTC 2050, Bogota D.C.: El Instituto, 1998 1ªActualización. 350p.

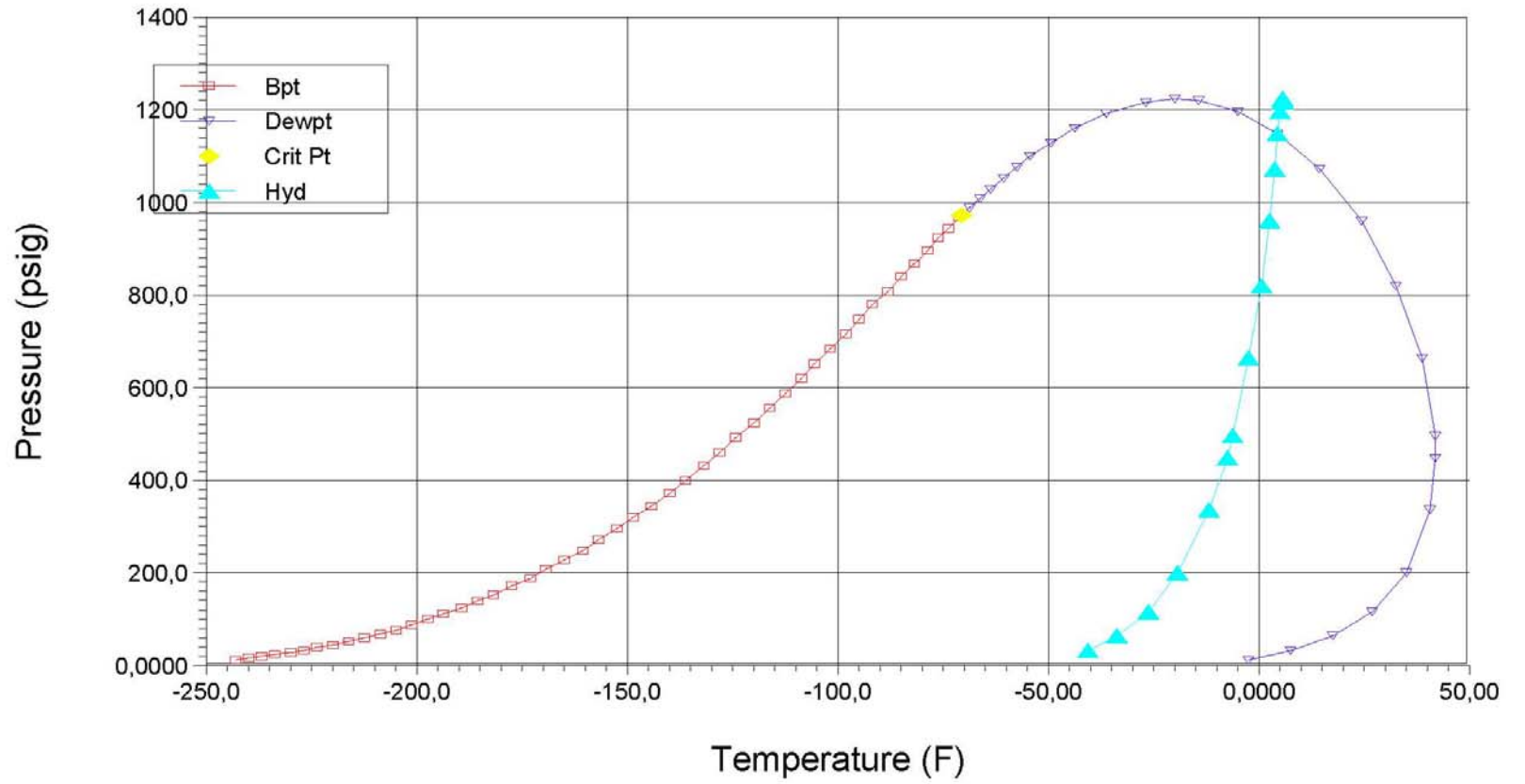
## **ANEXOS**


# Escenario 1





|    |  |  |   |  |
|----|--|--|---|--|
| 1  |  Solutec Ingenieria Ltda<br>Barranquilla Colombia |  | Case Name: ESCENARIO 1.HSC                                  |  |
| 2  |  |  | Unit Set: Field1  |  |
| 3  |  |  | Date/Time: Fri Jul 16 01:18:10 2010                         |  |
| 4  |  |  |   |  |
| 5  |  |  |   |  |
| 6  | <b>Stream: Palenque</b>  |  | <b>Hydrate Formation Utility: Hydrate Formation Utility</b> |  |
| 7  | <b>HYDRATE FORMATION</b>   |  |   |  |
| 8  |  | <b>Hydrate Formation at Stream Conditions:</b> | <b>Formation Temperature at Stream Pressure:</b>            | <b>Formation Pressure at Stream Temperature:</b> |
| 9  |  | Will NOT Form                                  | 4.209 F   | 3.769e+004 psig                                  |
| 10 | Hydrate Type Formed  | No Types                                       | Type II   | Type II  |
| 11 | Calculation Mode   | Use 2-Phase Model                              | Use 2-Phase Model   | Use 2-Phase Model                                |
| 12 | <b>PROPERTIES</b>  |  |   |  |
| 13 |  | Overall  | Vapour Phase  |  |
| 14 | Vapour/Phase Fraction  | 1.0000   | 1.0000  |  |
| 15 | Temperature: (F)   | 71.96  | 71.96   |  |
| 16 | Pressure: (psig)   | 1081   | 1081  |  |
| 17 | Molar Flow (MMSCFD)  | 31.27  | 31.27   |  |
| 18 | Mass Flow (lb/hr)  | 6.402e+004                                     | 6.402e+004  |  |
| 19 | Std Ideal Liq Vol Flow (barrel/day)  | 1.333e+004                                     | 1.333e+004  |  |
| 20 | Molar Enthalpy (Btu/lbmole)  | -3.649e+004                                    | -3.649e+004   |  |
| 21 | Mass Enthalpy (Btu/lb)   | -1957  | -1957   |  |
| 22 | Molar Entropy (Btu/lbmole-F)   | 35.11  | 35.11   |  |
| 23 | Mass Entropy (Btu/lb-F)  | 1.883  | 1.883   |  |
| 24 | Heat Flow (Btu/hr)   | -1.253e+008                                    | -1.253e+008   |  |
| 25 | Molar Density (lbmole/ft3)   | 0.2383   | 0.2383  |  |
| 26 | Mass Density (lb/ft3)  | 4.442  | 4.442   |  |
| 27 | Std Ideal Liq Mass Density (lb/ft3)  | 20.53  | 20.53   |  |
| 28 | Liq Mass Density @Std Cond (lb/ft3)  | ---  | ---   |  |
| 29 | Molar Heat Capacity (Btu/lbmole-F)   | 12.39  | 12.39   |  |
| 30 | Mass Heat Capacity (Btu/lb-F)  | 0.6646   | 0.6646  |  |
| 31 | Thermal Conductivity (Btu/hr-ft-F)   | 2.284e-002                                     | 2.284e-002  |  |
| 32 | Viscosity (cP)   | 1.367e-002                                     | 1.367e-002  |  |
| 33 | Surface Tension (dyne/cm)  | ---  | ---   |  |
| 34 | Molecular Weight   | 18.64  | 18.64   |  |
| 35 | Z Factor   | 0.8059   | 0.8059  |  |
| 36 |  |  |   |  |
| 37 |  |  |   |  |
| 38 |  |  |   |  |
| 39 |  |  |   |  |
| 40 |  |  |   |  |
| 41 |  |  |   |  |
| 42 |  |  |   |  |
| 43 |  |  |   |  |
| 44 |  |  |   |  |
| 45 |  |  |   |  |
| 46 |  |  |   |  |
| 47 |  |  |   |  |
| 48 |  |  |   |  |
| 49 |  |  |   |  |
| 50 |  |  |   |  |
| 51 |  |  |   |  |
| 52 |  |  |   |  |
| 53 |  |  |   |  |
| 54 |  |  |   |  |
| 55 |  |  |   |  |
| 56 |  |  |   |  |
| 57 |  |  |   |  |
| 58 |  |  |   |  |
| 59 |  |  |   |  |
| 60 |  |  |   |  |
| 61 |  |  |   |  |
| 62 |  |  |   |  |
| 63 | Hyprotech Ltd.   |  | Aspen HYSYS Version 7 (22.0.0.7020)                         |  |
|    | Licensed to: LEGENDS   |  | Page 1 of 1<br>* Specified by user.                         |  |

# Palenque



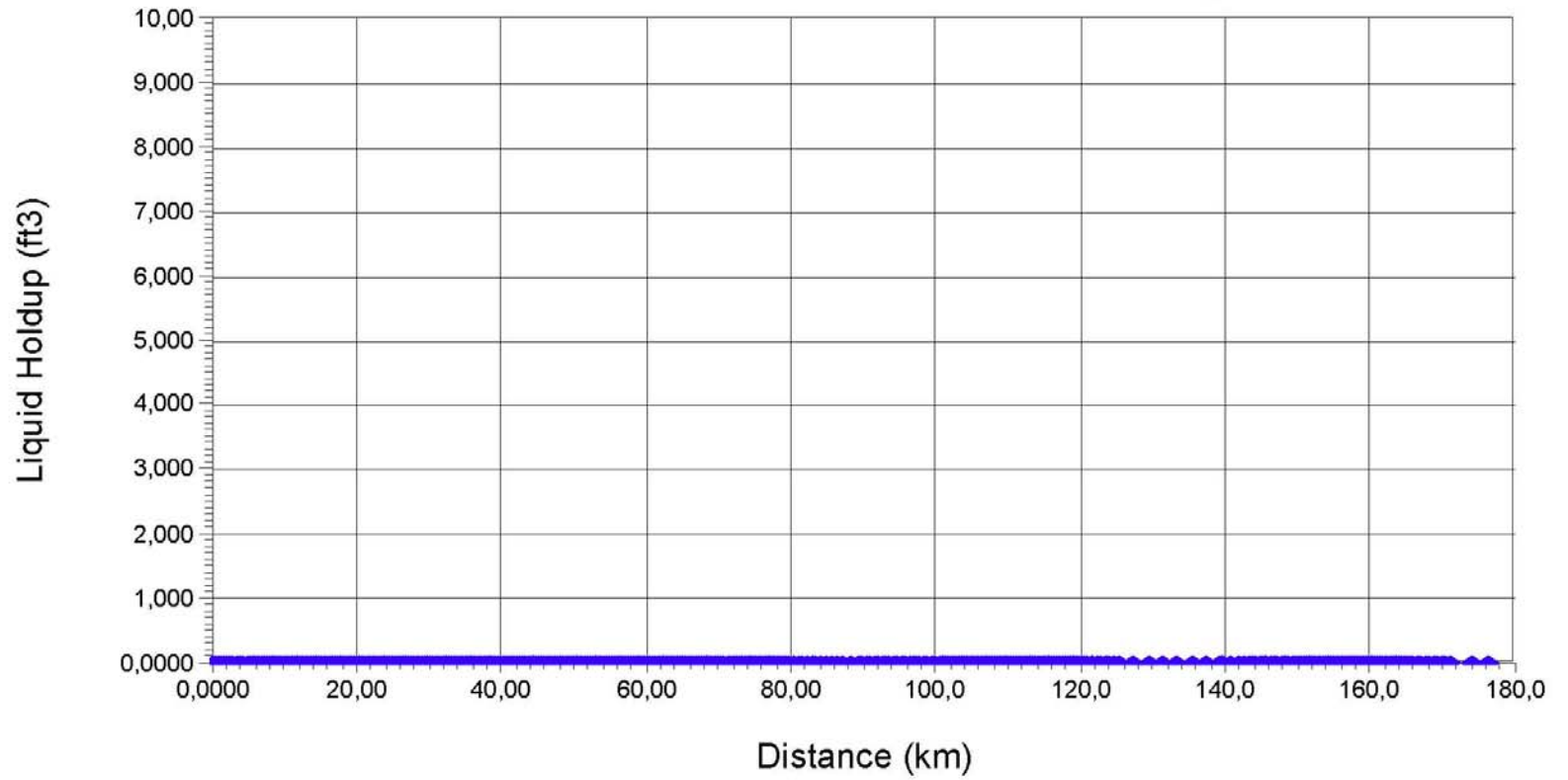
|    |   |                 |   |                      |                                      |
|----|---|-----------------|---|----------------------|--------------------------------------|
| 1  |  <b>Solutec Ingenieria Ltda</b><br>Barranquilla Colombia                 |                 | Case Name: ESCENARIO 1.HSC                  |                      |                                      |
| 2  |   |                 | Unit Set: Field1                            |                      |                                      |
| 3  |   |                 | Date/Time: Fri Jul 16 01:17:32 2010         |                      |                                      |
| 4  |   |                 |   |                      |                                      |
| 5  | <b>Stream: Palenque</b>   |                 | <b>Envelope Utility: Envelope Utility-1</b> |                      |                                      |
| 6  | <b>CONNECTIONS</b>  |                 |   |                      |                                      |
| 7  | Calculation Type: HYSYS Two-Phase   |                 |   |                      |                                      |
| 8  | Two-Phase Critical Temperature:   | -70.17 F        | Two-Phase Critical Pressure:                | 975.1 psig           | Three-Phase Critical Temperature: -- |
| 9  | Three-Phase Critical Pressure:  | --              | Cricondenherm:                              | 42.31 F              | Cricondenbar: 1224 psig              |
| 10 | <b>STREAM COMPOSITIONS</b>  |                 |   |                      |                                      |
| 11 | Component   | Mole Fraction   | Mass Fraction                               | Volume Fraction      |                                      |
| 12 | Nitrogen  | 0.0045          | 0.0068                                      | 0.0028               |                                      |
| 13 | CO2   | 0.0205          | 0.0483                                      | 0.0192               |                                      |
| 14 | Methane   | 0.8813          | 0.7583                                      | 0.8328               |                                      |
| 15 | Ethane  | 0.0630          | 0.1016                                      | 0.0939               |                                      |
| 16 | Propane   | 0.0197          | 0.0465                                      | 0.0302               |                                      |
| 17 | i-Butane  | 0.0042          | 0.0132                                      | 0.0077               |                                      |
| 18 | n-Butane  | 0.0036          | 0.0111                                      | 0.0062               |                                      |
| 19 | i-Pentane   | 0.0013          | 0.0052                                      | 0.0027               |                                      |
| 20 | n-Pentane   | 0.0008          | 0.0029                                      | 0.0015               |                                      |
| 21 | EGlycol   | 0.0000          | 0.0000                                      | 0.0000               |                                      |
| 22 | TEGlycol  | 0.0000          | 0.0000                                      | 0.0000               |                                      |
| 23 | H2O   | 0.0000          | 0.0000                                      | 0.0000               |                                      |
| 24 | Toluene   | 0.0001          | 0.0003                                      | 0.0001               |                                      |
| 25 | Benzene   | 0.0000          | 0.0002                                      | 0.0001               |                                      |
| 26 | n-Heptane   | 0.0004          | 0.0019                                      | 0.0009               |                                      |
| 27 | n-Hexane  | 0.0007          | 0.0030                                      | 0.0015               |                                      |
| 28 | n-Octane  | 0.0001          | 0.0005                                      | 0.0002               |                                      |
| 29 | n-Nonane  | 0.0000          | 0.0002                                      | 0.0001               |                                      |
| 30 | n-Decane  | 0.0000          | 0.0000                                      | 0.0000               |                                      |
| 31 | n-C11   | 0.0000          | 0.0000                                      | 0.0000               |                                      |
| 32 | n-C12   | 0.0000          | 0.0000                                      | 0.0000               |                                      |
| 33 | n-C13   | 0.0000          | 0.0000                                      | 0.0000               |                                      |
| 34 | <b>CURVES</b>   |                 |   |                      |                                      |
| 35 | <b>Bubble Point Curve Table</b>   |                 |   |                      |                                      |
| 36 | Pressure (psig)   | Temperature (F) | Volume                                      | Enthalpy             | Entropy                              |
| 37 | 13.78   | -242.8          |   |                      |                                      |
| 38 | 17.20   | -239.7          |   |                      |                                      |
| 39 | 21.01   | -236.6          |   |                      |                                      |
| 40 | 25.24   | -233.3          |   |                      |                                      |
| 41 | 29.94   | -230.0          |   |                      |                                      |
| 42 | 35.15   | -226.6          |   |                      |                                      |
| 43 | 40.92   | -223.2          |   |                      |                                      |
| 44 | 47.29   | -219.7          |   |                      |                                      |
| 45 | 54.32   | -216.1          |   |                      |                                      |
| 46 | 62.05   | -212.4          |   |                      |                                      |
| 47 | 70.54   | -208.7          |   |                      |                                      |
| 48 | 79.85   | -205.0          |   |                      |                                      |
| 49 | 90.02   | -201.1          |   |                      |                                      |
| 50 | 101.1   | -197.3          |   |                      |                                      |
| 51 | 113.2   | -193.3          |   |                      |                                      |
| 52 | 126.3   | -189.4          |   |                      |                                      |
| 53 | 140.5   | -185.3          |   |                      |                                      |
| 54 | 155.8   | -181.3          |   |                      |                                      |
| 55 | <b>Hyprotech Ltd.</b> <span style="float: right;"><b>Aspen HYSYS Version 7 (22.0.0.7020)</b></span> <span style="float: right;"><b>Page 1 of 4</b></span> |                 |   |                      |                                      |
| 56 | Licensed to: LEGENDS  |                 |   | * Specified by user. |                                      |

|    |   |             |   |          |             |
|----|---|-------------|---|----------|-------------|
| 1  |  <b>Solutec Ingenieria Ltda</b><br>Barranquilla Colombia |             | Case Name: ESCENARIO 1.HSC                          |          |             |
| 2  |   |             | Unit Set: Field1                                    |          |             |
| 3  |   |             | Date/Time: Fri Jul 16 01:17:32 2010                 |          |             |
| 4  |   |             |   |          |             |
| 5  | <b>Stream: Palenque (continued)</b>   |             | <b>Envelope Utility: Envelope Utility-1 (contin</b> |          |             |
| 6  |   |             |   |          |             |
| 7  | <b>CURVES</b>   |             |   |          |             |
| 8  |   |             |   |          |             |
| 9  |   |             |   |          |             |
| 10 |   |             |   |          |             |
| 11 | Pressure  | Temperature | Volume  | Enthalpy | Entropy     |
| 12 | (psig)  | (F)         |   |          |             |
| 13 | 172.2   | -177.2      |   |          |             |
| 14 | 189.9   | -173.1      |   |          |             |
| 15 | 208.8   | -168.9      |   |          |             |
| 16 | 228.9   | -164.8      |   |          |             |
| 17 | 250.2   | -160.6      |   |          |             |
| 18 | 272.8   | -156.5      |   |          |             |
| 19 | 296.6   | -152.3      |   |          |             |
| 20 | 321.6   | -148.1      |   |          |             |
| 21 | 347.7   | -144.0      |   |          |             |
| 22 | 374.9   | -139.9      |   |          |             |
| 23 | 403.2   | -135.8      |   |          |             |
| 24 | 432.4   | -131.8      |   |          |             |
| 25 | 462.4   | -127.8      |   |          |             |
| 26 | 493.2   | -123.9      |   |          |             |
| 27 | 524.6   | -120.0      |   |          |             |
| 28 | 556.4   | -116.2      |   |          |             |
| 29 | 588.6   | -112.4      |   |          |             |
| 30 | 621.0   | -108.7      |   |          |             |
| 31 | 653.4   | -105.1      |   |          |             |
| 32 | 685.8   | -101.5      |   |          |             |
| 33 | 717.9   | -98.08      |   |          |             |
| 34 | 749.6   | -94.69      |   |          |             |
| 35 | 780.8   | -91.37      |   |          |             |
| 36 | 811.4   | -88.12      |   |          |             |
| 37 | 841.4   | -84.94      |   |          |             |
| 38 | 870.5   | -81.81      |   |          |             |
| 39 | 898.9   | -78.72      |   |          |             |
| 40 | 926.6   | -75.67      |   |          |             |
| 41 | 948.0   | -73.27      |   |          |             |
| 42 | 969.0   | -70.87      |   |          |             |
| 43 | 975.1   | -70.17      |   |          |             |
| 44 | <b>Dew Point Curve Table</b>  |             |   |          |             |
| 45 |   |             |   |          |             |
| 46 | Pressure  | Temperature | Volume  | Enthalpy | Entropy     |
| 47 | (psig)  | (F)         |   |          |             |
| 48 | 14.70   | -2.030      |   |          |             |
| 49 | 33.76   | 7.707       |   |          |             |
| 50 | 65.20   | 17.54       |   |          |             |
| 51 | 117.0   | 27.07       |   |          |             |
| 52 | 202.5   | 35.51       |   |          |             |
| 53 | 338.3   | 41.21       |   |          |             |
| 54 | 448.4   | 42.31       |   |          |             |
| 55 | 497.5   | 42.12       |   |          |             |
| 56 | 664.3   | 39.02       |   |          |             |
| 57 | 823.3   | 32.83       |   |          |             |
| 58 | 961.9   | 24.52       |   |          |             |
| 59 | 1072  | 14.96       |   |          |             |
| 60 | 1151  | 4.932       |   |          |             |
| 61 | 1199  | -4.948      |   |          |             |
| 62 | 1221  | -14.21      |   |          |             |
| 63 | Hyprotech Ltd.  |             | Aspen HYSYS Version 7 (22.0.0.7020)                 |          | Page 2 of 4 |

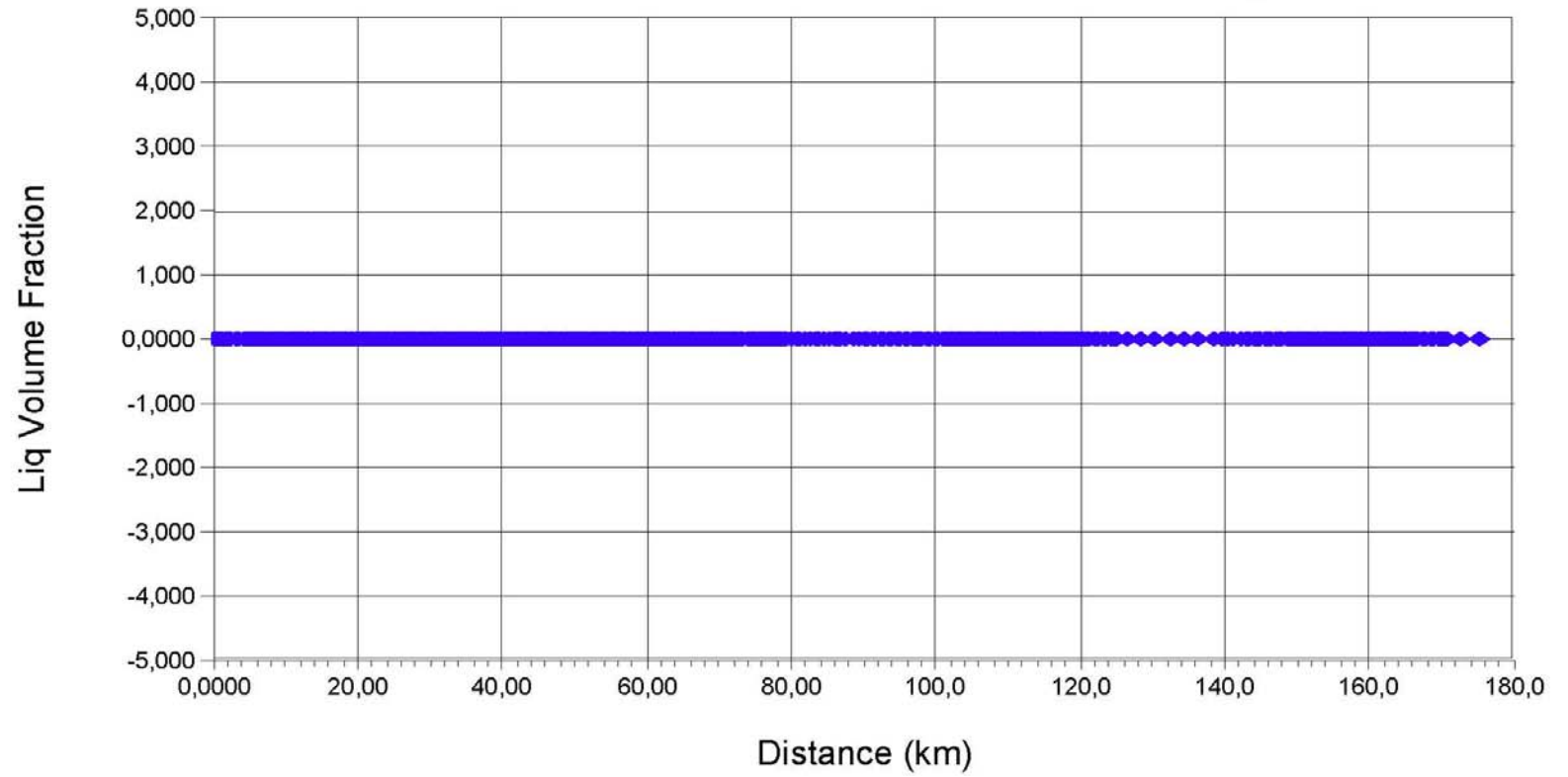
|    |   |                 |   |          |             |
|----|---|-----------------|---|----------|-------------|
| 1  |  <b>Solutec Ingenieria Ltda</b><br>Barranquilla Colombia |                 | Case Name: ESCENARIO 1.HSC                          |          |             |
| 2  |   |                 | Unit Set: Field1                                    |          |             |
| 3  |   |                 | Date/Time: Fri Jul 16 01:17:32 2010                 |          |             |
| 4  |   |                 |   |          |             |
| 5  |   |                 |   |          |             |
| 6  | <b>Stream: Palenque (continued)</b>   |                 | <b>Envelope Utility: Envelope Utility-1 (contin</b> |          |             |
| 7  | <b>Dew Point Curve Table</b>  |                 |   |          |             |
| 8  |   |                 |   |          |             |
| 9  | Pressure (psig)   | Temperature (F) | Volume  | Enthalpy | Entropy     |
| 10 |   |                 |   |          |             |
| 11 | 1224  | -19.77          |   |          |             |
| 12 | 1220  | -26.34          |   |          |             |
| 13 | 1195  | -36.06          |   |          |             |
| 14 | 1163  | -43.56          |   |          |             |
| 15 | 1132  | -49.30          |   |          |             |
| 16 | 1103  | -53.78          |   |          |             |
| 17 | 1077  | -57.42          |   |          |             |
| 18 | 1054  | -60.54          |   |          |             |
| 19 | 1032  | -63.34          |   |          |             |
| 20 | 1011  | -65.94          |   |          |             |
| 21 | 989.9   | -68.43          |   |          |             |
| 22 | 975.1   | -70.17          |   |          |             |
| 23 |   |                 |   |          |             |
| 24 |   |                 |   |          |             |
| 25 | <b>Hydrate Curve Table</b>  |                 |   |          |             |
| 26 |   |                 |   |          |             |
| 27 | Pressure (psig)   | Temperature (F) |   |          |             |
| 28 |   |                 |   |          |             |
| 29 |   |                 | 33.76   |          | -40.55      |
| 30 |   |                 | 65.20   |          | -33.50      |
| 31 |   |                 | 117.0   |          | -26.24      |
| 32 |   |                 | 202.5   |          | -18.80      |
| 33 |   |                 | 338.3   |          | -11.47      |
| 34 |   |                 | 448.4   |          | -7.384      |
| 35 |   |                 | 497.5   |          | -5.882      |
| 36 |   |                 | 664.3   |          | -2.188      |
| 37 |   |                 | 823.3   |          | 0.6283      |
| 38 |   |                 | 961.9   |          | 2.715       |
| 39 |   |                 | 1072  |          | 4.107       |
| 40 |   |                 | 1151  |          | 4.981       |
| 41 |   |                 | 1199  |          | 5.478       |
| 42 |   |                 | 1221  |          | 5.697       |
| 43 |   |                 | 1224  |          | 5.732       |
| 44 |   |                 | 1220  |          | 5.685       |
| 45 | <b>PROPERTIES</b>   |                 |   |          |             |
| 46 |   |                 |   |          |             |
| 47 |   | Overall         | Vapour Phase  |          |             |
| 48 | Vapour/Phase Fraction   | 1.0000          | 1.0000  |          |             |
| 49 | Temperature: (F)  | 71.96           | 71.96   |          |             |
| 50 | Pressure: (psig)  | 1081            | 1081  |          |             |
| 51 | Molar Flow (MMSCFD)   | 31.27           | 31.27   |          |             |
| 52 | Mass Flow (lb/hr)   | 6.402e+004      | 6.402e+004  |          |             |
| 53 | Std Ideal Liq Vol Flow (barrel/day)   | 1.333e+004      | 1.333e+004  |          |             |
| 54 | Molar Enthalpy (Btu/lbmole)   | -3.649e+004     | -3.649e+004   |          |             |
| 55 | Mass Enthalpy (Btu/lb)  | -1957           | -1957   |          |             |
| 56 | Molar Entropy (Btu/lbmole-F)  | 35.11           | 35.11   |          |             |
| 57 | Mass Entropy (Btu/lb-F)   | 1.883           | 1.883   |          |             |
| 58 | Heat Flow (Btu/hr)  | -1.253e+008     | -1.253e+008   |          |             |
| 59 | Molar Density (lbmole/ft3)  | 0.2383          | 0.2383  |          |             |
| 60 | Mass Density (lb/ft3)   | 4.442           | 4.442   |          |             |
| 61 | Std Ideal Liq Mass Density (lb/ft3)   | 20.53           | 20.53   |          |             |
| 62 | Liq Mass Density @Std Cond (lb/ft3)   | --              | --  |          |             |
| 63 | Hyprotech Ltd.  |                 | Aspen HYSYS Version 7 (22.0.0.7020)                 |          | Page 3 of 4 |

|    |  |                |   |            |             |  |
|----|--|----------------|---|------------|-------------|--|
| 1  |  Solutec Ingenieria Ltda<br>Barranquilla Colombia |                | Case Name: ESCENARIO 1.HSC                          |            |             |  |
| 2  |  |                | Unit Set: Field1                                    |            |             |  |
| 3  |  |                | Date/Time: Fri Jul 16 01:17:32 2010                 |            |             |  |
| 4  |  |                |   |            |             |  |
| 5  |  |                |   |            |             |  |
| 6  |  |                |   |            |             |  |
| 7  | <b>Stream: Palenque (continued)</b>  |                | <b>Envelope Utility: Envelope Utility-1 (contin</b> |            |             |  |
| 8  |  |                |   |            |             |  |
| 9  | Molar Heat Capacity  | (Btu/lbmole-F) | 12.39   | 12.39      |             |  |
| 10 | Mass Heat Capacity   | (Btu/lb-F)     | 0.6646  | 0.6646     |             |  |
| 11 | Thermal Conductivity   | (Btu/hr-ft-F)  | 2.284e-002  | 2.284e-002 |             |  |
| 12 | Viscosity  | (cP)           | 1.367e-002  | 1.367e-002 |             |  |
| 13 | Surface Tension  | (dyne/cm)      | ---   | ---        |             |  |
| 14 | Molecular Weight   |                | 18.64   | 18.64      |             |  |
| 15 | Z Factor   |                | 0.8059  | 0.8059     |             |  |
| 16 | Mole Frac (Nitrogen)   |                | 0.0045  | 0.0045     |             |  |
| 17 | Mole Frac (CO2)  |                | 0.0205  | 0.0205     |             |  |
| 18 | Mole Frac (Methane)  |                | 0.8813  | 0.8813     |             |  |
| 19 | Mole Frac (Ethane)   |                | 0.0630  | 0.0630     |             |  |
| 20 | Mole Frac (Propane)  |                | 0.0197  | 0.0197     |             |  |
| 21 | Mole Frac (i-Butane)   |                | 0.0042  | 0.0042     |             |  |
| 22 | Mole Frac (n-Butane)   |                | 0.0036  | 0.0036     |             |  |
| 23 | Mole Frac (i-Pentane)  |                | 0.0013  | 0.0013     |             |  |
| 24 | Mole Frac (n-Pentane)  |                | 0.0008  | 0.0008     |             |  |
| 25 | Mole Frac (EGlycol)  |                | 0.0000  | 0.0000     |             |  |
| 26 | Mole Frac (TEGlycol)   |                | 0.0000  | 0.0000     |             |  |
| 27 | Mole Frac (H2O)  |                | 0.0000  | 0.0000     |             |  |
| 28 | Mole Frac (Toluene)  |                | 0.0001  | 0.0001     |             |  |
| 29 | Mole Frac (Benzene)  |                | 0.0000  | 0.0000     |             |  |
| 30 | Mole Frac (n-Heptane)  |                | 0.0004  | 0.0004     |             |  |
| 31 | Mole Frac (n-Hexane)   |                | 0.0007  | 0.0007     |             |  |
| 32 | Mole Frac (n-Octane)   |                | 0.0001  | 0.0001     |             |  |
| 33 | Mole Frac (n-Nonane)   |                | 0.0000  | 0.0000     |             |  |
| 34 | Mole Frac (n-Decane)   |                | 0.0000  | 0.0000     |             |  |
| 35 | Mole Frac (n-C11)  |                | 0.0000  | 0.0000     |             |  |
| 36 | Mole Frac (n-C12)  |                | 0.0000  | 0.0000     |             |  |
| 37 | Mole Frac (n-C13)  |                | 0.0000  | 0.0000     |             |  |
| 38 |  |                |   |            |             |  |
| 39 |  |                |   |            |             |  |
| 40 |  |                |   |            |             |  |
| 41 |  |                |   |            |             |  |
| 42 |  |                |   |            |             |  |
| 43 |  |                |   |            |             |  |
| 44 |  |                |   |            |             |  |
| 45 |  |                |   |            |             |  |
| 46 |  |                |   |            |             |  |
| 47 |  |                |   |            |             |  |
| 48 |  |                |   |            |             |  |
| 49 |  |                |   |            |             |  |
| 50 |  |                |   |            |             |  |
| 51 |  |                |   |            |             |  |
| 52 |  |                |   |            |             |  |
| 53 |  |                |   |            |             |  |
| 54 |  |                |   |            |             |  |
| 55 |  |                |   |            |             |  |
| 56 |  |                |   |            |             |  |
| 57 |  |                |   |            |             |  |
| 58 |  |                |   |            |             |  |
| 59 |  |                |   |            |             |  |
| 60 |  |                |   |            |             |  |
| 61 |  |                |   |            |             |  |
| 62 |  |                |   |            |             |  |
| 63 | Hyprotech Ltd.   |                | Aspen HYSYS Version 7 (22.0.0.7020)                 |            | Page 4 of 4 |  |

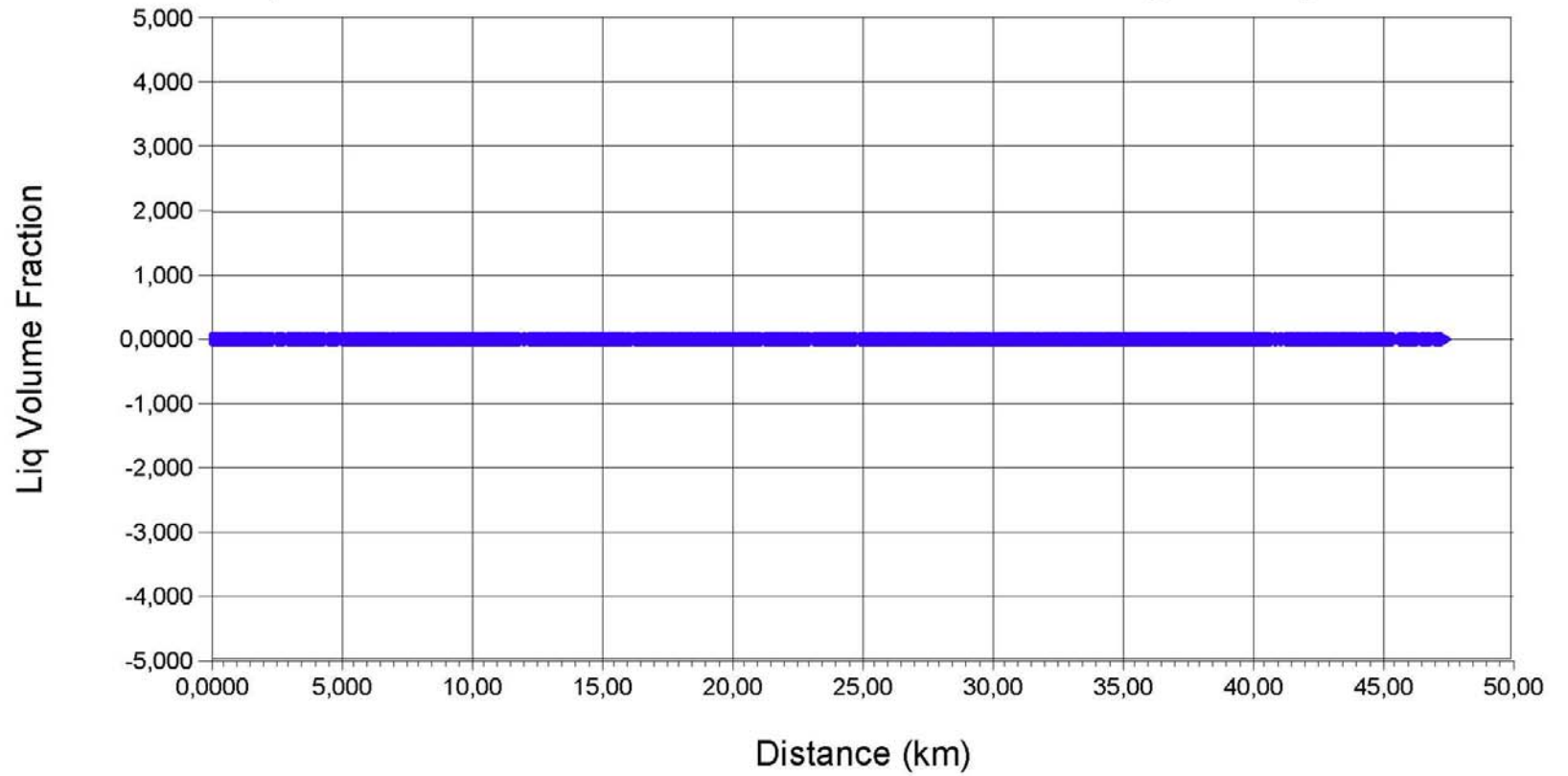
## Cumulative Liquid Holdup: Gibraltar-Bucaramanga K0-k174 m



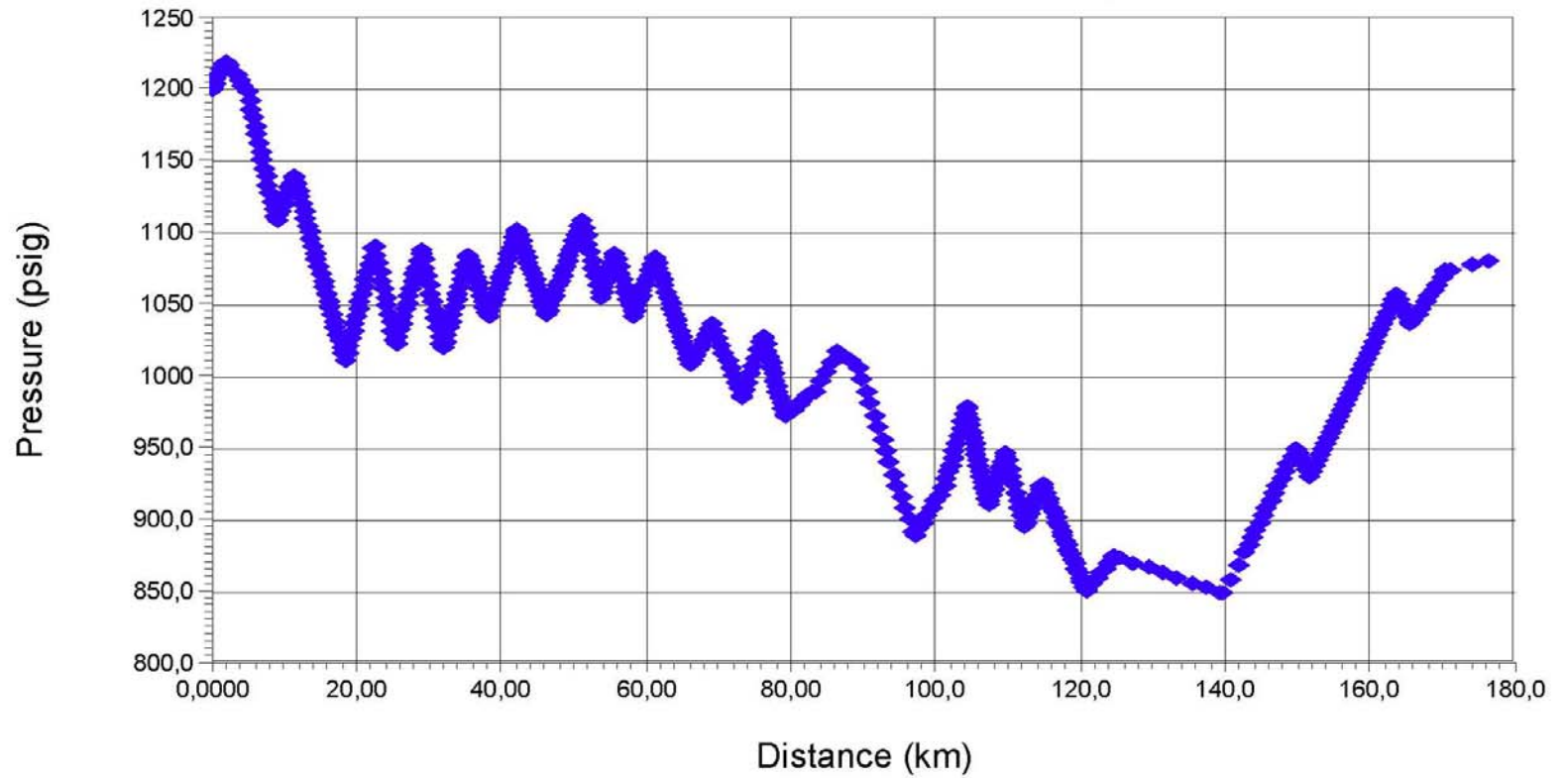
# Insitu Liquid Volume Fraction: Gibraltar-Bucaramanga K0-k174 m



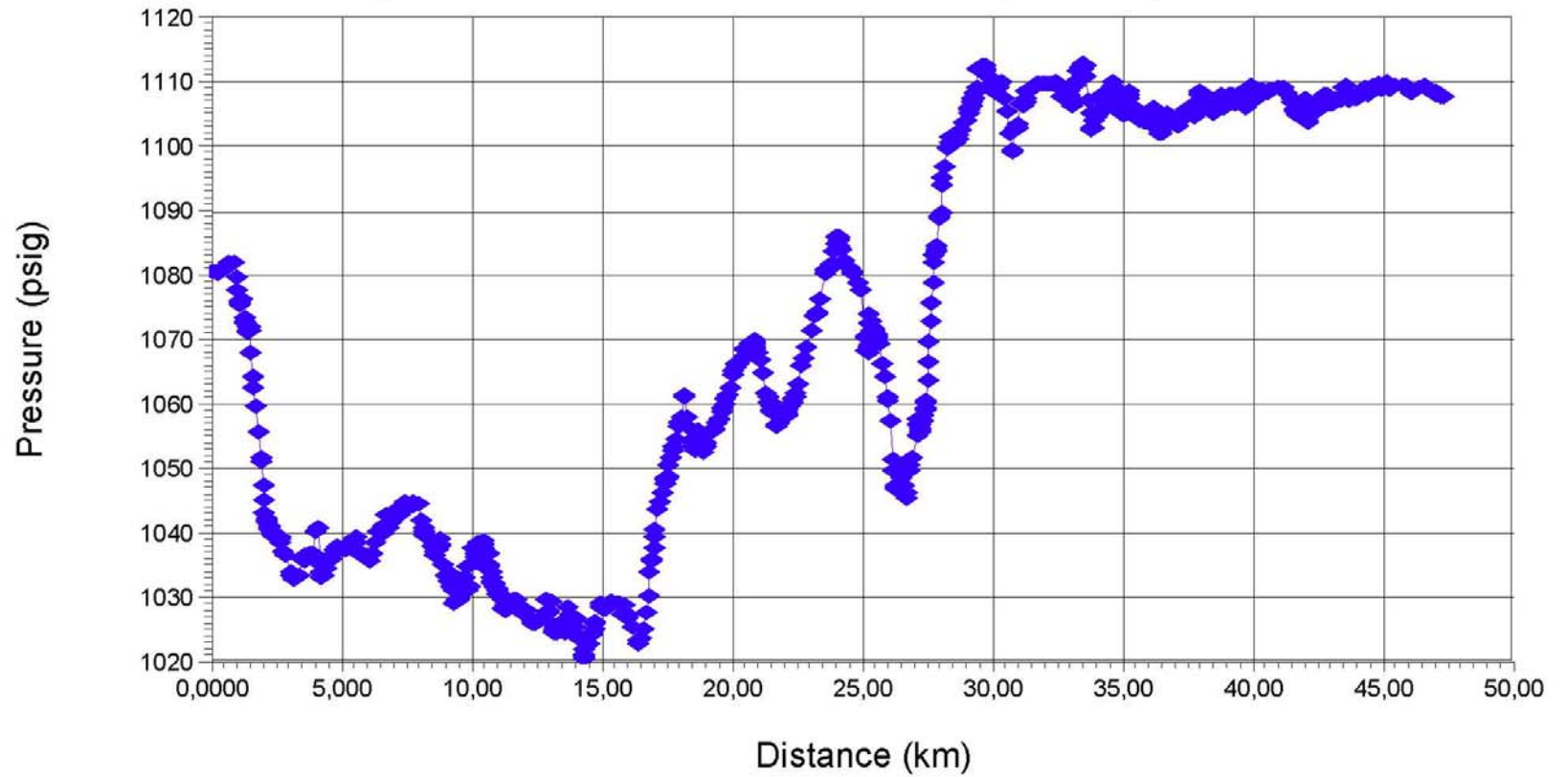
## Insitu Liquid Volume Fraction: Bucaramanga-Payoa 8"




## Flowing Pressure: Gibraltar-Bucaramanga K0-k174 m





# Flowing Pressure: Bucaramanga-Payoa 8"



|    |  |                                     |                                     |
|----|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1  |  |                                     | Case Name: ESCENARIO 1.HSC          |
| 2  |  |                                     | Unit Set: Field1                    |
| 3  | <b>SOLUTEC</b>                                       | Solutec Ingenieria Ltda             | Date/Time: Fri Jul 16 01:57:43 2010 |
| 4  | INGENIERIA LTDA                                      | Barranquilla Colombia               |                                     |
| 5  |  |                                     |                                     |
| 6  |  |                                     |                                     |
| 7  | <b>NeotecPIPESYS v2.5.77.0:</b>                      |                                     | <b>ESCENARIO 1.HSC</b>              |
| 8  |  |                                     |                                     |
| 9  |  |                                     |                                     |
| 10 | <b>Gibraltar-Bucaramanga K0-k174 m</b>               |                                     |                                     |
| 11 |  |                                     |                                     |
| 12 | <b>Summary</b>                                       |                                     |                                     |
| 13 |  |                                     |                                     |
| 14 |  |                                     |                                     |
| 15 |  |                                     |                                     |
| 16 | Upstream Pressure: 1201.00 psig                      |                                     |                                     |
| 17 | Upstream Temperature: 81.17 F                        |                                     |                                     |
| 18 |  |                                     |                                     |
| 19 | Downstream Pressure: 1080.83 psig                    |                                     |                                     |
| 20 | Downstream Temperature: 71.96 F                      |                                     |                                     |
| 21 |  |                                     |                                     |
| 22 | Predicted Pressure Loss: 120.18 psi                  |                                     |                                     |
| 23 |  |                                     |                                     |
| 24 | Friction Loss: 92.01 psi                             |                                     |                                     |
| 25 | Hydrostatic Loss: 28.17 psi                          |                                     |                                     |
| 26 | Kinetic Loss: 0.002 psi                              |                                     |                                     |
| 27 | Inline Facilities Loss: 0.00 psi                     |                                     |                                     |
| 28 |  |                                     |                                     |
| 29 | Average Pressure Gradient: -0.0057 inH2O/ft          |                                     |                                     |
| 30 |  |                                     |                                     |
| 31 | Total Liquid Holdup: 0.0 ft3                         |                                     |                                     |
| 32 | Total Line Pack @STD: 41316525.3 ft3                 |                                     |                                     |
| 33 |  |                                     |                                     |
| 34 | Pipe Volume: 471499.0 ft3                            |                                     |                                     |
| 35 |  |                                     |                                     |
| 36 | Net Heat Loss to the Surroundings: 8.642e+004 Btu/hr |                                     |                                     |
| 37 |  |                                     |                                     |
| 38 |  |                                     |                                     |
| 39 |  |                                     |                                     |
| 40 |  |                                     |                                     |
| 41 |  |                                     |                                     |
| 42 |  |                                     |                                     |
| 43 |  |                                     |                                     |
| 44 |  |                                     |                                     |
| 45 |  |                                     |                                     |
| 46 |  |                                     |                                     |
| 47 |  |                                     |                                     |
| 48 |  |                                     |                                     |
| 49 |  |                                     |                                     |
| 50 |  |                                     |                                     |
| 51 |  |                                     |                                     |
| 52 |  |                                     |                                     |
| 53 |  |                                     |                                     |
| 54 |  |                                     |                                     |
| 55 |  |                                     |                                     |
| 56 |  |                                     |                                     |
| 57 |  |                                     |                                     |
| 58 |  |                                     |                                     |
| 59 |  |                                     |                                     |
| 60 |  |                                     |                                     |
| 61 |  |                                     |                                     |
| 62 |  |                                     |                                     |
| 63 | Hyprotech Ltd.                                       | Aspen HYSYS Version 7 (22.0.0.7020) | Page 1 of 1                         |


|    |   |                                     |                                     |
|----|---|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1  |   |                                     | Case Name: ESCENARIO 1.HSC          |
| 2  |   |                                     | Unit Set: Field1                    |
| 3  |  | Solutec Ingenieria Ltda             | Date/Time: Fri Jul 16 01:58:14 2010 |
| 4  |   | Barranquilla Colombia               |                                     |
| 5  |   |                                     |                                     |
| 6  |   |                                     |                                     |
| 7  | <b>NeotecPIPESYS v2.5.77.0:</b>   |                                     | <b>ESCENARIO 1.HSC</b>              |
| 8  |   |                                     |                                     |
| 9  |   |                                     |                                     |
| 10 | <b>Bucaramanga-Payoa 8"</b>   |                                     |                                     |
| 11 |   |                                     |                                     |
| 12 | <b>Summary</b>  |                                     |                                     |
| 13 |   |                                     |                                     |
| 14 |   |                                     |                                     |
| 15 |   |                                     |                                     |
| 16 |   | Upstream Pressure:                  | 1080.83 psig                        |
| 17 |   | Upstream Temperature:               | 71.96 F                             |
| 18 |   |                                     |                                     |
| 19 |   | Downstream Pressure:                | 1107.72 psig                        |
| 20 |   | Downstream Temperature:             | 86.16 F                             |
| 21 |   |                                     |                                     |
| 22 |   | Predicted Pressure Loss:            | -26.88 psi                          |
| 23 |   |                                     |                                     |
| 24 |   | Friction Loss:                      | 27.40 psi                           |
| 25 |   | Hydrostatic Loss:                   | -54.28 psi                          |
| 26 |   | Kinetic Loss:                       | -0.000 psi                          |
| 27 |   | Inline Facilities Loss:             | 0.00 psi                            |
| 28 |   |                                     |                                     |
| 29 |   | Average Pressure Gradient:          | 0.0048 inH2O/ft                     |
| 30 |   |                                     |                                     |
| 31 |   | Total Liquid Holdup:                | 0.0 ft3                             |
| 32 |   | Total Line Pack @STD:               | 4753924.1 ft3                       |
| 33 |   |                                     |                                     |
| 34 |   | Pipe Volume:                        | 53914.1 ft3                         |
| 35 |   |                                     |                                     |
| 36 |   | Net Heat Loss to the Surroundings:  | -1.346e+005 Btu/hr                  |
| 37 |   |                                     |                                     |
| 38 |   |                                     |                                     |
| 39 |   |                                     |                                     |
| 40 |   |                                     |                                     |
| 41 |   |                                     |                                     |
| 42 |   |                                     |                                     |
| 43 |   |                                     |                                     |
| 44 |   |                                     |                                     |
| 45 |   |                                     |                                     |
| 46 |   |                                     |                                     |
| 47 |   |                                     |                                     |
| 48 |   |                                     |                                     |
| 49 |   |                                     |                                     |
| 50 |   |                                     |                                     |
| 51 |   |                                     |                                     |
| 52 |   |                                     |                                     |
| 53 |   |                                     |                                     |
| 54 |   |                                     |                                     |
| 55 |   |                                     |                                     |
| 56 |   |                                     |                                     |
| 57 |   |                                     |                                     |
| 58 |   |                                     |                                     |
| 59 |   |                                     |                                     |
| 60 |   |                                     |                                     |
| 61 |   |                                     |                                     |
| 62 |   |                                     |                                     |
| 63 | Hyprotech Ltd.  | Aspen HYSYS Version 7 (22.0.0.7020) | Page 1 of 1                         |


|    |  |              |                                     |                     |                      |                      |
|----|--|--------------|-------------------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| 1  |  Solutec Ingenieria Ltda<br>Barranquilla Colombia |              | Case Name: ESCENARIO 1.HSC          |                     |                      |                      |
| 2  |  |              | Unit Set: Field1                    |                     |                      |                      |
| 3  |  |              | Date/Time: Mon Jul 26 00:00:56 2010 |                     |                      |                      |
| 4  |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 5  | <b>Workbook: Case (Main)</b>   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 6  | <b>Material Streams</b>  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 7  |  |              |                                     |                     | Fluid Pkg: All       |                      |
| 8  |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 9  |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 10 |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 11 | Name   | Palenque     | Palenque-2                          | Gas Salida Tambores | Gas Salida Cima Esta | Gas Salida Twister-2 |
| 12 | Vapour Fraction  | 1.0000       | 1.0000                              | 1.0000              | 1.0000               | 1.0000               |
| 13 | Temperature (F)  | 71.96        | 67.00                               | 42.02 *             | 100.0 *              | 79.49 *              |
| 14 | Pressure (psig)  | 1081         | 1090                                | 1205 *              | 1205 *               | 1201 *               |
| 15 | Molar Flow (MMSCFD)  | 31.27        | 30.06                               | 0.3000 *            | 0.9100 *             | 30.06 *              |
| 16 | Mass Flow (lb/hr)  | 6.402e+004   | 6.066e+004                          | 638.9               | 2585                 | 6.066e+004           |
| 17 | Liquid Volume Flow (barrel/day)  | 1.333e+004   | 1.273e+004                          | 130.2               | 455.7                | 1.273e+004           |
| 18 | Heat Flow (Btu/hr)   | -1.253e+008  | -1.199e+008                         | -1.247e+006         | -4.212e+006          | -1.196e+008          |
| 19 | Name   | Gas Original | A la Ciudad                         | Gas Mezcla          | Gas Salida Twister   | Gas A Bucaramanga    |
| 20 | Vapour Fraction  | 1.0000       | 0.9993                              | 1.0000              | 1.0000               | 1.0000               |
| 21 | Temperature (F)  | 79.49        | 12.26                               | 81.17               | 81.60 *              | 71.96                |
| 22 | Pressure (psig)  | 1201         | 249.9                               | 1201                | 1201 *               | 1081                 |
| 23 | Molar Flow (MMSCFD)  | 30.06        | 15.00                               | 31.27               | 30.06 *              | 15.00 *              |
| 24 | Mass Flow (lb/hr)  | 6.066e+004   | 3.071e+004                          | 6.402e+004          | 6.079e+004           | 3.071e+004           |
| 25 | Liquid Volume Flow (barrel/day)  | 1.273e+004   | 6395                                | 1.333e+004          | 1.275e+004           | 6395                 |
| 26 | Heat Flow (Btu/hr)   | -1.196e+008  | -6.010e+007                         | -1.252e+008         | -1.197e+008          | -6.010e+007          |
| 27 | Name   | Loop 8*      | Gas A Barrancaberme                 | Loop 6*             | a pk 105             | a pk 105-2           |
| 28 | Vapour Fraction  | 1.0000       | 1.0000                              | 1.0000              | 1.0000               | 1.0000               |
| 29 | Temperature (F)  | 71.96        | 71.96                               | 71.96               | 77.02                | 86.16                |
| 30 | Pressure (psig)  | 1081         | 1081                                | 1081                | 1087                 | 1108                 |
| 31 | Molar Flow (MMSCFD)  | 10.90        | 16.27                               | 5.369               | 5.369                | 10.90                |
| 32 | Mass Flow (lb/hr)  | 2.232e+004   | 3.331e+004                          | 1.099e+004          | 1.099e+004           | 2.232e+004           |
| 33 | Liquid Volume Flow (barrel/day)  | 4648         | 6937                                | 2289                | 2289                 | 4648                 |
| 34 | Heat Flow (Btu/hr)   | -4.388e+007  | -6.519e+007                         | -2.151e+007         | -2.148e+007          | -4.349e+007          |
| 35 | Name   | a COGB       | COGB Alta                           | Bucaramanga         | Gas Regulado         | COGB baja            |
| 36 | Vapour Fraction  | 1.0000       | 1.0000                              | 1.0000              | 0.9993               | 0.9998               |
| 37 | Temperature (F)  | 82.40        | 80.92                               | 71.99               | 11.99                | 23.43                |
| 38 | Pressure (psig)  | 1087         | 1073                                | 1081                | 250.0 *              | 250.0 *              |
| 39 | Molar Flow (MMSCFD)  | 16.27        | 16.27                               | 15.00               | 15.00                | 16.27                |
| 40 | Mass Flow (lb/hr)  | 3.331e+004   | 3.331e+004                          | 3.071e+004          | 3.071e+004           | 3.331e+004           |
| 41 | Liquid Volume Flow (barrel/day)  | 6937         | 6937                                | 6395                | 6395                 | 6937                 |
| 42 | Heat Flow (Btu/hr)   | -6.497e+007  | -6.498e+007                         | -6.010e+007         | -6.010e+007          | -6.498e+007          |
| 43 |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 44 |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 45 |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 46 |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 47 |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 48 |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 49 |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 50 |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 51 |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 52 |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 53 |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 54 |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 55 |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 56 |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 57 |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 58 |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 59 |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 60 |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 61 |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 62 |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 63 | Hyprotech Ltd.   |              | Aspen HYSYS Version 7 (22.0.0.7020) |                     | Page 1 of 4          |                      |

|   |  |                                     |
|---|--|-------------------------------------|
| 1 |  Solutec Ingenieria Ltda<br>Barranquilla Colombia | Case Name: ESCENARIO 1.HSC          |
| 2 |  | Unit Set: Field1                    |
| 3 |  | Date/Time: Mon Jul 26 00:00:56 2010 |
| 4 |  |                                     |
| 5 |  |                                     |

**Workbook: Case (Main) (continued)**

| Compositions |                            |             |                     |                      |                      | Fluid Pkg:   | All |
|--------------|----------------------------|-------------|---------------------|----------------------|----------------------|--------------|-----|
| Name         | Palenque                   | Palenque-2  | Gas Salida Tambores | Gas Salida Cima Esta | Gas Salida Twister-2 |              |     |
| 12           | Comp Mole Frac (Nitrogen)  | 0.00449249  | 0.00459781          | 0.00305400 *         | 0.00088900 *         | 0.00459781 * |     |
| 13           | Comp Mole Frac (CO2)       | 0.02045871  | 0.01999048          | 0.02345000 *         | 0.03415937 *         | 0.01999048 * |     |
| 14           | Comp Mole Frac (H2S)       | ***         | ***                 | ***                  | ***                  | ***          |     |
| 15           | Comp Mole Frac (Methane)   | 0.88127500  | 0.89179409          | 0.85250900 *         | 0.58808941 *         | 0.89179409 * |     |
| 16           | Comp Mole Frac (Ethane)    | 0.06298213  | 0.05867207          | 0.07830500 *         | 0.18497182 *         | 0.05867207 * |     |
| 17           | Comp Mole Frac (Propane)   | 0.01966487  | 0.01539267          | 0.02524500 *         | 0.14215486 *         | 0.01539267 * |     |
| 18           | Comp Mole Frac (i-Butane)  | 0.00422302  | 0.00339838          | 0.00624200 *         | 0.02298098 *         | 0.00339838 * |     |
| 19           | Comp Mole Frac (n-Butane)  | 0.00355211  | 0.00289862          | 0.00555400 *         | 0.01666998 *         | 0.00289862 * |     |
| 20           | Comp Mole Frac (i-Pentane) | 0.00133762  | 0.00109948          | 0.00218300 *         | 0.00471300 *         | 0.00109948 * |     |
| 21           | Comp Mole Frac (n-Pentane) | 0.00076058  | 0.00059971          | 0.00125400 *         | 0.00256800 *         | 0.00059971 * |     |
| 22           | Comp Mole Frac (TEGlycol)  | 0.00000000  | 0.00000000          | 0.00000000 *         | 0.00000000 *         | 0.00000000 * |     |
| 23           | Comp Mole Frac (H2O)       | 0.00002662  | 0.00009999          | 0.00013000 *         | 0.00021100 *         | 0.00009999 * |     |
| 24           | Comp Mole Frac (Toluene)   | 0.00006421  | 0.00005799          | 0.00009800 *         | 0.00012800 *         | 0.00005799 * |     |
| 25           | Comp Mole Frac (Benzene)   | 0.00003731  | 0.00003954          | 0.00006000 *         | 0.00010800 *         | 0.00003954 * |     |
| 26           | Comp Mole Frac (n-Heptane) | 0.00035520  | 0.00029996          | 0.00052800 *         | 0.00056900 *         | 0.00029996 * |     |
| 27           | Comp Mole Frac (n-Hexane)  | 0.00065822  | 0.00059932          | 0.00105400 *         | 0.00155900 *         | 0.00059932 * |     |
| 28           | Comp Mole Frac (n-Octane)  | 0.00007907  | 0.00009989          | 0.00021400 *         | 0.00016900 *         | 0.00009989 * |     |
| 29           | Comp Mole Frac (n-Nonane)  | 0.00002525  | 0.00000000          | 0.00008200 *         | 0.00004800 *         | 0.00000000 * |     |
| 30           | Comp Mole Frac (n-Decane)  | 0.00000633  | 0.00000000          | 0.00002500 *         | 0.00001100 *         | 0.00000000 * |     |
| 31           | Comp Mole Frac (n-C11)     | 0.00000110  | 0.00000000          | 0.00000800 *         | 0.00000200 *         | 0.00000000 * |     |
| 32           | Comp Mole Frac (n-C12)     | 0.00000006  | 0.00000000          | 0.00000300 *         | 0.00000100 *         | 0.00000000 * |     |
| 33           | Comp Mole Frac (n-C13)     | 0.00000001  | 0.00000000          | 0.00000100 *         | 0.00000000 *         | 0.00000000 * |     |
| 34           | Comp Mole Frac (EGlycol)   | 0.00000010  | 0.00000000          | 0.00000100 *         | 0.00000300 *         | 0.00000000 * |     |
| Name         | Gas Original               | A la Ciudad | Gas Mezcla          | Gas Salida Twister   | Gas A Bucaramanga    |              |     |
| 36           | Comp Mole Frac (Nitrogen)  | 0.00459781  | 0.00449249          | 0.00449249           | 0.00461594 *         | 0.00449249   |     |
| 37           | Comp Mole Frac (CO2)       | 0.01999048  | 0.02045871          | 0.02045871           | 0.02001408 *         | 0.02045871   |     |
| 38           | Comp Mole Frac (H2S)       | ***         | ***                 | ***                  | ***                  | ***          |     |
| 39           | Comp Mole Frac (Methane)   | 0.89179409  | 0.88127500          | 0.88127500           | 0.89043763 *         | 0.88127500   |     |
| 40           | Comp Mole Frac (Ethane)    | 0.05867207  | 0.06298213          | 0.06298213           | 0.05913624 *         | 0.06298213   |     |
| 41           | Comp Mole Frac (Propane)   | 0.01539267  | 0.01966487          | 0.01966487           | 0.01590106 *         | 0.01966487   |     |
| 42           | Comp Mole Frac (i-Butane)  | 0.00339838  | 0.00422302          | 0.00422302           | 0.00363501 *         | 0.00422302   |     |
| 43           | Comp Mole Frac (n-Butane)  | 0.00289862  | 0.00355211          | 0.00355211           | 0.00313501 *         | 0.00355211   |     |
| 44           | Comp Mole Frac (i-Pentane) | 0.00109948  | 0.00133762          | 0.00133762           | 0.00122701 *         | 0.00133762   |     |
| 45           | Comp Mole Frac (n-Pentane) | 0.00059971  | 0.00076058          | 0.00076058           | 0.00070100 *         | 0.00076058   |     |
| 46           | Comp Mole Frac (TEGlycol)  | 0.00000000  | 0.00000000          | 0.00000000           | 0.00000000 *         | 0.00000000   |     |
| 47           | Comp Mole Frac (H2O)       | 0.00009999  | 0.00002662          | 0.00002662           | 0.00002000 *         | 0.00002662   |     |
| 48           | Comp Mole Frac (Toluene)   | 0.00005799  | 0.00006421          | 0.00006421           | 0.00006200 *         | 0.00006421   |     |
| 49           | Comp Mole Frac (Benzene)   | 0.00003954  | 0.00003731          | 0.00003731           | 0.00003500 *         | 0.00003731   |     |
| 50           | Comp Mole Frac (n-Heptane) | 0.00029996  | 0.00035520          | 0.00035520           | 0.00034700 *         | 0.00035520   |     |
| 51           | Comp Mole Frac (n-Hexane)  | 0.00059932  | 0.00065822          | 0.00065822           | 0.00062700 *         | 0.00065822   |     |
| 52           | Comp Mole Frac (n-Octane)  | 0.00009989  | 0.00007907          | 0.00007907           | 0.00007500 *         | 0.00007907   |     |
| 53           | Comp Mole Frac (n-Nonane)  | 0.00000000  | 0.00002525          | 0.00002525           | 0.00002400 *         | 0.00002525   |     |
| 54           | Comp Mole Frac (n-Decane)  | 0.00000000  | 0.00000633          | 0.00000633           | 0.00000600 *         | 0.00000633   |     |
| 55           | Comp Mole Frac (n-C11)     | 0.00000000  | 0.00000110          | 0.00000110           | 0.00000100 *         | 0.00000110   |     |
| 56           | Comp Mole Frac (n-C12)     | 0.00000000  | 0.00000006          | 0.00000006           | 0.00000000 *         | 0.00000006   |     |
| 57           | Comp Mole Frac (n-C13)     | 0.00000000  | 0.00000001          | 0.00000001           | 0.00000000 *         | 0.00000001   |     |
| 58           | Comp Mole Frac (EGlycol)   | 0.00000000  | 0.00000010          | 0.00000010           | 0.00000000 *         | 0.00000010   |     |


|    |  |                |                                     |                                     |              |                |
|----|--|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------|----------------|
| 1  |  Solutec Ingenieria Ltda<br>Barranquilla Colombia |                | Case Name: ESCENARIO 1.HSC          |                                     |              |                |
| 2  |  |                | Unit Set: Field1                    |                                     |              |                |
| 3  |  |                | Date/Time: Mon Jul 26 00:00:56 2010 |                                     |              |                |
| 4  |  |                |                                     |                                     |              |                |
| 5  |  |                |                                     |                                     |              |                |
| 6  | <b>Workbook: Case (Main) (continued)</b>   |                |                                     |                                     |              |                |
| 7  |  |                |                                     |                                     |              |                |
| 8  |  |                |                                     |                                     |              |                |
| 9  | <b>Compositions (continued)</b>  |                |                                     |                                     |              |                |
| 10 |  |                |                                     |                                     |              | Fluid Pkg: All |
| 11 | Name   | Loop B*        | Gas A Barrancaberme                 | Loop B*                             | a pk 105     | a pk 105-2     |
| 12 | Comp Mole Frac (Nitrogen)  | 0.00449249     | 0.00449249                          | 0.00449249                          | 0.00449249   | 0.00449249     |
| 13 | Comp Mole Frac (CO2)   | 0.02045871     | 0.02045871                          | 0.02045871                          | 0.02045871   | 0.02045871     |
| 14 | Comp Mole Frac (H2S)   | ***            | ***                                 | ***                                 | ***          | ***            |
| 15 | Comp Mole Frac (Methane)   | 0.88127500     | 0.88127500                          | 0.88127500                          | 0.88127500   | 0.88127500     |
| 16 | Comp Mole Frac (Ethane)  | 0.06298213     | 0.06298213                          | 0.06298213                          | 0.06298213   | 0.06298213     |
| 17 | Comp Mole Frac (Propane)   | 0.01966487     | 0.01966487                          | 0.01966487                          | 0.01966487   | 0.01966487     |
| 18 | Comp Mole Frac (i-Butane)  | 0.00422302     | 0.00422302                          | 0.00422302                          | 0.00422302   | 0.00422302     |
| 19 | Comp Mole Frac (n-Butane)  | 0.00355211     | 0.00355211                          | 0.00355211                          | 0.00355211   | 0.00355211     |
| 20 | Comp Mole Frac (i-Pentane)   | 0.00133762     | 0.00133762                          | 0.00133762                          | 0.00133762   | 0.00133762     |
| 21 | Comp Mole Frac (n-Pentane)   | 0.00076058     | 0.00076058                          | 0.00076058                          | 0.00076058   | 0.00076058     |
| 22 | Comp Mole Frac (TEGlycol)  | 0.00000000     | 0.00000000                          | 0.00000000                          | 0.00000000   | 0.00000000     |
| 23 | Comp Mole Frac (H2O)   | 0.00002662     | 0.00002662                          | 0.00002662                          | 0.00002662   | 0.00002662     |
| 24 | Comp Mole Frac (Toluene)   | 0.00006421     | 0.00006421                          | 0.00006421                          | 0.00006421   | 0.00006421     |
| 25 | Comp Mole Frac (Benzene)   | 0.00003731     | 0.00003731                          | 0.00003731                          | 0.00003731   | 0.00003731     |
| 26 | Comp Mole Frac (n-Heptane)   | 0.00035520     | 0.00035520                          | 0.00035520                          | 0.00035520   | 0.00035520     |
| 27 | Comp Mole Frac (n-Hexane)  | 0.00065822     | 0.00065822                          | 0.00065822                          | 0.00065822   | 0.00065822     |
| 28 | Comp Mole Frac (n-Octane)  | 0.00007907     | 0.00007907                          | 0.00007907                          | 0.00007907   | 0.00007907     |
| 29 | Comp Mole Frac (n-Nonane)  | 0.00002525     | 0.00002525                          | 0.00002525                          | 0.00002525   | 0.00002525     |
| 30 | Comp Mole Frac (n-Decane)  | 0.00000633     | 0.00000633                          | 0.00000633                          | 0.00000633   | 0.00000633     |
| 31 | Comp Mole Frac (n-C11)   | 0.00000110     | 0.00000110                          | 0.00000110                          | 0.00000110   | 0.00000110     |
| 32 | Comp Mole Frac (n-C12)   | 0.00000006     | 0.00000006                          | 0.00000006                          | 0.00000006   | 0.00000006     |
| 33 | Comp Mole Frac (n-C13)   | 0.00000001     | 0.00000001                          | 0.00000001                          | 0.00000001   | 0.00000001     |
| 34 | Comp Mole Frac (EGlycol)   | 0.00000010     | 0.00000010                          | 0.00000010                          | 0.00000010   | 0.00000010     |
| 35 | Name   | a COGB         | COGB Alta                           | Bucaramanga                         | Gas Regulado | COGB baja      |
| 36 | Comp Mole Frac (Nitrogen)  | 0.00449249     | 0.00449249                          | 0.00449249                          | 0.00449249   | 0.00449249     |
| 37 | Comp Mole Frac (CO2)   | 0.02045871     | 0.02045871                          | 0.02045871                          | 0.02045871   | 0.02045871     |
| 38 | Comp Mole Frac (H2S)   | ***            | ***                                 | ***                                 | ***          | ***            |
| 39 | Comp Mole Frac (Methane)   | 0.88127500     | 0.88127500                          | 0.88127500                          | 0.88127500   | 0.88127500     |
| 40 | Comp Mole Frac (Ethane)  | 0.06298213     | 0.06298213                          | 0.06298213                          | 0.06298213   | 0.06298213     |
| 41 | Comp Mole Frac (Propane)   | 0.01966487     | 0.01966487                          | 0.01966487                          | 0.01966487   | 0.01966487     |
| 42 | Comp Mole Frac (i-Butane)  | 0.00422302     | 0.00422302                          | 0.00422302                          | 0.00422302   | 0.00422302     |
| 43 | Comp Mole Frac (n-Butane)  | 0.00355211     | 0.00355211                          | 0.00355211                          | 0.00355211   | 0.00355211     |
| 44 | Comp Mole Frac (i-Pentane)   | 0.00133762     | 0.00133762                          | 0.00133762                          | 0.00133762   | 0.00133762     |
| 45 | Comp Mole Frac (n-Pentane)   | 0.00076058     | 0.00076058                          | 0.00076058                          | 0.00076058   | 0.00076058     |
| 46 | Comp Mole Frac (TEGlycol)  | 0.00000000     | 0.00000000                          | 0.00000000                          | 0.00000000   | 0.00000000     |
| 47 | Comp Mole Frac (H2O)   | 0.00002662     | 0.00002662                          | 0.00002662                          | 0.00002662   | 0.00002662     |
| 48 | Comp Mole Frac (Toluene)   | 0.00006421     | 0.00006421                          | 0.00006421                          | 0.00006421   | 0.00006421     |
| 49 | Comp Mole Frac (Benzene)   | 0.00003731     | 0.00003731                          | 0.00003731                          | 0.00003731   | 0.00003731     |
| 50 | Comp Mole Frac (n-Heptane)   | 0.00035520     | 0.00035520                          | 0.00035520                          | 0.00035520   | 0.00035520     |
| 51 | Comp Mole Frac (n-Hexane)  | 0.00065822     | 0.00065822                          | 0.00065822                          | 0.00065822   | 0.00065822     |
| 52 | Comp Mole Frac (n-Octane)  | 0.00007907     | 0.00007907                          | 0.00007907                          | 0.00007907   | 0.00007907     |
| 53 | Comp Mole Frac (n-Nonane)  | 0.00002525     | 0.00002525                          | 0.00002525                          | 0.00002525   | 0.00002525     |
| 54 | Comp Mole Frac (n-Decane)  | 0.00000633     | 0.00000633                          | 0.00000633                          | 0.00000633   | 0.00000633     |
| 55 | Comp Mole Frac (n-C11)   | 0.00000110     | 0.00000110                          | 0.00000110                          | 0.00000110   | 0.00000110     |
| 56 | Comp Mole Frac (n-C12)   | 0.00000006     | 0.00000006                          | 0.00000006                          | 0.00000006   | 0.00000006     |
| 57 | Comp Mole Frac (n-C13)   | 0.00000001     | 0.00000001                          | 0.00000001                          | 0.00000001   | 0.00000001     |
| 58 | Comp Mole Frac (EGlycol)   | 0.00000010     | 0.00000010                          | 0.00000010                          | 0.00000010   | 0.00000010     |
| 59 | <b>Unit Ops</b>  |                |                                     |                                     |              |                |
| 60 |  |                |                                     |                                     |              |                |
| 61 | Operation Name   | Operation Type | Feeds                               | Products                            | Ignored      | Calc Level     |
| 62 | MIX-100  | Mixer          | Gas Salida Twister                  | Gas Mezcla                          | No           | 500.0 *        |
| 63 | Hyprotech Ltd.   |                |                                     | Aspen HYSYS Version 7 (22.0.0.7020) |              | Page 3 of 4    |


|   |  |                                     |
|---|--|-------------------------------------|
| 1 |  Solutec Ingenieria Ltda<br>Barranquilla Colombia | Case Name: ESCENARIO 1.HSC          |
| 2 |  | Unit Set: Field1                    |
| 3 |  | Date/Time: Mon Jul 26 00:00:56 2010 |
| 4 |  |                                     |
| 5 |  |                                     |

**Workbook: Case (Main) (continued)**

**Unit Ops (continued)**

| Operation Name                  | Operation Type    | Feeds                        | Products              | Ignored | Calc Level |
|---------------------------------|-------------------|------------------------------|-----------------------|---------|------------|
| MIX-100                         | Mixer             | Gas Salida Tambores          |                       | No      | 500.0 *    |
| MIX-100-2                       | Mixer             | Gas Salida Cima Estabilizado | Gas Original          | No      | 500.0 *    |
| MIX-101                         | Mixer             | a pk 105                     | a COGB                | No      | 500.0 *    |
| Gibraltar-Bucaramanga K0-k1     | PIPESYS Extension | Gas Mezcla                   | Palenque              | No      | 500.0 *    |
| K0-k174                         | PIPESYS Extension | Gas Original                 | Palenque-2            | No      | 500.0 *    |
| Línea de regulación Bucaramanga | PIPESYS Extension | Gas Regulado                 | A la Ciudad           | No      | 500.0 *    |
| op-100                          | PIPESYS Extension | Gas A Bucaramanga            | Bucaramanga           | No      | 500.0 *    |
| op-100-3                        | PIPESYS Extension | a COGB                       | COGB Alta             | No      | 500.0 *    |
| op-100-3-2                      | PIPESYS Extension | Loop 8*                      | a pk 105              | No      | 500.0 *    |
| Bucaramanga-Payoa 8*            | PIPESYS Extension | Loop 8*                      | a pk 105-2            | No      | 500.0 *    |
| TEE-100                         | Tee               | Palenque                     | Gas A Bucaramanga     | No      | 500.0 *    |
| TEE-101                         | Tee               | Gas A Barrancabermeja        | Gas A Barrancabermeja | No      | 500.0 *    |
| VLV-100                         | Valve             | Bucaramanga                  | Gas Regulado          | No      | 500.0 *    |
| VLV-100-2                       | Valve             | COGB Alta                    | COGB baja             | No      | 500.0 *    |

|    |  |                        |                                     |                                     |               |                                 |                        |
|----|--|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------|---------------------------------|------------------------|
| 1  |  Solutec Ingenieria Ltda<br>Barranquilla Colombia |                        |                                     | Case Name: ESCENARIO 1.HSC          |               |                                 |                        |
| 2  |  |                        |                                     | Unit Set: Field1                    |               |                                 |                        |
| 3  |  |                        |                                     | Date/Time: Wed Jul 28 20:57:01 2010 |               |                                 |                        |
| 4  |  |                        |                                     |                                     |               |                                 |                        |
| 5  | <b>Material Stream: Palenque</b>   |                        |                                     | Fluid Package: Basis-1              |               |                                 |                        |
| 6  |  |                        |                                     | Property Package: PengRobinson      |               |                                 |                        |
| 7  | <b>COMPOSITION</b>   |                        |                                     |                                     |               |                                 |                        |
| 8  | <b>Overall Phase</b>   |                        |                                     |                                     |               |                                 |                        |
| 9  |  |                        |                                     |                                     |               |                                 | Vapour Fraction 1.0000 |
| 10 | COMPONENTS   | MOLAR FLOW (lbmole/hr) | MOLE FRACTION                       | MASS FLOW (lb/hr)                   | MASS FRACTION | LIQUID VOLUME FLOW (barrel/day) | LIQUID VOLUME FRACTION |
| 11 | Nitrogen   | 15.4254                | 0.0045                              | 432.1116                            | 0.0068        | 36.6925                         | 0.0028                 |
| 12 | CO2  | 70.2469                | 0.0205                              | 3091.5441                           | 0.0483        | 256.4859                        | 0.0192                 |
| 13 | Methane  | 3025.9395              | 0.8813                              | 48544.8445                          | 0.7583        | 11102.4360                      | 0.8328                 |
| 14 | Ethane   | 216.2550               | 0.0630                              | 8502.7661                           | 0.1016        | 1251.8528                       | 0.0939                 |
| 15 | Propane  | 67.5211                | 0.0197                              | 2977.4801                           | 0.0465        | 402.3788                        | 0.0302                 |
| 16 | i-Butane   | 14.5001                | 0.0042                              | 842.8056                            | 0.0132        | 102.6918                        | 0.0077                 |
| 17 | n-Butane   | 12.1965                | 0.0036                              | 708.9086                            | 0.0111        | 83.2288                         | 0.0062                 |
| 18 | i-Pentane  | 4.5929                 | 0.0013                              | 331.3791                            | 0.0052        | 36.3955                         | 0.0027                 |
| 19 | n-Pentane  | 2.6115                 | 0.0008                              | 188.4245                            | 0.0029        | 20.4881                         | 0.0015                 |
| 20 | EGlycol  | 0.0003                 | 0.0000                              | 0.0207                              | 0.0000        | 0.0013                          | 0.0000                 |
| 21 | TEGlycol   | 0.0000                 | 0.0000                              | 0.0000                              | 0.0000        | 0.0000                          | 0.0000                 |
| 22 | H2O  | 0.0914                 | 0.0000                              | 1.6463                              | 0.0000        | 0.1130                          | 0.0000                 |
| 23 | Toluene  | 0.2205                 | 0.0001                              | 20.3138                             | 0.0003        | 1.5987                          | 0.0001                 |
| 24 | Benzene  | 0.1281                 | 0.0000                              | 10.0056                             | 0.0002        | 0.7766                          | 0.0001                 |
| 25 | n-Heptane  | 1.2196                 | 0.0004                              | 122.2107                            | 0.0019        | 12.1839                         | 0.0009                 |
| 26 | n-Hexane   | 2.2601                 | 0.0007                              | 194.7676                            | 0.0030        | 20.1253                         | 0.0015                 |
| 27 | n-Octane   | 0.2715                 | 0.0001                              | 31.0131                             | 0.0005        | 3.0105                          | 0.0002                 |
| 28 | n-Nonane   | 0.0867                 | 0.0000                              | 11.1220                             | 0.0002        | 1.0574                          | 0.0001                 |
| 29 | n-Decane   | 0.0217                 | 0.0000                              | 3.0914                              | 0.0000        | 0.2889                          | 0.0000                 |
| 30 | n-C11  | 0.0038                 | 0.0000                              | 0.5884                              | 0.0000        | 0.0542                          | 0.0000                 |
| 31 | n-C12  | 0.0002                 | 0.0000                              | 0.0339                              | 0.0000        | 0.0031                          | 0.0000                 |
| 32 | n-C13  | 0.0000                 | 0.0000                              | 0.0061                              | 0.0000        | 0.0005                          | 0.0000                 |
| 33 | Total  | 3433.5928              | 1.0000                              | 64015.0838                          | 1.0000        | 13331.8636                      | 1.0000                 |
| 34 | <b>Vapour Phase</b>  |                        |                                     |                                     |               |                                 |                        |
| 35 |  |                        |                                     |                                     |               |                                 | Phase Fraction 1.000   |
| 36 | COMPONENTS   | MOLAR FLOW (lbmole/hr) | MOLE FRACTION                       | MASS FLOW (lb/hr)                   | MASS FRACTION | LIQUID VOLUME FLOW (barrel/day) | LIQUID VOLUME FRACTION |
| 37 | Nitrogen   | 15.4254                | 0.0045                              | 432.1116                            | 0.0068        | 36.6925                         | 0.0028                 |
| 38 | CO2  | 70.2469                | 0.0205                              | 3091.5441                           | 0.0483        | 256.4859                        | 0.0192                 |
| 39 | Methane  | 3025.9395              | 0.8813                              | 48544.8445                          | 0.7583        | 11102.4360                      | 0.8328                 |
| 40 | Ethane   | 216.2550               | 0.0630                              | 8502.7661                           | 0.1016        | 1251.8528                       | 0.0939                 |
| 41 | Propane  | 67.5211                | 0.0197                              | 2977.4801                           | 0.0465        | 402.3788                        | 0.0302                 |
| 42 | i-Butane   | 14.5001                | 0.0042                              | 842.8056                            | 0.0132        | 102.6918                        | 0.0077                 |
| 43 | n-Butane   | 12.1965                | 0.0036                              | 708.9086                            | 0.0111        | 83.2288                         | 0.0062                 |
| 44 | i-Pentane  | 4.5929                 | 0.0013                              | 331.3791                            | 0.0052        | 36.3955                         | 0.0027                 |
| 45 | n-Pentane  | 2.6115                 | 0.0008                              | 188.4245                            | 0.0029        | 20.4881                         | 0.0015                 |
| 46 | EGlycol  | 0.0003                 | 0.0000                              | 0.0207                              | 0.0000        | 0.0013                          | 0.0000                 |
| 47 | TEGlycol   | 0.0000                 | 0.0000                              | 0.0000                              | 0.0000        | 0.0000                          | 0.0000                 |
| 48 | H2O  | 0.0914                 | 0.0000                              | 1.6463                              | 0.0000        | 0.1130                          | 0.0000                 |
| 49 | Toluene  | 0.2205                 | 0.0001                              | 20.3138                             | 0.0003        | 1.5987                          | 0.0001                 |
| 50 | Benzene  | 0.1281                 | 0.0000                              | 10.0056                             | 0.0002        | 0.7766                          | 0.0001                 |
| 51 | n-Heptane  | 1.2196                 | 0.0004                              | 122.2107                            | 0.0019        | 12.1839                         | 0.0009                 |
| 52 | n-Hexane   | 2.2601                 | 0.0007                              | 194.7676                            | 0.0030        | 20.1253                         | 0.0015                 |
| 53 | n-Octane   | 0.2715                 | 0.0001                              | 31.0131                             | 0.0005        | 3.0105                          | 0.0002                 |
| 54 | n-Nonane   | 0.0867                 | 0.0000                              | 11.1220                             | 0.0002        | 1.0574                          | 0.0001                 |
| 55 | n-Decane   | 0.0217                 | 0.0000                              | 3.0914                              | 0.0000        | 0.2889                          | 0.0000                 |
| 56 | n-C11  | 0.0038                 | 0.0000                              | 0.5884                              | 0.0000        | 0.0542                          | 0.0000                 |
| 57 | n-C12  | 0.0002                 | 0.0000                              | 0.0339                              | 0.0000        | 0.0031                          | 0.0000                 |
| 58 | Hyprotech Ltd.   |                        | Aspen HYSYS Version 7 (22.0.0.7020) |                                     |               | Page 1 of 2                     |                        |

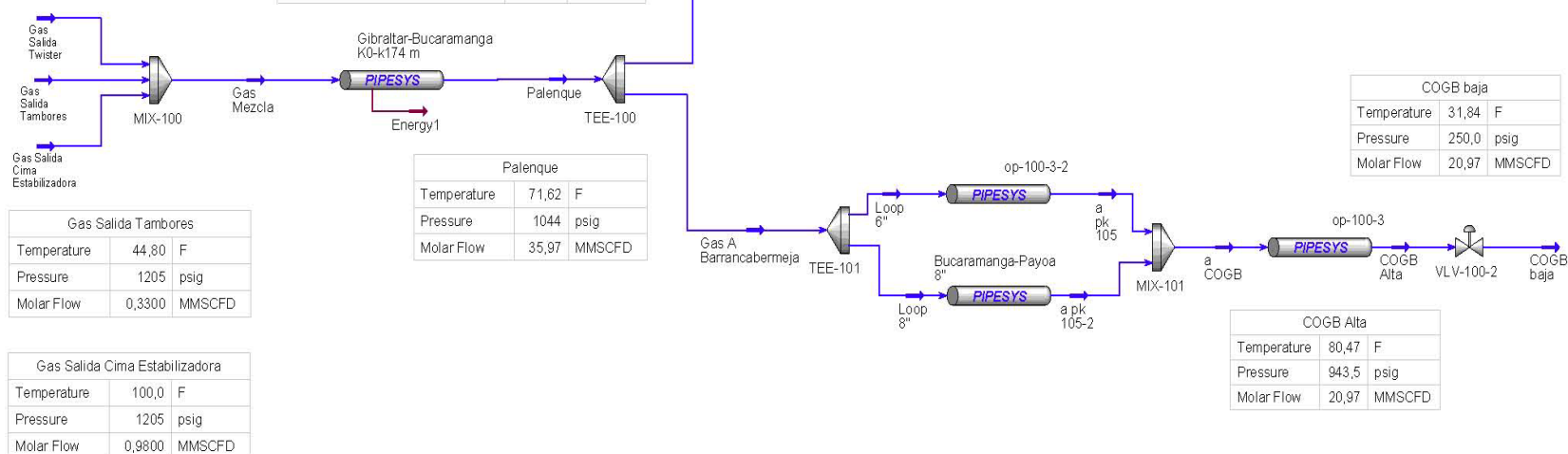
|    |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
|----|--|---------------------------|-------------------------------------|----------------------|---------------|------------------------------------|---------------------------|
| 1  |  Solutec Ingenieria Ltda<br>Barranquilla Colombia |                           | Case Name: ESCENARIO 1.HSC          |                      |               |                                    |                           |
| 2  |  |                           | Unit Set: Field1                    |                      |               |                                    |                           |
| 3  |  |                           | Date/Time: Wed Jul 28 20:57:01 2010 |                      |               |                                    |                           |
| 4  | <b>Material Stream: Palenque (continued)</b>   |                           | Fluid Package: Basis-1              |                      |               | Property Package: PengRobinson     |                           |
| 5  |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 6  | <b>COMPOSITION</b>   |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 7  | <b>Vapour Phase (continued)</b>  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 8  |  |                           |                                     |                      |               |                                    | Phase Fraction 1.000      |
| 9  | COMPONENTS   | MOLAR FLOW<br>(lbmole/hr) | MOLE FRACTION                       | MASS FLOW<br>(lb/hr) | MASS FRACTION | LIQUID VOLUME<br>FLOW (barrel/day) | LIQUID VOLUME<br>FRACTION |
| 10 | n-C13  | 0.0000                    | 0.0000                              | 0.0061               | 0.0000        | 0.0005                             | 0.0000                    |
| 11 | Total  | 3433.5928                 | 1.0000                              | 64015.0838           | 1.0000        | 13331.8636                         | 1.0000                    |
| 12 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 13 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 14 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 15 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 16 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 17 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 18 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 19 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 20 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 21 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 22 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 23 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 24 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 25 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 26 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 27 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 28 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 29 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 30 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 31 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 32 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 33 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 34 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 35 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 36 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 37 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 38 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 39 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 40 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 41 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 42 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 43 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 44 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 45 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 46 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 47 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 48 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 49 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 50 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 51 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 52 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 53 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 54 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 55 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 56 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 57 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 58 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 59 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 60 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 61 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 62 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 63 | Hyprotech Ltd.   |                           | Aspen HYSYS Version 7 (22.0.0.7020) |                      |               | Page 2 of 2                        |                           |

## Escenario 2

| Gas Salida Twister |              |
|--------------------|--------------|
| Temperature        | 81,00 F      |
| Pressure           | 1201 psig    |
| Molar Flow         | 34,66 MMSCFD |

| Gas Mezcla                    |              |
|-------------------------------|--------------|
| Temperature                   | 80,65 F      |
| Pressure                      | 1201 psig    |
| Molar Flow                    | 35,97 MMSCFD |
| Master Comp Mass Flow (H2O)   | 1,8652 lb/hr |
| Master Comp Volume Frac (CO2) | 0,0192       |

| Gas Regulado |              |
|--------------|--------------|
| Temperature  | 14,19 F      |
| Pressure     | 250,0 psig   |
| Molar Flow   | 15,00 MMSCFD |




| Palenque    |              |
|-------------|--------------|
| Temperature | 71,62 F      |
| Pressure    | 1044 psig    |
| Molar Flow  | 35,97 MMSCFD |


| Gas Salida Tambores |               |
|---------------------|---------------|
| Temperature         | 44,80 F       |
| Pressure            | 1205 psig     |
| Molar Flow          | 0,3300 MMSCFD |

| Gas Salida Cima Estabilizadora |               |
|--------------------------------|---------------|
| Temperature                    | 100,0 F       |
| Pressure                       | 1205 psig     |
| Molar Flow                     | 0,9800 MMSCFD |


| COGB baja   |              |
|-------------|--------------|
| Temperature | 31,84 F      |
| Pressure    | 250,0 psig   |
| Molar Flow  | 20,97 MMSCFD |

| COGB Alta   |              |
|-------------|--------------|
| Temperature | 80,47 F      |
| Pressure    | 943,5 psig   |
| Molar Flow  | 20,97 MMSCFD |

|    |  |  |   |  |
|----|--|--|---|--|
| 1  |  Solutec Ingenieria Ltda<br>Barranquilla Colombia |  | Case Name: ESCENARIO 2.HSC                                  |  |
| 2  |  |  | Unit Set: Field1  |  |
| 3  |  |  | Date/Time: Fri Jul 16 01:53:52 2010                         |  |
| 4  |  |  |   |  |
| 5  |  |  |   |  |
| 6  | <b>Stream: Palenque</b>  |  | <b>Hydrate Formation Utility: Hydrate Formation Utility</b> |  |
| 7  | <b>HYDRATE FORMATION</b>   |  |   |  |
| 8  |  | <b>Hydrate Formation at Stream Conditions:</b> | <b>Formation Temperature at Stream Pressure:</b>            | <b>Formation Pressure at Stream Temperature:</b> |
| 9  |  | Will NOT Form                                  | 3.492 F   | 3.769e+004 psig                                  |
| 10 | Hydrate Type Formed  | No Types                                       | Type II   | Type II  |
| 11 | Calculation Mode   | Use 2-Phase Model                              | Use 2-Phase Model   | Use 2-Phase Model                                |
| 12 | <b>PROPERTIES</b>  |  |   |  |
| 13 |  | Overall  | Vapour Phase  |  |
| 14 | Vapour/Phase Fraction  | 1.0000   | 1.0000  |  |
| 15 | Temperature: (F)   | 71.62  | 71.62   |  |
| 16 | Pressure: (psig)   | 1044   | 1044  |  |
| 17 | Molar Flow (MMSCFD)  | 35.97  | 35.97   |  |
| 18 | Mass Flow (lb/hr)  | 7.358e+004                                     | 7.358e+004  |  |
| 19 | Std Ideal Liq Vol Flow (barrel/day)  | 1.533e+004                                     | 1.533e+004  |  |
| 20 | Molar Enthalpy (Btu/lbmole)  | -3.646e+004                                    | -3.646e+004   |  |
| 21 | Mass Enthalpy (Btu/lb)   | -1957  | -1957   |  |
| 22 | Molar Entropy (Btu/lbmole-F)   | 35.20  | 35.20   |  |
| 23 | Mass Entropy (Btu/lb-F)  | 1.890  | 1.890   |  |
| 24 | Heat Flow (Btu/hr)   | -1.440e+008                                    | -1.440e+008   |  |
| 25 | Molar Density (lbmole/ft3)   | 0.2290   | 0.2290  |  |
| 26 | Mass Density (lb/ft3)  | 4.267  | 4.267   |  |
| 27 | Std Ideal Liq Mass Density (lb/ft3)  | 20.52  | 20.52   |  |
| 28 | Liq Mass Density @Std Cond (lb/ft3)  | ---  | ---   |  |
| 29 | Molar Heat Capacity (Btu/lbmole-F)   | 12.25  | 12.25   |  |
| 30 | Mass Heat Capacity (Btu/lb-F)  | 0.6576   | 0.6576  |  |
| 31 | Thermal Conductivity (Btu/hr-ft-F)   | 2.262e-002                                     | 2.262e-002  |  |
| 32 | Viscosity (cP)   | 1.354e-002                                     | 1.354e-002  |  |
| 33 | Surface Tension (dyne/cm)  | ---  | ---   |  |
| 34 | Molecular Weight   | 18.63  | 18.63   |  |
| 35 | Z Factor   | 0.8109   | 0.8109  |  |
| 36 |  |  |   |  |
| 37 |  |  |   |  |
| 38 |  |  |   |  |
| 39 |  |  |   |  |
| 40 |  |  |   |  |
| 41 |  |  |   |  |
| 42 |  |  |   |  |
| 43 |  |  |   |  |
| 44 |  |  |   |  |
| 45 |  |  |   |  |
| 46 |  |  |   |  |
| 47 |  |  |   |  |
| 48 |  |  |   |  |
| 49 |  |  |   |  |
| 50 |  |  |   |  |
| 51 |  |  |   |  |
| 52 |  |  |   |  |
| 53 |  |  |   |  |
| 54 |  |  |   |  |
| 55 |  |  |   |  |
| 56 |  |  |   |  |
| 57 |  |  |   |  |
| 58 |  |  |   |  |
| 59 |  |  |   |  |
| 60 |  |  |   |  |
| 61 |  |  |   |  |
| 62 |  |  |   |  |
| 63 | Hyprotech Ltd.   |  | Aspen HYSYS Version 7 (22.0.0.7020)                         |  |
|    | Licensed to: LEGENDS   |  | Page 1 of 1<br>* Specified by user.                         |  |

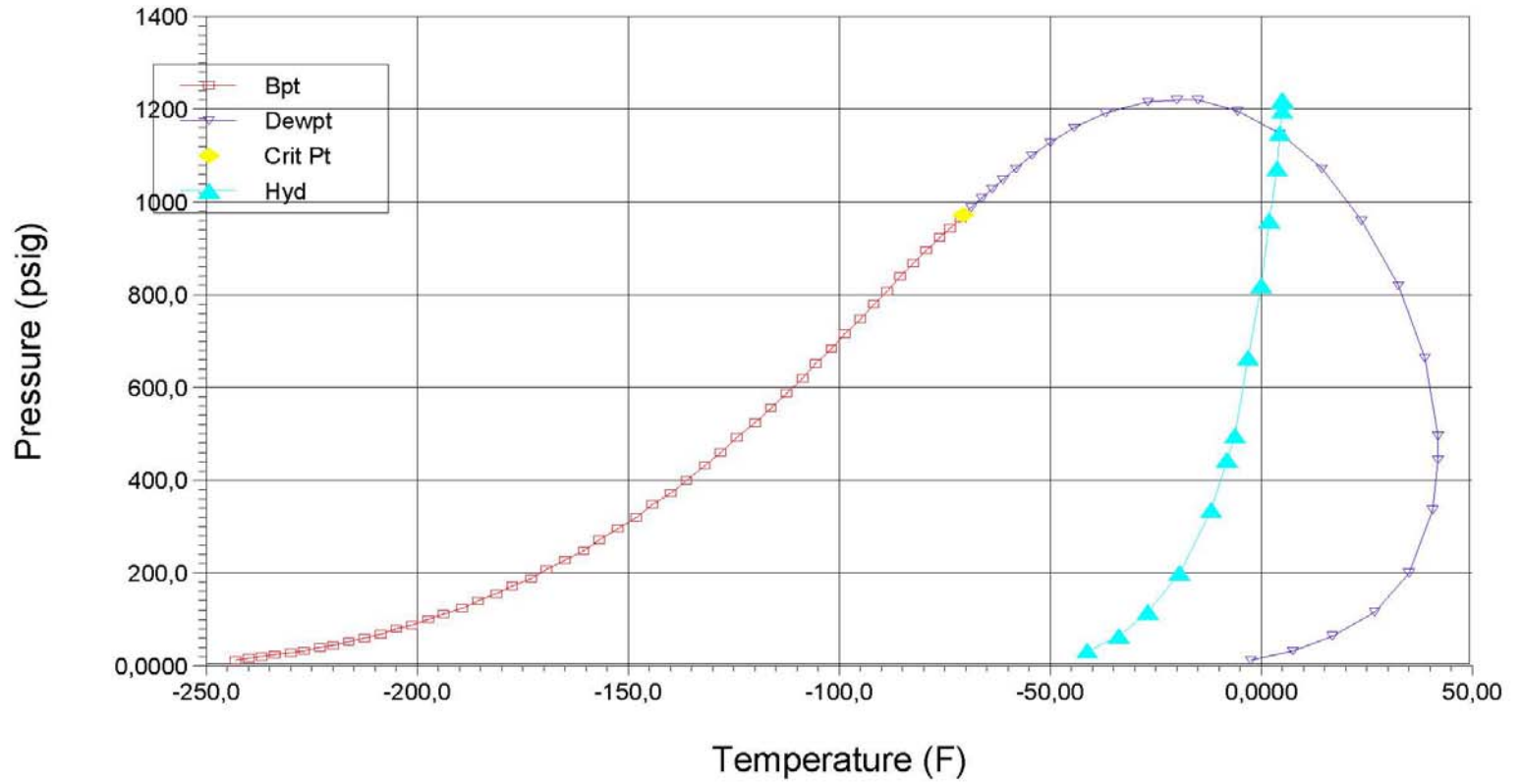
|    |  |                 |   |                 |                                      |
|----|--|-----------------|---|-----------------|--------------------------------------|
| 1  |  Solutec Ingenieria Ltda<br>Barranquilla Colombia |                 | Case Name: ESCENARIO 2.HSC                  |                 |                                      |
| 2  |  |                 | Unit Set: Field1                            |                 |                                      |
| 3  |  |                 | Date/Time: Fri Jul 16 01:53:34 2010         |                 |                                      |
| 4  |  |                 |   |                 |                                      |
| 5  | <b>Stream: Palenque</b>  |                 | <b>Envelope Utility: Envelope Utility-1</b> |                 |                                      |
| 6  | <b>CONNECTIONS</b>   |                 |   |                 |                                      |
| 7  | Calculation Type: HYSYS Two-Phase  |                 |   |                 |                                      |
| 8  | Two-Phase Critical Temperature:  | -70.42 F        | Two-Phase Critical Pressure:                | 973.2 psig      | Three-Phase Critical Temperature: -- |
| 9  | Three-Phase Critical Pressure:   | --              | Cricondenherm:                              | 42.16 F         | Cricondenbar: 1223 psig              |
| 10 | <b>STREAM COMPOSITIONS</b>   |                 |   |                 |                                      |
| 11 | Component  | Mole Fraction   | Mass Fraction                               | Volume Fraction |                                      |
| 12 | Nitrogen   | 0.0045          | 0.0068                                      | 0.0028          |                                      |
| 13 | CO2  | 0.0204          | 0.0483                                      | 0.0192          |                                      |
| 14 | Methane  | 0.8819          | 0.7594                                      | 0.8336          |                                      |
| 15 | Ethane   | 0.0627          | 0.1013                                      | 0.0986          |                                      |
| 16 | Propane  | 0.0194          | 0.0460                                      | 0.0298          |                                      |
| 17 | i-Butane   | 0.0042          | 0.0131                                      | 0.0076          |                                      |
| 18 | n-Butane   | 0.0035          | 0.0110                                      | 0.0062          |                                      |
| 19 | i-Pentane  | 0.0013          | 0.0052                                      | 0.0027          |                                      |
| 20 | n-Pentane  | 0.0008          | 0.0029                                      | 0.0015          |                                      |
| 21 | EGlycol  | 0.0000          | 0.0000                                      | 0.0000          |                                      |
| 22 | TEGlycol   | 0.0000          | 0.0000                                      | 0.0000          |                                      |
| 23 | H2O  | 0.0000          | 0.0000                                      | 0.0000          |                                      |
| 24 | Toluene  | 0.0001          | 0.0003                                      | 0.0001          |                                      |
| 25 | Benzene  | 0.0000          | 0.0002                                      | 0.0001          |                                      |
| 26 | n-Heptane  | 0.0004          | 0.0019                                      | 0.0009          |                                      |
| 27 | n-Hexane   | 0.0007          | 0.0030                                      | 0.0015          |                                      |
| 28 | n-Octane   | 0.0001          | 0.0005                                      | 0.0002          |                                      |
| 29 | n-Nonane   | 0.0000          | 0.0002                                      | 0.0001          |                                      |
| 30 | n-Decane   | 0.0000          | 0.0000                                      | 0.0000          |                                      |
| 31 | n-C11  | 0.0000          | 0.0000                                      | 0.0000          |                                      |
| 32 | n-C12  | 0.0000          | 0.0000                                      | 0.0000          |                                      |
| 33 | n-C13  | 0.0000          | 0.0000                                      | 0.0000          |                                      |
| 34 | <b>CURVES</b>  |                 |   |                 |                                      |
| 35 | <b>Bubble Point Curve Table</b>  |                 |   |                 |                                      |
| 36 | Pressure (psig)  | Temperature (F) | Volume                                      | Enthalpy        | Entropy                              |
| 37 | 13.86  | -242.8          |   |                 |                                      |
| 38 | 17.29  | -239.7          |   |                 |                                      |
| 39 | 21.11  | -236.5          |   |                 |                                      |
| 40 | 25.35  | -233.2          |   |                 |                                      |
| 41 | 30.06  | -229.9          |   |                 |                                      |
| 42 | 35.28  | -226.6          |   |                 |                                      |
| 43 | 41.07  | -223.1          |   |                 |                                      |
| 44 | 47.45  | -219.6          |   |                 |                                      |
| 45 | 54.49  | -216.0          |   |                 |                                      |
| 46 | 62.24  | -212.4          |   |                 |                                      |
| 47 | 70.75  | -208.7          |   |                 |                                      |
| 48 | 80.08  | -204.9          |   |                 |                                      |
| 49 | 90.27  | -201.1          |   |                 |                                      |
| 50 | 101.4  | -197.2          |   |                 |                                      |
| 51 | 113.5  | -193.3          |   |                 |                                      |
| 52 | 126.6  | -189.3          |   |                 |                                      |
| 53 | 140.8  | -185.3          |   |                 |                                      |
| 54 | 156.1  | -181.2          |   |                 |                                      |
| 55 | Hyprotech Ltd.   |                 | Aspen HYSYS Version 7 (22.0.0.7020)         |                 | Page 1 of 4                          |
| 56 | Licensed to: LEGENDS   |                 |   |                 | * Specified by user.                 |


|    |   |             |   |          |             |
|----|---|-------------|---|----------|-------------|
| 1  |  <b>Solutec Ingenieria Ltda</b><br>Barranquilla Colombia |             | Case Name: ESCENARIO 2.HSC                          |          |             |
| 2  |   |             | Unit Set: Field1                                    |          |             |
| 3  |   |             | Date/Time: Fri Jul 16 01:53:34 2010                 |          |             |
| 4  |   |             |   |          |             |
| 5  | <b>Stream: Palenque (continued)</b>   |             | <b>Envelope Utility: Envelope Utility-1 (contin</b> |          |             |
| 6  |   |             |   |          |             |
| 7  | <b>CURVES</b>   |             |   |          |             |
| 8  |   |             |   |          |             |
| 9  |   |             |   |          |             |
| 10 |   |             |   |          |             |
| 11 | Pressure  | Temperature | Volume  | Enthalpy | Entropy     |
| 12 | (psig)  | (F)         |   |          |             |
| 13 | 172.6   | -177.1      |   |          |             |
| 14 | 190.3   | -173.0      |   |          |             |
| 15 | 209.2   | -168.9      |   |          |             |
| 16 | 229.3   | -164.7      |   |          |             |
| 17 | 250.7   | -160.6      |   |          |             |
| 18 | 273.3   | -156.4      |   |          |             |
| 19 | 297.1   | -152.2      |   |          |             |
| 20 | 322.1   | -148.1      |   |          |             |
| 21 | 348.2   | -144.0      |   |          |             |
| 22 | 375.4   | -139.9      |   |          |             |
| 23 | 403.7   | -135.8      |   |          |             |
| 24 | 432.9   | -131.8      |   |          |             |
| 25 | 462.9   | -127.8      |   |          |             |
| 26 | 493.6   | -123.8      |   |          |             |
| 27 | 525.0   | -120.0      |   |          |             |
| 28 | 556.8   | -116.2      |   |          |             |
| 29 | 588.9   | -112.4      |   |          |             |
| 30 | 621.3   | -108.7      |   |          |             |
| 31 | 653.6   | -105.1      |   |          |             |
| 32 | 685.9   | -101.6      |   |          |             |
| 33 | 717.9   | -98.13      |   |          |             |
| 34 | 749.5   | -94.75      |   |          |             |
| 35 | 780.6   | -91.45      |   |          |             |
| 36 | 811.1   | -88.21      |   |          |             |
| 37 | 840.9   | -85.03      |   |          |             |
| 38 | 870.0   | -81.92      |   |          |             |
| 39 | 898.2   | -78.85      |   |          |             |
| 40 | 925.7   | -75.82      |   |          |             |
| 41 | 946.9   | -73.44      |   |          |             |
| 42 | 967.8   | -71.05      |   |          |             |
| 43 | 973.2   | -70.42      |   |          |             |
| 44 | <b>Dew Point Curve Table</b>  |             |   |          |             |
| 45 |   |             |   |          |             |
| 46 | Pressure  | Temperature | Volume  | Enthalpy | Entropy     |
| 47 | (psig)  | (F)         |   |          |             |
| 48 | 14.70   | -2.143      |   |          |             |
| 49 | 33.76   | 7.594       |   |          |             |
| 50 | 65.20   | 17.43       |   |          |             |
| 51 | 117.0   | 26.95       |   |          |             |
| 52 | 202.5   | 35.39       |   |          |             |
| 53 | 338.4   | 41.07       |   |          |             |
| 54 | 447.7   | 42.16       |   |          |             |
| 55 | 497.6   | 41.97       |   |          |             |
| 56 | 664.6   | 38.83       |   |          |             |
| 57 | 823.7   | 32.61       |   |          |             |
| 58 | 962.4   | 24.25       |   |          |             |
| 59 | 1072  | 14.65       |   |          |             |
| 60 | 1151  | 4.575       |   |          |             |
| 61 | 1198  | -5.345      |   |          |             |
| 62 | 1220  | -14.64      |   |          |             |
| 63 | Hyprotech Ltd.  |             | Aspen HYSYS Version 7 (22.0.0.7020)                 |          | Page 2 of 4 |


|    |   |             |   |          |                    |
|----|---|-------------|---|----------|--------------------|
| 1  |  <b>Solutec Ingenieria Ltda</b><br>Barranquilla Colombia |             | Case Name: ESCENARIO 2.HSC                          |          |                    |
| 2  |   |             | Unit Set: Field1                                    |          |                    |
| 3  |   |             | Date/Time: Fri Jul 16 01:53:34 2010                 |          |                    |
| 4  |   |             |   |          |                    |
| 5  |   |             |   |          |                    |
| 6  | <b>Stream: Palenque (continued)</b>   |             | <b>Envelope Utility: Envelope Utility-1 (contin</b> |          |                    |
| 7  | <b>Dew Point Curve Table</b>  |             |   |          |                    |
| 8  |   |             |   |          |                    |
| 9  |   |             |   |          |                    |
| 10 |   |             |   |          |                    |
| 11 | Pressure  | Temperature | Volume  | Enthalpy | Entropy            |
| 12 | (psig)  | (F)         |   |          |                    |
| 13 | 1223  | -19.95      |   |          |                    |
| 14 | 1218  | -26.79      |   |          |                    |
| 15 | 1193  | -36.51      |   |          |                    |
| 16 | 1161  | -43.96      |   |          |                    |
| 17 | 1129  | -49.69      |   |          |                    |
| 18 | 1101  | -54.13      |   |          |                    |
| 19 | 1075  | -57.74      |   |          |                    |
| 20 | 1052  | -60.82      |   |          |                    |
| 21 | 1030  | -63.59      |   |          |                    |
| 22 | 1009  | -66.16      |   |          |                    |
| 23 | 988.5   | -68.63      |   |          |                    |
| 24 | 973.2   | -70.42      |   |          |                    |
| 25 | <b>Hydrate Curve Table</b>  |             |   |          |                    |
| 26 |   |             |   |          |                    |
| 27 | Pressure  | Temperature |   |          |                    |
| 28 | (psig)  | (F)         |   |          |                    |
| 29 |   |             | 33.76   |          | -40.79             |
| 30 |   |             | 65.20   |          | -33.74             |
| 31 |   |             | 117.0   |          | -26.49             |
| 32 |   |             | 202.5   |          | -19.07             |
| 33 |   |             | 338.4   |          | -11.74             |
| 34 |   |             | 447.7   |          | -7.681             |
| 35 |   |             | 497.6   |          | -6.155             |
| 36 |   |             | 664.6   |          | -2.645             |
| 37 |   |             | 823.7   |          | 0.3539             |
| 38 |   |             | 962.4   |          | 2.439              |
| 39 |   |             | 1072  |          | 3.828              |
| 40 |   |             | 1151  |          | 4.700              |
| 41 |   |             | 1198  |          | 5.192              |
| 42 |   |             | 1220  |          | 5.407              |
| 43 |   |             | 1223  |          | 5.439              |
| 44 |   |             | 1218  |          | 5.388              |
| 45 | <b>PROPERTIES</b>   |             |   |          |                    |
| 46 |   |             |   |          |                    |
| 47 |   | Overall     | Vapour Phase  |          |                    |
| 48 | Vapour/Phase Fraction   | 1.0000      | 1.0000  |          |                    |
| 49 | Temperature: (F)  | 71.62       | 71.62   |          |                    |
| 50 | Pressure: (psig)  | 1044        | 1044  |          |                    |
| 51 | Molar Flow (MMSCFD)   | 35.97       | 35.97   |          |                    |
| 52 | Mass Flow (lb/hr)   | 7.358e+004  | 7.358e+004  |          |                    |
| 53 | Std Ideal Liq Vol Flow (barrel/day)   | 1.533e+004  | 1.533e+004  |          |                    |
| 54 | Molar Enthalpy (Btu/lbmole)   | -3.646e+004 | -3.646e+004   |          |                    |
| 55 | Mass Enthalpy (Btu/lb)  | -1957       | -1957   |          |                    |
| 56 | Molar Entropy (Btu/lbmole-F)  | 35.20       | 35.20   |          |                    |
| 57 | Mass Entropy (Btu/lb-F)   | 1.890       | 1.890   |          |                    |
| 58 | Heat Flow (Btu/hr)  | -1.440e+008 | -1.440e+008   |          |                    |
| 59 | Molar Density (lbmole/ft3)  | 0.2290      | 0.2290  |          |                    |
| 60 | Mass Density (lb/ft3)   | 4.267       | 4.267   |          |                    |
| 61 | Std Ideal Liq Mass Density (lb/ft3)   | 20.52       | 20.52   |          |                    |
| 62 | Liq Mass Density @Std Cond (lb/ft3)   | --          | --  |          |                    |
| 63 | <b>Hyprotech Ltd.</b>   |             | <b>Aspen HYSYS Version 7 (22.0.0.7020)</b>          |          | <b>Page 3 of 4</b> |


|    |  |                |   |            |             |  |
|----|--|----------------|---|------------|-------------|--|
| 1  |  Solutec Ingenieria Ltda<br>Barranquilla Colombia |                | Case Name: ESCENARIO 2.HSC                          |            |             |  |
| 2  |  |                | Unit Set: Field1                                    |            |             |  |
| 3  |  |                | Date/Time: Fri Jul 16 01:53:34 2010                 |            |             |  |
| 4  |  |                |   |            |             |  |
| 5  |  |                |   |            |             |  |
| 6  |  |                |   |            |             |  |
| 7  | <b>Stream: Palenque (continued)</b>  |                | <b>Envelope Utility: Envelope Utility-1 (contin</b> |            |             |  |
| 8  |  |                |   |            |             |  |
| 9  | Molar Heat Capacity  | (Btu/lbmole-F) | 12.25   | 12.25      |             |  |
| 10 | Mass Heat Capacity   | (Btu/lb-F)     | 0.6576  | 0.6576     |             |  |
| 11 | Thermal Conductivity   | (Btu/hr-ft-F)  | 2.262e-002  | 2.262e-002 |             |  |
| 12 | Viscosity  | (cP)           | 1.354e-002  | 1.354e-002 |             |  |
| 13 | Surface Tension  | (dyne/cm)      | ---   | ---        |             |  |
| 14 | Molecular Weight   |                | 18.63   | 18.63      |             |  |
| 15 | Z Factor   |                | 0.8109  | 0.8109     |             |  |
| 16 | Mole Frac (Nitrogen)   |                | 0.0045  | 0.0045     |             |  |
| 17 | Mole Frac (CO2)  |                | 0.0204  | 0.0204     |             |  |
| 18 | Mole Frac (Methane)  |                | 0.8819  | 0.8819     |             |  |
| 19 | Mole Frac (Ethane)   |                | 0.0627  | 0.0627     |             |  |
| 20 | Mole Frac (Propane)  |                | 0.0194  | 0.0194     |             |  |
| 21 | Mole Frac (i-Butane)   |                | 0.0042  | 0.0042     |             |  |
| 22 | Mole Frac (n-Butane)   |                | 0.0035  | 0.0035     |             |  |
| 23 | Mole Frac (i-Pentane)  |                | 0.0013  | 0.0013     |             |  |
| 24 | Mole Frac (n-Pentane)  |                | 0.0008  | 0.0008     |             |  |
| 25 | Mole Frac (EGlycol)  |                | 0.0000  | 0.0000     |             |  |
| 26 | Mole Frac (TEGlycol)   |                | 0.0000  | 0.0000     |             |  |
| 27 | Mole Frac (H2O)  |                | 0.0000  | 0.0000     |             |  |
| 28 | Mole Frac (Toluene)  |                | 0.0001  | 0.0001     |             |  |
| 29 | Mole Frac (Benzene)  |                | 0.0000  | 0.0000     |             |  |
| 30 | Mole Frac (n-Heptane)  |                | 0.0004  | 0.0004     |             |  |
| 31 | Mole Frac (n-Hexane)   |                | 0.0007  | 0.0007     |             |  |
| 32 | Mole Frac (n-Octane)   |                | 0.0001  | 0.0001     |             |  |
| 33 | Mole Frac (n-Nonane)   |                | 0.0000  | 0.0000     |             |  |
| 34 | Mole Frac (n-Decane)   |                | 0.0000  | 0.0000     |             |  |
| 35 | Mole Frac (n-C11)  |                | 0.0000  | 0.0000     |             |  |
| 36 | Mole Frac (n-C12)  |                | 0.0000  | 0.0000     |             |  |
| 37 | Mole Frac (n-C13)  |                | 0.0000  | 0.0000     |             |  |
| 38 |  |                |   |            |             |  |
| 39 |  |                |   |            |             |  |
| 40 |  |                |   |            |             |  |
| 41 |  |                |   |            |             |  |
| 42 |  |                |   |            |             |  |
| 43 |  |                |   |            |             |  |
| 44 |  |                |   |            |             |  |
| 45 |  |                |   |            |             |  |
| 46 |  |                |   |            |             |  |
| 47 |  |                |   |            |             |  |
| 48 |  |                |   |            |             |  |
| 49 |  |                |   |            |             |  |
| 50 |  |                |   |            |             |  |
| 51 |  |                |   |            |             |  |
| 52 |  |                |   |            |             |  |
| 53 |  |                |   |            |             |  |
| 54 |  |                |   |            |             |  |
| 55 |  |                |   |            |             |  |
| 56 |  |                |   |            |             |  |
| 57 |  |                |   |            |             |  |
| 58 |  |                |   |            |             |  |
| 59 |  |                |   |            |             |  |
| 60 |  |                |   |            |             |  |
| 61 |  |                |   |            |             |  |
| 62 |  |                |   |            |             |  |
| 63 | Hyprotech Ltd.   |                | Aspen HYSYS Version 7 (22.0.0.7020)                 |            | Page 4 of 4 |  |

# Palenque




|    |   |              |                                     |                     |                      |                      |
|----|---|--------------|-------------------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| 1  |  <b>Solutec Ingenieria Ltda</b><br>Barranquilla Colombia |              | Case Name: ESCENARIO 2.HSC          |                     |                      |                      |
| 2  |   |              | Unit Set: Field1                    |                     |                      |                      |
| 3  |   |              | Date/Time: Fri Jul 16 01:52:54 2010 |                     |                      |                      |
| 4  |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 5  | <b>Workbook: Case (Main)</b>  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 6  | <b>Material Streams</b>   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 7  | Fluid Pkg: All  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 8  |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 9  |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 10 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 11 | Name  | Palenque     | Palenque-2                          | Gas Salida Tambores | Gas Salida Cima Esta | Gas Salida Twister-2 |
| 12 | Vapour Fraction   | 1.0000       | 1.0000                              | 1.0000              | 1.0000               | 1.0000               |
| 13 | Temperature (F)   | 71.62        | 67.00                               | 44.80 *             | 100.0 *              | 79.49 *              |
| 14 | Pressure (psig)   | 1044         | 1090                                | 1205 *              | 1205 *               | 1201 *               |
| 15 | Molar Flow (MMSCFD)   | 35.97        | 30.06                               | 0.3300 *            | 0.9800 *             | 30.06 *              |
| 16 | Mass Flow (lb/hr)   | 7.358e+004   | 6.066e+004                          | 702.8               | 2783                 | 6.066e+004           |
| 17 | Liquid Volume Flow (barrel/day)   | 1.533e+004   | 1.273e+004                          | 143.3               | 490.8                | 1.273e+004           |
| 18 | Heat Flow (Btu/hr)  | -1.440e+008  | -1.199e+008                         | -1.370e+006         | -4.536e+006          | -1.196e+008          |
| 19 | Name  | Gas Original | A la Ciudad                         | Gas Mezcla          | Gas Salida Twister   | Gas A Bucaramanga    |
| 20 | Vapour Fraction   | 1.0000       | 0.9994                              | 1.0000              | 1.0000               | 1.0000               |
| 21 | Temperature (F)   | 79.49        | 14.45                               | 80.65               | 81.00 *              | 71.62                |
| 22 | Pressure (psig)   | 1201         | 249.9                               | 1201                | 1201 *               | 1044                 |
| 23 | Molar Flow (MMSCFD)   | 30.06        | 15.00                               | 35.97               | 34.66 *              | 15.00 *              |
| 24 | Mass Flow (lb/hr)   | 6.066e+004   | 3.068e+004                          | 7.358e+004          | 7.009e+004           | 3.068e+004           |
| 25 | Liquid Volume Flow (barrel/day)   | 1.273e+004   | 6393                                | 1.533e+004          | 1.470e+004           | 6393                 |
| 26 | Heat Flow (Btu/hr)  | -1.196e+008  | -6.004e+007                         | -1.440e+008         | -1.381e+008          | -6.005e+007          |
| 27 | Name  | Loop 8*      | Gas A Barrancaberme                 | Loop 6*             | a pk 105             | a pk 105-2           |
| 28 | Vapour Fraction   | 1.0000       | 1.0000                              | 1.0000              | 1.0000               | 1.0000               |
| 29 | Temperature (F)   | 71.62        | 71.62                               | 71.62               | 77.02                | 85.65                |
| 30 | Pressure (psig)   | 1044         | 1044                                | 1044                | 1024                 | 1048                 |
| 31 | Molar Flow (MMSCFD)   | 14.05        | 20.97                               | 6.920               | 6.920                | 14.05                |
| 32 | Mass Flow (lb/hr)   | 2.874e+004   | 4.290e+004                          | 1.416e+004          | 1.416e+004           | 2.874e+004           |
| 33 | Liquid Volume Flow (barrel/day)   | 5988         | 8937                                | 2949                | 2949                 | 5988                 |
| 34 | Heat Flow (Btu/hr)  | -5.624e+007  | -8.395e+007                         | -2.770e+007         | -2.764e+007          | -5.599e+007          |
| 35 | Name  | a COGB       | COGB Alta                           | Bucaramanga         | Gas Regulado         | COGB baja            |
| 36 | Vapour Fraction   | 1.0000       | 1.0000                              | 1.0000              | 0.9994               | 0.9999               |
| 37 | Temperature (F)   | 81.92        | 80.47                               | 71.65               | 14.19                | 31.84                |
| 38 | Pressure (psig)   | 1024         | 943.5                               | 1044                | 250.0 *              | 250.0 *              |
| 39 | Molar Flow (MMSCFD)   | 20.97        | 20.97                               | 15.00               | 15.00                | 20.97                |
| 40 | Mass Flow (lb/hr)   | 4.290e+004   | 4.290e+004                          | 3.068e+004          | 3.068e+004           | 4.290e+004           |
| 41 | Liquid Volume Flow (barrel/day)   | 8937         | 8937                                | 6393                | 6393                 | 8937                 |
| 42 | Heat Flow (Btu/hr)  | -8.363e+007  | -8.354e+007                         | -6.005e+007         | -6.005e+007          | -8.354e+007          |
| 43 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 44 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 45 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 46 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 47 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 48 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 49 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 50 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 51 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 52 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 53 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 54 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 55 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 56 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 57 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 58 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 59 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 60 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 61 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 62 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 63 | Hyprotech Ltd.  |              | Aspen HYSYS Version 7 (22.0.0.7020) |                     | Page 1 of 4          |                      |

|    |  |              |                                     |                     |                      |                      |
|----|--|--------------|-------------------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| 1  |  Solutec Ingenieria Ltda<br>Barranquilla Colombia |              | Case Name: ESCENARIO 2.HSC          |                     |                      |                      |
| 2  |  |              | Unit Set: Field1                    |                     |                      |                      |
| 3  |  |              | Date/Time: Fri Jul 16 01:52:54 2010 |                     |                      |                      |
| 4  |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 5  |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 6  | <b>Workbook: Case (Main) (continued)</b>   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 7  |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 8  |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 9  | <b>Compositions</b>  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 10 |  |              |                                     |                     |                      | Fluid Pkg: All       |
| 11 | Name   | Palenque     | Palenque-2                          | Gas Salida Tambores | Gas Salida Cima Esta | Gas Salida Twister-2 |
| 12 | Comp Mole Frac (Nitrogen)  | 0.00450007   | 0.00459781                          | 0.00305400 *        | 0.00088900 *         | 0.00459781 *         |
| 13 | Comp Mole Frac (CO2)   | 0.02043101   | 0.01999048                          | 0.02345000 *        | 0.03415997 *         | 0.01999048 *         |
| 14 | Comp Mole Frac (H2S)   | ***          | ***                                 | ***                 | ***                  | ***                  |
| 15 | Comp Mole Frac (Methane)   | 0.88185221   | 0.88179409                          | 0.85250900 *        | 0.58808941 *         | 0.88179409 *         |
| 16 | Comp Mole Frac (Ethane)  | 0.06274048   | 0.05867207                          | 0.07830500 *        | 0.18497182 *         | 0.05867207 *         |
| 17 | Comp Mole Frac (Propane)   | 0.01942656   | 0.01539267                          | 0.02524500 *        | 0.14215486 *         | 0.01539267 *         |
| 18 | Comp Mole Frac (i-Butane)  | 0.00418601   | 0.00339838                          | 0.00624200 *        | 0.02298098 *         | 0.00339838 *         |
| 19 | Comp Mole Frac (n-Butane)  | 0.00352596   | 0.00289862                          | 0.00555400 *        | 0.01666998 *         | 0.00289862 *         |
| 20 | Comp Mole Frac (i-Pentane)   | 0.00133075   | 0.00109948                          | 0.00218300 *        | 0.00471300 *         | 0.00109948 *         |
| 21 | Comp Mole Frac (n-Pentane)   | 0.00075689   | 0.00059971                          | 0.00125400 *        | 0.00256800 *         | 0.00059971 *         |
| 22 | Comp Mole Frac (TEGlycol)  | 0.00000000   | 0.00000000                          | 0.00000000 *        | 0.00000000 *         | 0.00000000 *         |
| 23 | Comp Mole Frac (H2O)   | 0.00002621   | 0.00009999                          | 0.00013000 *        | 0.00021100 *         | 0.00009999 *         |
| 24 | Comp Mole Frac (Toluene)   | 0.00006407   | 0.00005799                          | 0.00009800 *        | 0.00012800 *         | 0.00005799 *         |
| 25 | Comp Mole Frac (Benzene)   | 0.00003716   | 0.00003954                          | 0.00006000 *        | 0.00010800 *         | 0.00003954 *         |
| 26 | Comp Mole Frac (n-Heptane)   | 0.00035471   | 0.00029996                          | 0.00052800 *        | 0.00056900 *         | 0.00029996 *         |
| 27 | Comp Mole Frac (n-Hexane)  | 0.00085631   | 0.00059932                          | 0.00105400 *        | 0.00155900 *         | 0.00059932 *         |
| 28 | Comp Mole Frac (n-Octane)  | 0.00007884   | 0.00009989                          | 0.00021400 *        | 0.00016900 *         | 0.00009989 *         |
| 29 | Comp Mole Frac (n-Nonane)  | 0.00002519   | 0.00000000                          | 0.00008200 *        | 0.00004800 *         | 0.00000000 *         |
| 30 | Comp Mole Frac (n-Decane)  | 0.00000631   | 0.00000000                          | 0.00002500 *        | 0.00001100 *         | 0.00000000 *         |
| 31 | Comp Mole Frac (n-C11)   | 0.00000109   | 0.00000000                          | 0.00000800 *        | 0.00000200 *         | 0.00000000 *         |
| 32 | Comp Mole Frac (n-C12)   | 0.00000005   | 0.00000000                          | 0.00000300 *        | 0.00000100 *         | 0.00000000 *         |
| 33 | Comp Mole Frac (n-C13)   | 0.00000001   | 0.00000000                          | 0.00000100 *        | 0.00000000 *         | 0.00000000 *         |
| 34 | Comp Mole Frac (EGlycol)   | 0.00000009   | 0.00000000                          | 0.00000100 *        | 0.00000300 *         | 0.00000000 *         |
| 35 | Name   | Gas Original | A la Ciudad                         | Gas Mezcla          | Gas Salida Twister   | Gas A Bucaramanga    |
| 36 | Comp Mole Frac (Nitrogen)  | 0.00459781   | 0.00450007                          | 0.00450007          | 0.00461594 *         | 0.00450007           |
| 37 | Comp Mole Frac (CO2)   | 0.01999048   | 0.02043101                          | 0.02043101          | 0.02001408 *         | 0.02043101           |
| 38 | Comp Mole Frac (H2S)   | ***          | ***                                 | ***                 | ***                  | ***                  |
| 39 | Comp Mole Frac (Methane)   | 0.88179409   | 0.88185221                          | 0.88185221          | 0.89043763 *         | 0.88185221           |
| 40 | Comp Mole Frac (Ethane)  | 0.05867207   | 0.06274048                          | 0.06274048          | 0.05913624 *         | 0.06274048           |
| 41 | Comp Mole Frac (Propane)   | 0.01539267   | 0.01942656                          | 0.01942656          | 0.01590106 *         | 0.01942656           |
| 42 | Comp Mole Frac (i-Butane)  | 0.00339838   | 0.00418601                          | 0.00418601          | 0.00363501 *         | 0.00418601           |
| 43 | Comp Mole Frac (n-Butane)  | 0.00289862   | 0.00352596                          | 0.00352596          | 0.00313501 *         | 0.00352596           |
| 44 | Comp Mole Frac (i-Pentane)   | 0.00109948   | 0.00133075                          | 0.00133075          | 0.00122701 *         | 0.00133075           |
| 45 | Comp Mole Frac (n-Pentane)   | 0.00059971   | 0.00075689                          | 0.00075689          | 0.00070100 *         | 0.00075689           |
| 46 | Comp Mole Frac (TEGlycol)  | 0.00000000   | 0.00000000                          | 0.00000000          | 0.00000000 *         | 0.00000000           |
| 47 | Comp Mole Frac (H2O)   | 0.00009999   | 0.00002621                          | 0.00002621          | 0.00002000 *         | 0.00002621           |
| 48 | Comp Mole Frac (Toluene)   | 0.00005799   | 0.00006407                          | 0.00006407          | 0.00006200 *         | 0.00006407           |
| 49 | Comp Mole Frac (Benzene)   | 0.00003954   | 0.00003716                          | 0.00003716          | 0.00003500 *         | 0.00003716           |
| 50 | Comp Mole Frac (n-Heptane)   | 0.00029996   | 0.00035471                          | 0.00035471          | 0.00034700 *         | 0.00035471           |
| 51 | Comp Mole Frac (n-Hexane)  | 0.00059932   | 0.00085631                          | 0.00085631          | 0.00082700 *         | 0.00085631           |
| 52 | Comp Mole Frac (n-Octane)  | 0.00009989   | 0.00007884                          | 0.00007884          | 0.00007500 *         | 0.00007884           |
| 53 | Comp Mole Frac (n-Nonane)  | 0.00000000   | 0.00002519                          | 0.00002519          | 0.00002400 *         | 0.00002519           |
| 54 | Comp Mole Frac (n-Decane)  | 0.00000000   | 0.00000631                          | 0.00000631          | 0.00000600 *         | 0.00000631           |
| 55 | Comp Mole Frac (n-C11)   | 0.00000000   | 0.00000109                          | 0.00000109          | 0.00000100 *         | 0.00000109           |
| 56 | Comp Mole Frac (n-C12)   | 0.00000000   | 0.00000005                          | 0.00000005          | 0.00000000 *         | 0.00000005           |
| 57 | Comp Mole Frac (n-C13)   | 0.00000000   | 0.00000001                          | 0.00000001          | 0.00000000 *         | 0.00000001           |
| 58 | Comp Mole Frac (EGlycol)   | 0.00000000   | 0.00000009                          | 0.00000009          | 0.00000000 *         | 0.00000009           |
| 59 |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 60 |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 61 |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 62 |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 63 | Hyprotech Ltd.   |              | Aspen HYSYS Version 7 (22.0.0.7020) |                     |                      | Page 2 of 4          |

|    |  |                |                                     |                                     |              |                |
|----|--|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------|----------------|
| 1  |  Solutec Ingenieria Ltda<br>Barranquilla Colombia |                | Case Name: ESCENARIO 2.HSC          |                                     |              |                |
| 2  |  |                | Unit Set: Field1                    |                                     |              |                |
| 3  |  |                | Date/Time: Fri Jul 16 01:52:54 2010 |                                     |              |                |
| 4  |  |                |                                     |                                     |              |                |
| 5  | <b>Workbook: Case (Main) (continued)</b>   |                |                                     |                                     |              |                |
| 6  | <b>Compositions (continued)</b>  |                |                                     |                                     |              |                |
| 7  |  |                |                                     |                                     |              | Fluid Pkg: All |
| 8  |  |                |                                     |                                     |              |                |
| 9  |  |                |                                     |                                     |              |                |
| 10 |  |                |                                     |                                     |              |                |
| 11 | Name   | Loop B*        | Gas A Barrancaberme                 | Loop B*                             | a pk 105     | a pk 105-2     |
| 12 | Comp Mole Frac (Nitrogen)  | 0.00450007     | 0.00450007                          | 0.00450007                          | 0.00450007   | 0.00450007     |
| 13 | Comp Mole Frac (CO2)   | 0.02043101     | 0.02043101                          | 0.02043101                          | 0.02043101   | 0.02043101     |
| 14 | Comp Mole Frac (H2S)   | ***            | ***                                 | ***                                 | ***          | ***            |
| 15 | Comp Mole Frac (Methane)   | 0.88185221     | 0.88185221                          | 0.88185221                          | 0.88185221   | 0.88185221     |
| 16 | Comp Mole Frac (Ethane)  | 0.06274048     | 0.06274048                          | 0.06274048                          | 0.06274048   | 0.06274048     |
| 17 | Comp Mole Frac (Propane)   | 0.01942656     | 0.01942656                          | 0.01942656                          | 0.01942656   | 0.01942656     |
| 18 | Comp Mole Frac (i-Butane)  | 0.00418601     | 0.00418601                          | 0.00418601                          | 0.00418601   | 0.00418601     |
| 19 | Comp Mole Frac (n-Butane)  | 0.00352596     | 0.00352596                          | 0.00352596                          | 0.00352596   | 0.00352596     |
| 20 | Comp Mole Frac (i-Pentane)   | 0.00133075     | 0.00133075                          | 0.00133075                          | 0.00133075   | 0.00133075     |
| 21 | Comp Mole Frac (n-Pentane)   | 0.00075689     | 0.00075689                          | 0.00075689                          | 0.00075689   | 0.00075689     |
| 22 | Comp Mole Frac (TEGlycol)  | 0.00000000     | 0.00000000                          | 0.00000000                          | 0.00000000   | 0.00000000     |
| 23 | Comp Mole Frac (H2O)   | 0.00002621     | 0.00002621                          | 0.00002621                          | 0.00002621   | 0.00002621     |
| 24 | Comp Mole Frac (Toluene)   | 0.00006407     | 0.00006407                          | 0.00006407                          | 0.00006407   | 0.00006407     |
| 25 | Comp Mole Frac (Benzene)   | 0.00003716     | 0.00003716                          | 0.00003716                          | 0.00003716   | 0.00003716     |
| 26 | Comp Mole Frac (n-Heptane)   | 0.00035471     | 0.00035471                          | 0.00035471                          | 0.00035471   | 0.00035471     |
| 27 | Comp Mole Frac (n-Hexane)  | 0.00065631     | 0.00065631                          | 0.00065631                          | 0.00065631   | 0.00065631     |
| 28 | Comp Mole Frac (n-Octane)  | 0.00007894     | 0.00007894                          | 0.00007894                          | 0.00007894   | 0.00007894     |
| 29 | Comp Mole Frac (n-Nonane)  | 0.00002519     | 0.00002519                          | 0.00002519                          | 0.00002519   | 0.00002519     |
| 30 | Comp Mole Frac (n-Decane)  | 0.00000631     | 0.00000631                          | 0.00000631                          | 0.00000631   | 0.00000631     |
| 31 | Comp Mole Frac (n-C11)   | 0.00000109     | 0.00000109                          | 0.00000109                          | 0.00000109   | 0.00000109     |
| 32 | Comp Mole Frac (n-C12)   | 0.00000005     | 0.00000005                          | 0.00000005                          | 0.00000005   | 0.00000005     |
| 33 | Comp Mole Frac (n-C13)   | 0.00000001     | 0.00000001                          | 0.00000001                          | 0.00000001   | 0.00000001     |
| 34 | Comp Mole Frac (EGlycol)   | 0.00000009     | 0.00000009                          | 0.00000009                          | 0.00000009   | 0.00000009     |
| 35 | Name   | a COGB         | COGB Alta                           | Bucaramanga                         | Gas Regulado | COGB baja      |
| 36 | Comp Mole Frac (Nitrogen)  | 0.00450007     | 0.00450007                          | 0.00450007                          | 0.00450007   | 0.00450007     |
| 37 | Comp Mole Frac (CO2)   | 0.02043101     | 0.02043101                          | 0.02043101                          | 0.02043101   | 0.02043101     |
| 38 | Comp Mole Frac (H2S)   | ***            | ***                                 | ***                                 | ***          | ***            |
| 39 | Comp Mole Frac (Methane)   | 0.88185221     | 0.88185221                          | 0.88185221                          | 0.88185221   | 0.88185221     |
| 40 | Comp Mole Frac (Ethane)  | 0.06274048     | 0.06274048                          | 0.06274048                          | 0.06274048   | 0.06274048     |
| 41 | Comp Mole Frac (Propane)   | 0.01942656     | 0.01942656                          | 0.01942656                          | 0.01942656   | 0.01942656     |
| 42 | Comp Mole Frac (i-Butane)  | 0.00418601     | 0.00418601                          | 0.00418601                          | 0.00418601   | 0.00418601     |
| 43 | Comp Mole Frac (n-Butane)  | 0.00352596     | 0.00352596                          | 0.00352596                          | 0.00352596   | 0.00352596     |
| 44 | Comp Mole Frac (i-Pentane)   | 0.00133075     | 0.00133075                          | 0.00133075                          | 0.00133075   | 0.00133075     |
| 45 | Comp Mole Frac (n-Pentane)   | 0.00075689     | 0.00075689                          | 0.00075689                          | 0.00075689   | 0.00075689     |
| 46 | Comp Mole Frac (TEGlycol)  | 0.00000000     | 0.00000000                          | 0.00000000                          | 0.00000000   | 0.00000000     |
| 47 | Comp Mole Frac (H2O)   | 0.00002621     | 0.00002621                          | 0.00002621                          | 0.00002621   | 0.00002621     |
| 48 | Comp Mole Frac (Toluene)   | 0.00006407     | 0.00006407                          | 0.00006407                          | 0.00006407   | 0.00006407     |
| 49 | Comp Mole Frac (Benzene)   | 0.00003716     | 0.00003716                          | 0.00003716                          | 0.00003716   | 0.00003716     |
| 50 | Comp Mole Frac (n-Heptane)   | 0.00035471     | 0.00035471                          | 0.00035471                          | 0.00035471   | 0.00035471     |
| 51 | Comp Mole Frac (n-Hexane)  | 0.00065631     | 0.00065631                          | 0.00065631                          | 0.00065631   | 0.00065631     |
| 52 | Comp Mole Frac (n-Octane)  | 0.00007894     | 0.00007894                          | 0.00007894                          | 0.00007894   | 0.00007894     |
| 53 | Comp Mole Frac (n-Nonane)  | 0.00002519     | 0.00002519                          | 0.00002519                          | 0.00002519   | 0.00002519     |
| 54 | Comp Mole Frac (n-Decane)  | 0.00000631     | 0.00000631                          | 0.00000631                          | 0.00000631   | 0.00000631     |
| 55 | Comp Mole Frac (n-C11)   | 0.00000109     | 0.00000109                          | 0.00000109                          | 0.00000109   | 0.00000109     |
| 56 | Comp Mole Frac (n-C12)   | 0.00000005     | 0.00000005                          | 0.00000005                          | 0.00000005   | 0.00000005     |
| 57 | Comp Mole Frac (n-C13)   | 0.00000001     | 0.00000001                          | 0.00000001                          | 0.00000001   | 0.00000001     |
| 58 | Comp Mole Frac (EGlycol)   | 0.00000009     | 0.00000009                          | 0.00000009                          | 0.00000009   | 0.00000009     |
| 59 | <b>Unit Ops</b>  |                |                                     |                                     |              |                |
| 60 |  |                |                                     |                                     |              |                |
| 61 | Operation Name   | Operation Type | Feeds                               | Products                            | Ignored      | Calc Level     |
| 62 | MIX-100  | Mixer          | Gas Salida Twister                  | Gas Mezcla                          | No           | 500.0 *        |
| 63 | Hyprotech Ltd.   |                |                                     | Aspen HYSYS Version 7 (22.0.0.7020) |              | Page 3 of 4    |

Licensed to: LEGENDS

\* Specified by user.

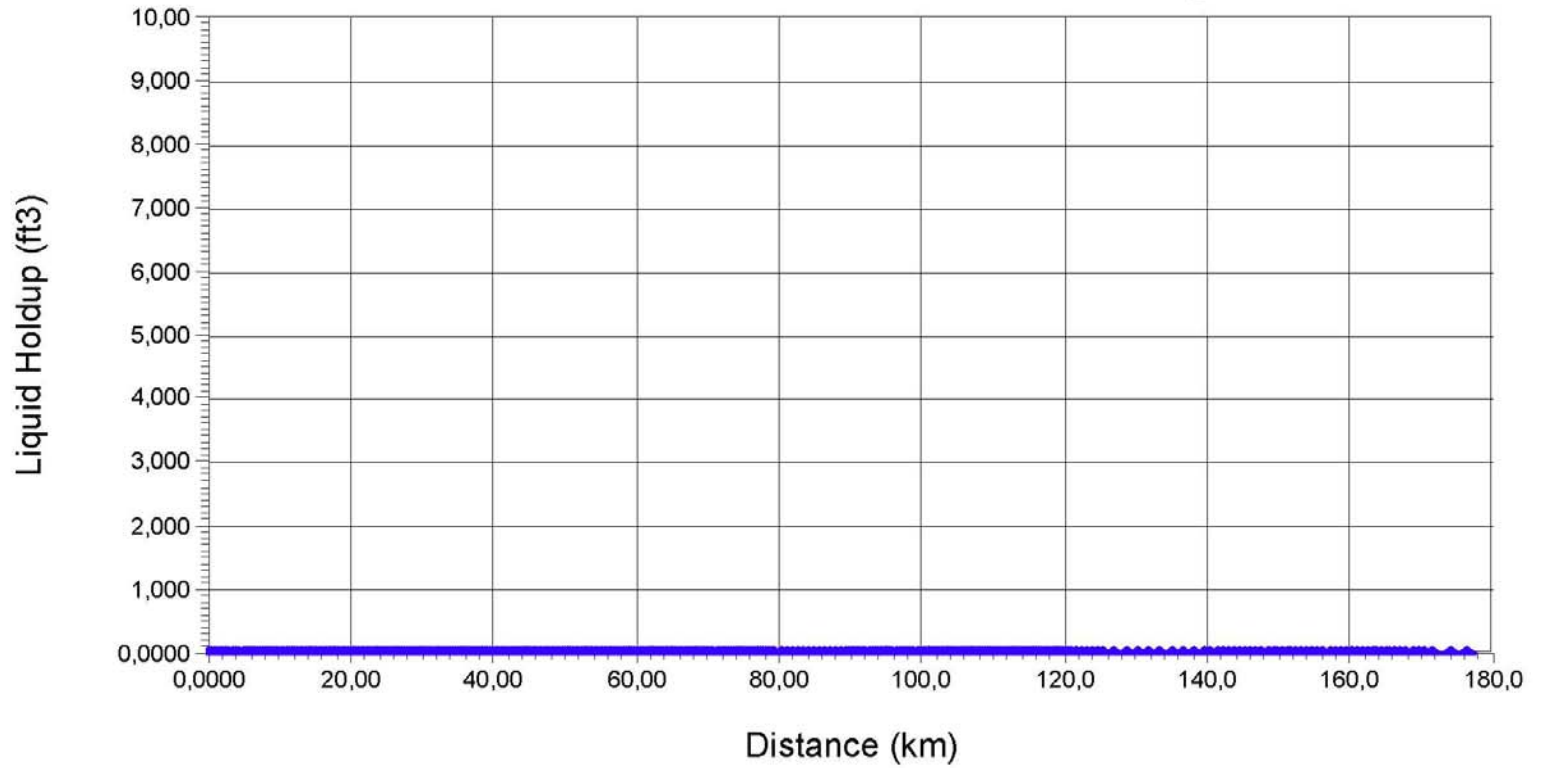
|   |  |                                     |
|---|--|-------------------------------------|
| 1 |  Solutec Ingenieria Ltda<br>Barranquilla Colombia | Case Name: ESCENARIO 2.HSC          |
| 2 |  | Unit Set: Field1                    |
| 3 |  | Date/Time: Fri Jul 16 01:52:54 2010 |
| 4 |  |                                     |
| 5 |  |                                     |

**Workbook: Case (Main) (continued)**

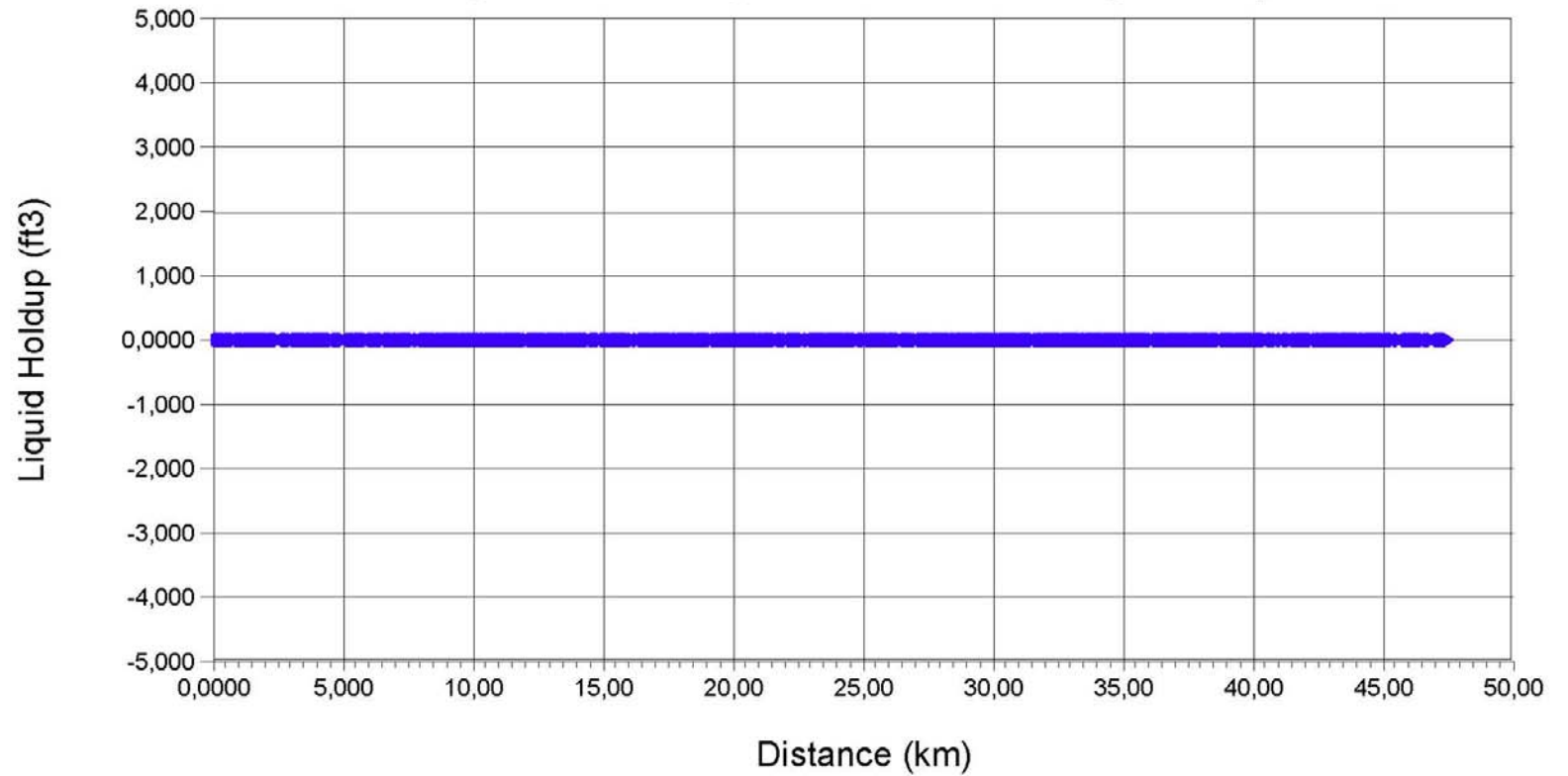
**Unit Ops (continued)**

| Operation Name                  | Operation Type    | Feeds                        | Products          | Ignored | Calc Level |
|---------------------------------|-------------------|------------------------------|-------------------|---------|------------|
| MIX-100                         | Mixer             | Gas Salida Tambores          |                   | No      | 500.0 *    |
| MIX-100-2                       | Mixer             | Gas Salida Cima Estabilizado | Gas Original      | No      | 500.0 *    |
| MIX-101                         | Mixer             | a pk 105                     | a COGB            | No      | 500.0 *    |
| Gibraltar-Bucaramanga K0-k1     | PIPESYS Extension | Gas Mezcla                   | Palenque          | No      | 500.0 *    |
| K0-k174                         | PIPESYS Extension | Gas Original                 | Palenque-2        | No      | 500.0 *    |
| Línea de regulación Bucaramanga | PIPESYS Extension | Gas Regulado                 | A la Ciudad       | No      | 500.0 *    |
| op-100                          | PIPESYS Extension | Gas A Bucaramanga            | Bucaramanga       | No      | 500.0 *    |
| op-100-3                        | PIPESYS Extension | a COGB                       | COGB Alta         | No      | 500.0 *    |
| op-100-3-2                      | PIPESYS Extension | Loop 8*                      | a pk 105          | No      | 500.0 *    |
| Bucaramanga-Payoa 8*            | PIPESYS Extension | Loop 8*                      | a pk 105-2        | No      | 500.0 *    |
| TEE-100                         | Tee               | Palenque                     | Gas A Bucaramanga | No      | 500.0 *    |
| TEE-101                         | Tee               | Gas A Barrancabermeja        | Loop 8"           | No      | 500.0 *    |
| VLV-100                         | Valve             | Bucaramanga                  | Gas Regulado      | No      | 500.0 *    |
| VLV-100-2                       | Valve             | COGB Alta                    | COGB baja         | No      | 500.0 *    |

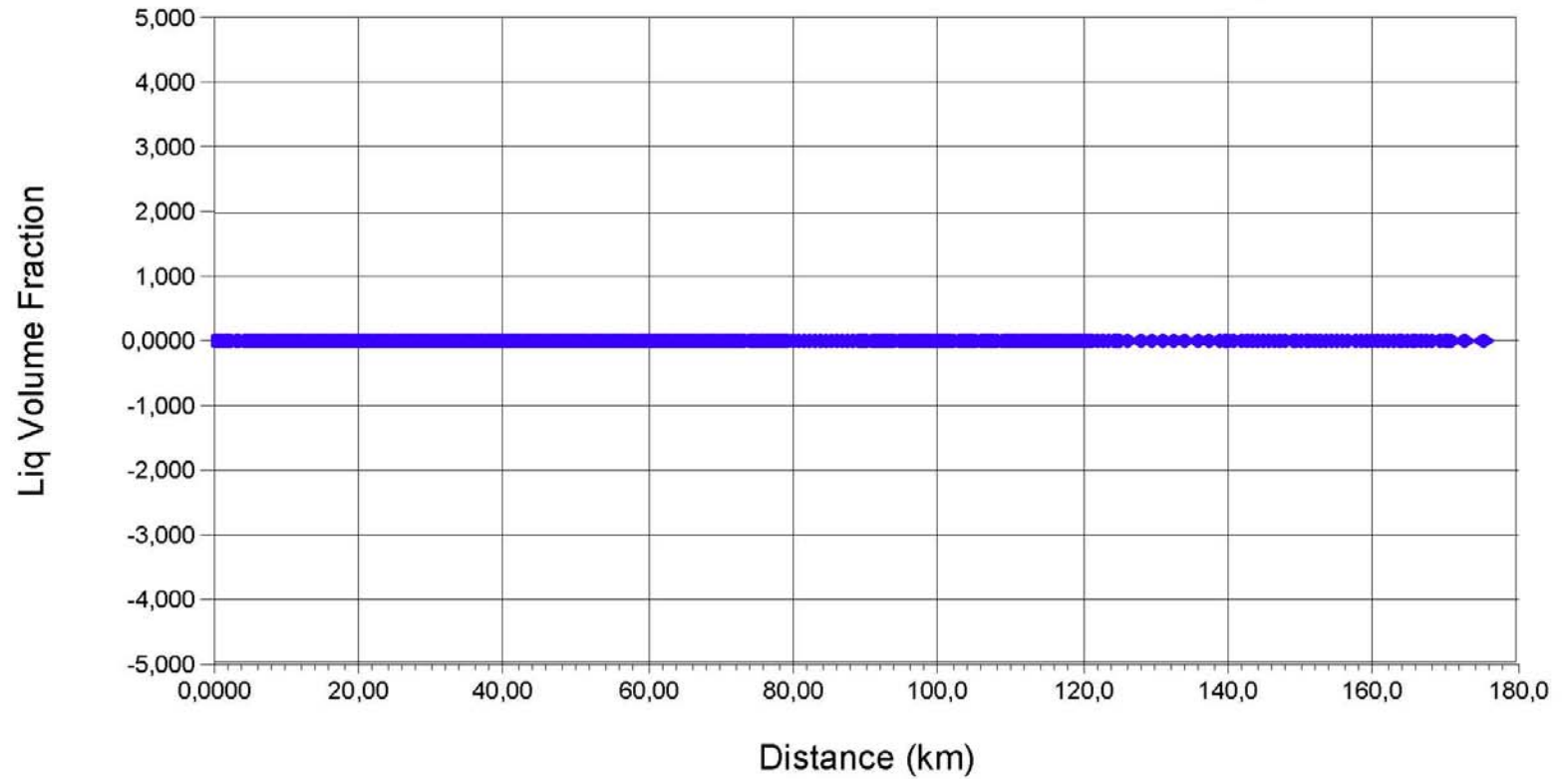
## Cumulative Liquid Holdup: Gibraltar-Bucaramanga K0-k174 m



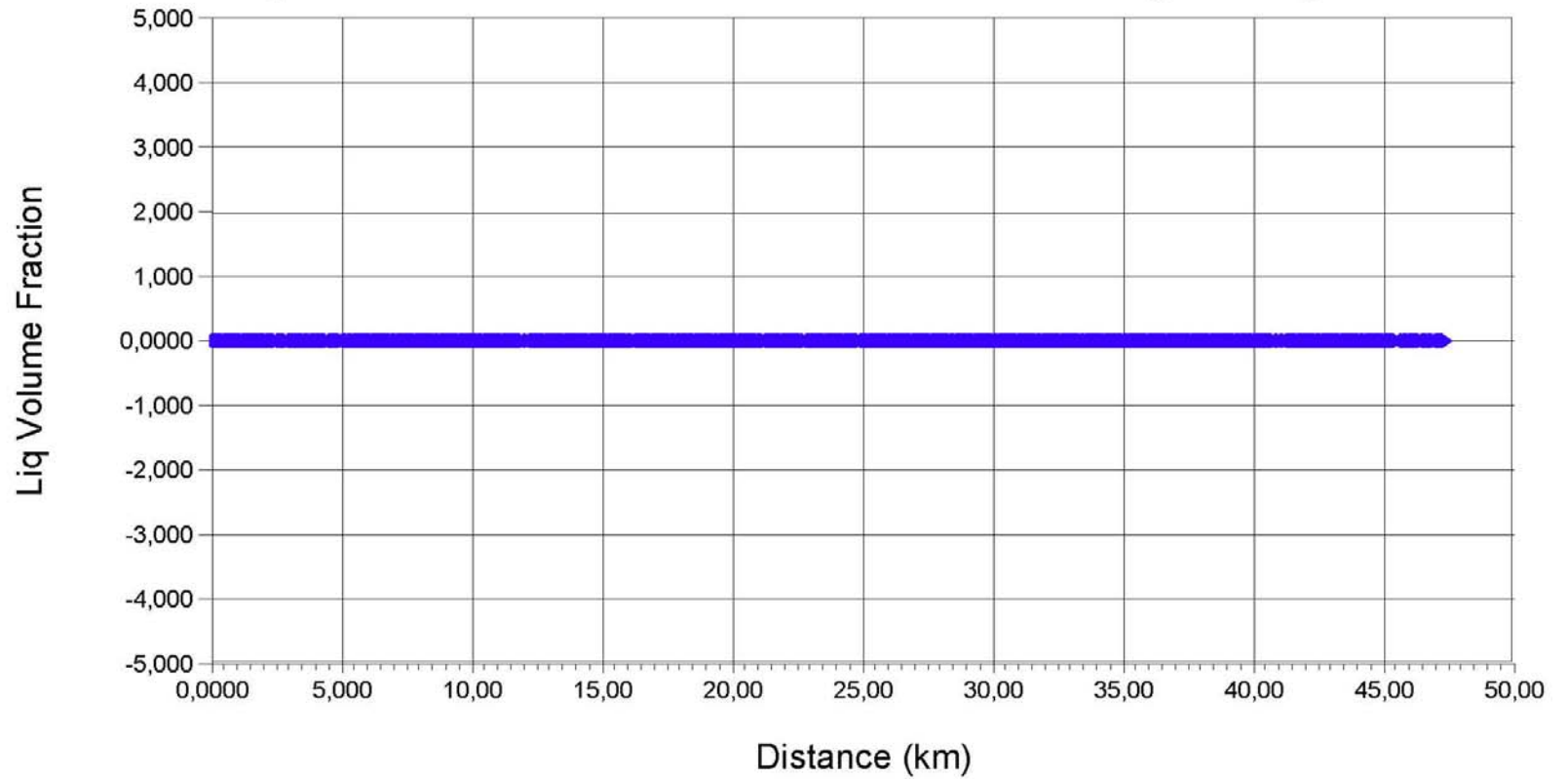
## Cumulative Liquid Holdup: Bucaramanga-Payoa 8"



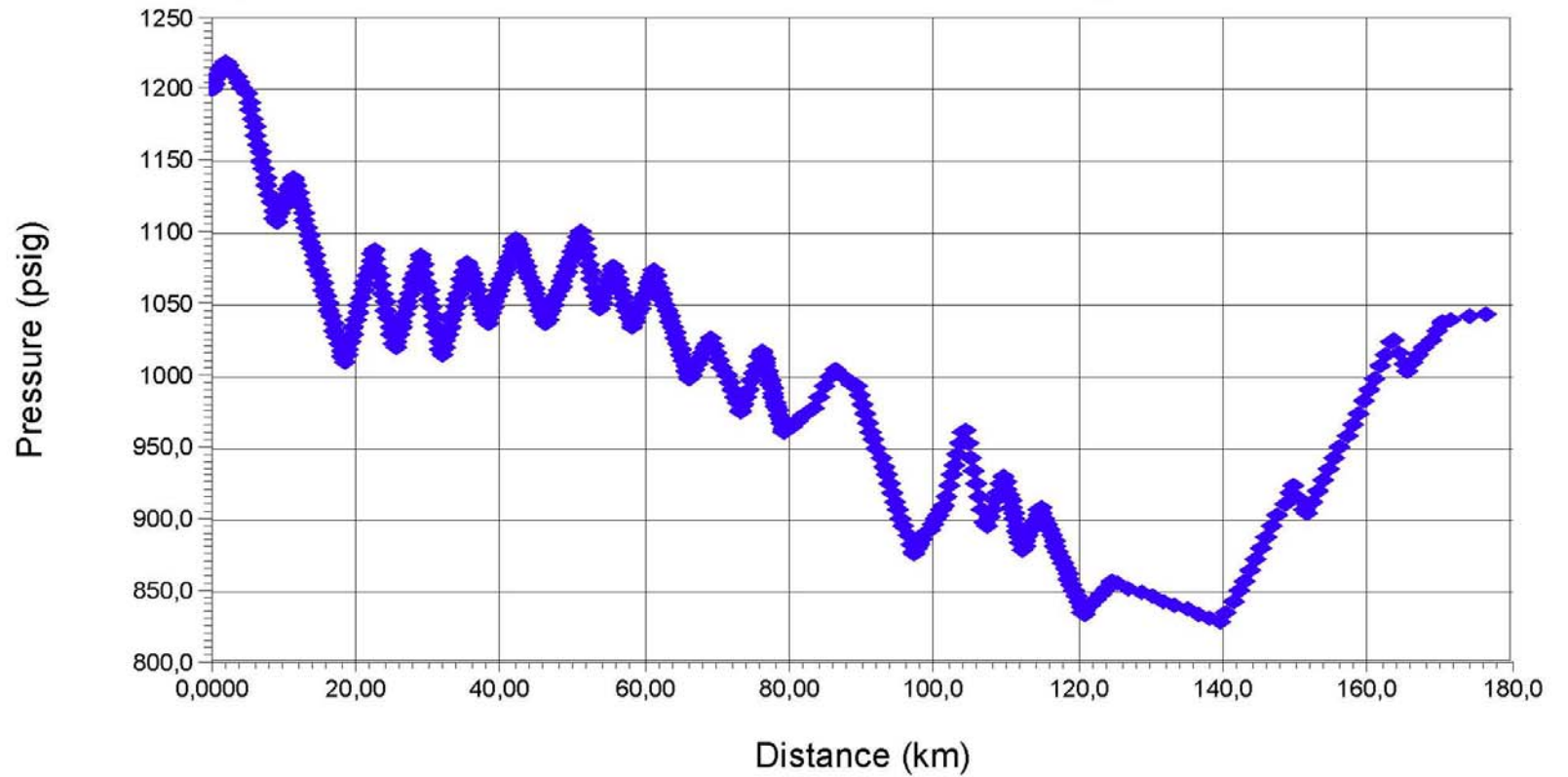
# Insitu Liquid Volume Fraction: Gibraltar-Bucaramanga K0-k174 m



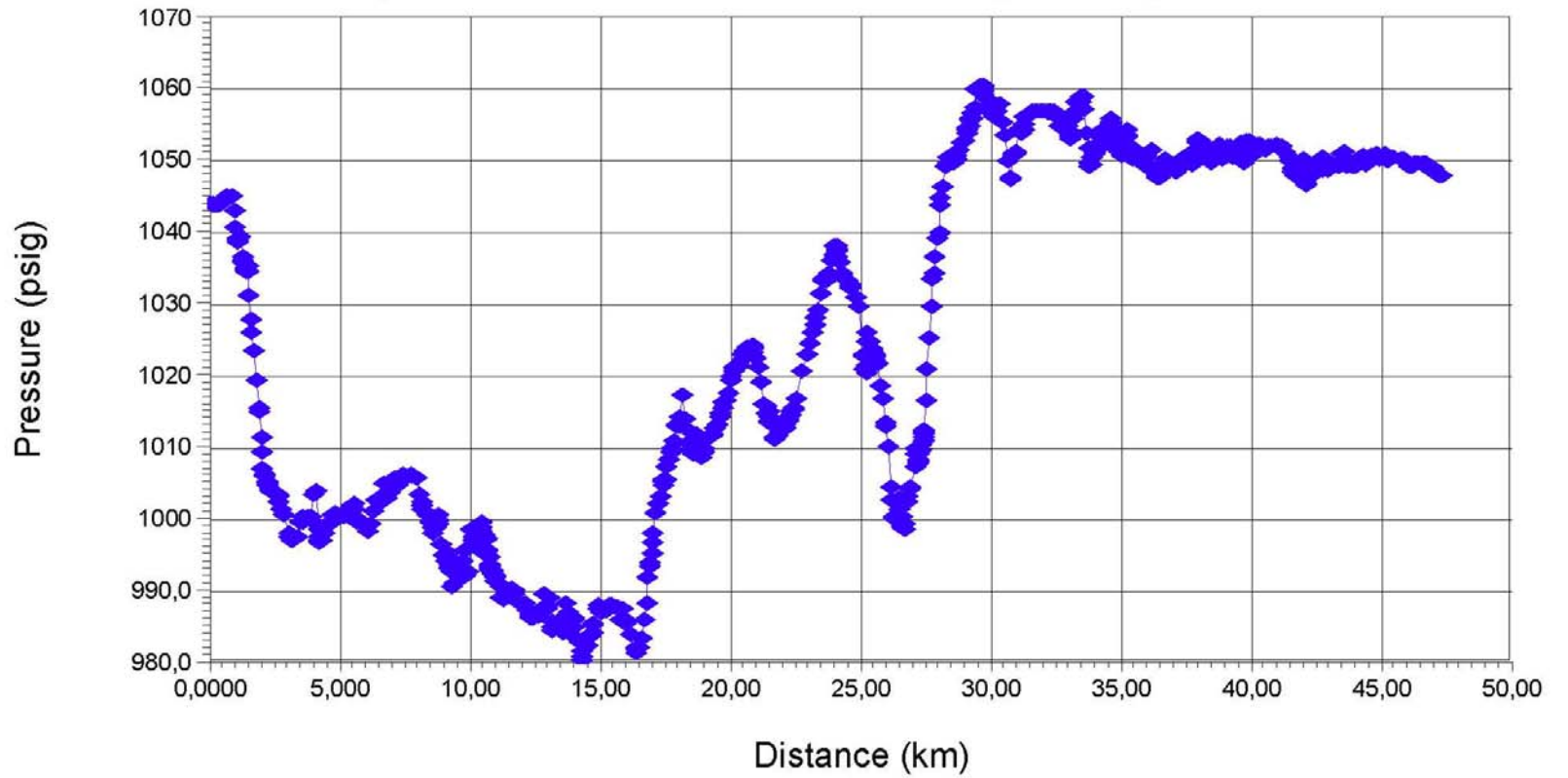
## Insitu Liquid Volume Fraction: Bucaramanga-Payoa 8"





## Flowing Pressure: Gibraltar-Bucaramanga K0-k174 m




# Flowing Pressure: Bucaramanga-Payoa 8"




|    |  |                                     |                          |
|----|--|-------------------------------------|--------------------------|
| 1  |  | Case Name:                          | ESCENARIO 2.HSC          |
| 2  |  Solutec Ingenieria Ltda<br>Barranquilla Colombia | Unit Set:                           | Field1                   |
| 3  |  | Date/Time:                          | Fri Jul 16 01:55:45 2010 |
| 4  |  |                                     |                          |
| 5  |  |                                     |                          |
| 6  |  |                                     |                          |
| 7  | <b>NeotecPIPESYS v2.5.77.0:</b>  |                                     | <b>ESCENARIO 2.HSC</b>   |
| 8  |  |                                     |                          |
| 9  |  |                                     |                          |
| 10 |  |                                     |                          |
| 11 |  |                                     |                          |
| 12 |  |                                     |                          |
| 13 |  |                                     |                          |
| 14 |  |                                     |                          |
| 15 |  |                                     |                          |
| 16 |  |                                     |                          |
| 17 |  |                                     |                          |
| 18 |  |                                     |                          |
| 19 |  |                                     |                          |
| 20 |  |                                     |                          |
| 21 |  |                                     |                          |
| 22 |  |                                     |                          |
| 23 |  |                                     |                          |
| 24 |  |                                     |                          |
| 25 |  |                                     |                          |
| 26 |  |                                     |                          |
| 27 |  |                                     |                          |
| 28 |  |                                     |                          |
| 29 |  |                                     |                          |
| 30 |  |                                     |                          |
| 31 |  |                                     |                          |
| 32 |  |                                     |                          |
| 33 |  |                                     |                          |
| 34 |  |                                     |                          |
| 35 |  |                                     |                          |
| 36 |  |                                     |                          |
| 37 |  |                                     |                          |
| 38 |  |                                     |                          |
| 39 |  |                                     |                          |
| 40 |  |                                     |                          |
| 41 |  |                                     |                          |
| 42 |  |                                     |                          |
| 43 |  |                                     |                          |
| 44 |  |                                     |                          |
| 45 |  |                                     |                          |
| 46 |  |                                     |                          |
| 47 |  |                                     |                          |
| 48 |  |                                     |                          |
| 49 |  |                                     |                          |
| 50 |  |                                     |                          |
| 51 |  |                                     |                          |
| 52 |  |                                     |                          |
| 53 |  |                                     |                          |
| 54 |  |                                     |                          |
| 55 |  |                                     |                          |
| 56 |  |                                     |                          |
| 57 |  |                                     |                          |
| 58 |  |                                     |                          |
| 59 |  |                                     |                          |
| 60 |  |                                     |                          |
| 61 |  |                                     |                          |
| 62 |  |                                     |                          |
| 63 | Hyprotech Ltd.   | Aspen HYSYS Version 7 (22.0.0.7020) | Page 1 of 1              |

|    |  |  |
|----|--|--|
| 1  |  | Case Name: ESCENARIO 2.HSC   |
| 2  |  Solutec Ingenieria Ltda<br>Barranquilla Colombia | Unit Set: Field1   |
| 3  |  | Date/Time: Fri Jul 16 01:56:03 2010  |
| 4  |  |  |
| 5  |  |  |
| 6  |  |  |
| 7  | <b>NeotecPIPESYS v2.5.77.0:</b>  | <b>ESCENARIO 2.HSC</b>   |
| 8  |  |  |
| 9  |  |  |
| 10 | <b>Bucaramanga-Payoa 8"</b>  |  |
| 11 |  |  |
| 12 | <b>Summary</b>   |  |
| 13 |  |  |
| 14 |  |  |
| 15 |  |  |
| 16 |  | Upstream Pressure: 1044.25 psig  |
| 17 |  | Upstream Temperature: 71.62 F  |
| 18 |  |  |
| 19 |  | Downstream Pressure: 1047.94 psig  |
| 20 |  | Downstream Temperature: 85.65 F  |
| 21 |  |  |
| 22 |  | Predicted Pressure Loss: -3.69 psi   |
| 23 |  |  |
| 24 |  | Friction Loss: 47.37 psi   |
| 25 |  | Hydrostatic Loss: -51.05 psi   |
| 26 |  | Kinetic Loss: -0.000 psi   |
| 27 |  | Inline Facilities Loss: 0.00 psi   |
| 28 |  |  |
| 29 |  | Average Pressure Gradient: 0.0007 inH2O/ft   |
| 30 |  |  |
| 31 |  | Total Liquid Holdup: 0.0 ft3   |
| 32 |  | Total Line Pack @STD: 4515621.2 ft3  |
| 33 |  |  |
| 34 |  | Pipe Volume: 53914.1 ft3   |
| 35 |  |  |
| 36 |  | Net Heat Loss to the Surroundings: -1.909e+005 Btu/hr                              |
| 37 |  |  |
| 38 |  |  |
| 39 |  |  |
| 40 |  |  |
| 41 |  |  |
| 42 |  |  |
| 43 |  |  |
| 44 |  |  |
| 45 |  |  |
| 46 |  |  |
| 47 |  |  |
| 48 |  |  |
| 49 |  |  |
| 50 |  |  |
| 51 |  |  |
| 52 |  |  |
| 53 |  |  |
| 54 |  |  |
| 55 |  |  |
| 56 |  |  |
| 57 |  |  |
| 58 |  |  |
| 59 |  |  |
| 60 |  |  |
| 61 |  |  |
| 62 |  |  |
| 63 | Hyprotech Ltd.   | Aspen HYSYS Version 7 (22.0.0.7020) <span style="float: right;">Page 1 of 1</span> |

|    |   |                           |                                     |                      |                                |                                    |                           |
|----|---|---------------------------|-------------------------------------|----------------------|--------------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| 1  |  <b>Solutec Ingenieria Ltda</b><br>Barranquilla Colombia |                           | Case Name: ESCENARIO 2.HSC          |                      |                                |                                    |                           |
| 2  |   |                           | Unit Set: Field1                    |                      |                                |                                    |                           |
| 3  |   |                           | Date/Time: Wed Jul 28 22:49:00 2010 |                      |                                |                                    |                           |
| 4  |   |                           |                                     |                      |                                |                                    |                           |
| 5  |   |                           |                                     |                      |                                |                                    |                           |
| 6  | <b>Material Stream: Palenque</b>  |                           |                                     |                      | Fluid Package: Basis-1         |                                    |                           |
| 7  |   |                           |                                     |                      | Property Package: PengRobinson |                                    |                           |
| 8  |   |                           |                                     |                      |                                |                                    |                           |
| 9  | <b>COMPOSITION</b>  |                           |                                     |                      |                                |                                    |                           |
| 10 | <b>Overall Phase</b>  |                           |                                     |                      |                                |                                    |                           |
| 11 |   |                           |                                     |                      |                                | Vapour Fraction 1.0000             |                           |
| 12 |   |                           |                                     |                      |                                |                                    |                           |
| 13 | COMPONENTS  | MOLAR FLOW<br>(lbmole/hr) | MOLE FRACTION                       | MASS FLOW<br>(lb/hr) | MASS FRACTION                  | LIQUID VOLUME<br>FLOW (barrel/day) | LIQUID VOLUME<br>FRACTION |
| 14 | Nitrogen  | 17.7738                   | 0.0045                              | 497.8977             | 0.0068                         | 42.2787                            | 0.0028                    |
| 15 | CO2   | 80.6958                   | 0.0204                              | 3551.3996            | 0.0483                         | 294.6372                           | 0.0192                    |
| 16 | Methane   | 3483.0295                 | 0.8819                              | 55877.8937           | 0.7594                         | 12779.5391                         | 0.8336                    |
| 17 | Ethane  | 247.8045                  | 0.0627                              | 7451.4568            | 0.1013                         | 1434.4861                          | 0.0936                    |
| 18 | Propane   | 76.7286                   | 0.0194                              | 3383.5016            | 0.0460                         | 457.2488                           | 0.0298                    |
| 19 | i-Butane  | 16.5334                   | 0.0042                              | 960.9864             | 0.0131                         | 117.0915                           | 0.0076                    |
| 20 | n-Butane  | 13.9264                   | 0.0035                              | 809.4589             | 0.0110                         | 85.0339                            | 0.0062                    |
| 21 | i-Pentane   | 5.2560                    | 0.0013                              | 379.2281             | 0.0052                         | 41.6507                            | 0.0027                    |
| 22 | n-Pentane   | 2.9895                    | 0.0008                              | 215.6926             | 0.0029                         | 23.4531                            | 0.0015                    |
| 23 | EGlycol   | 0.0004                    | 0.0000                              | 0.0223               | 0.0000                         | 0.0014                             | 0.0000                    |
| 24 | TEGlycol  | 0.0000                    | 0.0000                              | 0.0000               | 0.0000                         | 0.0000                             | 0.0000                    |
| 25 | H2O   | 0.1035                    | 0.0000                              | 1.8652               | 0.0000                         | 0.1280                             | 0.0000                    |
| 26 | Toluene   | 0.2531                    | 0.0001                              | 23.3183              | 0.0003                         | 1.8352                             | 0.0001                    |
| 27 | Benzene   | 0.1468                    | 0.0000                              | 11.4656              | 0.0002                         | 0.8899                             | 0.0001                    |
| 28 | n-Heptane   | 1.4010                    | 0.0004                              | 140.3862             | 0.0019                         | 13.9960                            | 0.0009                    |
| 29 | n-Hexane  | 2.5922                    | 0.0007                              | 223.3920             | 0.0030                         | 23.0830                            | 0.0015                    |
| 30 | n-Octane  | 0.3114                    | 0.0001                              | 35.5694              | 0.0005                         | 3.4528                             | 0.0002                    |
| 31 | n-Nonane  | 0.0995                    | 0.0000                              | 12.7588              | 0.0002                         | 1.2130                             | 0.0001                    |
| 32 | n-Decane  | 0.0249                    | 0.0000                              | 3.5464               | 0.0000                         | 0.3314                             | 0.0000                    |
| 33 | n-C11   | 0.0043                    | 0.0000                              | 0.6739               | 0.0000                         | 0.0621                             | 0.0000                    |
| 34 | n-C12   | 0.0002                    | 0.0000                              | 0.0368               | 0.0000                         | 0.0034                             | 0.0000                    |
| 35 | n-C13   | 0.0000                    | 0.0000                              | 0.0067               | 0.0000                         | 0.0006                             | 0.0000                    |
| 36 | Total   | 3949.6748                 | 1.0000                              | 73580.5570           | 1.0000                         | 15330.4158                         | 1.0000                    |
| 37 | <b>Vapour Phase</b>   |                           |                                     |                      |                                |                                    | Phase Fraction 1.0000     |
| 38 |   |                           |                                     |                      |                                |                                    |                           |
| 39 | COMPONENTS  | MOLAR FLOW<br>(lbmole/hr) | MOLE FRACTION                       | MASS FLOW<br>(lb/hr) | MASS FRACTION                  | LIQUID VOLUME<br>FLOW (barrel/day) | LIQUID VOLUME<br>FRACTION |
| 40 | Nitrogen  | 17.7738                   | 0.0045                              | 497.8977             | 0.0068                         | 42.2787                            | 0.0028                    |
| 41 | CO2   | 80.6958                   | 0.0204                              | 3551.3996            | 0.0483                         | 294.6372                           | 0.0192                    |
| 42 | Methane   | 3483.0295                 | 0.8819                              | 55877.8937           | 0.7594                         | 12779.5391                         | 0.8336                    |
| 43 | Ethane  | 247.8045                  | 0.0627                              | 7451.4568            | 0.1013                         | 1434.4861                          | 0.0936                    |
| 44 | Propane   | 76.7286                   | 0.0194                              | 3383.5016            | 0.0460                         | 457.2488                           | 0.0298                    |
| 45 | i-Butane  | 16.5334                   | 0.0042                              | 960.9864             | 0.0131                         | 117.0915                           | 0.0076                    |
| 46 | n-Butane  | 13.9264                   | 0.0035                              | 809.4589             | 0.0110                         | 85.0339                            | 0.0062                    |
| 47 | i-Pentane   | 5.2560                    | 0.0013                              | 379.2281             | 0.0052                         | 41.6507                            | 0.0027                    |
| 48 | n-Pentane   | 2.9895                    | 0.0008                              | 215.6926             | 0.0029                         | 23.4531                            | 0.0015                    |
| 49 | EGlycol   | 0.0004                    | 0.0000                              | 0.0223               | 0.0000                         | 0.0014                             | 0.0000                    |
| 50 | TEGlycol  | 0.0000                    | 0.0000                              | 0.0000               | 0.0000                         | 0.0000                             | 0.0000                    |
| 51 | H2O   | 0.1035                    | 0.0000                              | 1.8652               | 0.0000                         | 0.1280                             | 0.0000                    |
| 52 | Toluene   | 0.2531                    | 0.0001                              | 23.3183              | 0.0003                         | 1.8352                             | 0.0001                    |
| 53 | Benzene   | 0.1468                    | 0.0000                              | 11.4656              | 0.0002                         | 0.8899                             | 0.0001                    |
| 54 | n-Heptane   | 1.4010                    | 0.0004                              | 140.3862             | 0.0019                         | 13.9960                            | 0.0009                    |
| 55 | n-Hexane  | 2.5922                    | 0.0007                              | 223.3920             | 0.0030                         | 23.0830                            | 0.0015                    |
| 56 | n-Octane  | 0.3114                    | 0.0001                              | 35.5694              | 0.0005                         | 3.4528                             | 0.0002                    |
| 57 | n-Nonane  | 0.0995                    | 0.0000                              | 12.7588              | 0.0002                         | 1.2130                             | 0.0001                    |
| 58 | n-Decane  | 0.0249                    | 0.0000                              | 3.5464               | 0.0000                         | 0.3314                             | 0.0000                    |
| 59 | n-C11   | 0.0043                    | 0.0000                              | 0.6739               | 0.0000                         | 0.0621                             | 0.0000                    |
| 60 | n-C12   | 0.0002                    | 0.0000                              | 0.0368               | 0.0000                         | 0.0034                             | 0.0000                    |
| 61 | n-C13   | 0.0000                    | 0.0000                              | 0.0067               | 0.0000                         | 0.0006                             | 0.0000                    |
| 62 | Total   | 3949.6748                 | 1.0000                              | 73580.5570           | 1.0000                         | 15330.4158                         | 1.0000                    |
| 63 | Hyprotech Ltd.  |                           | Aspen HYSYS Version 7 (22.0.0.7020) |                      |                                | Page 1 of 2                        |                           |

Licensed to: LEGENDS

\* Specified by user.

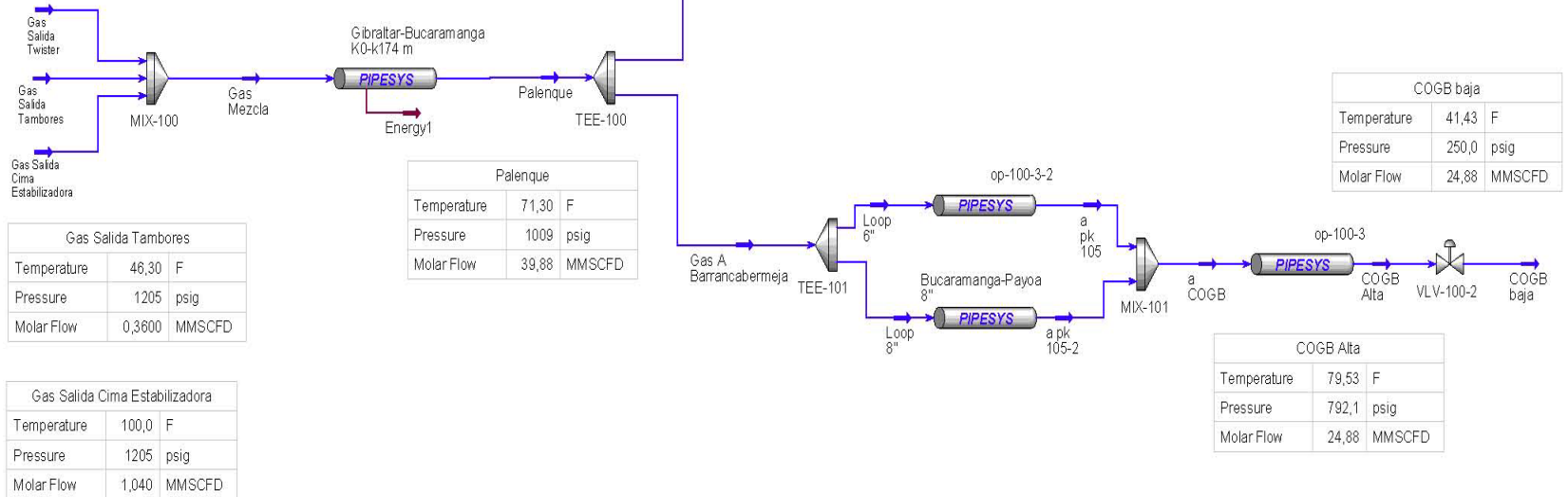
|    |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
|----|--|---------------------------|-------------------------------------|----------------------|---------------|------------------------------------|---------------------------|
| 1  |  Solutec Ingenieria Ltda<br>Barranquilla Colombia |                           | Case Name: ESCENARIO 2.HSC          |                      |               |                                    |                           |
| 2  |  |                           | Unit Set: Field1                    |                      |               |                                    |                           |
| 3  |  |                           | Date/Time: Wed Jul 28 22:49:00 2010 |                      |               |                                    |                           |
| 4  |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 5  |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 6  | <b>Material Stream: Palenque (continued)</b>   |                           |                                     |                      |               | Fluid Package: Basis-1             |                           |
| 7  |  |                           |                                     |                      |               | Property Package: PengRobinson     |                           |
| 8  |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 9  | <b>COMPOSITION</b>   |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 10 | <b>Vapour Phase (continued)</b>  |                           |                                     |                      |               | Phase Fraction 1.000               |                           |
| 11 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 12 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 13 | COMPONENTS   | MOLAR FLOW<br>(lbmole/hr) | MOLE FRACTION                       | MASS FLOW<br>(lb/hr) | MASS FRACTION | LIQUID VOLUME<br>FLOW (barrel/day) | LIQUID VOLUME<br>FRACTION |
| 14 | n-C13  | 0.0000                    | 0.0000                              | 0.0067               | 0.0000        | 0.0006                             | 0.0000                    |
| 15 | Total  | 3949.6748                 | 1.0000                              | 73580.5570           | 1.0000        | 15330.4158                         | 1.0000                    |
| 16 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 17 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 18 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 19 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 20 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 21 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 22 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 23 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 24 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 25 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 26 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 27 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 28 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 29 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 30 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 31 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 32 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 33 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 34 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 35 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 36 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 37 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 38 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 39 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 40 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 41 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 42 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 43 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 44 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 45 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 46 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 47 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 48 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 49 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 50 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 51 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 52 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 53 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 54 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 55 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 56 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 57 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 58 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 59 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 60 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 61 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 62 |  |                           |                                     |                      |               |                                    |                           |
| 63 | Hyprotech Ltd.   |                           | Aspen HYSYS Version 7 (22.0.0.7020) |                      |               | Page 2 of 2                        |                           |

# Escenario 3

| Gas Salida Twister |       |        |
|--------------------|-------|--------|
| Temperature        | 80,20 | F      |
| Pressure           | 1201  | psig   |
| Molar Flow         | 38,48 | MMSCFD |

| Gas Mezcla                    |              |
|-------------------------------|--------------|
| Temperature                   | 79,90 F      |
| Pressure                      | 1201 psig    |
| Molar Flow                    | 39,88 MMSCFD |
| Master Comp Mass Flow (H2O)   | 2,0491 lb/hr |
| Master Comp Volume Frac (CO2) | 0,0192       |

| Gas Regulado |       |        |
|--------------|-------|--------|
| Temperature  | 16,35 | F      |
| Pressure     | 250,0 | psig   |
| Molar Flow   | 15,00 | MMSCFD |




| Gas Salida Tambores |        |        |
|---------------------|--------|--------|
| Temperature         | 46,30  | F      |
| Pressure            | 1205   | psig   |
| Molar Flow          | 0,3600 | MMSCFD |


| Palenque    |              |
|-------------|--------------|
| Temperature | 71,30 F      |
| Pressure    | 1009 psig    |
| Molar Flow  | 39,88 MMSCFD |


| Gas Salida Cima Estabilizadora |       |        |
|--------------------------------|-------|--------|
| Temperature                    | 100,0 | F      |
| Pressure                       | 1205  | psig   |
| Molar Flow                     | 1,040 | MMSCFD |

| COGB baja   |       |        |
|-------------|-------|--------|
| Temperature | 41,43 | F      |
| Pressure    | 250,0 | psig   |
| Molar Flow  | 24,88 | MMSCFD |

| COGB Alta   |       |        |
|-------------|-------|--------|
| Temperature | 79,53 | F      |
| Pressure    | 792,1 | psig   |
| Molar Flow  | 24,88 | MMSCFD |

|    |   |              |                                     |                     |                      |                      |
|----|---|--------------|-------------------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| 1  |  <b>Solutec Ingenieria Ltda</b><br>Barranquilla Colombia |              | Case Name: ESCENARIO 3.HSC          |                     |                      |                      |
| 2  |   |              | Unit Set: Field1                    |                     |                      |                      |
| 3  |   |              | Date/Time: Thu Jul 15 23:30:12 2010 |                     |                      |                      |
| 4  |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 5  | <b>Workbook: Case (Main)</b>  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 6  |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 7  | <b>Material Streams</b>   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 8  |   |              |                                     |                     |                      | Fluid Pkg: All       |
| 9  |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 10 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 11 | Name  | Palenque     | Palenque-2                          | Gas Salida Tambores | Gas Salida Cima Esta | Gas Salida Twister-2 |
| 12 | Vapour Fraction   | 1.0000       | 1.0000                              | 1.0000              | 1.0000               | 1.0000               |
| 13 | Temperature (F)   | 71.30        | 67.00                               | 46.30 *             | 100.0 *              | 79.49 *              |
| 14 | Pressure (psig)   | 1009         | 1090                                | 1205 *              | 1205 *               | 1201 *               |
| 15 | Molar Flow (MMSCFD)   | 39.88        | 30.06                               | 0.3600 *            | 1.040 *              | 30.06 *              |
| 16 | Mass Flow (lb/hr)   | 8.154e+004   | 6.066e+004                          | 766.7               | 2954                 | 6.066e+004           |
| 17 | Liquid Volume Flow (barrel/day)   | 1.699e+004   | 1.273e+004                          | 156.3               | 520.8                | 1.273e+004           |
| 18 | Heat Flow (Btu/hr)  | -1.595e+008  | -1.199e+008                         | -1.494e+006         | -4.813e+006          | -1.196e+008          |
| 19 | Name  | Gas Original | A la Ciudad                         | Gas Mezcla          | Gas Salida Twister   | Gas A Bucaramanga    |
| 20 | Vapour Fraction   | 1.0000       | 0.9995                              | 1.0000              | 1.0000               | 1.0000               |
| 21 | Temperature (F)   | 79.49        | 16.60                               | 79.90               | 80.20 *              | 71.30                |
| 22 | Pressure (psig)   | 1201         | 249.9                               | 1201                | 1201 *               | 1009                 |
| 23 | Molar Flow (MMSCFD)   | 30.06        | 15.00                               | 39.88               | 38.48 *              | 15.00 *              |
| 24 | Mass Flow (lb/hr)   | 6.066e+004   | 3.067e+004                          | 8.154e+004          | 7.782e+004           | 3.067e+004           |
| 25 | Liquid Volume Flow (barrel/day)   | 1.273e+004   | 6392                                | 1.699e+004          | 1.632e+004           | 6392                 |
| 26 | Heat Flow (Btu/hr)  | -1.196e+008  | -6.000e+007                         | -1.596e+008         | -1.533e+008          | -6.000e+007          |
| 27 | Name  | Loop 8*      | Gas A Barrancaberme                 | Loop 6*             | a pk 105             | a pk 105-2           |
| 28 | Vapour Fraction   | 1.0000       | 1.0000                              | 1.0000              | 1.0000               | 1.0000               |
| 29 | Temperature (F)   | 71.30        | 71.30                               | 71.30               | 76.99                | 85.18                |
| 30 | Pressure (psig)   | 1009         | 1009                                | 1009                | 958.7                | 986.5                |
| 31 | Molar Flow (MMSCFD)   | 16.67        | 24.88                               | 8.210               | 8.210                | 16.67                |
| 32 | Mass Flow (lb/hr)   | 3.408e+004   | 5.087e+004                          | 1.679e+004          | 1.679e+004           | 3.408e+004           |
| 33 | Liquid Volume Flow (barrel/day)   | 7103         | 1.060e+004                          | 3499                | 3499                 | 7103                 |
| 34 | Heat Flow (Btu/hr)  | -6.668e+007  | -9.952e+007                         | -3.284e+007         | -3.275e+007          | -6.635e+007          |
| 35 | Name  | a COGB       | COGB Alta                           | Bucaramanga         | Gas Regulado         | COGB baja            |
| 36 | Vapour Fraction   | 1.0000       | 1.0000                              | 1.0000              | 0.9995               | 1.0000               |
| 37 | Temperature (F)   | 81.42        | 79.53                               | 71.33               | 16.35                | 41.43                |
| 38 | Pressure (psig)   | 958.7        | 792.1                               | 1009                | 250.0 *              | 250.0 *              |
| 39 | Molar Flow (MMSCFD)   | 24.88        | 24.88                               | 15.00               | 15.00                | 24.88                |
| 40 | Mass Flow (lb/hr)   | 5.087e+004   | 5.087e+004                          | 3.067e+004          | 3.067e+004           | 5.087e+004           |
| 41 | Liquid Volume Flow (barrel/day)   | 1.060e+004   | 1.060e+004                          | 6392                | 6392                 | 1.060e+004           |
| 42 | Heat Flow (Btu/hr)  | -9.910e+007  | -9.885e+007                         | -6.000e+007         | -6.000e+007          | -9.885e+007          |
| 43 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 44 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 45 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 46 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 47 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 48 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 49 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 50 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 51 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 52 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 53 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 54 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 55 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 56 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 57 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 58 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 59 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 60 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 61 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 62 |   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 63 | Hyprotech Ltd.  |              | Aspen HYSYS Version 7 (22.0.0.7020) |                     | Page 1 of 4          |                      |

|    |  |              |                                     |                     |                      |                      |
|----|--|--------------|-------------------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| 1  |  Solutec Ingenieria Ltda<br>Barranquilla Colombia |              | Case Name: ESCENARIO 3.HSC          |                     |                      |                      |
| 2  |  |              | Unit Set: Field1                    |                     |                      |                      |
| 3  |  |              | Date/Time: Thu Jul 15 23:30:12 2010 |                     |                      |                      |
| 4  |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 5  |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 6  | <b>Workbook: Case (Main) (continued)</b>   |              |                                     |                     |                      |                      |
| 7  |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 8  |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 9  | <b>Compositions</b>  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 10 |  |              |                                     |                     |                      | Fluid Pkg: All       |
| 11 | Name   | Palenque     | Palenque-2                          | Gas Salida Tambores | Gas Salida Cima Esta | Gas Salida Twister-2 |
| 12 | Comp Mole Frac (Nitrogen)  | 0.00450485   | 0.00459781                          | 0.00305400 *        | 0.00088900 *         | 0.00459781 *         |
| 13 | Comp Mole Frac (CO2)   | 0.02041400   | 0.01999048                          | 0.02345000 *        | 0.03415997 *         | 0.01999048 *         |
| 14 | Comp Mole Frac (H2S)   | ***          | ***                                 | ***                 | ***                  | ***                  |
| 15 | Comp Mole Frac (Methane)   | 0.88221054   | 0.89179409                          | 0.85250900 *        | 0.58808941 *         | 0.89179409 *         |
| 16 | Comp Mole Frac (Ethane)  | 0.06259085   | 0.05867207                          | 0.07830500 *        | 0.18497182 *         | 0.05867207 *         |
| 17 | Comp Mole Frac (Propane)   | 0.01927789   | 0.01539267                          | 0.02524500 *        | 0.14215486 *         | 0.01539267 *         |
| 18 | Comp Mole Frac (i-Butane)  | 0.00418306   | 0.00339838                          | 0.00624200 *        | 0.02298098 *         | 0.00339838 *         |
| 19 | Comp Mole Frac (n-Butane)  | 0.00350982   | 0.00289862                          | 0.00555400 *        | 0.01666998 *         | 0.00289862 *         |
| 20 | Comp Mole Frac (i-Pentane)   | 0.00132654   | 0.00109948                          | 0.00218300 *        | 0.00471300 *         | 0.00109948 *         |
| 21 | Comp Mole Frac (n-Pentane)   | 0.00075463   | 0.00059971                          | 0.00125400 *        | 0.00256800 *         | 0.00059971 *         |
| 22 | Comp Mole Frac (TEGlycol)  | 0.00000000   | 0.00000000                          | 0.00000000 *        | 0.00000000 *         | 0.00000000 *         |
| 23 | Comp Mole Frac (H2O)   | 0.00002598   | 0.00009999                          | 0.00013000 *        | 0.00021100 *         | 0.00009999 *         |
| 24 | Comp Mole Frac (Toluene)   | 0.00006399   | 0.00005799                          | 0.00009800 *        | 0.00012800 *         | 0.00005799 *         |
| 25 | Comp Mole Frac (Benzene)   | 0.00003708   | 0.00003954                          | 0.00006000 *        | 0.00010800 *         | 0.00003954 *         |
| 26 | Comp Mole Frac (n-Heptane)   | 0.00035442   | 0.00029996                          | 0.00052800 *        | 0.00056900 *         | 0.00029996 *         |
| 27 | Comp Mole Frac (n-Hexane)  | 0.00065516   | 0.00059932                          | 0.00105400 *        | 0.00155900 *         | 0.00059932 *         |
| 28 | Comp Mole Frac (n-Octane)  | 0.00007871   | 0.00009989                          | 0.00021400 *        | 0.00016900 *         | 0.00009989 *         |
| 29 | Comp Mole Frac (n-Nonane)  | 0.00002515   | 0.00000000                          | 0.00008200 *        | 0.00004800 *         | 0.00000000 *         |
| 30 | Comp Mole Frac (n-Decane)  | 0.00000630   | 0.00000000                          | 0.00002500 *        | 0.00001100 *         | 0.00000000 *         |
| 31 | Comp Mole Frac (n-C11)   | 0.00000109   | 0.00000000                          | 0.00000800 *        | 0.00000200 *         | 0.00000000 *         |
| 32 | Comp Mole Frac (n-C12)   | 0.00000005   | 0.00000000                          | 0.00000300 *        | 0.00000100 *         | 0.00000000 *         |
| 33 | Comp Mole Frac (n-C13)   | 0.00000001   | 0.00000000                          | 0.00000100 *        | 0.00000000 *         | 0.00000000 *         |
| 34 | Comp Mole Frac (EGlycol)   | 0.00000009   | 0.00000000                          | 0.00000100 *        | 0.00000300 *         | 0.00000000 *         |
| 35 | Name   | Gas Original | A la Ciudad                         | Gas Mezcla          | Gas Salida Twister   | Gas A Bucaramanga    |
| 36 | Comp Mole Frac (Nitrogen)  | 0.00459781   | 0.00450465                          | 0.00450465          | 0.00461594 *         | 0.00450465           |
| 37 | Comp Mole Frac (CO2)   | 0.01999048   | 0.02041400                          | 0.02041400          | 0.02001408 *         | 0.02041400           |
| 38 | Comp Mole Frac (H2S)   | ***          | ***                                 | ***                 | ***                  | ***                  |
| 39 | Comp Mole Frac (Methane)   | 0.89179409   | 0.88221054                          | 0.88221054          | 0.89043763 *         | 0.88221054           |
| 40 | Comp Mole Frac (Ethane)  | 0.05867207   | 0.06259085                          | 0.06259085          | 0.05913824 *         | 0.06259085           |
| 41 | Comp Mole Frac (Propane)   | 0.01539267   | 0.01927789                          | 0.01927789          | 0.01590106 *         | 0.01927789           |
| 42 | Comp Mole Frac (i-Butane)  | 0.00339838   | 0.00418306                          | 0.00418306          | 0.00363501 *         | 0.00418306           |
| 43 | Comp Mole Frac (n-Butane)  | 0.00289862   | 0.00350982                          | 0.00350982          | 0.00313501 *         | 0.00350982           |
| 44 | Comp Mole Frac (i-Pentane)   | 0.00109948   | 0.00132654                          | 0.00132654          | 0.00122701 *         | 0.00132654           |
| 45 | Comp Mole Frac (n-Pentane)   | 0.00059971   | 0.00075463                          | 0.00075463          | 0.00070100 *         | 0.00075463           |
| 46 | Comp Mole Frac (TEGlycol)  | 0.00000000   | 0.00000000                          | 0.00000000          | 0.00000000 *         | 0.00000000           |
| 47 | Comp Mole Frac (H2O)   | 0.00009999   | 0.00002598                          | 0.00002598          | 0.00002000 *         | 0.00002598           |
| 48 | Comp Mole Frac (Toluene)   | 0.00005799   | 0.00006399                          | 0.00006399          | 0.00006200 *         | 0.00006399           |
| 49 | Comp Mole Frac (Benzene)   | 0.00003954   | 0.00003708                          | 0.00003708          | 0.00003500 *         | 0.00003708           |
| 50 | Comp Mole Frac (n-Heptane)   | 0.00029996   | 0.00035442                          | 0.00035442          | 0.00034700 *         | 0.00035442           |
| 51 | Comp Mole Frac (n-Hexane)  | 0.00059932   | 0.00065516                          | 0.00065516          | 0.00062700 *         | 0.00065516           |
| 52 | Comp Mole Frac (n-Octane)  | 0.00009989   | 0.00007871                          | 0.00007871          | 0.00007500 *         | 0.00007871           |
| 53 | Comp Mole Frac (n-Nonane)  | 0.00000000   | 0.00002515                          | 0.00002515          | 0.00002400 *         | 0.00002515           |
| 54 | Comp Mole Frac (n-Decane)  | 0.00000000   | 0.00000630                          | 0.00000630          | 0.00000600 *         | 0.00000630           |
| 55 | Comp Mole Frac (n-C11)   | 0.00000000   | 0.00000109                          | 0.00000109          | 0.00000100 *         | 0.00000109           |
| 56 | Comp Mole Frac (n-C12)   | 0.00000000   | 0.00000005                          | 0.00000005          | 0.00000000 *         | 0.00000005           |
| 57 | Comp Mole Frac (n-C13)   | 0.00000000   | 0.00000001                          | 0.00000001          | 0.00000000 *         | 0.00000001           |
| 58 | Comp Mole Frac (EGlycol)   | 0.00000000   | 0.00000009                          | 0.00000009          | 0.00000000 *         | 0.00000009           |
| 59 |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 60 |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 61 |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 62 |  |              |                                     |                     |                      |                      |
| 63 | Hyprotech Ltd.   |              | Aspen HYSYS Version 7 (22.0.0.7020) |                     |                      | Page 2 of 4          |

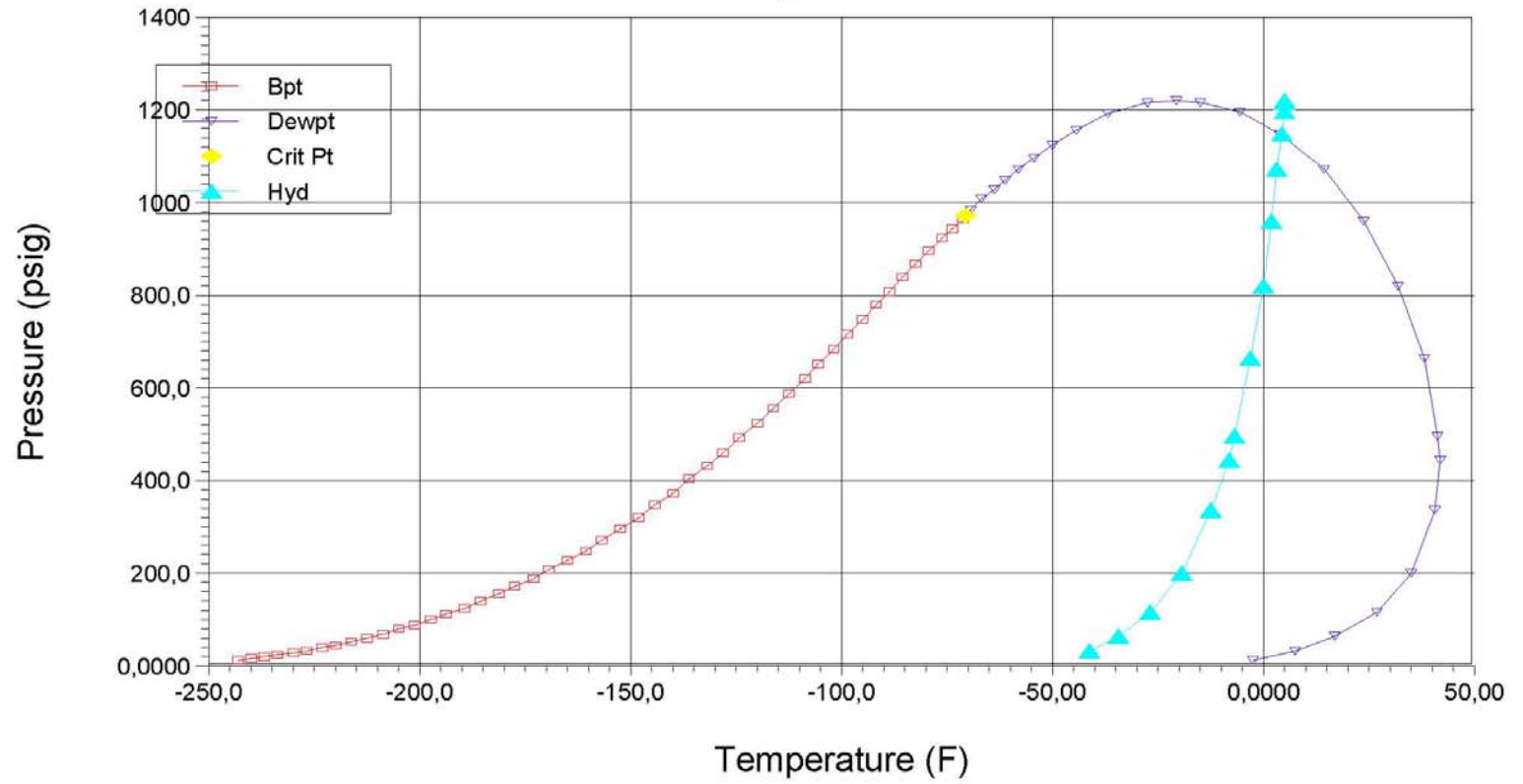
|    |  |                |                                     |             |              |            |
|----|--|----------------|-------------------------------------|-------------|--------------|------------|
| 1  |  Solutec Ingenieria Ltda<br>Barranquilla Colombia |                | Case Name: ESCENARIO 3.HSC          |             |              |            |
| 2  |  |                | Unit Set: Field1                    |             |              |            |
| 3  |  |                | Date/Time: Thu Jul 15 23:30:12 2010 |             |              |            |
| 4  |  |                |                                     |             |              |            |
| 5  | <b>Workbook: Case (Main) (continued)</b>   |                |                                     |             |              |            |
| 6  | <b>Compositions (continued)</b>  |                |                                     |             |              |            |
| 7  | Fluid Pkg:   |                |                                     |             |              | All        |
| 8  |  |                |                                     |             |              |            |
| 9  |  |                |                                     |             |              |            |
| 10 |  |                |                                     |             |              |            |
| 11 | Name   | Loop B*        | Gas A Barrancaberme                 | Loop B*     | a pk 105     | a pk 105-2 |
| 12 | Comp Mole Frac (Nitrogen)  | 0.00450465     | 0.00450465                          | 0.00450465  | 0.00450465   | 0.00450465 |
| 13 | Comp Mole Frac (CO2)   | 0.02041400     | 0.02041400                          | 0.02041400  | 0.02041400   | 0.02041400 |
| 14 | Comp Mole Frac (H2S)   | ***            | ***                                 | ***         | ***          | ***        |
| 15 | Comp Mole Frac (Methane)   | 0.88221054     | 0.88221054                          | 0.88221054  | 0.88221054   | 0.88221054 |
| 16 | Comp Mole Frac (Ethane)  | 0.06259085     | 0.06259085                          | 0.06259085  | 0.06259085   | 0.06259085 |
| 17 | Comp Mole Frac (Propane)   | 0.01927789     | 0.01927789                          | 0.01927789  | 0.01927789   | 0.01927789 |
| 18 | Comp Mole Frac (i-Butane)  | 0.00416306     | 0.00416306                          | 0.00416306  | 0.00416306   | 0.00416306 |
| 19 | Comp Mole Frac (n-Butane)  | 0.00350982     | 0.00350982                          | 0.00350982  | 0.00350982   | 0.00350982 |
| 20 | Comp Mole Frac (i-Pentane)   | 0.00132654     | 0.00132654                          | 0.00132654  | 0.00132654   | 0.00132654 |
| 21 | Comp Mole Frac (n-Pentane)   | 0.00075463     | 0.00075463                          | 0.00075463  | 0.00075463   | 0.00075463 |
| 22 | Comp Mole Frac (TEGlycol)  | 0.00000000     | 0.00000000                          | 0.00000000  | 0.00000000   | 0.00000000 |
| 23 | Comp Mole Frac (H2O)   | 0.00002598     | 0.00002598                          | 0.00002598  | 0.00002598   | 0.00002598 |
| 24 | Comp Mole Frac (Toluene)   | 0.00006399     | 0.00006399                          | 0.00006399  | 0.00006399   | 0.00006399 |
| 25 | Comp Mole Frac (Benzene)   | 0.00003708     | 0.00003708                          | 0.00003708  | 0.00003708   | 0.00003708 |
| 26 | Comp Mole Frac (n-Heptane)   | 0.00035442     | 0.00035442                          | 0.00035442  | 0.00035442   | 0.00035442 |
| 27 | Comp Mole Frac (n-Hexane)  | 0.00065516     | 0.00065516                          | 0.00065516  | 0.00065516   | 0.00065516 |
| 28 | Comp Mole Frac (n-Octane)  | 0.00007871     | 0.00007871                          | 0.00007871  | 0.00007871   | 0.00007871 |
| 29 | Comp Mole Frac (n-Nonane)  | 0.00002515     | 0.00002515                          | 0.00002515  | 0.00002515   | 0.00002515 |
| 30 | Comp Mole Frac (n-Decane)  | 0.00000630     | 0.00000630                          | 0.00000630  | 0.00000630   | 0.00000630 |
| 31 | Comp Mole Frac (n-C11)   | 0.00000109     | 0.00000109                          | 0.00000109  | 0.00000109   | 0.00000109 |
| 32 | Comp Mole Frac (n-C12)   | 0.00000005     | 0.00000005                          | 0.00000005  | 0.00000005   | 0.00000005 |
| 33 | Comp Mole Frac (n-C13)   | 0.00000001     | 0.00000001                          | 0.00000001  | 0.00000001   | 0.00000001 |
| 34 | Comp Mole Frac (EGlycol)   | 0.00000009     | 0.00000009                          | 0.00000009  | 0.00000009   | 0.00000009 |
| 35 | Name   | a COGB         | COGB Alta                           | Bucaramanga | Gas Regulado | COGB baja  |
| 36 | Comp Mole Frac (Nitrogen)  | 0.00450465     | 0.00450465                          | 0.00450465  | 0.00450465   | 0.00450465 |
| 37 | Comp Mole Frac (CO2)   | 0.02041400     | 0.02041400                          | 0.02041400  | 0.02041400   | 0.02041400 |
| 38 | Comp Mole Frac (H2S)   | ***            | ***                                 | ***         | ***          | ***        |
| 39 | Comp Mole Frac (Methane)   | 0.88221054     | 0.88221054                          | 0.88221054  | 0.88221054   | 0.88221054 |
| 40 | Comp Mole Frac (Ethane)  | 0.06259085     | 0.06259085                          | 0.06259085  | 0.06259085   | 0.06259085 |
| 41 | Comp Mole Frac (Propane)   | 0.01927789     | 0.01927789                          | 0.01927789  | 0.01927789   | 0.01927789 |
| 42 | Comp Mole Frac (i-Butane)  | 0.00416306     | 0.00416306                          | 0.00416306  | 0.00416306   | 0.00416306 |
| 43 | Comp Mole Frac (n-Butane)  | 0.00350982     | 0.00350982                          | 0.00350982  | 0.00350982   | 0.00350982 |
| 44 | Comp Mole Frac (i-Pentane)   | 0.00132654     | 0.00132654                          | 0.00132654  | 0.00132654   | 0.00132654 |
| 45 | Comp Mole Frac (n-Pentane)   | 0.00075463     | 0.00075463                          | 0.00075463  | 0.00075463   | 0.00075463 |
| 46 | Comp Mole Frac (TEGlycol)  | 0.00000000     | 0.00000000                          | 0.00000000  | 0.00000000   | 0.00000000 |
| 47 | Comp Mole Frac (H2O)   | 0.00002598     | 0.00002598                          | 0.00002598  | 0.00002598   | 0.00002598 |
| 48 | Comp Mole Frac (Toluene)   | 0.00006399     | 0.00006399                          | 0.00006399  | 0.00006399   | 0.00006399 |
| 49 | Comp Mole Frac (Benzene)   | 0.00003708     | 0.00003708                          | 0.00003708  | 0.00003708   | 0.00003708 |
| 50 | Comp Mole Frac (n-Heptane)   | 0.00035442     | 0.00035442                          | 0.00035442  | 0.00035442   | 0.00035442 |
| 51 | Comp Mole Frac (n-Hexane)  | 0.00065516     | 0.00065516                          | 0.00065516  | 0.00065516   | 0.00065516 |
| 52 | Comp Mole Frac (n-Octane)  | 0.00007871     | 0.00007871                          | 0.00007871  | 0.00007871   | 0.00007871 |
| 53 | Comp Mole Frac (n-Nonane)  | 0.00002515     | 0.00002515                          | 0.00002515  | 0.00002515   | 0.00002515 |
| 54 | Comp Mole Frac (n-Decane)  | 0.00000630     | 0.00000630                          | 0.00000630  | 0.00000630   | 0.00000630 |
| 55 | Comp Mole Frac (n-C11)   | 0.00000109     | 0.00000109                          | 0.00000109  | 0.00000109   | 0.00000109 |
| 56 | Comp Mole Frac (n-C12)   | 0.00000005     | 0.00000005                          | 0.00000005  | 0.00000005   | 0.00000005 |
| 57 | Comp Mole Frac (n-C13)   | 0.00000001     | 0.00000001                          | 0.00000001  | 0.00000001   | 0.00000001 |
| 58 | Comp Mole Frac (EGlycol)   | 0.00000009     | 0.00000009                          | 0.00000009  | 0.00000009   | 0.00000009 |
| 59 | <b>Unit Ops</b>  |                |                                     |             |              |            |
| 60 |  |                |                                     |             |              |            |
| 61 | Operation Name   | Operation Type | Feeds                               | Products    | Ignored      | Calc Level |
| 62 | MIX-100  | Mixer          | Gas Salida Twister                  | Gas Mezcla  | No           | 500.0 *    |
| 63 | Hyprotech Ltd.   |                | Aspen HYSYS Version 7 (22.0.0.7020) |             | Page 3 of 4  |            |


Licensed to: LEGENDS


\* Specified by user.


|    |  |                   |                                     |                       |             |            |
|----|--|-------------------|-------------------------------------|-----------------------|-------------|------------|
| 1  |  Solutec Ingenieria Ltda<br>Barranquilla Colombia |                   | Case Name: ESCENARIO 3.HSC          |                       |             |            |
| 2  |  |                   | Unit Set: Field1                    |                       |             |            |
| 3  |  |                   | Date/Time: Thu Jul 15 23:30:12 2010 |                       |             |            |
| 4  |  |                   |                                     |                       |             |            |
| 5  | <b>Workbook: Case (Main) (continued)</b>   |                   |                                     |                       |             |            |
| 6  | <b>Unit Ops (continued)</b>  |                   |                                     |                       |             |            |
| 7  |  |                   |                                     |                       |             |            |
| 8  |  |                   |                                     |                       |             |            |
| 9  |  |                   |                                     |                       |             |            |
| 10 |  |                   |                                     |                       |             |            |
| 11 | Operation Name   | Operation Type    | Feeds                               | Products              | Ignored     | Calc Level |
| 12 | MIX-100  | Mixer             | Gas Salida Tambores                 |                       | No          | 500.0 *    |
| 13 |  |                   | Gas Salida Cima Estabilizado        |                       |             |            |
| 14 | MIX-100-2  | Mixer             | Gas Salida Twister-2                | Gas Original          | No          | 500.0 *    |
| 15 |  |                   | a pk 105                            | a COGB                |             |            |
| 16 | MIX-101  | Mixer             | a pk 105-2                          |                       | No          | 500.0 *    |
| 17 | Gibraltar-Bucaramanga K0-k1  | PIPESYS Extension | Gas Mezcla                          | Palenque              |             |            |
| 18 |  |                   |                                     | Energy1               | No          | 500.0 *    |
| 19 | K0-k174  | PIPESYS Extension | Gas Original                        | Palenque-2            |             |            |
| 20 |  |                   |                                     | Energy1-2             | No          | 500.0 *    |
| 21 | Línea de regulación Bucaramanga  | PIPESYS Extension | Gas Regulado                        | A la Ciudad           |             |            |
| 22 |  |                   |                                     | q2-2                  | No          | 500.0 *    |
| 23 | op-100   | PIPESYS Extension | Gas A Bucaramanga                   | Bucaramanga           |             |            |
| 24 |  |                   |                                     | q2                    | No          | 500.0 *    |
| 25 | op-100-3   | PIPESYS Extension | a COGB                              | COGB Alta             |             |            |
| 26 |  |                   |                                     | q2-3                  | No          | 500.0 *    |
| 27 | op-100-3-2   | PIPESYS Extension | Loop 8*                             | a pk 105              |             |            |
| 28 |  |                   |                                     | q2-3-2                | No          | 500.0 *    |
| 29 | Bucaramanga-Payoa 8"   | PIPESYS Extension | Loop 8*                             | a pk 105-2            |             |            |
| 30 |  |                   |                                     | q2-3-2-2              | No          | 500.0 *    |
| 31 | TEE-100  | Tee               | Palenque                            | Gas A Bucaramanga     |             |            |
| 32 |  |                   |                                     | Gas A Barrancabermeja | No          | 500.0 *    |
| 33 | TEE-101  | Tee               | Gas A Barrancabermeja               | Loop 6"               |             |            |
| 34 |  |                   |                                     | Loop 8"               | No          | 500.0 *    |
| 35 | VLV-100  | Valve             | Bucaramanga                         | Gas Regulado          |             |            |
| 36 | VLV-100-2  | Valve             | COGB Alta                           | COGB baja             | No          | 500.0 *    |
| 37 |  |                   |                                     |                       |             |            |
| 38 |  |                   |                                     |                       |             |            |
| 39 |  |                   |                                     |                       |             |            |
| 40 |  |                   |                                     |                       |             |            |
| 41 |  |                   |                                     |                       |             |            |
| 42 |  |                   |                                     |                       |             |            |
| 43 |  |                   |                                     |                       |             |            |
| 44 |  |                   |                                     |                       |             |            |
| 45 |  |                   |                                     |                       |             |            |
| 46 |  |                   |                                     |                       |             |            |
| 47 |  |                   |                                     |                       |             |            |
| 48 |  |                   |                                     |                       |             |            |
| 49 |  |                   |                                     |                       |             |            |
| 50 |  |                   |                                     |                       |             |            |
| 51 |  |                   |                                     |                       |             |            |
| 52 |  |                   |                                     |                       |             |            |
| 53 |  |                   |                                     |                       |             |            |
| 54 |  |                   |                                     |                       |             |            |
| 55 |  |                   |                                     |                       |             |            |
| 56 |  |                   |                                     |                       |             |            |
| 57 |  |                   |                                     |                       |             |            |
| 58 |  |                   |                                     |                       |             |            |
| 59 |  |                   |                                     |                       |             |            |
| 60 |  |                   |                                     |                       |             |            |
| 61 |  |                   |                                     |                       |             |            |
| 62 |  |                   |                                     |                       |             |            |
| 63 | Hyprotech Ltd.   |                   | Aspen HYSYS Version 7 (22.0.0.7020) |                       | Page 4 of 4 |            |


# Palenque



|    |  |  |   |  |
|----|--|--|---|--|
| 1  |  Solutec Ingenieria Ltda<br>Barranquilla Colombia |  | Case Name: ESCENARIO 3.HSC                                  |  |
| 2  |  |  | Unit Set: Field1  |  |
| 3  |  |  | Date/Time: Thu Jul 15 23:50:59 2010                         |  |
| 4  |  |  |   |  |
| 5  |  |  |   |  |
| 6  | <b>Stream: Palenque</b>  |  | <b>Hydrate Formation Utility: Hydrate Formation Utility</b> |  |
| 7  | <b>HYDRATE FORMATION</b>   |  |   |  |
| 8  |  | <b>Hydrate Formation at Stream Conditions:</b> | <b>Formation Temperature at Stream Pressure:</b>            | <b>Formation Pressure at Stream Temperature:</b> |
| 9  |  | Will NOT Form                                  | 2.878 F   | 3.769e+004 psig                                  |
| 10 | Hydrate Type Formed  | No Types                                       | Type II   | Type II  |
| 11 | Calculation Mode   | Use 2-Phase Model                              | Use 2-Phase Model   | Use 2-Phase Model                                |
| 12 | <b>PROPERTIES</b>  |  |   |  |
| 13 |  | Overall  | Vapour Phase  |  |
| 14 | Vapour/Phase Fraction  | 1.0000   | 1.0000  |  |
| 15 | Temperature: (F)   | 71.30  | 71.30   |  |
| 16 | Pressure: (psig)   | 1009   | 1009  |  |
| 17 | Molar Flow (MMSCFD)  | 39.88  | 39.88   |  |
| 18 | Mass Flow (lb/hr)  | 8.154e+004                                     | 8.154e+004  |  |
| 19 | Std Ideal Liq Vol Flow (barrel/day)  | 1.699e+004                                     | 1.699e+004  |  |
| 20 | Molar Enthalpy (Btu/lbmole)  | -3.643e+004                                    | -3.643e+004   |  |
| 21 | Mass Enthalpy (Btu/lb)   | -1956  | -1956   |  |
| 22 | Molar Entropy (Btu/lbmole-F)   | 35.30  | 35.30   |  |
| 23 | Mass Entropy (Btu/lb-F)  | 1.896  | 1.896   |  |
| 24 | Heat Flow (Btu/hr)   | -1.595e+008                                    | -1.595e+008   |  |
| 25 | Molar Density (lbmole/ft3)   | 0.2201   | 0.2201  |  |
| 26 | Mass Density (lb/ft3)  | 4.099  | 4.099   |  |
| 27 | Std Ideal Liq Mass Density (lb/ft3)  | 20.51  | 20.51   |  |
| 28 | Liq Mass Density @Std Cond (lb/ft3)  | ---  | ---   |  |
| 29 | Molar Heat Capacity (Btu/lbmole-F)   | 12.12  | 12.12   |  |
| 30 | Mass Heat Capacity (Btu/lb-F)  | 0.6508   | 0.6508  |  |
| 31 | Thermal Conductivity (Btu/hr-ft-F)   | 2.241e-002                                     | 2.241e-002  |  |
| 32 | Viscosity (cP)   | 1.341e-002                                     | 1.341e-002  |  |
| 33 | Surface Tension (dyne/cm)  | ---  | ---   |  |
| 34 | Molecular Weight   | 18.62  | 18.62   |  |
| 35 | Z Factor   | 0.8158   | 0.8158  |  |
| 36 |  |  |   |  |
| 37 |  |  |   |  |
| 38 |  |  |   |  |
| 39 |  |  |   |  |
| 40 |  |  |   |  |
| 41 |  |  |   |  |
| 42 |  |  |   |  |
| 43 |  |  |   |  |
| 44 |  |  |   |  |
| 45 |  |  |   |  |
| 46 |  |  |   |  |
| 47 |  |  |   |  |
| 48 |  |  |   |  |
| 49 |  |  |   |  |
| 50 |  |  |   |  |
| 51 |  |  |   |  |
| 52 |  |  |   |  |
| 53 |  |  |   |  |
| 54 |  |  |   |  |
| 55 |  |  |   |  |
| 56 |  |  |   |  |
| 57 |  |  |   |  |
| 58 |  |  |   |  |
| 59 |  |  |   |  |
| 60 |  |  |   |  |
| 61 |  |  |   |  |
| 62 |  |  |   |  |
| 63 | Hyprotech Ltd.   |  | Aspen HYSYS Version 7 (22.0.0.7020)                         |  |
|    | Licensed to: LEGENDS   |  | Page 1 of 1<br>* Specified by user.                         |  |

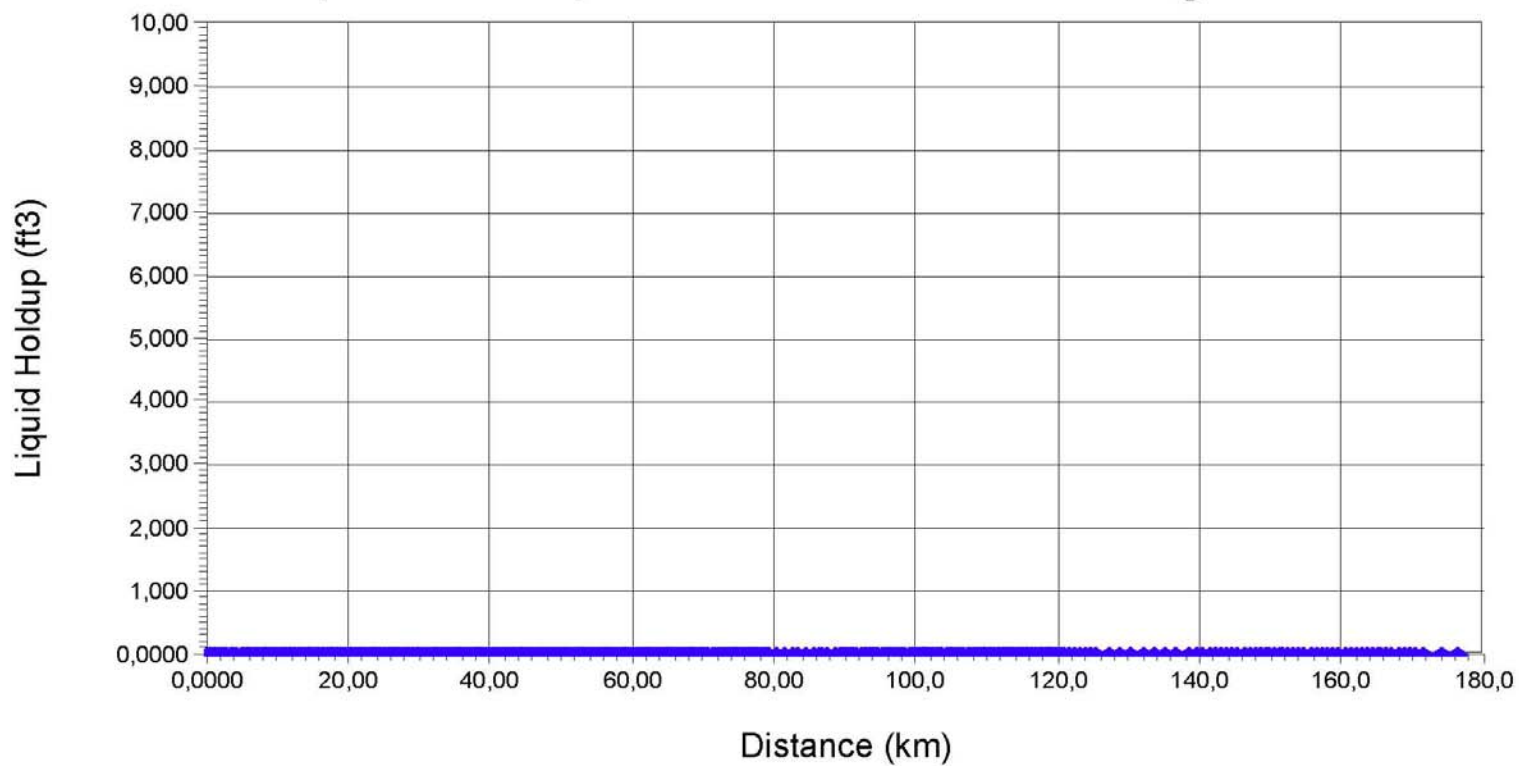
|    |  |                 |   |                      |                                       |
|----|--|-----------------|---|----------------------|---------------------------------------|
| 1  |  Solutec Ingenieria Ltda<br>Barranquilla Colombia |                 | Case Name: ESCENARIO 3.HSC                  |                      |                                       |
| 2  |  |                 | Unit Set: Field1                            |                      |                                       |
| 3  |  |                 | Date/Time: Thu Jul 15 23:33:34 2010         |                      |                                       |
| 4  |  |                 |   |                      |                                       |
| 5  | <b>Stream: Palenque</b>  |                 | <b>Envelope Utility: Envelope Utility-1</b> |                      |                                       |
| 6  | <b>CONNECTIONS</b>   |                 |   |                      |                                       |
| 7  | Calculation Type: HYSYS Two-Phase  |                 |   |                      |                                       |
| 8  | Two-Phase Critical Temperature:  | -70.58 F        | Two-Phase Critical Pressure:                | 972.1 psig           | Three-Phase Critical Temperature: --- |
| 9  | Three-Phase Critical Pressure:   | ---             | Cricondenherm:                              | 42.07 F              | Cricondenbar: 1223 psig               |
| 10 | <b>STREAM COMPOSITIONS</b>   |                 |   |                      |                                       |
| 11 | Component  | Mole Fraction   | Mass Fraction                               | Volume Fraction      |                                       |
| 12 | Nitrogen   | 0.0045          | 0.0068                                      | 0.0028               |                                       |
| 13 | CO2  | 0.0204          | 0.0482                                      | 0.0192               |                                       |
| 14 | Methane  | 0.8822          | 0.7601                                      | 0.8341               |                                       |
| 15 | Ethane   | 0.0626          | 0.1011                                      | 0.0934               |                                       |
| 16 | Propane  | 0.0193          | 0.0457                                      | 0.0296               |                                       |
| 17 | i-Butane   | 0.0042          | 0.0130                                      | 0.0076               |                                       |
| 18 | n-Butane   | 0.0035          | 0.0110                                      | 0.0062               |                                       |
| 19 | i-Pentane  | 0.0013          | 0.0051                                      | 0.0027               |                                       |
| 20 | n-Pentane  | 0.0008          | 0.0029                                      | 0.0015               |                                       |
| 21 | EGlycol  | 0.0000          | 0.0000                                      | 0.0000               |                                       |
| 22 | TEGlycol   | 0.0000          | 0.0000                                      | 0.0000               |                                       |
| 23 | H2O  | 0.0000          | 0.0000                                      | 0.0000               |                                       |
| 24 | Toluene  | 0.0001          | 0.0003                                      | 0.0001               |                                       |
| 25 | Benzene  | 0.0000          | 0.0002                                      | 0.0001               |                                       |
| 26 | n-Heptane  | 0.0004          | 0.0019                                      | 0.0009               |                                       |
| 27 | n-Hexane   | 0.0007          | 0.0030                                      | 0.0015               |                                       |
| 28 | n-Octane   | 0.0001          | 0.0005                                      | 0.0002               |                                       |
| 29 | n-Nonane   | 0.0000          | 0.0002                                      | 0.0001               |                                       |
| 30 | n-Decane   | 0.0000          | 0.0000                                      | 0.0000               |                                       |
| 31 | n-C11  | 0.0000          | 0.0000                                      | 0.0000               |                                       |
| 32 | n-C12  | 0.0000          | 0.0000                                      | 0.0000               |                                       |
| 33 | n-C13  | 0.0000          | 0.0000                                      | 0.0000               |                                       |
| 34 | <b>CURVES</b>  |                 |   |                      |                                       |
| 35 | <b>Bubble Point Curve Table</b>  |                 |   |                      |                                       |
| 36 | Pressure (psig)  | Temperature (F) | Volume                                      | Enthalpy             | Entropy                               |
| 37 | 13.92  | -242.7          |   |                      |                                       |
| 38 | 17.35  | -239.6          |   |                      |                                       |
| 39 | 21.18  | -236.4          |   |                      |                                       |
| 40 | 25.43  | -233.2          |   |                      |                                       |
| 41 | 30.15  | -229.9          |   |                      |                                       |
| 42 | 35.38  | -226.5          |   |                      |                                       |
| 43 | 41.17  | -223.1          |   |                      |                                       |
| 44 | 47.57  | -219.5          |   |                      |                                       |
| 45 | 54.62  | -216.0          |   |                      |                                       |
| 46 | 62.38  | -212.3          |   |                      |                                       |
| 47 | 70.90  | -208.6          |   |                      |                                       |
| 48 | 80.24  | -204.8          |   |                      |                                       |
| 49 | 90.45  | -201.0          |   |                      |                                       |
| 50 | 101.6  | -197.1          |   |                      |                                       |
| 51 | 113.7  | -193.2          |   |                      |                                       |
| 52 | 126.8  | -189.2          |   |                      |                                       |
| 53 | 141.1  | -185.2          |   |                      |                                       |
| 54 | 156.4  | -181.2          |   |                      |                                       |
| 55 | Hyprotech Ltd. Aspen HYSYS Version 7 (22.0.0.7020) Page 1 of 4   |                 |   |                      |                                       |
| 56 | Licensed to: LEGENDS   |                 |   | * Specified by user. |                                       |

|    |   |             |   |          |             |
|----|---|-------------|---|----------|-------------|
| 1  |  <b>Solutec Ingenieria Ltda</b><br>Barranquilla Colombia |             | Case Name: ESCENARIO 3.HSC                          |          |             |
| 2  |   |             | Unit Set: Field1                                    |          |             |
| 3  |   |             | Date/Time: Thu Jul 15 23:33:34 2010                 |          |             |
| 4  |   |             |   |          |             |
| 5  | <b>Stream: Palenque (continued)</b>   |             | <b>Envelope Utility: Envelope Utility-1 (contin</b> |          |             |
| 6  |   |             |   |          |             |
| 7  | <b>CURVES</b>   |             |   |          |             |
| 8  |   |             |   |          |             |
| 9  |   |             |   |          |             |
| 10 |   |             |   |          |             |
| 11 | Pressure  | Temperature | Volume  | Enthalpy | Entropy     |
| 12 | (psig)  | (F)         |   |          |             |
| 13 | 172.9   | -177.1      |   |          |             |
| 14 | 190.6   | -173.0      |   |          |             |
| 15 | 209.5   | -168.8      |   |          |             |
| 16 | 229.6   | -164.7      |   |          |             |
| 17 | 251.0   | -160.5      |   |          |             |
| 18 | 273.6   | -156.4      |   |          |             |
| 19 | 297.4   | -152.2      |   |          |             |
| 20 | 322.4   | -148.1      |   |          |             |
| 21 | 348.6   | -143.9      |   |          |             |
| 22 | 375.8   | -139.8      |   |          |             |
| 23 | 404.1   | -135.8      |   |          |             |
| 24 | 433.2   | -131.7      |   |          |             |
| 25 | 463.2   | -127.8      |   |          |             |
| 26 | 494.0   | -123.8      |   |          |             |
| 27 | 525.3   | -120.0      |   |          |             |
| 28 | 557.1   | -116.1      |   |          |             |
| 29 | 589.2   | -112.4      |   |          |             |
| 30 | 621.5   | -108.7      |   |          |             |
| 31 | 653.8   | -105.1      |   |          |             |
| 32 | 686.0   | -101.6      |   |          |             |
| 33 | 718.0   | -98.16      |   |          |             |
| 34 | 749.5   | -94.78      |   |          |             |
| 35 | 780.6   | -91.48      |   |          |             |
| 36 | 811.0   | -88.25      |   |          |             |
| 37 | 840.7   | -85.09      |   |          |             |
| 38 | 869.7   | -81.98      |   |          |             |
| 39 | 897.8   | -78.93      |   |          |             |
| 40 | 925.2   | -75.90      |   |          |             |
| 41 | 946.3   | -73.53      |   |          |             |
| 42 | 967.1   | -71.15      |   |          |             |
| 43 | 972.1   | -70.58      |   |          |             |
| 44 | <b>Dew Point Curve Table</b>  |             |   |          |             |
| 45 |   |             |   |          |             |
| 46 | Pressure  | Temperature | Volume  | Enthalpy | Entropy     |
| 47 | (psig)  | (F)         |   |          |             |
| 48 | 14.70   | -2.199      |   |          |             |
| 49 | 33.76   | 7.536       |   |          |             |
| 50 | 65.20   | 17.37       |   |          |             |
| 51 | 117.0   | 26.89       |   |          |             |
| 52 | 202.5   | 35.31       |   |          |             |
| 53 | 338.4   | 40.99       |   |          |             |
| 54 | 447.3   | 42.07       |   |          |             |
| 55 | 497.7   | 41.87       |   |          |             |
| 56 | 664.8   | 38.72       |   |          |             |
| 57 | 824.0   | 32.48       |   |          |             |
| 58 | 962.7   | 24.09       |   |          |             |
| 59 | 1073  | 14.46       |   |          |             |
| 60 | 1151  | 4.361       |   |          |             |
| 61 | 1198  | -5.583      |   |          |             |
| 62 | 1220  | -14.90      |   |          |             |
| 63 | Hyprotech Ltd.  |             | Aspen HYSYS Version 7 (22.0.0.7020)                 |          | Page 2 of 4 |

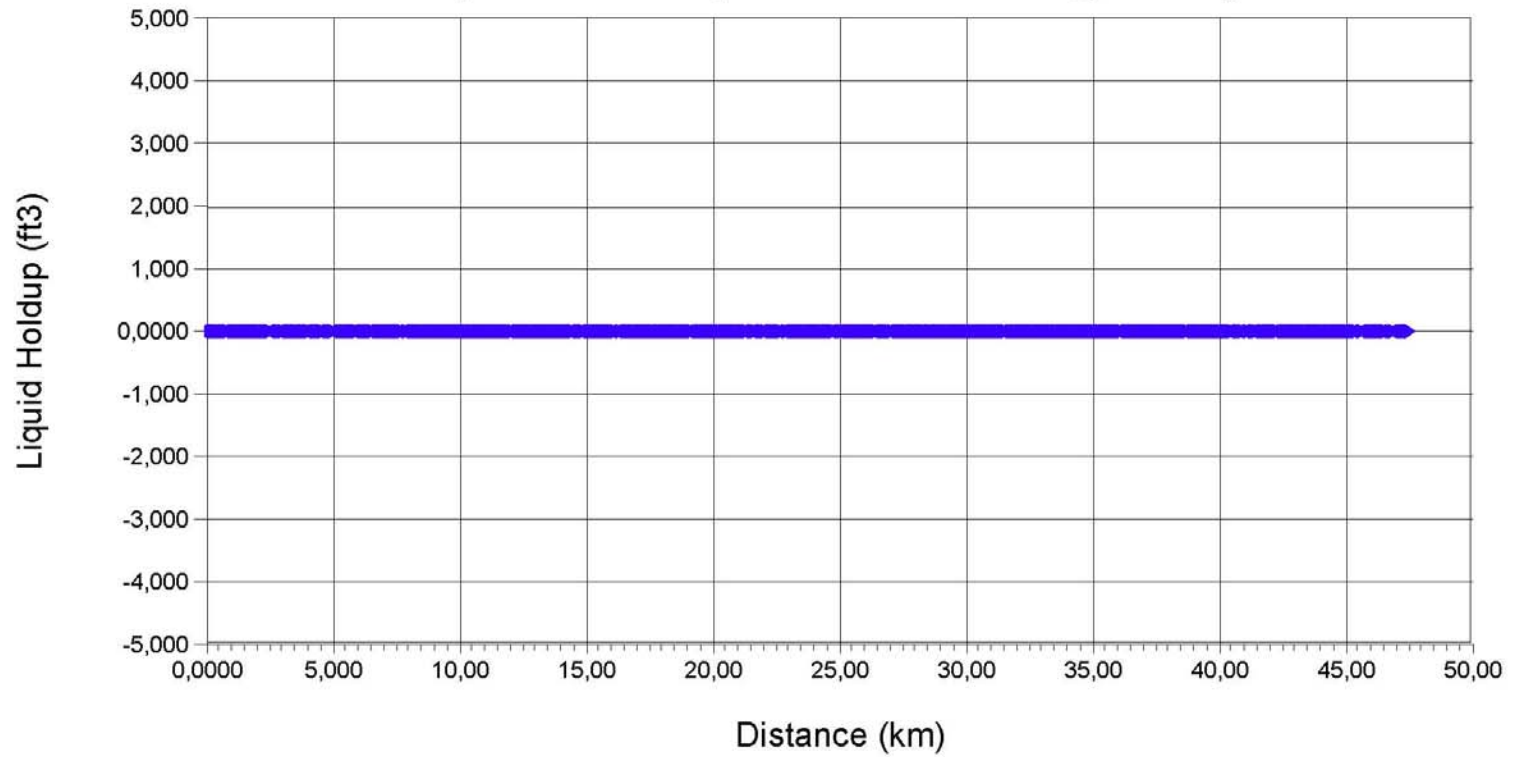
|    |  |                 |   |          |             |
|----|--|-----------------|---|----------|-------------|
| 1  |  Solutec Ingenieria Ltda<br>Barranquilla Colombia |                 | Case Name: ESCENARIO 3.HSC                          |          |             |
| 2  |  |                 | Unit Set: Field1                                    |          |             |
| 3  |  |                 | Date/Time: Thu Jul 15 23:33:34 2010                 |          |             |
| 4  |  |                 |   |          |             |
| 5  |  |                 |   |          |             |
| 6  | <b>Stream: Palenque (continued)</b>  |                 | <b>Envelope Utility: Envelope Utility-1 (contin</b> |          |             |
| 7  | <b>Dew Point Curve Table</b>   |                 |   |          |             |
| 8  |  |                 |   |          |             |
| 9  | Pressure (psig)  | Temperature (F) | Volume  | Enthalpy | Entropy     |
| 10 |  |                 |   |          |             |
| 11 | 1223   | -20.06          |   |          |             |
| 12 | 1217   | -27.06          |   |          |             |
| 13 | 1192   | -36.78          |   |          |             |
| 14 | 1160   | -44.24          |   |          |             |
| 15 | 1128   | -49.93          |   |          |             |
| 16 | 1099   | -54.34          |   |          |             |
| 17 | 1074   | -57.93          |   |          |             |
| 18 | 1051   | -60.99          |   |          |             |
| 19 | 1029   | -63.74          |   |          |             |
| 20 | 1008   | -66.30          |   |          |             |
| 21 | 987.7  | -68.75          |   |          |             |
| 22 | 972.1  | -70.58          |   |          |             |
| 23 |  |                 |   |          |             |
| 24 |  |                 |   |          |             |
| 25 | <b>Hydrate Curve Table</b>   |                 |   |          |             |
| 26 |  |                 |   |          |             |
| 27 | Pressure (psig)  | Temperature (F) |   |          |             |
| 28 |  |                 |   |          |             |
| 29 |  |                 | 33.76   |          | -40.93      |
| 30 |  |                 | 65.20   |          | -33.89      |
| 31 |  |                 | 117.0   |          | -26.65      |
| 32 |  |                 | 202.5   |          | -19.22      |
| 33 |  |                 | 338.4   |          | -11.90      |
| 34 |  |                 | 447.3   |          | -7.861      |
| 35 |  |                 | 497.7   |          | -6.320      |
| 36 |  |                 | 664.8   |          | -2.810      |
| 37 |  |                 | 824.0   |          | 0.1885      |
| 38 |  |                 | 962.7   |          | 2.273       |
| 39 |  |                 | 1073  |          | 3.661       |
| 40 |  |                 | 1151  |          | 4.530       |
| 41 |  |                 | 1198  |          | 5.020       |
| 42 |  |                 | 1220  |          | 5.232       |
| 43 |  |                 | 1223  |          | 5.262       |
| 44 |  |                 | 1217  |          | 5.208       |
| 45 | <b>PROPERTIES</b>  |                 |   |          |             |
| 46 |  |                 |   |          |             |
| 47 |  | Overall         | Vapour Phase  |          |             |
| 48 | Vapour/Phase Fraction  | 1.0000          | 1.0000  |          |             |
| 49 | Temperature: (F)   | 71.30           | 71.30   |          |             |
| 50 | Pressure: (psig)   | 1009            | 1009  |          |             |
| 51 | Molar Flow (MMSCFD)  | 39.88           | 39.88   |          |             |
| 52 | Mass Flow (lb/hr)  | 8.154e+004      | 8.154e+004  |          |             |
| 53 | Std Ideal Liq Vol Flow (barrel/day)  | 1.639e+004      | 1.639e+004  |          |             |
| 54 | Molar Enthalpy (Btu/lbmole)  | -3.643e+004     | -3.643e+004   |          |             |
| 55 | Mass Enthalpy (Btu/lb)   | -1956           | -1956   |          |             |
| 56 | Molar Entropy (Btu/lbmole-F)   | 35.30           | 35.30   |          |             |
| 57 | Mass Entropy (Btu/lb-F)  | 1.896           | 1.896   |          |             |
| 58 | Heat Flow (Btu/hr)   | -1.595e+008     | -1.595e+008   |          |             |
| 59 | Molar Density (lbmole/ft3)   | 0.2201          | 0.2201  |          |             |
| 60 | Mass Density (lb/ft3)  | 4.099           | 4.099   |          |             |
| 61 | Std Ideal Liq Mass Density (lb/ft3)  | 20.51           | 20.51   |          |             |
| 62 | Liq Mass Density @Std Cond (lb/ft3)  | --              | --  |          |             |
| 63 | Hyprotech Ltd.   |                 | Aspen HYSYS Version 7 (22.0.0.7020)                 |          | Page 3 of 4 |

|    |  |                |   |            |             |  |
|----|--|----------------|---|------------|-------------|--|
| 1  |  Solutec Ingenieria Ltda<br>Barranquilla Colombia |                | Case Name: ESCENARIO 3.HSC                          |            |             |  |
| 2  |  |                | Unit Set: Field1                                    |            |             |  |
| 3  |  |                | Date/Time: Thu Jul 15 23:33:34 2010                 |            |             |  |
| 4  |  |                |   |            |             |  |
| 5  |  |                |   |            |             |  |
| 6  |  |                |   |            |             |  |
| 7  | <b>Stream: Palenque (continued)</b>  |                | <b>Envelope Utility: Envelope Utility-1 (contin</b> |            |             |  |
| 8  |  |                |   |            |             |  |
| 9  | Molar Heat Capacity  | (Btu/lbmole-F) | 12.12   | 12.12      |             |  |
| 10 | Mass Heat Capacity   | (Btu/lb-F)     | 0.6508  | 0.6508     |             |  |
| 11 | Thermal Conductivity   | (Btu/hr-ft-F)  | 2.241e-002  | 2.241e-002 |             |  |
| 12 | Viscosity  | (cP)           | 1.341e-002  | 1.341e-002 |             |  |
| 13 | Surface Tension  | (dyne/cm)      | ---   | ---        |             |  |
| 14 | Molecular Weight   |                | 18.62   | 18.62      |             |  |
| 15 | Z Factor   |                | 0.8158  | 0.8158     |             |  |
| 16 | Mole Frac (Nitrogen)   |                | 0.0045  | 0.0045     |             |  |
| 17 | Mole Frac (CO2)  |                | 0.0204  | 0.0204     |             |  |
| 18 | Mole Frac (Methane)  |                | 0.8822  | 0.8822     |             |  |
| 19 | Mole Frac (Ethane)   |                | 0.0626  | 0.0626     |             |  |
| 20 | Mole Frac (Propane)  |                | 0.0193  | 0.0193     |             |  |
| 21 | Mole Frac (i-Butane)   |                | 0.0042  | 0.0042     |             |  |
| 22 | Mole Frac (n-Butane)   |                | 0.0035  | 0.0035     |             |  |
| 23 | Mole Frac (i-Pentane)  |                | 0.0013  | 0.0013     |             |  |
| 24 | Mole Frac (n-Pentane)  |                | 0.0008  | 0.0008     |             |  |
| 25 | Mole Frac (EGlycol)  |                | 0.0000  | 0.0000     |             |  |
| 26 | Mole Frac (TEGlycol)   |                | 0.0000  | 0.0000     |             |  |
| 27 | Mole Frac (H2O)  |                | 0.0000  | 0.0000     |             |  |
| 28 | Mole Frac (Toluene)  |                | 0.0001  | 0.0001     |             |  |
| 29 | Mole Frac (Benzene)  |                | 0.0000  | 0.0000     |             |  |
| 30 | Mole Frac (n-Heptane)  |                | 0.0004  | 0.0004     |             |  |
| 31 | Mole Frac (n-Hexane)   |                | 0.0007  | 0.0007     |             |  |
| 32 | Mole Frac (n-Octane)   |                | 0.0001  | 0.0001     |             |  |
| 33 | Mole Frac (n-Nonane)   |                | 0.0000  | 0.0000     |             |  |
| 34 | Mole Frac (n-Decane)   |                | 0.0000  | 0.0000     |             |  |
| 35 | Mole Frac (n-C11)  |                | 0.0000  | 0.0000     |             |  |
| 36 | Mole Frac (n-C12)  |                | 0.0000  | 0.0000     |             |  |
| 37 | Mole Frac (n-C13)  |                | 0.0000  | 0.0000     |             |  |
| 38 |  |                |   |            |             |  |
| 39 |  |                |   |            |             |  |
| 40 |  |                |   |            |             |  |
| 41 |  |                |   |            |             |  |
| 42 |  |                |   |            |             |  |
| 43 |  |                |   |            |             |  |
| 44 |  |                |   |            |             |  |
| 45 |  |                |   |            |             |  |
| 46 |  |                |   |            |             |  |
| 47 |  |                |   |            |             |  |
| 48 |  |                |   |            |             |  |
| 49 |  |                |   |            |             |  |
| 50 |  |                |   |            |             |  |
| 51 |  |                |   |            |             |  |
| 52 |  |                |   |            |             |  |
| 53 |  |                |   |            |             |  |
| 54 |  |                |   |            |             |  |
| 55 |  |                |   |            |             |  |
| 56 |  |                |   |            |             |  |
| 57 |  |                |   |            |             |  |
| 58 |  |                |   |            |             |  |
| 59 |  |                |   |            |             |  |
| 60 |  |                |   |            |             |  |
| 61 |  |                |   |            |             |  |
| 62 |  |                |   |            |             |  |
| 63 | Hyprotech Ltd.   |                | Aspen HYSYS Version 7 (22.0.0.7020)                 |            | Page 4 of 4 |  |

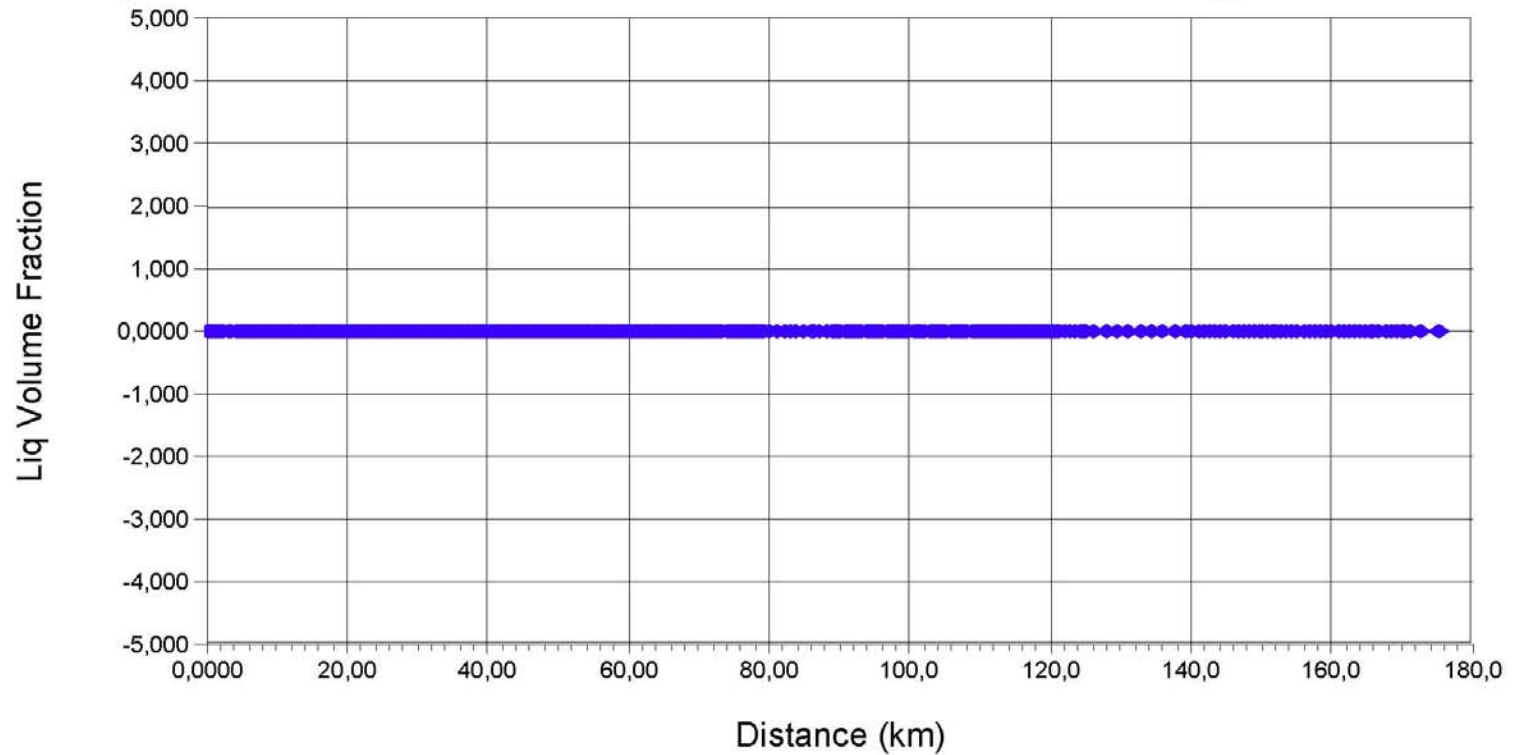
## Cumulative Liquid Holdup: Gibraltar-Bucaramanga K0-k174 m



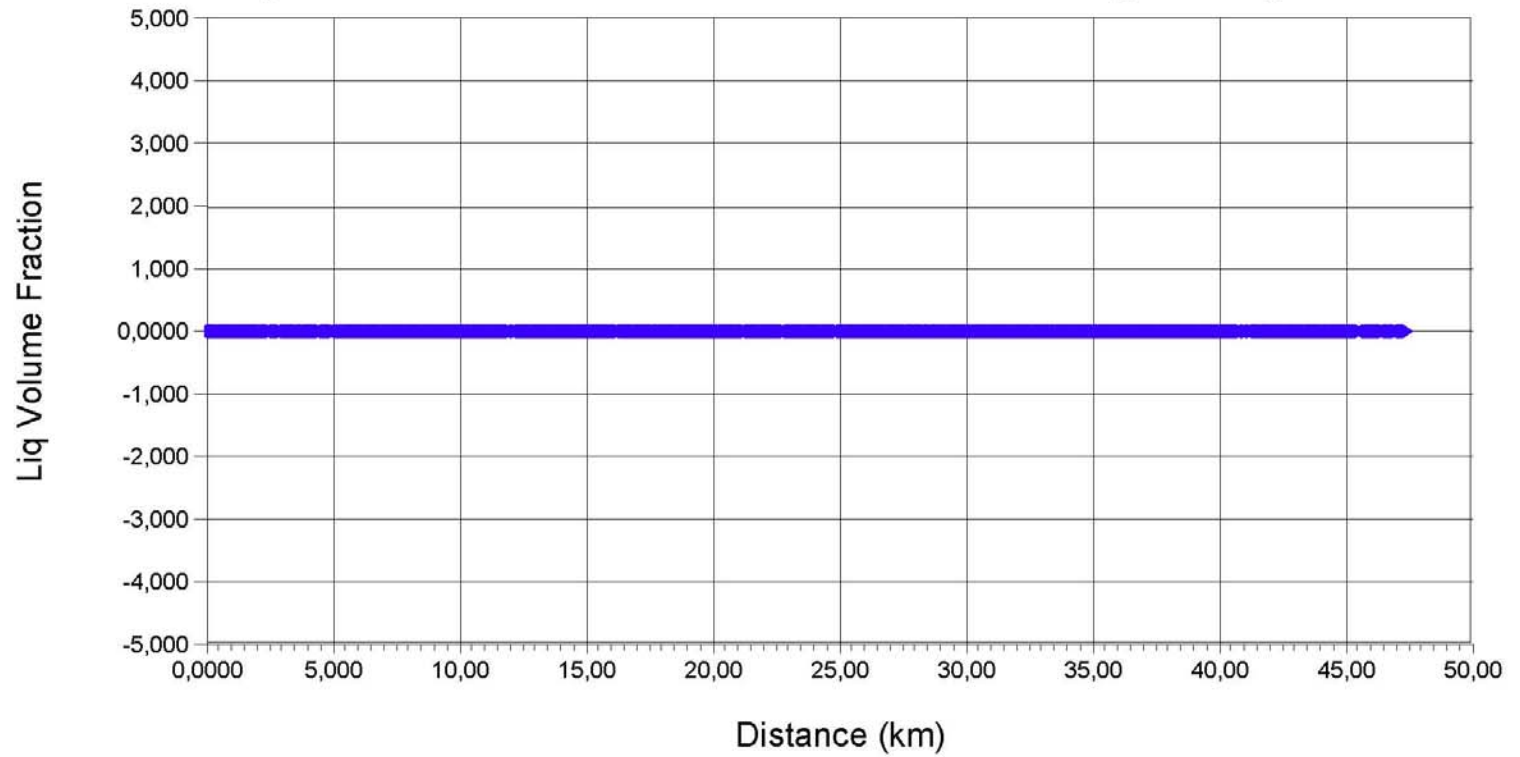
## Cumulative Liquid Holdup: Bucaramanga-Payoa 8"





## Insitu Liquid Volume Fraction: Gibraltar-Bucaramanga K0-k174 m



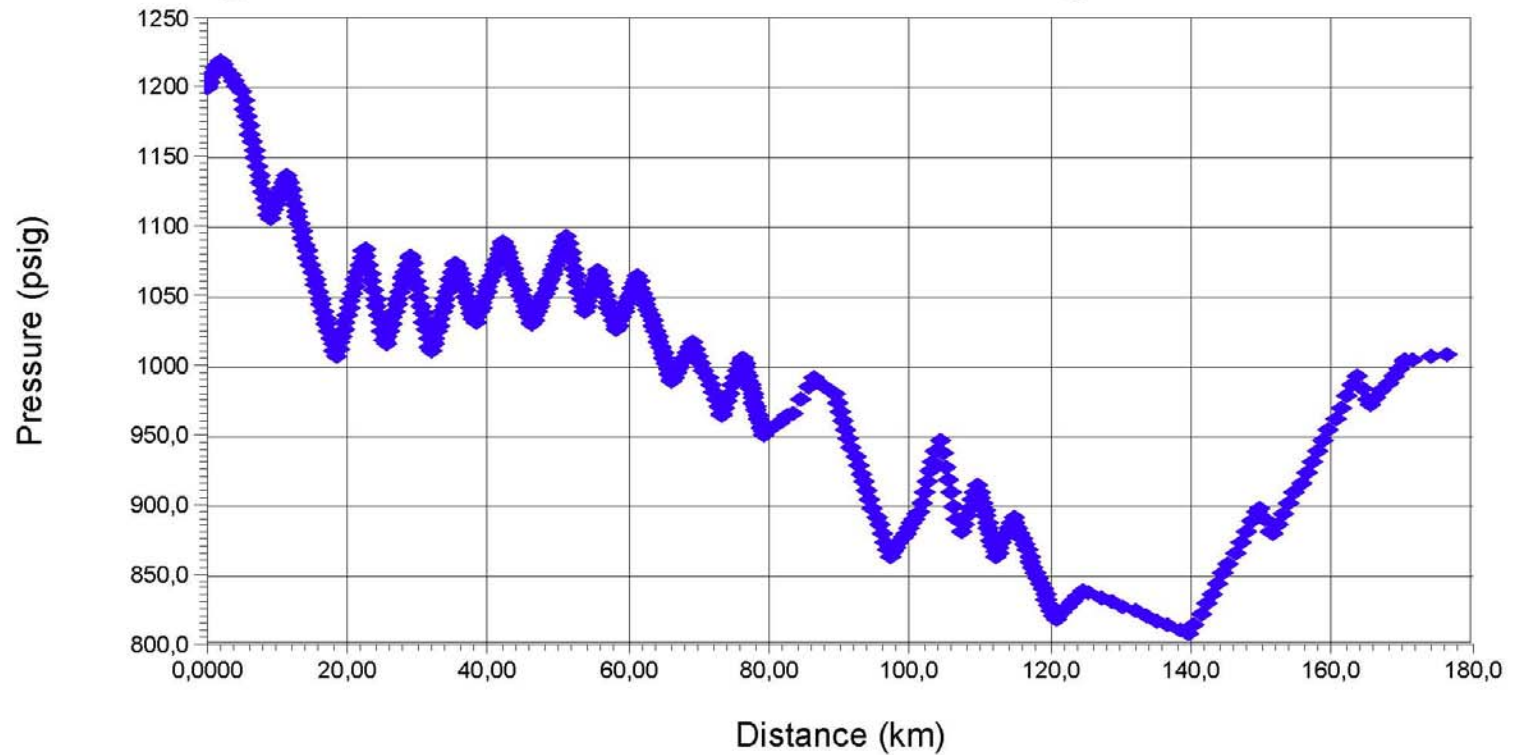
## Insitu Liquid Volume Fraction: Bucaramanga-Payoa 8"



|    |  |  |
|----|--|--|
| 1  |  | Case Name: ESCENARIO 3.HSC   |
| 2  |  Solutec Ingenieria Ltda<br>Barranquilla Colombia | Unit Set: Field1   |
| 3  |  | Date/Time: Thu Jul 15 23:41:10 2010  |
| 4  |  |  |
| 5  |  |  |
| 6  |  |  |
| 7  | <b>NeotecPIPESYS v2.5.77.0:</b>  | <b>ESCENARIO 3.HSC</b>   |
| 8  |  |  |
| 9  |  |  |
| 10 | <b>Gibraltar-Bucaramanga K0-k174 m</b>   |  |
| 11 |  |  |
| 12 | <b>Summary</b>   |  |
| 13 |  |  |
| 14 |  |  |
| 15 |  |  |
| 16 | Upstream Pressure:   | 1201.00 psig   |
| 17 | Upstream Temperature:  | 79.90 F  |
| 18 |  |  |
| 19 | Downstream Pressure:   | 1008.62 psig   |
| 20 | Downstream Temperature:  | 71.30 F  |
| 21 |  |  |
| 22 | Predicted Pressure Loss:   | 192.40 psi   |
| 23 |  |  |
| 24 | Friction Loss:   | 153.70 psi   |
| 25 | Hydrostatic Loss:  | 38.69 psi  |
| 26 | Kinetic Loss:  | 0.005 psi  |
| 27 | Inline Facilities Loss:  | 0.00 psi   |
| 28 |  |  |
| 29 | Average Pressure Gradient:   | -0.0092 inH2O/ft   |
| 30 |  |  |
| 31 | Total Liquid Holdup:   | 0.0 ft3  |
| 32 | Total Line Pack @STD:  | 39984028.1 ft3   |
| 33 |  |  |
| 34 | Pipe Volume:   | 471499.0 ft3   |
| 35 |  |  |
| 36 | Net Heat Loss to the Surroundings:   | -1.466e+005 Btu/hr   |
| 37 |  |  |
| 38 |  |  |
| 39 |  |  |
| 40 |  |  |
| 41 |  |  |
| 42 |  |  |
| 43 |  |  |
| 44 |  |  |
| 45 |  |  |
| 46 |  |  |
| 47 |  |  |
| 48 |  |  |
| 49 |  |  |
| 50 |  |  |
| 51 |  |  |
| 52 |  |  |
| 53 |  |  |
| 54 |  |  |
| 55 |  |  |
| 56 |  |  |
| 57 |  |  |
| 58 |  |  |
| 59 |  |  |
| 60 |  |  |
| 61 |  |  |
| 62 |  |  |
| 63 | Hyprotech Ltd.   | Aspen HYSYS Version 7 (22.0.0.7020) <span style="float: right;">Page 1 of 1</span> |

|    |  |                                     |                            |
|----|--|-------------------------------------|----------------------------|
| 1  |  |                                     | Case Name: ESCENARIO 3.HSC |
| 2  |  Solutec Ingenieria Ltda<br>Barranquilla Colombia | Unit Set: Field1                    |                            |
| 3  |  | Date/Time: Thu Jul 15 23:47:41 2010 |                            |
| 4  |  |                                     |                            |
| 5  |  |                                     |                            |
| 6  |  |                                     |                            |
| 7  | <b>NeotecPIPESYS v2.5.77.0:</b>  |                                     | <b>ESCENARIO 3.HSC</b>     |
| 8  |  |                                     |                            |
| 9  |  |                                     |                            |
| 10 |  |                                     |                            |
| 11 |  |                                     |                            |
| 12 |  |                                     |                            |
| 13 |  |                                     |                            |
| 14 |  |                                     |                            |
| 15 |  |                                     |                            |
| 16 |  |                                     |                            |
| 17 |  |                                     |                            |
| 18 |  |                                     |                            |
| 19 |  |                                     |                            |
| 20 |  |                                     |                            |
| 21 |  |                                     |                            |
| 22 |  |                                     |                            |
| 23 |  |                                     |                            |
| 24 |  |                                     |                            |
| 25 |  |                                     |                            |
| 26 |  |                                     |                            |
| 27 |  |                                     |                            |
| 28 |  |                                     |                            |
| 29 |  |                                     |                            |
| 30 |  |                                     |                            |
| 31 |  |                                     |                            |
| 32 |  |                                     |                            |
| 33 |  |                                     |                            |
| 34 |  |                                     |                            |
| 35 |  |                                     |                            |
| 36 |  |                                     |                            |
| 37 |  |                                     |                            |
| 38 |  |                                     |                            |
| 39 |  |                                     |                            |
| 40 |  |                                     |                            |
| 41 |  |                                     |                            |
| 42 |  |                                     |                            |
| 43 |  |                                     |                            |
| 44 |  |                                     |                            |
| 45 |  |                                     |                            |
| 46 |  |                                     |                            |
| 47 |  |                                     |                            |
| 48 |  |                                     |                            |
| 49 |  |                                     |                            |
| 50 |  |                                     |                            |
| 51 |  |                                     |                            |
| 52 |  |                                     |                            |
| 53 |  |                                     |                            |
| 54 |  |                                     |                            |
| 55 |  |                                     |                            |
| 56 |  |                                     |                            |
| 57 |  |                                     |                            |
| 58 |  |                                     |                            |
| 59 |  |                                     |                            |
| 60 |  |                                     |                            |
| 61 |  |                                     |                            |
| 62 |  |                                     |                            |
| 63 | Hyprotech Ltd.   | Aspen HYSYS Version 7 (22.0.0.7020) | Page 1 of 1                |

## Flowing Pressure: Gibraltar-Bucaramanga K0-k174 m



## Flowing Pressure: Bucaramanga-Payoa 8"

