

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA

**ESTUDIO INTERCONEXION
GASIFERA CON VENEZUELA**

1991

1704

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PRELIMINAR INTERCONEXION GASIFERA CON VENEZUELA

SELECCION DE RUTA, ANALISIS HIDRAULICO,
ESTIMATIVO DE COSTOS
ALTERNATIVA 1 - ABASTECIMIENTO
POR PARTES IGUALES DE LA GUAJIRA,
VENEZUELA Y CUSIANA
INFORME ET-9127

JUNIO 18 DE 1991 406

JUNIO DE 1991

ESTUDIOS TECNICOS S.A.
INGENIEROS CONSULTORES



BOGOTA - COLOMBIA

SELECCION DE RUTA, ANALISIS HIDRAULICO,
ESTIMATIVO DE COSTOS
ALTERNATIVA 1 - ABASTECIMIENTO
POR PARTES IGUALES DE LA GUAJIRA,
VENEZUELA Y CUSIANA
INFORME ET-9127

JUNIO 18 DE 1991

486

I N D I C E

		PAGINA
I	INTRODUCCION	1
II	DESCRIPCION GENERAL DE LA RUTA SELECCIONADA	3
	- PLANO LAYOUT DE LA RUTA SELECCIONADA	
III	ANALISIS HIDRAULICO	11
3.1	Criterios Básicos	11
3.2	Dimensionamiento	13
IV	ESTIMATIVO DE COSTOS	15
4.1	Costos de Inversión	15
4.2	Costos de Operación y Mantenimiento	17
4.3	Costos Totales	18

C U A D R O S

No. 1	DEMANDA DE GAS EN LAS CIUDADES TERMINALES
No. 2	RESUMEN DE DIMENSIONES Y CAPACIDADES DE TUBERIAS, ACCESORIOS Y ESTACIONES COMPRESORAS
No. 3	PROPIEDADES DEL GAS
No. 4	RESUMEN DE COSTOS DE INVERSION DE TUBERIA, ACCESORIOS Y ESTACIONES COMPRESORAS
No. 5	RESUMEN DE INVERSIONES Y COSTOS TOTALES DE OPERACION Y MANTENIMIENTO
HOJA 1	INTERCONEXION POR TIBU - ESCENARIO ALTO
HOJA 2	INTERCONEXION POR TIBU - ESCENARIO BAJO
HOJA 3	INTERCONEXION POR MAICAO - ESCENARIO ALTO
HOJA 4	INTERCONEXION POR MAICAO - ESCENARIO BAJO

A N E X O S

- No. 1 PROGRAMA DE COMPUTADOR - ECUACION DE FERGUSON
- No. 2 RESULTADOS DE LA SIMULACION HIDRAULICA
- No. 3 CALCULOS DE COSTOS DE INVERSION EN TUBERIA API 5LX-60

I INTRODUCCION

Estudios Técnicos S.A. está evaluando la factibilidad de transporte de gas natural que suministrará Venezuela a Colombia en dos sitios : Maicao, Departamento de la Guajira, o Tibú, Departamento de Santander del Norte. En este Informe Preliminar se presentan los estudios adelantados de selección de ruta, dimensionamiento básico y determinación de costos.

El estudio se realiza con base en las proyecciones de demanda presentadas en el Informe ET-9126 de Junio 4 de 1991 y considerando que el abastecimiento de la demanda será por partes iguales de la Guajira, Venezuela y Cusiana.

El Gasoducto proyecto conecta los sitios de entrega del gas con los centros de consumo identificados en el estudio de demanda mencionado. Para el abastecimiento del gas de la Guajira se analizan los tramos Ballenas - Maicao y Ballenas-Ayacucho, dependiendo de la alternativa de suministro de gas de Venezuela, Maicao o Tibú. El gas de Cusiana se asume que será suministrado al Gasoducto en Vasconia; no se analiza el tramo Cusiana - Vasconia.

Las rutas seleccionadas corresponden en su mayoría a los corredores de poliductos y oleoductos existentes. En etapas posteriores, con base en estudios más detallados y trabajos de campo, se deben estudiar alternativas de ruta para algunos de los tramos que pueden ser más económicos que los considerados en este estudio preliminar.

Los tramos considerados para conectar los sitios de abastecimiento con los centros de consumo son los siguientes :

Interconexión por Maicao	Interconexión por Tibú
--------------------------	------------------------

Ballenas - Maicao	Ballenas - Valledupar
-------------------	-----------------------

Maicao - Valledupar	Valledupar - Ayacucho
---------------------	-----------------------

Interconexión por Maicao

Valledupar-Barrancabermeja
Barrancabermeja-Sebastopol
Sebastopol - Medellín
Sebastopol-Vasconia/Cocorná
Vasconia-Pto.Salgar/La
Dorada
Pto. Salgar - Bogotá
La Dorada - Pereira

Pereira - Cali

Interconexión por Tibú

Tibú - Ayacucho
Ayacucho - Barrancabermeja
Barrancabermeja - Sebastopol
Sebastopol - Medellín

Sebastopol - Vasconia/Cocorná
Vasconia-Pto. Salgar/La Dorada
Pto. Salgar - Bogotá
La Dorada - Pereira

Pereira - Cali

II DESCRIPCION GENERAL DE LA RUTA SELECCIONADA

RUTA BALLENAS - MAICAO (70 K)

Esta línea cruzará en forma diagonal la parte media de la Guajira. Arrancando de la línea costera, la línea penetrará paulatinamente en el continente en zonas de arenas, cruzando el alineamiento de la carretera Pájaro - Manaure. La topografía es plana a ondulada y las localidades que se encuentran en el recorrido son de NW a SE son Buirachón, Guararachón y Yamahain.

En cuanto a los materiales, éstos son principalmente suelos arenosos hacia el norte y limos areno arcillosos al sur. La capa vegetal es escasa y la vegetación es de un ambiente semidesértico conformado por cactáceas y arbustos. La línea sigue una divisoria entre el río Ranchería y Arroyo Limón y se deberá ejecutar como cruce especial la carretera y ferrocarril del Cerrejón - Puerto Bolívar, aproximadamente en el kilómetro 50. Las vías de acceso son las de Maicao - Riohacha, Riohacha - Manaure, Cerrejón - Puerto Bolívar y algunas vías transitables por camperos, utilizadas para accesos temporales a localidades cercanas al alineamiento ya mencionadas en el primer párrafo.

RUTA BALLENAS - AYACUCHO (410 K)

Esta ruta seguirá básicamente el mismo recorrido del Gasoducto Central y corresponde a la Alternativa de Suministro de Gas de Venezuela por Tibú; sin embargo a partir de Cuestecitas el corredor es el mismo que sigue la ruta Maicao-Valledupar - Ayacucho de la Alternativa de Suministro de Gas por Tibú.

Para este Estudio Preliminar se asume que el Gasoducto parte de las instalaciones de Promigas en Ballenas en donde también se recibe el gas proveniente de Chuchupa.

Saliendo de Ballenas se tomará un alineamiento en dirección de Cuestecitas - Albania. Como cruce occidente principal se tiene el cruce del Río Ranchería y un cambio topográfico notorio desde Cuestecistas hacia el sur marcado por el gran lineamiento de la falla de Oca. Hacia el norte de Cuestecitas el terreno es ondulado a plano y los suelos predominantes

son arenas y limos arcillosos. Los accesos se hacen por las localidades del Pájaro y Cuestecitas, en la zona intermedia existen vías para vehículos pequeños y de tipo temporal, durante épocas de lluvia (aunque son pocas) no son transitables.

Desde Albania hacia el sur el alineamiento seguirá sobre el costado derecho del valle del río Ranchería, para continuar sobre la margen izquierda del río Cesar hacia el sur. El alineamiento se desarrolla por una topografía plana cortando cauces de ríos provenientes de la Serranía de Perijá, Los Motilones y parte septentrional de la Cordillera Oriental. Son 17 los cruces de los ríos importantes. En la carretera Robles - Manaure se tendrá el corredor que haga la conexión con Valledupar.

En cuanto a los materiales rocosos, se presentarán excavaciones en areniscas al oriente del complejo minero del Cerrejón y algunos cerros aislados en el área de Becerril. La mayor parte del gasoducto transcurre sobre sedimentos de origen aluvial. Se estima que un 10% del trayecto entre Albania y Ayacucho pueden presentar afloramientos rocosos.

En cuanto a los cruces de los ríos se estima que todos podrán ser cruzados mediante la ejecución de trinchera subfluvial.

ruta MAICAO - VALLEDUPAR (170 K)

El tramo Maicao - Cuestecitas es aproximadamente paralela a la carretera existente entre Maicao y Cuestecitas; el terreno es ondulado desectado por pequeñas quebradas y los suelos son principalmente arcillosos recubiertos por arenas y gravas de origen aluvial. La vegetación es de un ambiente semidesértico. Se recomienda no cruzar el río Ranchería y continuar con el alineamiento sobre la margen derecha del río Ranchería, pues de cruzarlo hasta Cuestecitas se debería ejecutar otro cruce hacia el sur, sin ningún beneficio para la ruta. Este alineamiento deberá cruzar nuevamente el sistema de carretera y ferrocarril El Cerrejón - Puerto Bolívar, aproximadamente frente de la localidad de Albania; el alineamiento planteado en el Gasoducto Central, deberá ser cambiado y ejecutar el cruce del río Ranchería inmediatamente aguas arriba de la localidad de Albania.

De Cuestecitas a Valledupar, el trazado es igual a la ruta Ballenas - Ayacucho.

RUTA TIBU - AYACUCHO (137 K)

Desde la frontera con Venezuela se estima que la longitud comparada con la actual puede incrementarse en unos 13 km.

Este sector es complejo desde el punto de vista de construcción; se podrá seguir el corredor del oleoducto actual, paralelo a la carretera, pero debido a lo profundo de los valles y a lo accidentado de la topografía es necesario ejecutar algunos cambios. La zona es abrupta y en parte selvática; se deberán hacer cruces sobre los ríos Orú, Tarra y Catatumbo. Es posible ejecutar un tramo paralelo al Oleoducto Caño Limón - Coveñas entre el río Catatumbo y Ayacucho, acortándose su longitud. En la misma manera al oriente se podrán encontrar mejores rutas pero sus accesos serán difíciles; sin embargo, existen antecedentes de construcción en terrenos similares para el oleoducto Caño Limón - Coveñas. Se recomienda por tanto una evaluación de nueva ruta con base en mapas 1:100.000 y fotografías aéreas, así como reconocimientos en helicóptero.

En cuanto a los tipos de terreno, en el área se cortarán rocas de variado tipo que van desde arcillolitas, areniscas pasando también por materiales conformados por lutitas, limolitas y calizas; también se cruzarán zonas de rocas volcánicas y metamórficas. Por ser un clima tropical húmedo la parte oriental desarrolla suelos residuales profundos en rocas arcillosas, pero en zonas de areniscas se requiere el uso de explosivos; es de anotar también que habrá zonas de fuertes pendientes dejadas en zonas de contraste entre areniscas y lutitas. El porcentaje de roca es difícil de establecer a este nivel y se deberá adelantar una zonificación geotécnica también con base en fotografías aéreas y reconocimientos de sitios estratégicos.

RUTA AYACUCHO - BARRANCABERMEJA (187 K)

Este oleoducto podrá ser paralelo al existente, el cual cruza alrededor de 12 corrientes menores que podrán ser ejecutadas con cruces subfluviales en forma de trinchera. Los cruces de ríos mayores son: San Alberto, Cáchira del Espíritu Santo, Lebrija, Quebrada Santos Gutiérrez, Río Paturia y Sogamoso; de éstos los que deberán ser cruzados mediante perforación dirigida bajo el lecho son el Lebrija y Sogamoso.

Los materiales a excavar son principalmente sedimentos aluviales conformados por gravas y arenas en el Departamento del Cesar, en tanque que en Santander los materiales predominantes son arenas limosas. Existe un tramo de suelos arcillosos residuales, altamente erodables entre el río Paturia y Sogamoso, allí se deberán ejecutar obras especiales de protección del derecho de vía.

Los accesos en general son buenos y existen vías troncales y de segundo orden a lo largo de todo el trayecto.

ruta BARRANCA - SEBASTOPOL (110 K)

Esta ruta sigue paralela al río Magdalena. Sobre la margen derecha existen pobres terrenos pantanosos, conformados por las antiguas Ciénagas (o cubetas de desborde del río Magdalena) que pueden dificultar una construcción paralela a la línea actual. Los suelos son principalmente limos orgánicos. La mejor vía de acceso es el mismo río Magdalena. Como cruces difíciles se destacan el área de la Ciénaga de El Opon y el río Carare; este último evoluciona permanentemente y ha ocasionado graves daños al poliducto. Otra alternativa va subparalela a la vía férrea, siendo similares los problemas pero esta última zona por ser un poco más alta, los canales de los ríos están más definidos y es menos pantanosa.

ruta SEBASTOPOL - MEDELLIN (168 K)

Esta contempla la conexión con la Troncal del Magdalena frente a Puerto Berrio y toma posteriormente la ruta del Oleoducto y Ferrocarril existente. Los materiales que allí se encuentran corresponden a depósitos cuaternarios en la zona de valle del Río Magdalena y posteriormente se entrará a excavar los materiales del batolito antioqueño conformado por suelos residuales, coluviones y cortes en roca, en zonas escarpadas, antes de entrar a la cuenca del río Medellín donde se bajará hasta alcanzar la zona urbana por el norte de Medellín.

Como es sabido los problemas geotécnicos esperados con los deslizamientos y fenómenos de socavación por las corrientes

torrenciales. Debido a que la banca del ferrocarril y oleoducto existente ocupan ya un corredor importante, sería posible analizar la otra margen del valle para el emplazamiento del tubo, dado lo abrupto del terreno en la parte más alta del batolito, se esperan dificultades para la construcción. Aunque el acceso existe paralelo, se prevé la construcción de ramales de las vías principales, para la construcción. El desarrollo a lo largo del río Medellín presenta dificultades de estabilidad especialmente por coluviones y suelos residuales potentes.

Como cruces especiales se prevé el del río Magdalena y posiblemente dos en el río Medellín y tal vez uno en el río Porce.

RUTA SEBASTOPOL - VASCONIA (54 K)

También corre paralelo al río Magdalena y deberá ejecutar cruces de zonas pantanosas y ciénagas (cubetas de desborde) dentro de los ríos que se destacan están el Baúl y El Ermitaño; las localidades más conocidas del área son Puerto Servies y Puerto Boyacá a las cuales se llega actualmente por la troncal que se construye en el Magdalena Medio y llegará hasta San Alberto.

Los suelos son principalmente limos orgánicos y algunas veces limos de origen aluvial, las formaciones rocosas están representadas por horizontes de areniscas de la formación Honda.

RUTA VASCONIA - COCORNA (6 K)

En la actualidad existe un oleoducto de Texpet. Se podrá ejecutar una línea paralela, cruzando el río Magdalena. El terreno es ondulado y los materiales son limos arcillosos cerca del río Magdalena y areniscas tobáceas en las proximidades de Cocorna.

RUTA VASCONIA - PUERTO SALGAR (75 K)

Este alineamiento corresponde a un trayecto relativamente plano cortando suelos aluviales y algunos sedimentos terciarios de baja consolidación. En algunos sectores corta valles con depósitos arcillosos. El cruce más importante es el del río Negro que puede ser construido con trinchera. Para su construcción se cuenta con una vía troncal paralela al alineamiento. Los materiales son fácilmente excavables en la mayor parte del trayecto.

RUTA PUERTO SALGAR - BOGOTA (140 K)

Es uno de los trazados más complicados, pues existe gran variedad de rocas, depósitos y fenómenos de inestabilidad, especialmente entre los tramos del Dindal y Guaduro y cruces por la quebrada Bermeja; también son conocidos otros sectores tales como la quebrada La Chorrera y luego el ascenso hasta Albán donde existen flujos de tierra y coluviones inestables. El sector entre la Tribuna y Bogotá es de relieve plano y se emplazará en depósitos fluviolacustres donde el principal problema serán los suelos ácidos que puedan atacar la tubería.

Para toda la línea se estima que es posible buscar nuevos alineamientos, utilizando las técnicas de fotointerpretación y aprovechando el conocimiento más detallado que en la actualidad hay de la cordillera oriental. Esto mismo es aplicable en la zona del Magdalena Medio donde ya está prácticamente construida la troncal que va a la Costa.

En la misma forma se estima conveniente que el suministro de gas más adecuado a Medellín podrá ser por la vía Puerto Triunfo - Rionegro y que a grandes rasgos se propone a continuación.

Alternativa Puerto Triunfo - Rionegro - Medellín (130 k)

Esta también contempla la conexión con la Troncal del Magdalena y posteriormente busca la ruta Cocorná - Rionegro

para descender posteriormente a Medellín por su costado oriental; sus características geológicas son algo coimplicadas, especialmente en los suelos residuales y los depósitos inestables en la zona de Cocorná.

RUTA PUERTO SALGAR - LA DORADA - PEREIRA - CALI (YUMBO)
(356 K)

Siguiendo los trazados de los poliductos actuales, arrancando de Puerto Salgar, se deberá construir un cruce (subfluvial) en el río Magdalena hasta alcanzar la localidad de La Dorada, para continuar por el valle del Río Purnio y hacer su cruce subfluvial en forma de trinchera, para continuar por colinas que cortan areniscas de la formación Honda y llegar al valle del río Guallí y cruzar posteriormente por la localidad de Mariquita, donde se inicia su ascenso a la Cordillera Central pasando por Herbeo. De allí se continuará ascendiendo a la parte más alta de la Cordillera por el Páramo de Letras, para posteriormente bajar hacia Villamaría, desde donde existe un alineamiento por la banca del ferrocarril antiguo hasta Chinchiná, cruzando la zona del río Claro (afluente del río Chinchiná) que sufrió los efectos de la avalancha del Ruiz y quedó destruido su puente (en la actualidad reconstruido). De Chinchina hacia Cartago se podrá tomar la ruta que cruza al N de Dosquebradas y se deberá cruzar el río Otún para posteriormente seguir a Cartago; cruzando el río La Vieja.

Ya en el valle del río Cauca se continuará siguiendo la ruta del ferrocarril; aquí se deberán cruzar varios ríos tales como La Paila, Bugalagrande, Tulúa, Guadalajara y Guabas, para finalmente hacer el cruce sobre el río Cauca.

Los suelos y rocas que se deberán excavar entre Mariquita y Chinchiná son de origen ígneo metamórfico. Hay riesgos de deslizamientos, amenaza volcánica y deslizamientos.

De Chinchiná a Cartago los suelos son fácilmente excavables y por topografía es necesario buscar nuevas rutas (locales) pues las crestas por donde corre el oleoducto actual no permiten el emplazamiento de otro tubo.

Desde Cartago hasta Yumbo el terreno es plano y conformado en su gran mayoría por sedimentos aluviales (limos, arenas y arcillas). Los ríos a cruzar deben ser estudiados desde el punto de vista geomorfológico, pues la evolución de sus cauces pueden ocasionar traumas al funcionamiento de la tubería; estas líneas deben estudiarse con base en fotografías aéreas y obviamente teniendo en cuenta los estudios de estabilidad adelantados por Ecopetrol para cada línea.

Los accesos en general son buenos y la mayoría del tramo cuenta con vías troncales y departamentales que facilitan su construcción.

En caso que la alternativa a Medellín sea por Puerto Triunfo - Rionegro, se podrá hacer un análisis comparativo de los costos de un puente sobre el río Magdalena (en La Dorada) y la construcción de un tramo de tubería sobre la margen izquierda del Magdalena (pasando por San Miguel Río La Miel) hasta La Dorada y de allí continuar con el alineamiento hacia Mariquita. Obviamente este tubo será del diámetro de la tubería que irá para Yumbo. En este sector hay acceso y no se prevén dificultades serias en los comportamientos de los suelos y las rocas. Al igual que para todas las rutas su estudio se adelantará en base a fotos, mapas y reconocimientos en helicóptero para seleccionar su corredor, marcando obviamente las rutas existentes, para evitar interferencias.

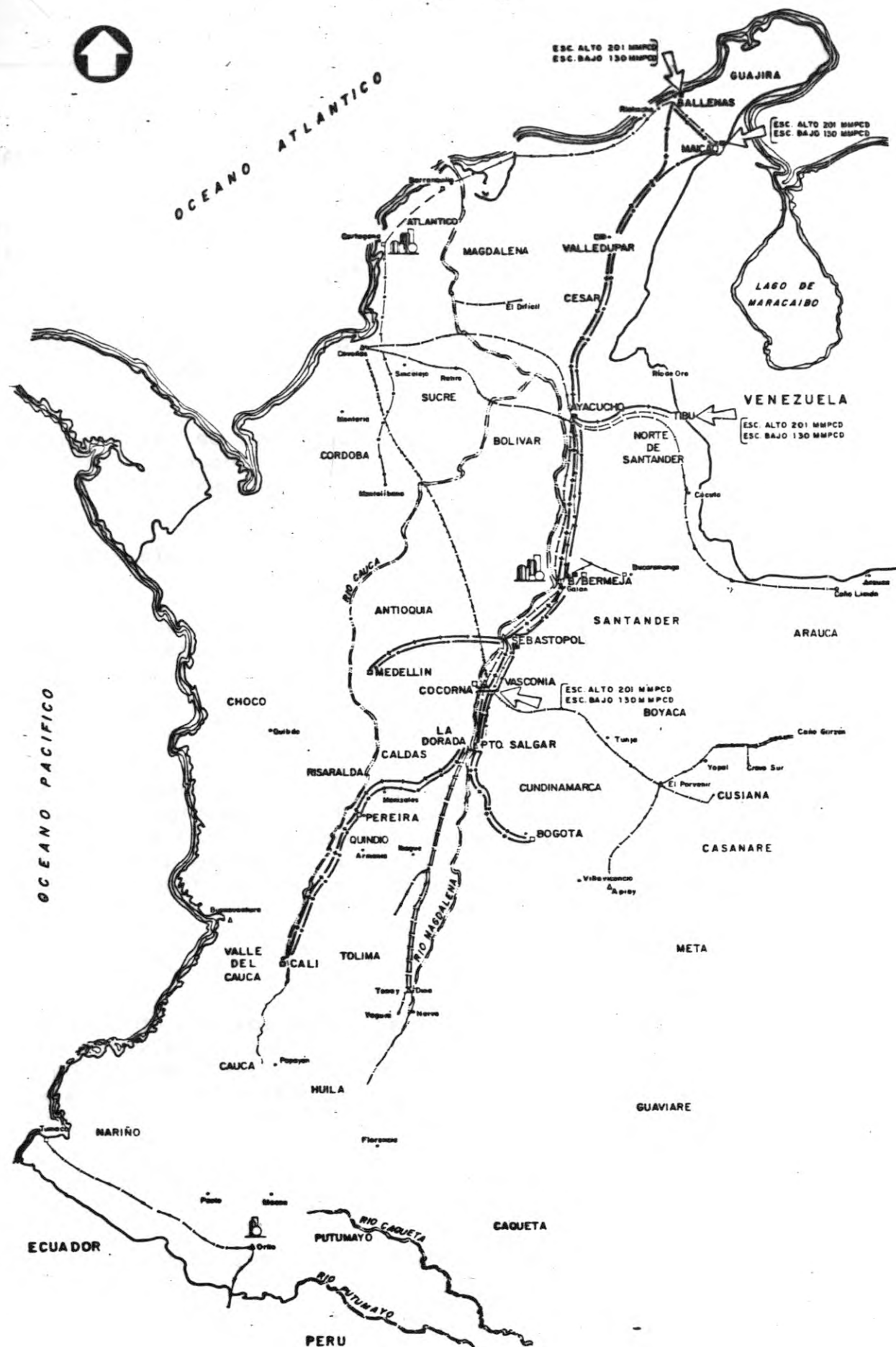


TABLA No. 1 DIAMETROS Y LONGITUDES

DESCRIPCION	LONGITUD (Km)	DIAMETRO (Pulg)			
		INTERC. POR MAICAO	INTERC. POR TIBU	ESC. ALTA	ESC. BAJA
BALLENAS - VALLEDUPAR	240	—	—	20	16
BALLENAS - MAICAO	70	16	16	—	—
MAICAO - VALLEDUPAR	170	24	20	—	—
VALLEDUPAR - AYACUCHO	230	24	20	20	16
AYACUCHO - B/BERMEJA	187	24	20	24	20
TIBU - AYACUCHO	137	—	—	18	14
B/BERMEJA - SEBASTOPOL	110	20	18	20	18
SEBASTOPOL - VASCONIA/COCORNA	60	20	18	20	18
VASCONIA - PTO. SALGAR/LA DORADA	75	20	18	20	18
PTO. SALGAR - BOGOTA	140	16	14	16	14
LA DORADA - PEREIRA	182	16	14	16	14
PEREIRA - CALI	174	16	12	16	12
SEBASTOPOL - MEDELLIN	166	12	12	12	12

TABLA No. 2 DEMANDA DE GAS EN LAS CIUDADES TERMINALES PARA EL AÑO 2010 (EN MMPCD)

TERMINALES	INTERCONEXION POR MAICAO		INTERCONEXION POR TIBU	
	Escenario Alto	Escenario Bajo	Escenario Alto	Escenario Bajo
VALLEDUPAR	9.9	8.9	8.9	8.9
B/BERMEJA	132.5	16.0	132.5	16.0
COCORNA	107.6	89.2	107.6	89.2
BOGOTA	150.5	110.8	154.5	110.8
PEREIRA	21.7	19.6	21.7	21.7
CALI	81.1	53.0	81.1	46.1
MEDELLIN	96.7	96.7	96.7	96.7
TOTAL	601.0	374.2	603.0	390.0

TABLA No. 3 POTENCIA TOTAL REQUERIDA ESTACIONES DE COMPRESION PARA EL AÑO 2010 (EN HP)

ESTACIONES DE COMPRESION	INTERCONEXION POR MAICAO		INTERCONEXION POR TIBU	
	Escenario Alto	Escenario Bajo	Escenario Alto	Escenario Bajo
ESTACION BALLENAS	7800	4000	7800	5000
ESTACION MAICAO	10600	3500	—	—
ESTACION VALLEDUPAR	7000	4000	2750	2500
ESTACION TIBU	—	—	7800	5000
ESTACION AYACUCHO	11000	4000	4500	6500
ESTACION BARRANCABERMEJA	5000	3500	2700	4500
ESTACION SEBASTOPOL	2700	3500	4500	3500
TOTAL	44100	22500	30050	27000

CONVENCIONES

- OLEODUCTO EN OPERACION
- - - OLEODUCTO EN CONSTRUCCION
- GASODUCTO
- INTERCONEXION POR TIBU
- INTERCONEXION POR MAICAO
- ESTACION DE COMPRESION
- TERMINALES
- ▲ ESTACION DE BOMBEO
- REFINERIA

EMPRESA COLOMBIANA DE PETROLEOS
ECOPETROL

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PRELIMINAR
INTERCONEXION GASIFERA CON VENEZUELA

LAYOUT PRELIMINAR
RUTA SELECCIONADA

ESTUDIOS TECNICOS S.A.
BOGOTA - COLOMBIA

DISEÑO F.A.D. PRESENTO T.T.P.

REVISO F.A.D. APROBO

BOGOTA - COLOMBIA

ESCALA

III ANALISIS HIDRAULICO

Para efectuar el dimensionamiento básico del gasoducto en estudio se procedió a definir los criterios básicos y determinar las características fundamentales del gas por transportar, para posteriormente determinar los diámetros de las conducciones y la ubicación y potencias de las estaciones de compresión para las condiciones de demanda del año 2010, año horizonte del presente análisis.

Posteriormente se determinó el programa de implantación de las diversas componentes de la red por etapas en el tiempo de acuerdo con el crecimiento de la demanda.

3.1 Criterios Básicos

Para los estudios hidráulicos se consideraron los siguientes criterios básicos :

a. Demanda

En concordancia con los estudios respectivos, analizados anteriormente en el estudio de demanda, se consideran dos escenarios básicos, denominados alto y bajo. En el Cuadro 1 se presentan los datos de demanda para cada ciudad terminal considerada en los dos escenarios mencionados.

b. Longitudes

De acuerdo con los estudios previos de selección de ruta, se obtuvieron las longitudes y cotas de las diversas conducciones, así como el grado de dificultad estimado para su construcción. En el Cuadro No. 2 se muestran las longitudes y diámetros por tramo.

c. Presiones Máximas y Mínimas

Para los estudios preliminares realizados se consideró

f. 2 en Anexo 1
por la Fractura?

una presión máxima de operación para las tuberías y conducciones de 1.400 psi, y una presión mínima en los puntos de entrega de 200 psia.

d. Espesores Internos de la Tubería

En el estudio hidráulico se consideró tubería grado API 5LX-60 diseñada para una presión de operación de 1.400 psi.; para el cálculo del espesor mínimo de la tubería se partió del diámetro nominal externo, según la fórmula dada en el código para tubería de presión ANSI B31.8-1975.

e. Puntos de Suministro

Se consideraron dos hipótesis de abastecimiento :

- Alimentación por Tibú, Cusiana y Ballenas, cada uno de estos puntos con un aporte igual a la tercera parte de la demanda total.
- Alimentación por Maicao, Ballenas y Cusiana con aportes iguales cada uno a la tercera parte de la demanda total.

f. Cálculos Hidráulicos

Se utilizó la fórmula de Ferguson para las conducciones, cuya descripción se muestra en el Anexo No. 1 de este informe.

Se consideró una rugosidad de la tubería igual a 70×10^{-5} pulgadas.

Los compresores se analizaron considerando la fórmula para compresores centrífugos indicada en el Anexo ya citado.

Se consideró una eficiencia global igual a 0.8.

g. Características Físicas del Gas

De acuerdo con la composición química del gas se calcularon las constantes físicas requeridas para los análisis hidráulicos, las cuales se muestran en el Cuadro No. 3.

3.2 Dimensionamiento

De acuerdo con los criterios básicos expuestos, se procedió a dimensionar el gasoducto para la demanda del año 2010 (horizonte del estudio) y cuatro casos posibles según el escenario de demanda y los puntos de suministro, así :

- a. Escenario Alto - Tibú (A-T)
- b. Escenario Bajo - Tibú (B-T)
- c. Escenario Alto - Maicao (A-M)
- d. Escenario Bajo - Maicao (B-M)

Para el análisis hidráulico se preparó y probó un programa de computador estructurado en forma modular según el caso de análisis : tuberías y compresores, el cual se integrará posteriormente para el análisis de una red abierta completa.

Una vez determinados los diámetros de las conducciones y las potencias finales de los compresores, se estructuró un programa de implantación por etapas de las obras totales previstas para los siguientes periodos :

- 1a. Etapa - Periodo 1993-1995
- 2a. Etapa - Periodo 1995-2000
- 3a. Etapa - Periodo 2000-2005
- 4a. Etapa - Periodo 2005-2010

En las Figuras Nos. 1 a 16 del Anexo No. 2 se muestran los resultados hidráulicos de las simulaciones efectuadas para las situaciones descritas y en el Cuadros No. 2 se resumen las características principales de las obras propuestas en sus diversas etapas.

IV ESTIMATIVO DE COSTOS

Se presentan en este Capítulo los análisis y resultados relativos a los costos de inversión y de operación de la red propuesta para los diferentes escenarios de demanda y sistemas de suministro, los cuales servirán de base para los análisis económicos requeridos para evaluar la factibilidad preliminar del gasoducto en estudio.

4.1 Costos de Inversión

Para la estimación de los costos de inversión se utilizaron los siguientes costos índices básicos :

a. Suministro tuberías

- Suministro (FOB) - US\$750/ton
- Nacionalización - 54% suministro
- Recubrimiento - 10% suministro
- Válvulas y Accesorios - 5% suministro

b. Estaciones de Compresión

- Suministro y montaje - US\$1.400/HP

c. Instalación Tuberías

- Instalación en terreno fácil, según datos de la siguiente tabla :

TABLA No. 1
COSTOS INDICES DE INSTALACION DE TUBERIAS
EN US\$/KM - TERRENO FACIL

Dnominal (pulg.)	Costo US\$/km
12	73.000
14	82.000
16	94.000
18	106.000
20	122.000
24	146.000
30	180.000

- Factores para instalación según terreno (Kc)

Terreno	Kc	Descripción
Fácil	1.0	Terreno plano y deshabitado
Difícil	1.8	Terreno montañoso y/o quebrado en exceso
Muy Difícil	2.4	Zona pantanosa

- Factor para instalación según transporte (Kt)

Al presente nivel se utilizó $Kt = 1.0$ para todos los tramos, suponiendo disponibilidad permanente de vías de acceso y de especificaciones aceptables.

- Componentes para Ingeniería, Interventoría e Imprevistos

Se consideraron los siguientes porcentajes, que se aplicarán a los costos de instalación :

- Ingeniería 5%
- Interventoría 3%
- Imprevistos 10%

En el Cuadro No. 4 se presenta el resumen de todos los costos de inversión calculados según los anteriores índices para cada tramo y escenario.

En el Anexo No. 3 se muestran los cálculos de los costos básicos de inversión en tuberías para los posibles diámetros que se emplearán en el presente análisis.

4.2 Costos de Operación y Mantenimiento

Se consideraron al presente nivel de los estudios los siguientes costos :

- a. Operación y mantenimiento de tuberías, el 1% anual del valor total de la inversión.
- b. Estaciones de Compresión
 - Combustible : Se consideró un consumo unitario de 240 pies cúbicos de gas por HP-día con un valor de US\$1.5/1000 pies cúbicos de gas. El consumo se tomó proporcional al número de años correspondiente al período de compresión considerado.

- Operación y Mantenimiento : Se tomó un porcentaje igual al 10% anual de la inversión para la estación.
- Personal Estación : Se consideraron 18 personas por estación para operación y mantenimiento. Se estimó un costo de US\$240.000 anuales para el personal de operación y mantenimiento requerido por estación de compresión.

4.3 Costos Totales

Aplicando los valores anteriores a los datos de dimensionamiento hidráulico según los diversos escenarios de demanda y puntos de suministro, se obtuvieron los valores de inversión para cada etapa prevista, los cuales se muestran en resumen en el Cuadro Nos. 4 para cada punto de suministro y escenario de demanda.

Con estos valores de inversión y los respectivos costos de operación se preparó la matriz total de costos para el período 1993 - 2010 para cada escenario de demanda y punto de suministro, como se observa en el Cuadro Nos. 5 (4 hojas).

A partir de estas matrices se podrán realizar los análisis económicos para definir el costo de transporte por tramo así como el costo marginal total del gas a largo plazo.

C U A D R O S

CUADRO No. 1

DEMANDA DE GAS EN LAS CIUDADES TERMINALES

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PRELIMINAR
INTERCONEXION GASIFERA CON VENEZUELA
CUADRO No 1
DEMANDA DE GAS EN LAS CIUDADES TERMINALES
(En MMPCD)

INTERCONEXION POR MAICAO

CIUDADES	ESCENARIO BAJO				ESCENARIO ALTO			
	AÑO				AÑO			
	1995	2000	2005	2010	1995	2000	2005	2010
VALLEDUPAR	3.1	6.1	7.5	8.9	3.1	6.1	7.5	8.9
B/BERMEJA	2.1	11.5	14.3	16.0	68.8	101.0	120.6	132.5
COCORNA	15.3	30.7	88.9	89.2	64.5	107.0	107.0	107.6
BOGOTA	8.2	50.5	92.5	110.8	9.6	85.1	130.6	154.5
PEREIRA	0.5	12.2	16.0	19.6	0.8	17.8	21.1	21.7
CALI	0.5	14.2	26.6	33.0	0.8	28.4	66.8	81.1
MEDELLIN	1.6	34.9	68.4	96.6	2.1	48.7	85.9	96.7

100.1

394.2.

605.7

(50.0)

244.2

605.8 A. → D

INTERCONEXION POR TIBU

CIUDADES	ESCENARIO BAJO				ESCENARIO ALTO			
	AÑO				AÑO			
	1995	2000	2005	2010	1995	2000	2005	2010
VALLEDUPAR	3.1	6.1	7.5	8.9	3.1	6.1	7.5	8.9
B/BERMEJA	2.9	11.5	14.3	16.0	68.8	101.0	120.6	132.5
COCORNA	15.3	30.7	88.9	89.2	64.5	107.1	107.3	107.6
BOGOTA	8.2	50.5	92.5	110.8	9.6	85.1	130.6	154.5
PEREIRA	0.5	12.2	16.0	21.7	0.8	17.8	21.1	21.7
CALI	0.5	14.2	26.6	46.1	0.8	28.4	69.7	81.1
MEDELLIN	1.6	34.9	68.4	96.6	2.1	48.7	85.9	96.7

CUADRO No. 2

RESUMEN DE DIMENSIONES Y CAPACIDADES DE TUBERIAS,
ACCESORIOS Y ESTACIONES COMPRESORAS

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PRELIMINAR
INTERCONEXION GASIFERA CON VENEZUELA**

EMPRESA COLOMBIANA DE PETROLEOS
ECOPETROL

ESTUDIOS TECNICOS S.A.
Ingenieros Consultores

**CUADRO No. 2
RESUMEN DE DIMENSIONES Y CAPACIDADES DE TUBERIAS
ACCESORIOS Y ESTACIONES COMPRESORAS**

JUNIO-1991

INTERCONEXION POR TIBU				
ITEM	DESCRIPCION			
1.0	ESCENARIO ALTO (603 MMPCD)			
1.1	TUBERIAS Y ACCESORIOS	CAUDAL (MMPCD)	LONGITUD (KM.)	DIAMETRO (PULG.)
1.1.1	Ballenas-Valledupar	201.00	240	20
1.1.2	Valledupar-Ayacucho	192.10	230	20
1.1.3	Tibu-Ayacucho	201.00	137	18
1.1.4	Ayacucho-Barrancabermeja	393.10	187	24
1.1.5	Barrancabermeja-Sebastopol	260.60	110	20
1.1.6	Sebastopol-Vasconia/Cocorna	163.90	60	20
1.1.7	Vasconia-Pto. Salgar/La Dorada	257.30	75	20
1.1.8	Pto. Salgar-Bogota	154.50	140	16
1.1.9	La Dorada-Pereira	102.80	182	16
1.1.10	Pereira-Cali	81.10	174	16
1.1.11	Sebastopol-Medellin	96.70	168	12
1.2	POTENCIA MINIMA REQUERIDA DE LAS ESTACIONES DE COMPRESION EN H.P.	ANO DE ENTRADA EN OPERACION		
		1995	2000	2005
1.2.1	Estacion Ballenas	5000	2000	800
1.2.2	Estacion Valledupar		1600	1150
1.2.3	Estacion Tibu	4300	2700	800
1.2.4	Estacion Ayacucho		3500	1000
1.2.5	Estacion Barrancabermeja		2400	300
1.2.6	Estacion Sebastopol			4500
2.0	ESCENARIO BAJO (390 MMPCD)			
2.1	TUBERIAS Y ACCESORIOS	CAUDAL (MMPCD)	LONGITUD (KM.)	DIAMETRO (PULG.)
2.1.1	Ballenas-Valledupar	129.80	240	16
2.1.2	Valledupar-Ayacucho	120.90	230	16
2.1.3	Tibu-Ayacucho	129.80	137	14
2.1.4	Ayacucho-Barrancabermeja	250.60	187	20
2.1.5	Barrancabermeja-Sebastopol	234.60	110	18
2.1.6	Sebastopol-Vasconia/Cocorna	138.00	60	18
2.1.7	Vasconia-Pto. Salgar/La Dorada	178.60	75	18
2.1.8	Pto. Salgar-Bogota	110.80	140	14
2.1.9	La Dorada-Pereira	67.80	182	14
2.1.10	Pereira-Cali	46.10	174	12
2.1.11	Sebastopol-Medellin	96.60	168	12
2.2	POTENCIA MINIMA REQUERIDA DE LA ESTACIONES DE COMPRESION EN H.P.	ANO DE ENTRADA EN OPERACION		
		1995	2000	2005
2.2.1	Estacion Ballenas	1105	1895	2000
2.2.2	Estacion Valledupar		2500	2500
2.2.3	Estacion Tibu	940	3060	1000
2.2.4	Estacion Ayacucho		3000	3500
2.2.5	Estacion Barrancabermeja		1380	3120
2.2.6	Estacion Sebastopol			3500

NOTA: Los Caudales indicados son para satisfacer la demanda del año 2010

INTERCONEXION POR MAICAO				
ITEM	DESCRIPCION			
1.0	ESCENARIO ALTO (603 MMPCD)			
1.1	TUBERIAS Y ACCESORIOS	CAUDAL (MMPCD)	LONGITUD (KM.)	DIAMETRO (PULG.)
1.1.1	Ballenas-Maicao	201.00	70	16
1.1.2	Maicao-Valledupar	402.00	170	24
1.1.3	Valledupar-Barrancabermeja	393.10	417	24
1.1.4	Barrancabermeja-Sebastopol	260.60	110	20
1.1.5	Sebastopol-Vasconia/Cocorna	163.90	60	20
1.1.6	Vasconia-Pto. Salgar/La Dorada	257.30	75	20
1.1.7	Pto. Salgar-Bogota	154.50	140	16
1.1.8	La Dorada-Pereira	102.80	182	16
1.1.9	Pereira-Cali	81.10	174	16
1.1.10	Sebastopol-Medellin	96.70	168	12
1.2	POTENCIA MINIMA REQUERIDA DE LAS ESTACIONES DE COMPRESION EN H.P.	ANO DE ENTRADA EN OPERACION		
		1995	2000	2005
1.2.1	Estacion Ballenas	5000	1800	1000
1.2.2	Estacion Maicao	4300	4200	2100
1.2.3	Estacion Valledupar	1800	2200	3000
1.2.4	Estacion Ayacucho		6500	4500
1.2.5	Estacion Barrancabermeja		2500	2500
1.2.6	Estacion Sebastopol			2700
2.0	ESCENARIO BAJO (390 MMPCD)			
2.1	INVERSIONES EN TUBERIAS Y ACCESORIOS	CAUDAL (MMPCD)	LONGITUD (KM.)	DIAMETRO (PULG.)
2.1.1	Ballenas-Maicao	124.70	70	16
2.1.2	Maicao-Valledupar	249.40	170	20
2.1.3	Valledupar-Barrancabermeja	240.50	417	20
2.1.4	Barrancabermeja-Sebastopol	224.50	110	18
2.1.5	Sebastopol-Vasconia/Cocorna	127.90	60	18
2.1.6	Vasconia-Pto. Salgar/La Dorada	163.40	75	18
2.1.7	Pto. Salgar-Bogota	110.80	140	14
2.1.8	La Dorada-Pereira	52.60	182	14
2.1.9	Pereira-Cali	33.00	174	12
2.1.10	Sebastopol-Medellin	96.60	168	12
2.2	POTENCIA MINIMA REQUERIDA EN LAS ESTACIONES DE COMPRESION EN H.P.	ANO DE ENTRADA EN OPERACION		
		1995	2000	2005
2.2.1	Estacion Ballenas	1150	2850	4000
2.2.2	Estacion Maicao	1076	2024	400
2.2.3	Estacion Valledupar		4000	4000
2.2.4	Estacion Ayacucho		1500	2500
2.2.5	Estacion Barrancabermeja		2500	1000
2.2.6	Estacion Sebastopol			3500

CUADRO No. 3
PROPIEDADES DEL GAS

CUADRO No 3

PROPIEDADES DEL GAS

COMPOSICION QUIMICA

COMPONENTE	% MOL
DIOXIDO DE CARBONO	3.30
NITROGENO	1.60
METANO	90.90
ETANO	3.90
PROPANO	0.30
ISO-BUTANO	0.00
TOTAL	100.00

ANALISIS DEL GAS

N	1.277
GRAVEDAD ESPECIFICA	0.614
PRESION CRITICA	680 PSIA
TEMPERATURA CRITICA	357 R
CP CALOR ESPECIFICO	0.537 BTU/LB/ F
PODER CALORIFICO BAJO	899 BTU/PIE

CUADRO No. 4

RESUMEN DE COSTOS DE INVERSION DE TUBERIAS,
ACCESORIOS Y ESTACIONES COMPRESORAS

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PRELIMINAR
INTERCONEXION GASIFERA CON VENEZUELA
CUADRO No. 4
RESUMEN DE COSTOS DE INVERSION DE TUBERIAS,
ACCESORIOS Y EQUIPOS ESTACIONES COMPRESORAS
(MILLONES DE US\$)

JUNIO-1991

INTERCONEXION POR TIBU					
ITEM	DESCRIPCION	AÑO DE LA INVERSION			
		1993	1995	2000	2005
1.0	ESCENARIO ALTO (603 MMPCD)				
1.1	INVERSIONES EN TUBERIAS Y ACCESORIOS				
1.1.1	Ballenas-Valledupar	67.73			
1.1.2	Valledupar-Ayacucho	64.91			
1.1.3	Tibú-Ayacucho	55.14			
1.1.4	Ayacucho-Barrancabermeja	69.38			
1.1.5	Barrancabermeja-Sebastopol	31.05			
1.1.6	Sebastopol-Vasconia-Cocorná	16.93			
1.1.7	Vasconia-Pto Salgar-La Dorada	21.17			
1.1.8	Pto Salgar-Bogotá	40.49			
1.1.9	La Dorada-Pereira	52.64			
1.1.10	Pereira-Cali	34.73			
1.1.11	Sebastopol-Medellín	35.09			
	TOTAL ITEM 1.1	489.26			
1.2	INVERSIONES EN ESTACIONES DE COMPRESION				
1.2.1	Estacion Ballenas		7.00	2.80	1.12
1.2.2	Estacion Valledupar			2.24	1.61
1.2.3	Estacion Tibu		6.02	3.78	1.12
1.2.4	Estacion Ayacucho			4.90	1.40
1.2.5	Estacion Barrancabermeja			3.36	0.42
1.2.6	Estacion Sebastopol				6.30
	TOTAL ITEM 1.2		13.02	17.08	11.97
1.3	VALOR TOTAL INVERSIONES ESCENARIO ALTO	489.26	13.02	17.08	11.97
2.0	ESCENARIO BAJO (390 MMPCD)				
2.1	INVERSIONES EN TUBERIAS Y ACCESORIOS				
2.1.1	Ballenas-Valledupar	47.90			
2.1.2	Valledupar-Ayacucho	45.91			
2.1.3	Tibu-Ayacucho	40.10			
2.1.4	Ayacucho-Barrancabermeja	52.78			
2.1.5	Barrancabermeja-Sebastopol	26.09			
2.1.6	Sebastopol-Vasconia-Cocorná	14.23			
2.1.7	Vasconia-Pto Salgar-La Dorada	17.79			
2.1.8	Pto Salgar-Bogotá	34.01			
2.1.9	La Dorada-Pereira	44.22			
2.1.10	Pereira-Cali	24.24			
2.1.11	Sebastopol-Medellín	35.09			
	TOTAL ITEM 2.1	382.36			
2.2	INVERSIONES EN ESTACIONES DE COMPRESION				
2.2.1	Estación Ballenas		1.55	2.65	2.80
2.2.2	Estación Valledupar			3.50	
2.2.3	Estación Tibú		1.32	4.28	1.40
2.2.4	Estación Ayacucho			4.20	4.90
2.2.5	Estación Barrancabermeja			1.93	4.37
2.2.6	Estación Sebastopol				4.90
	TOTAL ITEM 2.2		2.87	16.56	18.37
2.3	VALOR TOTAL INVERSIONES ESCENARIO BAJO	382.36	2.87	16.56	18.37

531.31

INTERCONEXION POR MAICAO					
ITEM	DESCRIPCION	AÑO DE LA INVERSION			
		1993	1995	2000	2005
1.0	ESCENARIO ALTO (603 MMPCD)				
1.1	INVERSIONES EN TUBERIAS Y ACCESORIOS				
1.1.1	Ballenas-Maicao	13.97			
1.1.2	Maicao-Valledupar	63.08			
1.1.3	Valledupar-Barrancabermeja	154.72			
1.1.4	Barrancabermeja-Sebastopol	31.05			
1.1.5	Sebastopol-Vasconia-Cocorná	16.93			
1.1.6	Vasconia-Pto Salgar-La Dorada	21.17			
1.1.7	Pto Salgar-Bogotá	40.49			
1.1.8	La Dorada-Pereira	52.64			
1.1.9	Pereira-Cali	34.73			
1.1.10	Sebastopol-Medellín	35.09			
	TOTAL ITEM 1.1	463.87			
1.2	INVERSIONES EN ESTACIONES DE COMPRESION				
1.2.1	Estación Ballenas		7.00	2.52	1.40
1.2.2	Estación Maicao		6.02	5.88	2.94
1.2.3	Estación Valledupar		2.52	3.08	4.20
1.2.4	Estación Ayacucho			9.10	6.30
1.2.5	Estación Barrancabermeja			3.50	3.50
1.2.6	Estación Sebastopol				3.78
	TOTAL ITEM 1.2		15.54	24.08	22.12
1.3	VALOR TOTAL INVERSIONES ESCENARIO ALTO	463.87	15.54	24.08	22.12
2.0	ESCENARIO BAJO (390 MMPCD)				
2.1	INVERSIONES EN TUBERIAS Y ACCESORIOS				
2.1.1	Ballenas-Maicao	11.53			
2.1.2	Maicao-Valledupar	47.96			
2.1.3	Valledupar-Barrancabermeja	117.89			
2.1.4	Barrancabermeja-Sebastopol	26.09			
2.1.5	Sebastopol-Vasconia-Cocorná	14.23			
2.1.6	Vasconia-Pto Salgar-La Dorada	17.79			
2.1.7	Pto Salgar-Bogotá	34.01			
2.1.8	La Dorada-Pereira	44.22			
2.1.9	Pereira-Cali	24.24			
2.1.10	Sebastopol-Medellín	35.09			
	TOTAL ITEM 2.1	372.87			
2.2	INVERSIONES EN ESTACIONES DE COMPRESION				
2.2.1	Estacion Ballenas		1.61	3.99	
2.2.2	Estacion Maicao		1.51	2.83	0.56
2.2.3	Estacion Valledupar			5.60	
2.2.4	Estacion Ayacucho			2.10	3.50
2.2.5	Estacion Barrancabermeja			3.50	1.40
2.2.6	Estacion Sebastopol				4.90
	TOTAL ITEM 2.2		3.12	18.02	10.36
2.3	VALOR TOTAL INVERSIONES ESCENARIO BAJO	372.87	3.12	18.02	10.36

D. 25.4/5.7

575.41

CUADRO No. 5

RESUMEN DE INVERSIONES Y COSTOS TOTALES
DE OPERACION Y MANTENIMIENTO

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PRELIMINAR
INTERCONEXION GASIFERA CON VENEZUELA**

Hoja 1 de 4

**EMPRESA COLOMBIANA DE PETROLEOS
ECOPETROL**

**CUADRO No 5
RESUMEN DE INVERSIONES Y COSTOS DE
OPERACION Y MANTENIMIENTO
(Millones de US\$)
INTERCONEXION POR TIBU - Escenario Alto**

ESTUDIOS TECNICOS S.A.
Ingenieros Consultores

JUNIO 1991

TRAMO	DESCRIPCION	A N O S																	
		1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
BALLENAS-VALLEDUPAR	Costos de Inversion	67.73		7.00					2.80					1.12					
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.68	1.87	1.95	2.03	2.11	2.19	2.55	2.62	2.67	2.72	2.77	2.93	2.95	2.97	2.99	3.01	3.03
	Costos Totales	67.73	0.68	8.87	1.95	2.03	2.11	2.19	5.35	2.62	2.67	2.72	2.77	4.05	2.95	2.97	2.99	3.01	3.03
VALLEDUPAR-AYACUCHO	Costos de Inversion	64.91							2.24					1.61					
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	1.25	1.26	1.27	1.28	1.29	1.46	1.61	1.61	1.62	1.63	1.64
	Costos Totales	64.91	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	3.49	1.26	1.27	1.28	1.29	3.07	1.61	1.61	1.62	1.63	1.64
TIBU-AYACUCHO	Costos de Inversion	55.14		6.02					3.78					1.12					
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.55	1.61	1.68	1.75	1.82	1.89	2.34	2.49	2.54	2.59	2.64	2.80	2.83	2.85	2.87	2.89	2.91
	Costos Totales	55.14	0.55	7.63	1.68	1.75	1.82	1.89	6.12	2.49	2.54	2.59	2.64	3.92	2.83	2.85	2.87	2.89	2.91
AYACUCHO-BARRANCA	Costos de Inversion	69.38							4.90					1.40					
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	1.76	1.78	1.81	1.83	1.86	2.02	2.11	2.12	2.13	2.14	2.16
	Costos Totales	69.38	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	6.66	1.78	1.81	1.83	1.86	3.42	2.11	2.12	2.13	2.14	2.16
BARRANCA-SEBASTOPOL	Costos de Inversion	31.05							3.36					0.42					
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	1.10	1.12	1.14	1.16	1.18	1.24	1.25	1.26	1.27	1.28	1.28
	Costos Totales	31.05	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	4.46	1.12	1.14	1.16	1.18	1.66	1.25	1.26	1.27	1.28	1.28
SEBASTOPOL-VASCONIA-COCORNA	Costos de Inversion	16.93												6.30					
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	1.57	1.58	1.60	1.61	1.62	1.63
	Costos Totales	16.93	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	7.87	1.58	1.60	1.61	1.62	1.63
VASCONIA-PTO SALGAR-LA DORADA	Costos de Inversion	21.17																	
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
	Costos Totales	21.17	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
PTO SALGAR-BOGOTA	Costos de Inversion	40.49																	
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
	Costos Totales	40.49	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
LA DORADA-PEREIRA	Costos de Inversion	52.64																	
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
	Costos Totales	52.64	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
PEREIRA-CALI	Costos de Inversion	34.73																	
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
	Costos Totales	34.73	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
SEBASTOPOL-MEDELLIN	Costos de Inversion	35.09																	
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
	Costos Totales	35.09	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
TOTALES	COSTO DE INVERSIONES	489.26	0	13.02	0	0	0	0	17.08	0	0	0	0	11.97	0	0	0	0	0
	COSTOS DE OPERACION	0	4.89	7.14	7.29	7.44	7.59	7.74	11.01	11.28	11.44	11.59	11.75	13.88	14.17	14.25	14.33	14.41	14.49
	TOTAL	489.26	4.89	20.16	7.29	7.44	7.59	7.74	28.09	11.28	11.44	11.59	11.75	25.85	14.17	14.25	14.33	14.41	14.49

NOTAS: Costos de Inversion: comprende el suministro y montaje de tuberías año 1993 y estaciones de compresión años 1995/2000/2005
Costos de Operación y Montaje: correspondiente a la tubería, estación de compresión y personal técnico y administrativo

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PRELIMINAR
INTERCONEXION GASIFERA CON VENEZUELA**

Hoja de 2 de 4

**EMPRESA COLOMBIANA DE PETROLEOS
ECOPETROL**

**CUADRO No 5
RESUMEN DE INVERSIONES Y COSTOS DE
OPERACION Y MANTENIMIENTO
(Millones de US\$)
INTERCONEXION POR TIBU - Escenario Bajo**

**ESTUDIOS TECNICOS S.A.
Ingenieros Consultores**

JUNIO 1991

TRAMO	DESCRIPCION	A N O S																	
		1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
BALLENAS-VALLEDUPAR	Costos de Inversion	47.90		1.55					2.65					2.80					
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.48	0.90	0.93	0.95	0.97	1.00	1.29	1.38	1.42	1.46	1.49	1.81	1.97	2.00	2.03	2.05	2.08
	Costos Totales	47.90	0.48	2.45	0.93	0.95	0.97	1.00	3.94	1.38	1.42	1.46	1.49	4.61	1.97	2.00	2.03	2.05	2.08
VALLEDUPAR-AYACUCHO	Costos de Inversion	45.91							3.50										
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	1.18	1.20	1.23	1.26	1.29	1.31	1.33	1.34	1.35	1.36	1.38
	Costos Totales	45.91	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	4.68	1.20	1.23	1.26	1.29	1.31	1.33	1.34	1.35	1.36	1.38
TIBU-AYACUCHO	Costos de Inversion	40.10		1.32					4.28					1.40					
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.40	0.79	0.82	0.84	0.86	0.88	1.20	1.39	1.44	1.49	1.54	1.74	1.76	1.79	1.82	1.84	1.87
	Costos Totales	40.10	0.40	2.11	0.82	0.84	0.86	0.88	5.48	1.39	1.44	1.49	1.54	3.14	1.76	1.79	1.82	1.84	1.87
AYACUCHO-BARRANCA	Costos de Inversion	52.78							4.20					4.90					
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	1.38	1.42	1.46	1.50	1.54	2.07	2.40	2.43	2.47	2.50	2.53
	Costos Totales	52.78	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	5.58	1.42	1.46	1.50	1.54	6.97	2.40	2.43	2.47	2.50	2.53
BARRANCA-SEBASTOPOL	Costos de Inversion	26.09							1.93					4.37					
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.78	0.80	0.82	0.84	0.86	1.31	1.63	1.65	1.67	1.70	1.72
	Costos Totales	26.09	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	2.71	0.80	0.82	0.84	0.86	5.68	1.63	1.65	1.67	1.70	1.72
SEBASTOPOL-VASCONIA-COCORNA	Costos de Inversion	14.23												4.90					
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	1.27	1.28	1.29	1.31	1.32	1.33
	Costos Totales	14.23	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	6.17	1.28	1.29	1.31	1.32	1.33
VASCONIA-PTO SALGAR LA DORADA	Costos de Inversion	17.79																	
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
	Costos Totales	17.79	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
PTO SALGAR-BOGOTA	Costos de Inversion	34.01																	
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
	Costos Totales	34.01	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
LA DORADA-PEREIRA	Costos de Inversion	44.22																	
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
	Costos Totales	44.22	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
PEREIRA-CALI	Costos de Inversion	24.24																	
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
	Costos Totales	24.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
SEBASTOPOL-MEDELLIN	Costos de Inversion	35.09																	
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
	Costos Totales	35.09	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
TOTALES	COSTO DE INVERSIONES	382.36	0	2.87	0	0	0	0	16.56	0	0	0	0	18.37	0	0	0	0	0
	COSTOS DE OPERACION	0	3.82	4.64	4.69	4.73	4.77	4.82	7.52	7.88	8.06	8.24	8.41	11.06	11.92	12.05	12.2	12.32	12.46
	TOTAL	382.36	3.82	7.51	4.69	4.73	4.77	4.82	24.08	7.88	8.06	8.24	8.41	29.43	11.92	12.05	12.2	12.32	12.46

NOTAS: Costos de Inversion: comprende el suministro y montaje de tuberías año 1993 y estaciones de compresión años 1995/2000/2005
Costos de Operación y Montaje: correspondiente a la tubería, estación de compresión y personal técnico y administrativo

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PRELIMINAR
INTERCONEXION GASIFERA CON VENEZUELA

Hoja 3 de 4

EMPRESA COLOMBIANA DE PETROLEOS
ECOPETROL

CUADRO No 5
RESUMEN DE INVERSIONES Y COSTOS DE
OPERACION Y MANTENIMIENTO
(Millones de US\$)

ESTUDIOS TECNICOS S.A.
Ingenieros Consultores

INTERCONEXION POR MAICAO -Escenario Alto

JUNIO 1991

TRAMO	DESCRIPCION	A N O S																	
		1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
BALLENAS-MAICAO	Costos de Inversion	13.97		7.00					2.52					1.40					
	Costos de Operacion y Mantenimiento		0.14	1.34	1.42	1.50	1.58	1.66	1.99	2.01	2.07	2.12	2.17	2.37	2.41	2.43	2.45	2.48	2.50
	Costos Totales	13.97	0.14	8.34	1.42	1.50	1.58	1.66	4.51	2.01	2.07	2.12	2.17	3.77	2.41	2.43	2.45	2.48	2.50
MAICAO-VALLEDUPAR	Costos de Inversion	63.08		6.02					5.88					2.94					
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.63	1.78	1.85	1.92	1.99	2.06	2.72	3.05	3.10	3.16	3.22	3.57	3.73	3.76	3.79	3.82	3.85
	Costos Totales	63.08	0.63	7.80	1.85	1.92	1.99	2.06	8.60	3.05	3.10	3.16	3.22	6.51	3.73	3.76	3.79	3.82	3.85
VALLEDUPAR-AYACUCHO BARRANCA	Costos de Inversion	154.72		2.52					12.18					10.50					
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	1.55	2.13	2.16	2.19	2.22	2.25	3.49	4.10	4.17	4.24	4.31	5.43	6.22	6.27	6.32	6.37	6.42
	Costos Totales	154.72	1.55	4.65	2.16	2.19	2.22	2.25	15.67	4.10	4.17	4.24	4.31	15.93	6.22	6.27	6.32	6.37	6.42
BARRANCA-SEBASTOPOL	Costos de Inversion	31.05							3.50					3.50					
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	1.06	1.09	1.13	1.16	1.19	1.58	1.80	1.83	1.85	1.88	1.91
	Costos Totales	31.05	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	4.56	1.09	1.13	1.16	1.19	5.08	1.80	1.83	1.85	1.88	1.91
SEBASTOPOL-VASCONIA- COCORNA	Costos de Inversion	16.93												3.78					
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.85	0.91	0.97	1.03	1.09	1.14
	Costos Totales	16.93	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	4.63	0.91	0.97	1.03	1.09	1.14
VASCONIA-PTO SALGAR- LA DORADA	Costos de Inversion	21.17																	
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
	Costos Totales	21.17	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
PTO SALGAR-BOGOTA	Costos de Inversion	40.49																	
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
	Costos Totales	40.49	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
LA DORADA-PEREIRA	Costos de Inversion	52.64																	
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
	Costos Totales	52.64	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
PEREIRA-CALI	Costos de Inversion	34.73																	
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
	Costos Totales	34.73	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
SEBASTOPOL-MEDELLIN	Costos de Inversion	35.09																	
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
	Costos Totales	35.09	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
TOTALES	COSTO DE INVERSIONES	463.87	0	15.54	0	0	0	0	24.08	0	0	0	0	22.12	0	0	0	0	0
	COSTOS DE OPERACION	0.00	4.64	7.57	7.75	7.93	8.11	8.29	11.27	12.26	12.48	12.69	12.90	15.64	16.91	17.10	17.28	17.48	17.66
	TOTAL	463.87	4.64	23.11	7.75	7.93	8.11	8.29	35.35	12.26	12.48	12.69	12.90	37.76	16.91	17.10	17.28	17.48	17.66

NOTAS: Costos de Inversion: comprende el suministro y montaje de tuberías año 1993 y estaciones de compresión años 1995/2000/2005

Costos de Operación y Montaje: correspondiente a la tubería, estación de compresión y personal técnico y administrativo

CUADRO No 5
RESUMEN DE INVERSIONES Y COSTOS DE
OPERACION Y MANTENIMIENTO
(Millones de US\$)

ESTUDIOS TECNICOS S.A.
Ingenieros Consultores

INTERCONEXION POR MAICAO -Escenario Bajo

JUNIO 1991

TRAMO	DESCRIPCION	A N O S																	
		1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
BALLENAS-MAICAO	Costos de Inversion	11.53		1.61					3.99										
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.12	0.55	0.57	0.59	0.62	0.64	1.26	1.34	1.39	1.43	1.45	1.52	1.53	1.55	1.57	1.59	1.60
	Costos Totales	11.53	0.12	2.16	0.57	0.59	0.62	0.64	5.25	1.34	1.39	1.43	1.45	1.52	1.53	1.55	1.57	1.59	1.60
MAICAO-VALLEDUPAR	Costos de Inversion	47.98		1.51					2.83					0.56					
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.48	0.89	0.92	0.95	0.97	1.00	1.31	1.41	1.45	1.49	1.53	1.63	1.62	1.64	1.65	1.67	1.68
	Costos Totales	47.98	0.48	2.40	0.92	0.95	0.97	1.00	4.14	1.41	1.45	1.49	1.53	2.19	1.62	1.64	1.65	1.67	1.68
VALLEDUPAR-AYACUCHO BARRANCA	Costos de Inversion	117.69							7.70					3.50					
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	2.55	2.62	2.69	2.76	2.84	3.26	3.45	3.49	3.52	3.55	3.59
	Costos Totales	117.69	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	10.25	2.62	2.69	2.76	2.84	6.76	3.45	3.49	3.52	3.55	3.59
BARRANCA-SEBASTOPOL	Costos de Inversion	26.09							3.50					1.40					
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	1.10	1.16	1.21	1.27	1.33	1.52	1.55	1.58	1.60	1.63	1.65
	Costos Totales	26.09	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	4.60	1.16	1.21	1.27	1.33	2.92	1.55	1.58	1.60	1.63	1.65
SEBASTOPOL-VASCONIA- COCORNA	Costos de Inversion	14.23												4.90					
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	1.27	1.28	1.29	1.31	1.32	1.33
	Costos Totales	14.23	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	6.17	1.28	1.29	1.31	1.32	1.33
VASCONIA-PTO SALGAR- LA DORADA	Costos de Inversion	17.79																	
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
	Costos Totales	17.79	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
PTO SALGAR-BOGOTA	Costos de Inversion	34.01																	
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
	Costos Totales	34.01	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
LA DORADA-PEREIRA	Costos de Inversion	44.22																	
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
	Costos Totales	44.22	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
PEREIRA-CALI	Costos de Inversion	24.24																	
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
	Costos Totales	24.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
SEBASTOPOL-MEDELLIN	Costos de Inversion	35.09																	
	Costos de Operacion y Mantenimiento	0.00	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
	Costos Totales	35.09	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
TOTALES	COSTO DE INVERSIONES	372.87	0	3.12	0	0	0	0	18.02	0	0	0	0	10.36	0	0	0	0	0
	COSTOS DE OPERACION	0	3.73	4.57	4.62	4.67	4.72	4.77	7.91	8.22	8.43	8.64	8.84	10.75	10.98	11.10	11.20	11.31	11.40
	TOTAL	372.87	3.73	7.69	4.62	4.67	4.72	4.77	25.93	8.22	8.43	8.64	8.84	21.11	10.98	11.10	11.20	11.31	11.40

NOTAS: Costos de Inversion: comprende el suministro y montaje de tuberías año 1993 y estaciones de compresión años 1995/2000/2005
Costos de Operación y Montaje: correspondiente a la tubería, estación de compresión y personal técnico y administrativo

ANEXO No. 1

PROGRAMA DE COMPUTADOR
ECUACION DE FERGUSON

PROGRAMA DE COMPUTADOR PARA GASODUCTOS

ECUACION DE FERGUSON

Para analizar y dimensionar líneas conductoras de gas se preparó un programa de computador, actualmente operativo, el cual resuelve las ecuaciones matemáticas que a continuación se exponen:

1. Tuberías

1.1 Ecuación general

Se utilizó la ecuación de Ferguson modificada para considerar la diferencia de cotas de los puntos inicial y final de conducción.

$$Q = 38.77 \frac{T_B}{P_B} \left[\frac{(P_1^2 - E^2 P_2^2) S D^5}{G T_a F Z_a L (E^2 - 1)} \right]^{0.5}$$

en donde:

Q = Caudal, en millones de pies cúbicos estandar

T_B = Temperatura Estandar o base, en °R

P_B = Presión estandar o base, en psia

P₁ = Presión en el punto inicial, en psia

P₂ = Presión en el punto final, en psia

D = Diámetro interior de la tubería, en pulgadas

G = Gravedad específica del Gas

T_a = Temperatura promedio del flujo, en °R

Z_a = Factor de compresibilidad del gas a la presión media y temperatura media del flujo

f = Factor de fricción.

L = Longitud de la conducción, en millas

S = 0.0375 GX

T_aZ_a

X = Cambio en cotas de la tubería, en pies (positiva si el punto final tiene cota superior a la del punto inicial)

e = Base de los logaritmos neperianos.

Esta ecuación, descrita en "Handbook of Natural Gas Engineering", es empleada por la firma NOVACORP INTERNATIONAL, del Canadá para sus diseños y fue utilizada en el Estudio de Factibilidad del Gasoducto Central, 1987.

1.2 Factor de Compresibilidad, Z*

El cálculo de este factor se realizó empleando las fórmulas señaladas por la American Gas Association Inc. en su publicación "AGA Manual for the Determination of supercompressibility Factors for Natural Gas", NX-19, Julio 1965.

La presión media en el tramo se calculó de acuerdo con la siguiente expresión:

$$P_m = \frac{2 (P_1^3 - P_2^3)}{3 (P_1^2 - P_2^2)}$$

1.3 Factor de Fricción, f

El factor de fricción se calculó considerando flujo totalmente turbulento de acuerdo con la ecuación de Colebrook - White expresada así:

$$f = \frac{0.25}{\text{Log}_{10} \left(\frac{K}{3.7 D} \right)^2}$$

En donde K es la rugosidad de las paredes del conducto.

2. Compresores Centrífugos

Se utilizó la fórmula general

$$P = \frac{3.0325 P_B}{T_B} \frac{Q}{10^6} \frac{T_s Z_s}{E} \frac{K}{K-1} \frac{R^{\frac{K}{K-1}} - 1}{K} - 1$$

En donde:

- P = Potencia en HP
- P_B, T_B = Presión y temperatura estandares
- Q = Caudal en millones de pies cúbicos, estandar
- T_s = Temperatura en la succión, °R
- Z_s = Factor de compresibilidad en la succión
- K = Relación de calores específicos
- R = Relación de compresión
- e = Eficiencia del compresor (supuesta igual a 0.85).

El programa considera pérdidas localizadas de 5 psi tanto en el lado de la succión como de la descarga del compresor.

3. Casos analizados

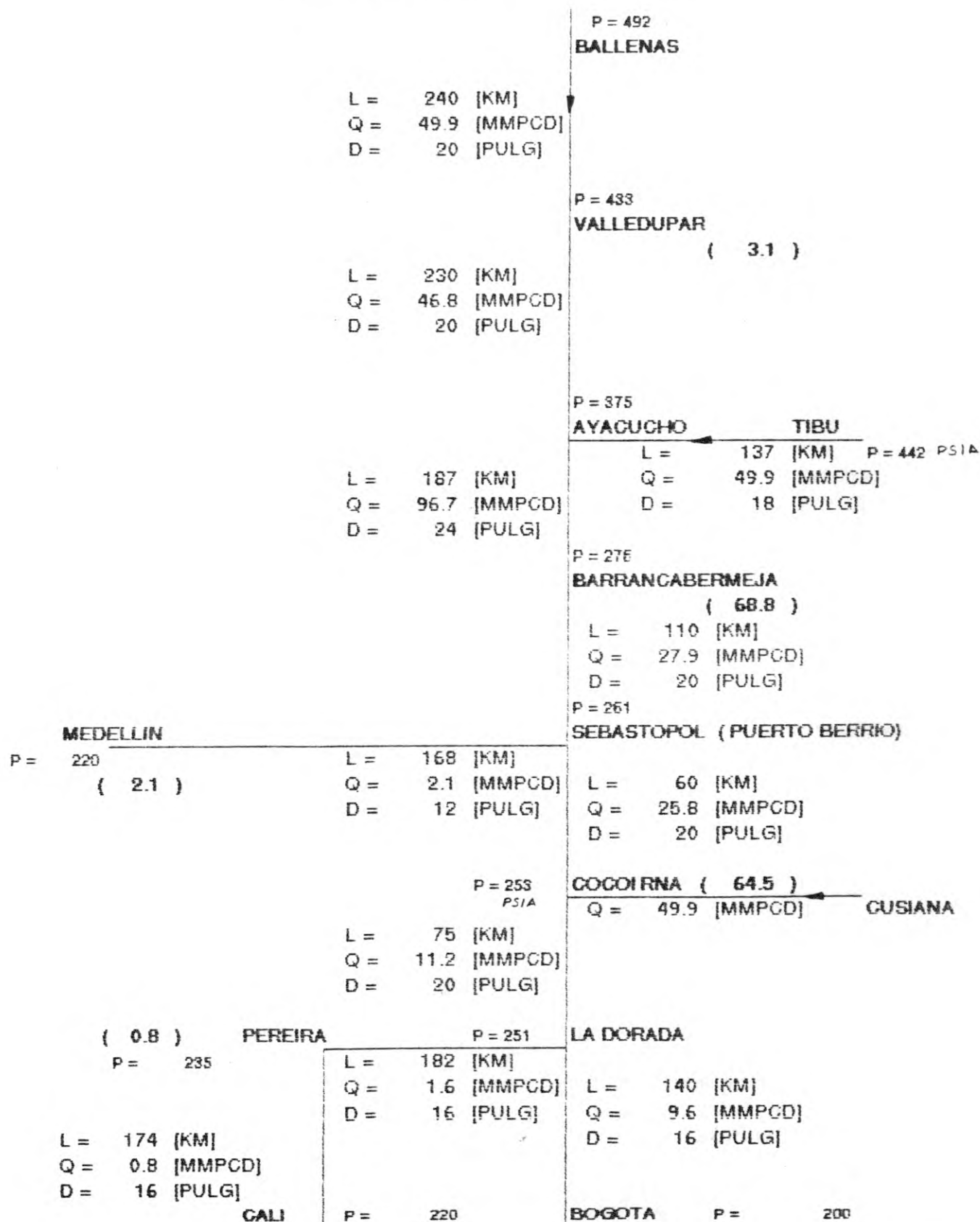
El programa de computador permite estudiar los siguientes cuatro casos de condiciones:

- a) Conocidas las presiones inicial y final de un tramo, hallar el caudal.
- b) Conocido el caudal y la presión inicial de un tramo, hallar la presión final.
- c) Conocido el caudal y las presiones de descarga y succión, hallar la potencia.
- d) Conocida la potencia y la presión de succión, hallar el caudal.

ANEXO No. 2

RESULTADOS DE LA SIMULACION HIDRAULICA

FIGURA N° 1
 DIMENSIONAMIENTO Y RESULTADOS SIMULACION
 INTERCONEXION POR TIBU
 PARA DEMANDA HASTA EL AÑO 1995
 ESCENARIO ALTO 603 MMPCD



P = 200

FIGURA N° 3
DIMENSIONAMIENTO Y RESULTADOS SIMULACION
INTERCONEXION POR TIBU
PARA DEMANDA HASTA EL AÑO 2005
ESCENARIO ALTO 603 MMPCD

MEDELLIN P = 220 (85.9)		P _f = 1400 7000 [HP] L = 240 [KM] Q = 180.9 [MMPCD] D = 20 [PULG]	P _i = 700 BALLENAS
		P _f = 1372 1600 [HP] L = 230 [KM] Q = 173.4 [MMPCD] D = 20 [PULG]	P = 1145 VALLEDUPAR (7.5)
		P _f = 1400 3500 [HP] L = 187 [KM] Q = 354.3 [MMPCD] D = 24 [PULG]	P = 1150 AYACUCHO L = 137 [KM] Q = 180.9 [MMPCD] D = 18 [PULG]
		P _f = 1341 2400 [HP] L = 168 [KM] Q = 85.9 [MMPCD] D = 12 [PULG]	P _i = 700 TIBU 7000 [HP] P _f = 1400
		P = 1097 BARRANCABERMEJA (120.6) L = 110 [KM] Q = 233.7 [MMPCD] D = 20 [PULG]	
		P = 1097 COCORNA (107.3) Q = 180.9 [MMPCD]	
		P = 946 PEREIRA L = 182 [KM] Q = 90.8 [MMPCD] D = 16 [PULG]	P = 1145 SEBASTOPOL (PUERTO BERRIO) L = 60 [KM] Q = 147.8 [MMPCD] D = 20 [PULG]
		P = 220 CALI	CUSIANA
		P = 200 BOGOTA	LA DORADA L = 140 [KM] Q = 130.6 [MMPCD] D = 16 [PULG]

FIGURA N° 4
DIMENSIONAMIENTO Y RESULTADOS SIMULACION
INTERCONEXION POR TIBU
PARA DEMANDA HASTA EL AÑO 2010
ESCENARIO ALTO 603 MMPCD

MEDELLIN P = 390 PSIA (96.7)		P _f = 1400 PSIA 7800 [HP] L = 240 [KM] Q = 201.0 [MMPCD] D = 20 [PULG]	P _i = 700 BALLENAS P = 1075 VALLEDUPAR (8.9)
		P _f = 1400 2750 [HP] L = 230 [KM] Q = 192.1 [MMPCD] D = 20 [PULG]	
		P _f = 1400 4500 [HP] L = 187 [KM] Q = 393.1 [MMPCD] D = 24 [PULG]	P = 1122 AYACUCHO L = 137 [KM] Q = 201.0 [MMPCD] D = 18 [PULG]
		P _f = 1235 2700 [HP] L = 110 [KM] Q = 260.6 [MMPCD] D = 20 [PULG]	P _i = 700 TIBU 7800 [HP] P _f = 1400 P = 966 BARRANCABERMEJA (132.5)
		P _f = 1365 4500 [HP] L = 168 [KM] Q = 96.7 [MMPCD] D = 12 [PULG]	P = 1131 SEBASTOPOL P = 1355 L = 60 [KM] Q = 163.9 [MMPCD] D = 20 [PULG]
		P = 1310 L = 75 [KM] Q = 257.3 [MMPCD] D = 20 [PULG]	P = 1310 COCORNA (107.6) Q = 201.0 [MMPCD]
		P = 1120 L = 182 [KM] Q = 102.8 [MMPCD] D = 16 [PULG]	P = 1120 LA DORADA L = 140 [KM] Q = 154.5 [MMPCD] D = 16 [PULG]
P = 718 PSIA (21.7) PEREIRA L = 174 [KM] Q = 81.1 [MMPCD] D = 16 [PULG]		P = 495 PSIA CALI	P = 200 BOGOTA

FIGURA N°5
DIMENSIONAMIENTO Y RESULTADOS SIMULACION
INTERCONEXION POR TIBU
PARA DEMANDA HASTA EL AÑO 1995
ESCENARIO BAJO 390 MMPCD

		P = 302		BALLENAS	
		L = 240 [KM]			
		Q = 10.7 [MMPCD]			
		D = 16 [PULG]			
		P = 288		VALLEDUPAR	
				(3.1)	
		L = 230 [KM]			
		Q = 7.6 [MMPCD]			
		D = 16 [PULG]			
		P = 281		AYACUCHO	TIBU
		L = 187 [KM]		L = 137 [KM]	P = 300
		Q = 18.3 [MMPCD]		Q = 10.7 [MMPCD]	
		D = 20 [PULG]		D = 14 [PULG]	
		P = 270		BARRANCABERMEJA	
				(2.9)	
				L = 110 [KM]	
				Q = 15.4 [MMPCD]	
				D = 18 [PULG]	
		P = 262		SEBASTOPOL (PUERTO BERRIO)	
MEDELLIN	P = 230	L = 168 [KM]		L = 60 [KM]	
	(1.6)	Q = 1.6 [MMPCD]		Q = 13.8 [MMPCD]	
		D = 12 [PULG]		D = 18 [PULG]	
		P = 258		COCORNA (15.3)	
		L = 75 [KM]		Q = 10.7 [MMPCD]	CUSIANA
		Q = 9.2 [MMPCD]			
		D = 18 [PULG]			
		P = 256		LA DORADA	
(0.5)	PEREIRA	L = 182 [KM]		L = 140 [KM]	
P = 235		Q = 1.0 [MMPCD]		Q = 8.2 [MMPCD]	
		D = 14 [PULG]		D = 14 [PULG]	
L = 174 [KM]					
Q = 0.5 [MMPCD]					
D = 12 [PULG]					
CALI	P = 220			BOGOTA	P = 200

FIGURA N° 6
DIMENSIONAMIENTO Y RESULTADOS SIMULACION
INTERCONEXION POR TIBU
PARA DEMANDA HASTA EL AÑO 2000
ESCENARIO BAJO 390 MMPCD

		1105 [HP]	P = 1018		
			BALLENAS		
		L = 240 [KM]			
		Q = 53.4 [MMPCD]			
		D = 16 [PULG]			
			P = 924		
			VALLEDUPAR		
			(6.1)		
		L = 230 [KM]			
		Q = 47.3 [MMPCD]			
		D = 16 [PULG]			
			P = 845		
			AYACUCHO	TIBU	940 [HP]
		L = 187 [KM]		L = 137 [KM]	P = 962
		Q = 100.6 [MMPCD]		Q = 53.4 [MMPCD]	
		D = 20 [PULG]		D = 14 [PULG]	
			P = 741		
			BARRANCABERMEJA		
			(11.5)		
			L = 110 [KM]		
			Q = 89.1 [MMPCD]		
			D = 18 [PULG]		
			P = 645		
			SEBASTOPOL (PUERTO BERRIO)		
MEDELLIN		L = 168 [KM]		L = 60 [KM]	
P = 402		Q = 34.9 [MMPCD]		Q = 54.2 [MMPCD]	
(34.9)		D = 12 [PULG]		D = 18 [PULG]	
			P = 623		
			COCORNA (30.7)		
			Q = 53.4 [MMPCD]	CUSIANA	
		L = 75 [KM]			
		Q = 76.9 [MMPCD]			
		D = 18 [PULG]			
(12.2)	PEREIRA	P = 566	LA DORADA		
P = 442		L = 182 [KM]		L = 140 [KM]	
		Q = 26.4 [MMPCD]		Q = 50.5 [MMPCD]	
		D = 14 [PULG]		D = 14 [PULG]	
L = 174 [KM]					
Q = 14.2 [MMPCD]					
D = 12 [PULG]					
	CALI	P = 416	BOGOTA	P = 200	

FIGURA N° 7
SIMULACIONAMIENTO Y RESULTADOS SIMULACION
INTERCONEXION POR TIBU
PARA DEMANDA HASTA EL AÑO 2005
ESCENARIO BAJO 390 MMPCD

Pf = 1170		3000 [HP]	Pi = 700	BALLENAS	
	L = 240 [KM] Q = 104.7 [MMPCD] D = 16 [PULG]				
Pf = 1300		2500 [HP]	P = 810	VALLEDUPAR (7.5)	
	L = 230 [KM] Q = 97.2 [MMPCD] D = 16 [PULG]				
Pf = 1400		3000 [HP]	P = 1057	AYACUCHO	TIBU 4000 [HP]
	L = 187 [KM] Q = 202.0 [MMPCD] D = 20 [PULG]			L = 137 [KM] P = 962 Q = 104.7 [MMPCD] D = 14 [PULG]	
Pf = 1328		1380 [HP]	P = 1153	BARRANCABERMEJA (14.3)	
				L = 110 [KM] Q = 187.7 [MMPCD] D = 18 [PULG]	
			P = 1103	SEBASTOPOL (PUERTO BERRIO)	
MEDELLIN					
P = 453 (68.4)	L = 168 [KM] Q = 68.4 [MMPCD] D = 12 [PULG]			L = 60 [KM] Q = 119.3 [MMPCD] D = 18 [PULG]	
		P = 1046	COCORNA (88.9)	Q = 104.7 [MMPCD]	CUSIANA
	L = 75 [KM] Q = 135.1 [MMPCD] D = 18 [PULG]				
(16) P = 700	PEREIRA	P = 947	LA DORADA		
	L = 182 [KM] Q = 42.6 [MMPCD] D = 14 [PULG]			L = 140 [KM] Q = 92.5 [MMPCD] D = 14 [PULG]	
L = 174 [KM] Q = 26.6 [MMPCD] D = 12 [PULG]					
CALI	P = 402	BOGOTA	P = 200		

FIGURA N° 8
DIMENSIONAMIENTO Y RESULTADOS SIMULACION
INTERCONEXION POR TIBU
PARA DEMANDA HASTA EL AÑO 2010
ESCENARIO BAJO 390 MMPCD

Pi = 1400		5000 [HP]	Pi = 700		BALLENAS
	L =	240 [KM]			
	Q =	129.8 [MMPCD]			
	D =	16 [PULG]			
Pi = 1300		2500 [HP]	P = 943		VALLEDUPAR
	L =	230 [KM]		(8.9)	
	Q =	120.9 [MMPCD]			
	D =	16 [PULG]			
Pi = 1400		6500 [HP]	P = 856	AYACUCHO	TIBU
	L =	187 [KM]		L =	137 [KM]
	Q =	250.6 [MMPCD]		Q =	129.8 [MMPCD]
	D =	20 [PULG]		D =	14 [PULG]
Pi = 1400		4500 [HP]	P = 1045	BARRANCABERMEJA	P = 700
				(16)	5000 [HP]
	L =	110 [KM]		L =	
	Q =	234.6 [MMPCD]		Q =	
	D =	18 [PULG]		D =	
Pi = 1320		3500 [HP]	P = 991	SEBASTOPOL (PUERTO BERRIO)	
P = 372	L =	168 [KM]		L =	60 [KM]
(96.6)	Q =	96.6 [MMPCD]		Q =	138.0 [MMPCD]
	D =	12 [PULG]		D =	18 [PULG]
			P = 1257	COCORNA (89.2)	
	L =	75 [KM]		Q =	129.8 [MMPCD]
	Q =	178.6 [MMPCD]			CUSIANA
	D =	18 [PULG]			
(21.7)			P = 1114	LA DORADA	
P = 769	L =	182 [KM]		L =	140 [KM]
	Q =	67.8 [MMPCD]		Q =	110.8 [MMPCD]
	D =	14 [PULG]		D =	14 [PULG]
L = 174 [KM]					
Q = 46.1 [MMPCD]					
D = 12 [PULG]					
CALI	P =	526		BOGOTA	P = 200

FIGURA N° 9
DIMENSIONAMIENTO Y RESULTADOS SIMULACION
INTERCONEXION POR MAICAO
PARA DEMANDA HASTA EL AÑO 1995
ESCENARIO ALTO 603 MMPCD

		P = 575	BALLENAS	
		L = 70 [KM]		
		Q = 49.9 [MMPCD]		
		D = 16 [PULG]		
		P = 530	HAICAO	
			Q = 49.9 [MMPCD]	
		L = 170 [KM]		
		Q = 99.8 [MMPCD]		
		D = 24 [PULG]		
		P = 469	VALLEDUPAR (3.1)	
		L = 230 [KM]		
		Q = 96.7 [MMPCD]		
		D = 24 [PULG]		
		L = 187 [KM]	AYACUCHO	
		Q = 96.7 [MMPCD]		
		D = 24 [PULG]		
		P = 277	BARRANCABERMEJA	
			(68.8)	
		L = 110 [KM]		
		Q = 27.9 [MMPCD]		
		D = 20 [PULG]		
MEDELLIN		P = 261	SEBASTOPOL (PUERTO BERRIO)	
P = 234		L = 168 [KM]	L = 60 [KM]	
		Q = 2.1 [MMPCD]	Q = 25.8 [MMPCD]	
		D = 12 [PULG]	D = 20 [PULG]	
		P = 253	COCORNA (64.5) CUSIANA	
			Q = 49.9 [MMPCD]	
		L = 75 [KM]		
		Q = 11.2 [MMPCD]		
		D = 20 [PULG]		
P = 228	(0.8) PEREIRA	P = 251	LA DORADA	
		L = 182 [KM]	L = 140 [KM]	
		Q = 1.6 [MMPCD]	Q = 9.6 [MMPCD]	
		D = 16 [PULG]	D = 16 [PULG]	
L = 174 [KM]				
Q = 0.8 [MMPCD]				
D = 16 [PULG]				
CALI		P = 228	BOGOTA P = 200	

FIGURA Nº 10
DINAMISMO Y RESULTADOS SIMULACIONES
INTERCONEXION POR MAICAO
PARA DEMANDA HASTA EL AÑO 2000
ESCENARIO ALTO 390 MMPCD

Pf= 1400	5000 [HP]	Pi= 700	BALLENAS
	L = 70 [KM]		
	Q = 126.8 [MMPCD]		
	D = 16 [PULG]		
	P = 1278		
	L = 170 [KM]		
	Q = 267.4 [MMPCD]		
	D = 24 [PULG]		
	P = 1115		
Pf= 1285	1800 [HP]		VALLEDUPAR (6.1)
	L = 230 [KM]		
	Q = 261.3 [MMPCD]		
	D = 24 [PULG]		
	L = 187 [KM]		
	Q = 261.3 [MMPCD]		
	D = 24 [PULG]		
	P = 900		
			AYACUCHO
			BARRANCABERMEJA (101)
			L = 110 [KM]
			Q = 160.3 [MMPCD]
			D = 20 [PULG]
MEDELLIN	P = 777		SEBASTOPOL (PUERTO BERRIO)
P = 375	L = 158 [KM]		L = 60 [KM]
	Q = 48.7 [MMPCD]		Q = 111.6 [MMPCD]
	D = 12 [PULG]		D = 20 [PULG]
	P = 733		COCORNA (107.) CUSIANA
	L = 75 [KM]		Q = 126.8 [MMPCD]
	Q = 131.3 [MMPCD]		
	D = 20 [PULG]		
P = 480	(17.8) PEREIRA	P = 650	LA DORADA
	L = 182 [KM]		L = 140 [KM]
	Q = 46.2 [MMPCD]		Q = 85.1 [MMPCD]
	D = 16 [PULG]		D = 16 [PULG]
L = 174 [KM]			
Q = 28.4 [MMPCD]			
D = 16 [PULG]			
CALI	P = 450 [PSIG]		BOGOTA P = 200 [PSIG]

FIGURA Nº 11
DIMENSIONAMIENTO Y RESULTADOS SIMULACION
INTERCONEXION POR MAICAO
PARA DEMANDA HASTA EL AÑO 2005
ESCENARIO ALTO 603 MMPCD

Pf= 1400	6800 [HP]	Pi= 700	BALLENAS
L = 70 [KM]			
Q = 179.9 [MMPCD]			
D = 16 [PULG]			
	P = 1160		
Pf= 1400	1700 [HP]	MAICAO	6800 [HP]
		Q = 179.9 [MMPCD]	Pi= 700
			Pf= 1400
L = 170 [KM]			
Q = 359.9 [MMPCD]			
D = 24 [PULG]			
	P = 1108		
Pf= 1390	4000 [HP]	VALLEDUPAR	(7.5)
L = 230 [KM]			
Q = 352.4 [MMPCD]			
D = 24 [PULG]		P = 992	
Pf= 1400	6500 [HP]	AYAGUCHO	
L = 187 [KM]			
Q = 352.4 [MMPCD]		P = 900	
D = 24 [PULG]			
Pf= 1328	2500 [HP]	BARRANCABERMEJA	
		(120.6)	
		L = 110 [KM]	
		Q = 231.8 [MMPCD]	
		D = 20 [PULG]	
MEDELLIN	P = 1103	SEBASTOPOL (PUERTO BERRIO)	
P = 372	L = 168 [KM]	L = 60 [KM]	
	Q = 85.9 [MMPCD]	Q = 145.9 [MMPCD]	
	D = 12 [PULG]	D = 20 [PULG]	
	P = 1046	COCORINA (107.)	CUSIANA
		Q = 179.9 [MMPCD]	
	L = 75 [KM]		
	Q = 218.5 [MMPCD]		
	D = 20 [PULG]		
P = 769	(21.1) PEREIRA	P = 947	LA DORADA
	L = 182 [KM]		
	Q = 87.9 [MMPCD]		
	D = 16 [PULG]		
L = 174 [KM]		L = 140 [KM]	
Q = 65.8 [MMPCD]		Q = 130.6 [MMPCD]	
D = 16 [PULG]		D = 16 [PULG]	
CALI	P = 526 [PSIG]	BOGOTA	P = 200 [PSIG]

FIGURA N°12
DIMENSIONAMIENTO Y RESULTADOS SIMULACION
INTERCONEXION POR MAICAO
PARA DEMANDA HASTA EL AÑO 2010
ESCENARIO ALTO 603 MMPCD

Pf= 1400	7800 [HP]	Pi= 700	BALLENAS
L = 70 [KM]			
Q = 201.0 [MMPCD]			
D = 16 [PULG]			
P = 1008			
Pf= 1400	2800 [HP]	Pi= 700	MAICAO
L = 170 [KM]			
Q = 402.0 [MMPCD]			
D = 24 [PULG]			
P = 1008			
Pf= 1400	7000 [HP]	Pi=992	VALLEDUPAR (8.9)
L = 230 [KM]			
Q = 393.1 [MMPCD]			
D = 24 [PULG]			
Pf= 1400	11000 [HP]	Pi=836	AYACUCHO
L = 187 [KM]			
Q = 393.1 [MMPCD]			
D = 24 [PULG]			
P = 1235	5000 [HP]	P = 966	BARRANCABERMEJA
			(132.5)
			L = 110 [KM]
			Q = 260.6 [MMPCD]
			D = 20 [PULG]
		P = 1131	
MEDELLIN	P = 1365	2700 [HP]	SEBASTOPOL (PUERTO BERRIO)
P = 417	L = 168 [KM]		P = 1365
	Q = 96.7 [MMPCD]		L = 60 [KM]
	D = 12 [PULG]		Q = 163.9 [MMPCD]
			D = 20 [PULG]
	P = 1310		COCORNA (107.6)
	L = 75 [KM]		Q = 201.0 [MMPCD]
	Q = 257.3 [MMPCD]		CUSIANA
	D = 20 [PULG]		
P = 716	(21.7) PEREIRA	P = 1120	LA DORADA
	L = 182 [KM]		
	Q = 102.8 [MMPCD]		
	D = 16 [PULG]		
L = 174 [KM]			L = 140 [KM]
Q = 81.1 [MMPCD]			Q = 154.5 [MMPCD]
D = 16 [PULG]			D = 16 [PULG]
CALI	P = 495 [PSIG]		BOGOTA
			P = 200 [PSIG]

FIGURA Nº 13
DIMENSIONAMIENTO Y RESULTADOS SIMULACION
INTERCONEXION POR MAICAO
PARA DEMANDA HASTA EL AÑO 1995
ESCENARIO BAJO 390 MMPCD

Pf= 490

BALLENAS

L = 70 [KM]
Q = 10.4 [MMPCD]
D = 16 [PULG]
P = 427

Q = 10.4 [MMPCD]

L = 170 [KM]
Q = 20.9 [MMPCD]
D = 20 [PULG]

VALLEDUPAR (3.1)

P=320
L = 230 [KM]
Q = 17.8 [MMPCD]
D = 20 [PULG]

AYACUCHO

P=281
L = 187 [KM]
Q = 17.8 [MMPCD]
D = 20 [PULG]
P=270

BARRANCABERMEJA

(2.1)

L = 110 [KM]
Q = 15.7 [MMPCD]
D = 18 [PULG]

MEDELLIN

P = 262

P = 402

L = 168 [KM]
Q = 1.6 [MMPCD]
D = 12 [PULG]

SEBASTOPOL (PUERTO BERRIO)

L = 60 [KM]
Q = 14.1 [MMPCD]
D = 18 [PULG]

P = 256

COCORNA (15.3) CUSIANA

Q = 10.4 [MMPCD]

L = 75 [KM]
Q = 9.2 [MMPCD]
D = 18 [PULG]

P = 226

(0.5) PEREIRA

P = 256

LA DORADA

L = 182 [KM]
Q = 1.0 [MMPCD]
D = 14 [PULG]

L = 140 [KM]
Q = 8.2 [MMPCD]
D = 14 [PULG]

L = 174 [KM]
Q = 0.5 [MMPCD]
D = 12 [PULG]

CALI

P = 212 [PSIG]

BOGOTA

P = 200 [PSIG]

FIGURA N° 14
ONAMIEN TO Y RESULTADOS SIMUL
INTERCONEXION POR MAICAO
PARA DEMANDA HASTA EL AÑO 2000
ESCENARIO BAJO 390 MMPCD

Pf= 1400	1034	1150 [HP]	Pi= 700
			BALLENAS
	L = 70 [KM]		
	Q = 53.4 [MMPCD]		
	D = 16 [PULG]		Pi= 700
	P = 1008	MAICAO	1076 [HP]
		Q = 53.4 [MMPCD]	Pf= 1008
	L = 170 [KM]		
	Q = 106.7 [MMPCD]		
	D = 20 [PULG]		
		VALLEDUPAR	(6.1)
	P=924		
	L = 230 [KM]		
	Q = 100.6 [MMPCD]		
	D = 20 [PULG]		
		AYACUCHO	
	L = 187 [KM]		
	Q = 100.6 [MMPCD]		
	D = 20 [PULG]		
	P=741	BARRANCABERMEJA	(11.5)
		L = 110 [KM]	
		Q = 89.1 [MMPCD]	
		D = 18 [PULG]	
MEDELLIN		P = 645	SEBASTOPOL (PUERTO BERRIO)
P = 402	L = 168 [KM]		L = 60 [KM]
	Q = 34.9 [MMPCD]		Q = 54.2 [MMPCD]
	D = 12 [PULG]		D = 18 [PULG]
		P = 623	COCORNA (30.7)
	L = 75 [KM]		Q = 53.4 [MMPCD]
	Q = 76.9 [MMPCD]		CUSIANA
	D = 18 [PULG]		
P = 442	(12.2) PEREIRA	P = 566	LA DORADA
	L = 182 [KM]		L = 140 [KM]
	Q = 26.4 [MMPCD]		Q = 50.5 [MMPCD]
	D = 14 [PULG]		D = 14 [PULG]
L = 174 [KM]			
Q = 14.2 [MMPCD]			
D = 12 [PULG]			
CALI	P = 412 [PSIG]	BOGOTA	P = 200 [PSIG]

FIGURA N°15
DIMENSIONAMIENTO Y RESULTADOS SIMULACION
INTERCONEXION POR MAICAO
PARA DEMANDA HASTA EL AÑO 2005
ESCENARIO BAJO 390 MMPCD

Pf= 1034	4000 [HP]	Pi= 700	BALLENAS
L = 70 [KM]			
Q = 104.7 [MMPCD]			
D = 16 [PULG]			
P = 1192		Pi= 700	MAICAO
		3100 [HP]	
		Q = 104.7 [MMPCD]	Pf= 1192
L = 170 [KM]			
Q = 209.5 [MMPCD]			
D = 20 [PULG]			
P = 767			
Pf= 1400	4000 [HP]		VALLEDUPAR (7.5)
L = 230 [KM]			
Q = 202.0 [MMPCD]			
D = 20 [PULG]			
			AYACUCHO
L = 187 [KM]		Pi = 1100	1500 [HP] Pf= 1400
Q = 202.0 [MMPCD]			
D = 20 [PULG]			
P = 900			
Pf= 1328	2500 [HP]		BARRANCABERMEJA
			(14.3)
		L = 110 [KM]	
		Q = 187.7 [MMPCD]	
		D = 18 [PULG]	
MEDELLIN	P = 1103		SEBASTOPOL (PUERTO BERRIO)
P = 372	L = 168 [KM]	L = 60 [KM]	
	Q = 68.4 [MMPCD]	Q = 119.3 [MMPCD]	
	D = 12 [PULG]	D = 18 [PULG]	
	P = 1046		COCORINA (88.9) CUSIANA
		Q = 104.7 [MMPCD]	
	L = 75 [KM]		
	Q = 135.1 [MMPCD]		
	D = 18 [PULG]		
P = 769	(16) PEREIRA	P = 947	LA DORADA
	L = 182 [KM]		
	Q = 42.6 [MMPCD]		
	D = 14 [PULG]		
L = 174 [KM]		L = 140 [KM]	
Q = 26.6 [MMPCD]		Q = 92.5 [MMPCD]	
D = 12 [PULG]		D = 14 [PULG]	
CALI	P = 526 [PSIG]	BOGOTA	P = 200 [PSIG]

Pf= 1400	1034	4000 [HP]	Pi= 700
			BALLENAS
	L = 70 [KM]		
	Q = 124.7 [MMPCD]		
	D = 16 [PULG]		Pi= 700
	P = 1008	MAICAO	3500 [HP]
		Q = 124.7 [MMPCD]	Pf= 1008
	L = 170 [KM]		
	Q = 249.4 [MMPCD]		
	D = 20 [PULG]		
		VALLEDUPAR	(8.9)
	4000 [HP]		
	L = 230 [KM]		
	Q = 240.5 [MMPCD]		
	D = 20 [PULG]		
		AYACUCHO	Pi = 716
	L = 187 [KM]		4000 [HP]
	Q = 240.5 [MMPCD]		Pf= 1400
	D = 20 [PULG]		
	3500 [HP]	BARRANCABERMEJA	(16)
		L = 110 [KM]	
		Q = 224.5 [MMPCD]	
		D = 18 [PULG]	
		SEBASTOPOL (PUERTO BERRIO)	
	3500 [HP]		
96.6	L = 168 [KM]	L = 60 [KM]	
	Q = 24.9 [MMPCD]	Q = 127.9 [MMPCD]	
	D = 12 [PULG]	D = 18 [PULG]	
	P = 623	COCORNA (89.2)	CUSIANA
		Q = 124.7 [MMPCD]	
	L = 75 [KM]		
	Q = 163.4 [MMPCD]		
	D = 18 [PULG]		
) PEREIRA	P = 566	LA DORADA	
	L = 182 [KM]	L = 140 [KM]	
	Q = 52.6 [MMPCD]	Q = 110.8 [MMPCD]	
	D = 14 [PULG]	D = 14 [PULG]	
[KM]			
[MMPCD]			
[PULG]			
CALI	P = 412 [PSIG]	BOGOTA	P = 200 [PSIG]

ANEXO No. 3

CALCULOS DE COSTOS DE INVERSION EN
TUBERIA API 5LX-60

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PRELIMINAR
INTERCONEXION GASIFERA CON VENEZUELA
CALCULO DE COSTOS DE INVERSION EN TUBERIA (US\$/KM) PARA CADA TRAMO
TUBERIA EN ACERO API 5LX 60
PRESION DE DISEÑO 1400

PRECIO ACERO [US\$/TON] 750

Hoja 1 de 3

DESCRIPCION		DIAMETRO NOMINAL [PULG]						
		12	14	16	18	20	24	30
ESPESOR		0.210	0.230	0.263	0.296	0.329	0.395	0.493
DIAMETRO INTERIOR		12.33	13.54	15.47	17.41	19.34	23.21	29.01
PESO UNITARIO [TON/KM]		39.36	50.48	65.93	83.44	103.01	148.34	231.78
PRECIO FOB		\$29,521	\$37,858	\$49,447	\$62,581	\$77,261	\$111,255	\$173,836
NACIONALIZACION Y OTROS	54.00%	\$15,942	\$20,443	\$26,701	\$33,794	\$41,721	\$60,078	\$93,872
PRECIO CIF		\$45,463	\$58,301	\$76,148	\$96,375	\$118,981	\$171,333	\$267,708
RECUBRIMIENTO	10.00%	\$4,546	\$5,830	\$7,615	\$9,637	\$11,898	\$17,133	\$26,771
ACCESORIOS	5.00%	\$2,273	\$2,915	\$3,807	\$4,819	\$5,949	\$8,567	\$13,385
TOTAL SUMINISTROS		\$52,282	\$67,046	\$87,570	\$110,831	\$136,829	\$197,033	\$307,864
COSTO UNITARIO		\$73,000	\$82,000	\$94,000	\$106,000	\$122,000	\$146,000	\$180,000
COSTO UNITARIO * Kc	1	\$73,000	\$82,000	\$94,000	\$106,000	\$122,000	\$146,000	\$180,000
INSTALACION ACCESORIOS	1.00%	\$730	\$820	\$940	\$1,060	\$1,220	\$1,460	\$1,800
SUBTOTAL MONTAJE		\$73,730	\$82,820	\$94,940	\$107,060	\$123,220	\$147,460	\$181,800
INGENIERIA	5.00%	\$3,687	\$4,141	\$4,747	\$5,353	\$6,161	\$7,373	\$9,090
INTERVENTORIA	3.00%	\$2,212	\$2,485	\$2,848	\$3,212	\$3,697	\$4,424	\$5,454
IMPREVISTOS	10.00%	\$7,373	\$8,282	\$9,494	\$10,706	\$12,322	\$14,746	\$18,180
TOTAL MONTAJE		\$87,001	\$97,728	\$112,029	\$126,331	\$145,400	\$174,003	\$214,524
COSTO TOTAL		\$139,284	\$164,774	\$199,600	\$237,162	\$262,228	\$371,036	\$522,388
TIBU - AYACUCHO								
COSTO UNITARIO * Kc	2.12	\$154,760	\$173,840	\$199,280	\$224,720	\$258,640	\$309,520	\$381,600
INSTALACION ACCESORIOS		\$15,476	\$17,384	\$19,928	\$22,472	\$25,864	\$30,952	\$38,160
SUBTOTAL MONTAJE		\$170,236	\$191,224	\$219,208	\$247,192	\$284,504	\$340,472	\$419,760
INGENIERIA	5.00%	\$8,512	\$9,561	\$10,960	\$12,360	\$14,225	\$17,024	\$20,988
INTERVENTORIA	3.00%	\$5,107	\$5,737	\$6,576	\$7,416	\$8,535	\$10,214	\$12,593
IMPREVISTOS	10.00%	\$17,024	\$19,122	\$21,921	\$24,719	\$28,450	\$34,047	\$41,976
TOTAL MONTAJE		\$200,878	\$225,644	\$258,665	\$291,687	\$335,715	\$401,757	\$495,317
COSTO TOTAL		\$253,161	\$292,690	\$346,236	\$402,518	\$472,543	\$598,790	\$808,181
MAICAO-PTO SALGAR								
COSTO UNITARIO * Kc	1	\$73,000	\$82,000	\$94,000	\$106,000	\$122,000	\$146,000	\$180,000
INSTALACION ACCESORIOS	1.00%	\$730	\$820	\$940	\$1,060	\$1,220	\$1,460	\$1,800
SUBTOTAL MONTAJE		\$73,730	\$82,820	\$94,940	\$107,060	\$123,220	\$147,460	\$181,800

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PRELIMINAR
INTERCONEXION GASIFERA CON VENEZUELA
CALCULO DE COSTOS DE INVERSION EN TUBERIA (US\$/KM) PARA CADA TRAMO
TUBERIA EN ACERO API 5LX 60
PRESION DE DISEÑO 1400

PRECIO ACERO [US\$/TON] 750

Hoja 2 de 3

DESCRIPCION		DIAMETRO NOMINAL [PULG]						
		12	14	16	18	20	24	30
INGENIERIA	5.00%	\$3,687	\$4,141	\$4,747	\$5,353	\$6,161	\$7,373	\$9,090
INTERVENTORIA	3.00%	\$2,212	\$2,485	\$2,846	\$3,212	\$3,697	\$4,424	\$5,454
IMPREVISTOS	10.00%	\$7,373	\$8,282	\$9,494	\$10,706	\$12,322	\$14,746	\$18,180
TOTAL MONTAJE		\$87,001	\$97,728	\$112,029	\$126,331	\$145,400	\$174,003	\$214,524
COSTO TOTAL		\$139,284	\$164,774	\$199,600	\$237,162	\$282,228	\$371,036	\$522,388
SEBASTOPOL-MEDELLIN								
COSTO UNITARIO * Kc	1.8	\$131,400	\$147,600	\$169,200	\$190,800	\$219,600	\$262,800	\$324,000
INSTALACION ACCESORIOS	1.00%	\$1,314	\$1,476	\$1,692	\$1,908	\$2,196	\$2,628	\$3,240
SUBTOTAL MONTAJE		\$132,714	\$149,076	\$170,892	\$192,708	\$221,796	\$265,428	\$327,240
INGENIERIA	5.00%	\$6,636	\$7,454	\$8,545	\$9,635	\$11,090	\$13,271	\$16,362
INTERVENTORIA	3.00%	\$3,981	\$4,472	\$5,127	\$5,781	\$6,654	\$7,963	\$9,817
IMPREVISTOS	10.00%	\$13,271	\$14,908	\$17,089	\$19,271	\$22,180	\$26,543	\$32,724
TOTAL MONTAJE		\$156,603	\$175,910	\$201,653	\$227,395	\$261,719	\$313,205	\$386,143
COSTO TOTAL		\$208,885	\$242,956	\$289,223	\$338,227	\$398,548	\$510,238	\$694,008
LA DORADA-PEREIRA								
COSTO UNITARIO * Kc	1.8	\$131,400	\$147,600	\$169,200	\$190,800	\$219,600	\$262,800	\$324,000
INSTALACION ACCESORIOS	1.00%	\$1,314	\$1,476	\$1,692	\$1,908	\$2,196	\$2,628	\$3,240
SUBTOTAL MONTAJE		\$132,714	\$149,076	\$170,892	\$192,708	\$221,796	\$265,428	\$327,240
INGENIERIA	5.00%	\$6,636	\$7,454	\$8,545	\$9,635	\$11,090	\$13,271	\$16,362
INTERVENTORIA	3.00%	\$3,981	\$4,472	\$5,127	\$5,781	\$6,654	\$7,963	\$9,817
IMPREVISTOS	10.00%	\$13,271	\$14,908	\$17,089	\$19,271	\$22,180	\$26,543	\$32,724
TOTAL MONTAJE		\$156,603	\$175,910	\$201,653	\$227,395	\$261,719	\$313,205	\$386,143
COSTO TOTAL		\$208,885	\$242,956	\$289,223	\$338,227	\$398,548	\$510,238	\$694,008
PTO SALGAR-BOGOTA								
COSTO UNITARIO * Kc	1.8	\$131,400	\$147,600	\$169,200	\$190,800	\$219,600	\$262,800	\$324,000
INSTALACION ACCESORIOS	1.00%	\$1,314	\$1,476	\$1,692	\$1,908	\$2,196	\$2,628	\$3,240
SUBTOTAL MONTAJE		\$132,714	\$149,076	\$170,892	\$192,708	\$221,796	\$265,428	\$327,240
INGENIERIA	5.00%	\$6,636	\$7,454	\$8,545	\$9,635	\$11,090	\$13,271	\$16,362
INTERVENTORIA	3.00%	\$3,981	\$4,472	\$5,127	\$5,781	\$6,654	\$7,963	\$9,817
IMPREVISTOS	10.00%	\$13,271	\$14,908	\$17,089	\$19,271	\$22,180	\$26,543	\$32,724
TOTAL MONTAJE		\$156,603	\$175,910	\$201,653	\$227,395	\$261,719	\$313,205	\$386,143
COSTO TOTAL		\$208,885	\$242,956	\$289,223	\$338,227	\$398,548	\$510,238	\$694,008

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PRELIMINAR
INTERCONEXION GASIFERA CON VENEZUELA
CALCULO DE COSTOS DE INVERSION EN TUBERIA (US\$/KM) PARA CADA TRAMO
TUBERIA EN ACERO API 5LX 60
PRESION DE DISEÑO 1400

PRECIO ACERO [US\$/TON] 750

Hoja 3 de 3

DESCRIPCION		DIAMETRO NOMINAL [PULG]						
		12	14	16	18	20	24	30
PEREIRA-CALI								
COSTO UNITARIO * Kc	1	\$73,000	\$82,000	\$94,000	\$106,000	\$122,000	\$146,000	\$180,000
INSTALACION ACCESORIOS	1.00%	\$730	\$820	\$940	\$1,060	\$1,220	\$1,460	\$1,800
SUBTOTAL MONTAJE		\$73,730	\$82,820	\$94,940	\$107,060	\$123,220	\$147,460	\$181,800
INGENIERIA	5.00%	\$3,687	\$4,141	\$4,747	\$5,353	\$6,161	\$7,373	\$9,090
INTERVENTORIA	3.00%	\$2,212	\$2,465	\$2,846	\$3,212	\$3,697	\$4,424	\$5,454
IMPREVISTOS	10.00%	\$7,373	\$8,282	\$9,494	\$10,706	\$12,322	\$14,746	\$18,180
TOTAL MONTAJE		\$87,001	\$97,728	\$112,029	\$126,331	\$145,400	\$174,003	\$214,524
COSTO TOTAL		\$139,264	\$164,774	\$199,600	\$237,162	\$282,228	\$371,036	\$522,388

Estudio de factibilidad preliminar Interconexión
gasífera con Venezuela/Ecopetrol

333.8233 E558e1 Ej.1

CATALOGADO POR: HELP FILE LTDA

FECHA
RECIBIDO

PRESTADO A

FECHA