

**SELECCIÓN DE TRAZAS: APLICACIÓN DE SISTEMAS DE
PERCEPCIÓN REMOTA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.
PROYECTO MACUETA PIQUIRENDA.
DPTO GRAL. SAN MARTÍN – SALTA**

**Autores: Patricio García Bes; Rodolfo Amengual y Juan Sciortino.
Empresa: Pan American Energy LLC –UTE Acambuco**

Sinopsis

Dado lo singular del entorno donde se desarrollará el presente proyecto (selva de yungas) y debido a su fragilidad ambiental y a la energía del paisaje, con predominio de pendientes elevadas, se decidió, como parte fundamental del proyecto, la determinación de la traza óptima para el emplazamiento del ducto.

Se definió como metodología óptima la aplicación de una de evaluación de tipo multicriterios de las variables más significativas, abordadas por un equipo multidisciplinario.

Como fuente de datos se acudió al análisis de fotografías aéreas, e imágenes satelitales, de distintas fechas de toma, resoluciones. Esto permitió obtener una evaluación tanto multitemporal como multispectral apropiada.

Estos fueron tratados en el entorno de un sistema de información geográfica (SIG), lo que permitió superponer las diferentes capas correspondientes a las diversas temáticas abordadas pudiendo, de esa manera, describir, cotejar y cuantificar las distintas alternativas de traza.

La metodología posibilitó el análisis, desde una óptica multicriterio, de distintas trazas, pudiéndose valorar las distintas alternativas. De esta manera se seleccionó el corredor más apropiado para el emplazamiento de las obras.

Cabe destacar que este tipo de metodología permitió la selección, cotejo y análisis de las diversas trazas en un plazo de tiempo relativamente corto para un área con una cubierta vegetal densa, con relieve abrupto y difícil acceso.

Introducción

En el Norte de la Provincia de Salta, próxima a la frontera con la República de Bolivia, en la unidad de Gestión Acambuco, se plantea un nuevo desafío: la construcción de una línea de conducción de 14 pulgadas y aproximadamente 60 km de longitud, que permita transportar el gas producido por el Yacimiento Macueta Norte, hasta la planta de tratamiento Piquirenda. (ver Figura No. 1).

El entorno ambiental en el cual se desarrollará este ducto es muy singular, destacándose lo siguiente:

Entorno natural: La zona se encuentra emplazada en la denominada Provincia Fitogeográfica de Yungas, que es un ambiente selvático que se destaca por su riqueza en biodiversidad y a la vez por su fragilidad y en la Provincia Geológica Sierras Subandinas, caracterizadas geomorfológicamente por un relieve abrupto y de alta energía

Procesos erosivos: el entorno se caracteriza por presentar un relieve irregular de alta energía dominado por fuertes pendientes, y por precipitaciones hasta 1000 mm anuales, de alta intensidad, concentradas entre los meses de diciembre y marzo lo que favorece el desarrollo de procesos erosivos violentos tanto hídricos como gravitacionales (deslizamientos).

Con el objetivo de minimizar el impacto sobre el medio natural y la consecuente reacción de este sobre la obra, cumplir con la estricta política ambiental de la Empresa y maximizar las utilidades del proyecto se desarrolló un estudio de alternativas de trazas.

Dada la singularidad del área atravesada (dificultades de acceso y numerosas variables que interactúan con el proyecto), se definió como herramienta de análisis la utilización de datos provenientes de percepción remota tratados con sistemas de información geográfica, todo esto desde una visión de análisis multicriterio y abordado por un equipo multidisciplinario.

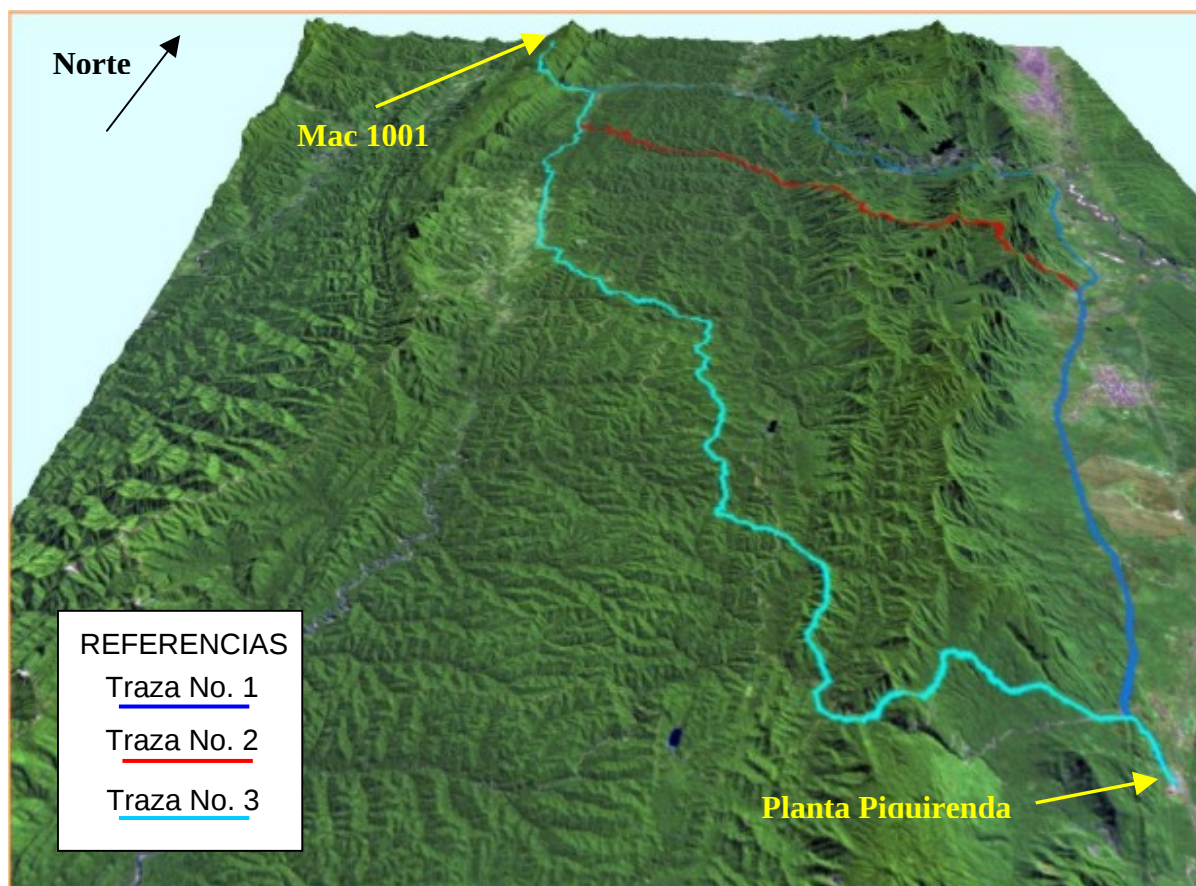


Figura No1: Block Diagrama, vista hacia el Norte: alternativas de Traza Gasoducto Macueta Piquirenda.

Desarrollo

Selección de las alternativas:

Producto de la experiencia adquirida en trabajos similares a los largo del tiempo, de la construcción y mantenimiento de los 60 km de líneas de conducción presentes en la Unidad de Gestión, se obtuvieron tres trazas alternativas para el ducto Macueta Piquirenda (ver Figura No.1)

Este proceso se realizó en un entorno de un Sistema de Información Geográfico (SIG), el cual está en funcionamiento, en la unidad de Gestión Acambuco desde hace cuatro años.

Los datos presentes en el SIG y utilizados en este trabajo fueron:

- Imagen satelital SPOT obtenida en 1999, georeferenciada, procesada sobre la base de 10 m del pixel del modo pancromático y con la información espectral del TM; las siete bandas de una imagen satelital TM tomada el 18/09/2000.
- Imágenes satelitales Landsat obtenidas en los años 1987; 1997; 2000; 2002 y 2003.
- Fotografías aéreas a escala media 1:75.000, tomadas en 1966 por el Instituto Geográfico Militar y con fotografías aéreas color a escala 1:20.000 tomada en 1992. En el caso de las primeras, si bien tanto la escala como la calidad de las mismas no son las óptimas, ya que en todas está presente el punto caliente que se forma cuando las tomas se efectúan a horas inadecuadas, resultaron muy útiles ya que permitieron hacer observaciones estereoscópicas y ver las condiciones del terreno en el año de toma.
- Carta topográfica hoja 2363-I, Tartagal a escala 1:250.000, levantada por el IGM en 1970, con equidistancia entre curvas de 50 m en el sector plano oriental y de 250 m en el área montañosa.
- Modelo Digital del Terreno (MDT), formato raster, con una resolución espacial de 40m.
- Coberturas temáticas varias: infraestructura de producción, caminos, información catastral, red de drenaje, etc.

Se efectuaron relevamientos de campo del área del proyecto durante los cuales se recorrieron las zonas donde se propone ubicar las diferentes trazas del gasoducto de referencia. Estos relevamientos permitieron cotejar la fotointerpretación preliminar del sector, reconocer los diferentes componentes tanto físicos como biológicos y sociales del territorio y relevar datos de campo.

También se realizó un recopilación de información de trabajos, publicaciones científicas de libre circulación, antecedentes anteriores de elaboración propia e información de libre disponibilidad de Servicios Nacionales y Provinciales, obteniéndose así una base importante de información necesaria para este análisis.

Los conceptos básicos de diseño para la confección de las trazas fueron los siguientes:

Topografía: se priorizó el desarrollo de la traza por filos, esto implica reducir las áreas de aporte de aguas de escorrentía superficial. Para este fin se utilizó los datos del MDT (curvas de nivel).

Remoción en masa: reducir la longitud de la traza por zonas con la presencia de deslizamientos, tanto actuales como antiguos. Para este fin, se interpretaron las distintas imágenes satelitales y las fotografías aéreas, obteniéndose una representación espacial de la totalidad de los procesos de remoción en masa presentes en el área desde 1966 hasta la actualidad.

Red de drenaje: Reducir la cantidad de cruces sobre la red de drenaje existente. Para este fin se utilizaron los datos del MDT, sumado a la información de la red de drenajes presentes en el SIG.

Cobertura vegetal: Reducir la longitud de la traza al mínimo posible por áreas con cobertura boscosa, prefiriendo circular por caminos, gasoductos o pastizales. Para esto se utilizó como fuentes de datos la interpretación de la imagen satelital de fecha más actualizada.

Análisis Multicriterio:

Las tres alternativas poseen características y condiciones dispares, para poder seleccionar la mejor de ellas se realizó un análisis multicriterio, entendiéndose como tal a la metodología que permite analizar

distintas alternativas partiendo de un enfoque temático de los principales componentes presentes en el entorno.

Básicamente consiste en seleccionar, analizar y ponderar las variables más significativas del entorno lo que permite seleccionar la mejor opción.

Los componente analizados dentro de este análisis fueron:

Variable del ducto:

Longitud Ortogonal: Corresponde la longitud total (m) de las distintas alternativas, las mismas son con proyección ortogonal.

Longitud Real: Corresponde a la longitud total (m) incorporando la elongación producto de la topografía existente. Este valor proviene de proyectar las trazas sobre el MDT y recalcular la longitud final.

Perfil de las Alternativas: a partir de la proyección de las trazas con el MDT fue posible extraer el perfil de cada una, con lo cual se pudo analizar el comportamiento hidráulico de cada una de ellas.(ver Figuras No. 6, 7 y 8).

Pendientes Longitudinal: Corresponde a la pendiente longitudinal promedio de cada alternativa. Proviene de los datos de los perfiles de las distintas trazas.

Caminos de acceso: Son los accesos mínimos necesarios que deberán ser mantenidos durante la etapa de operación ya que permiten acceder a puntos considerados importantes tales como: válvulas, nodos de medición para la protección catódica del caño, y para el monitoreo de la obra.

Las longitudes consignadas son aproximadas y deberán ajustarse en estudios posteriores, considerándose un ancho efectivo de 4 m; el producto de la longitud por el ancho permite establecer una superficie de influencia que debe ser sumada a la afectación real total para comparar las superficies afectadas.

Área total afectada: Es la superficie afectada por la traza de la pista en cada una de las unidades de paisaje y resulta de multiplicar el ancho estimado de la pista de 11 m por la longitud desarrollada en cada unidad y por un coeficiente que depende de estas.

De esta forma el coeficiente para las unidades bosque, valle fluvial, rural y pastizal es igual a 1, ya que la afectación se produce a todo lo ancho de la traza; en la unidad pista, es de 0,5 puesto que se considera que para la construcción de la nueva traza se deberán ampliar las pistas existentes en un 50% mientras que, en los caminos internos del yacimiento, al no afectarse nueva superficie el coeficiente es 0.

Interacción Traza – Infraestructura: Es la relación entre la traza y la infraestructura pública: Ferrocarril Nacional Gral. Belgrano, ruta Prov. Secundaria No. 46 que permite el acceso a la localidad de Acambuco y parajes adyacentes (actualmente mantenida por PAE) y el acueducto Itiyuro – Tartagal, que es la única fuente de provisión de agua potable a una población de aproximadamente 70.000 personas, de las localidades comprendidas entre Salvador Mazza al norte y Coronel Cornejo al sur.

Está referida al número de cruces que deberán realizarse, estos son consignados en forma estimativa correspondiendo el ajuste a la próxima etapa de definiciones del proyecto.

Interacción Traza – Red de Drenaje:

Esta interacción se manifiesta para cada traza con la cantidad de cruces de cursos de agua y con la superficie de la cuenca de aporte ubicada aguas arriba de la intersección.

Sobre la base de la experiencia que se tiene, de las precipitaciones en el área y de sus características, se considera que los cruces de cuencas con superficies inferiores a los 10 km² no requerirán obras especiales de envergadura.

Las cuencas con superficies entre los 10 y 100 km² se estima requerirán cruces especiales, entendiéndose como tales a aquellos que necesitan una profundidad de enterramiento superior a 3 m en material suelto, caño gunitado o cubierto con hormigón ciclópeo y la construcción de obras de defensa.

Las cuencas que superan los 100 km² se estima que requerirán para el cruce de una perforación dirigida similar a la hoy existente en el cruce del río Seco.

Estos tipos de cruce deberán ser diseñados mediante la realización de un estudio de las características hídricas – geológicas – geomorfológicas de cada caso en particular.

Variables Ambientales:

Pendiente Medio del Terreno: Corresponde a la pendiente media del terreno por la cual circula cada alternativa. Este valor proviene de proyectar las trazas sobre el MDT (modelo digital del terreno). Este valor refleja la potencialidad de los procesos erosivos de las distintas variables.

Clases de pendientes: Representa la frecuencia de las distintas clases de pendientes del ducto en % y su longitud equivalente en la traza. Proviene de reclasificar los datos de pendientes en distintas clases; refleja la distribución de las mismas y su participación en las trazas.

Unidades de Paisaje: Corresponde a la longitud de cada unidad de paisaje (bosque, camino, valle fluvial, rural, pista, pastizal) por la cual atraviesa las distintas alternativas. Para cuantificar en forma objetiva y concreta la afectación del medio natural por la traza, este fue dividido en diferentes unidades de paisaje con características propias a saber:

Bosque: esta denominación hace referencia a las áreas cubiertas por la vegetación arbórea natural de Yungas, independientemente del grado de afectación que presente.

Camino: se refiere a los caminos internos del yacimiento construidos y mantenidos por PAE; incluye el tramo comprendido entre la localidad de Acambuco y el Yacimiento Macueta Norte.

Valle fluvial: área comprendida entre las barrancas episódicas de los cursos de agua, por donde el curso principal circuló en algún momento

de su historia evolutiva y por donde podría volver a circular ya que constituye la planicie de inundación. Los varios niveles de terrazas existentes, por su horizontalidad, son utilizados para los diferentes cultivos de subsistencia de los escasos y dispersos pobladores que habitan la región. Los representantes de esta unidad son los tramos aledaños a los arroyos San Francisco y Macueta, los que constituyen el paraje denominado Bajo Macueta.

Figura No. 2: Vista de las unidades camino y bosque (flechas celestes) en la imagen satelital Mergesur, las flechas rojas indican la ubicación de los Pozos Macueta 1001 (derecha) y 1002 (izquierda).





Figura No.2: Vista en la imagen satelital del valle fluvial del arroyo San Francisco. Las flechas indican las barrancas episódicas. Los colores verdes claros corresponden a cultivos y pasturas; los amarillos claros y blanquecinos a superficies destinadas a cultivos con suelo expuesto.

Rural: es la ubicada en el área oriental pedemontana de la sierra de Aguaragüe; tiene una superficie plana suavemente ondulada y por sectores ha sido incorporada a la producción agropecuaria, los lugares que no fueron desmontados presentan una cubierta vegetal degradada compuesta por individuos de escaso porte y envergadura, de madera de muy bajo valor comercial. Por su accesibilidad fue la primer zona aprovechada por la explotación maderera. En esta unidad desembocan todas las cuencas que avenan el faldeo oriental de la sierra.

Pista: se refiere a las trazas de los gasoductos existentes, tanto el troncal (San Pedrito – Piquirenda) como los flows lines.

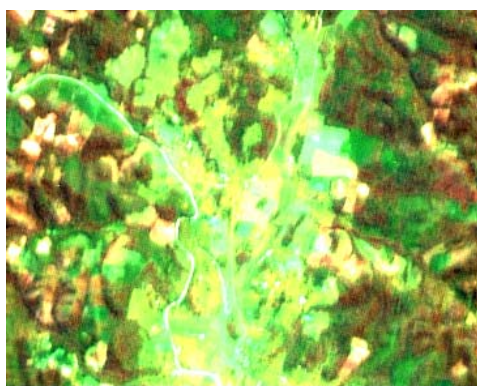


Figura No. 3: Vista de la unidad rural en la imagen satelital; hacia la izquierda las últimas estribaciones de la sierra de Aguaragüe; a la derecha se observa el área parcelada afectada a la producción agropecuaria y la infraestructura

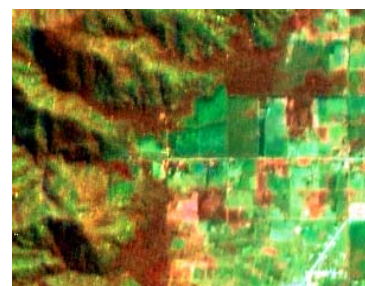


Figura No. 4: Vista en la imagen satelital Mergesur de la unidad pastizal, en el sector norte del paraje Acambuco; los tonos amarillos y verdes claros indican la presencia de pasturas.

Pastizal: está ubicada en la comarca de Acambuco. Es un área que originalmente tenía una cobertura arbórea densa la que fue eliminada y reemplazada por pasturas y diferentes cultivos (maíz, caña de azúcar, papa, etc.) destinados al auto-consumo; constituye una comunidad con baja densidad

poblacional, la que se distribuye en forma dispersa. En esta unidad, durante la temporada estival el nivel freático se encuentra muy próximo a la superficie, aflorando en los sectores deprimidos.

Superficie de cuencas: Superficie (ha) total que drenan sus aguas por cada alternativa del ducto. Proviene de proyectar las alternativas sobre la red de drenaje. Refleja el potencial de ocurrencia de procesos erosivos.

Áreas inestables Son aquellos sectores donde se observan fenómenos de remoción en masa,

principalmente deslizamientos rotacionales, tanto actuales como estabilizados.

Los terrenos afectados por estos procesos constituyen áreas sumamente inestables ya que los activos al momento de construcción de una pista pueden potenciarse y aumentar la magnitud del fenómeno natural y los ya estabilizados podrían reactivarse por alteración de los ángulos de los taludes de equilibrio.

Este fenómeno de remoción en masa está vinculado con las características geológicas, geomorfológicas, cubierta vegetal, cantidad e intensidad de las precipitaciones y la acción antrópica. Afecta importantes extensiones del área de estudio y fueron los principales responsables de la colmatación prematura del dique Itiyuro.

Unidades de remediación: A los efectos de comparar la dificultad técnica de recomposición y remediación de la pista de las distintas trazas luego de la colocación del caño, se propone un valor, no monetario, denominado: “Unidad de Remediación” que depende de la unidad de paisaje que atraviesa la traza, y en algunos casos de la magnitud de la pendiente del caño y del terreno natural.

Este valor de remediación es asignado a cada píxel (30 x 30 m) de terreno que cruza la traza según el siguiente criterio:

Tabla No. 1: Relación unidad de paisaje – unidad de remediación

Unidad de Paisaje	Camino	Pastizal	Bosque y Rural	Pista y Valle fluvial
Unidad de Remediación	0,25	0,4	1 x K	1,5 x K

El factor K depende de la combinación de pendiente del caño y del terreno natural de cada píxel y varía entre $1 \leq K \leq 11,8$.

Para la obtención del K se debe determinar por píxel la pendiente del caño y la pendiente del terreno natural y definir los coeficientes CPC (pendiente caño) y CPT (pendiente terreno).

Tabla No. 2: Coeficientes de pendientes (CPC y CPT)

Pendiente Caño	CPC	Pendiente terreno	CPT
< 5%	1	< 10 %	1
5 – 15 %	2	10 – 25 %	2
15 – 25 %	3	25 – 45 %	3
> 25 %	4	> 45 %	4

El valor de K resulta de la combinación de ambos coeficientes a saber:

Tabla No. 3: Variación de K en función de CPC y CPT

CPC	CPT	K	CPC	CPT	K
1	1	1,0	3	1	4,5
	2	1,5		2	5,1
	3	2,2		3	5,9
	4	5,2		4	8,7
2	1	2,5	4	1	7,4
	2	3,0		2	8,9
	3	3,7		3	9,0
	4	6,7		4	11,8

La Unidad de Remediación de toda la traza es la suma de todos los valores obtenidos para cada uno de los píxeles de la traza y es evidente que constituye un índice que permite cuantificar la afectación al territorio.

Resultados:

En todos los casos, las mediciones consignadas fueron realizadas sobre planos confeccionados con imágenes satelitales georreferenciadas mediante diferentes programas de SIG y hacen referencia al tramo comprendido entre la Planta Piquirenda y el Pozo Macueta 1.001.

Traza No. 1

Es la traza ubicada más hacia el norte, está desarrollada sobre una vieja picada abierta por Bidas en la década del 80 la que tenía como objetivo la construcción de un gasoducto.

Tiene su origen en la Planta Piquirenda (522 m s.n.m.) y toma rumbo norte por la región pedemontana oriental de la sierra de Aguaragüe, ubicándose más o menos paralela a las vías férreas hasta llegar al norte de la localidad de Tobantirenda, donde gira hacia el oeste y luego al noroeste cortando la sierra de Aguaragüe al sur de la quebrada del río Itiyuro (pasando de 530 a 850 m s.n.m., luego bajando a 600 m s.n.m. para volver a ascender a 942 m s.n.m.), en un sector con elevadas pendientes y laderas afectadas por fenómenos de remoción en masa.

Después de transponer la sierra de Aguaragüe baja al valle fluvial del arroyo San Francisco (700 m s.n.m.) por el que transcurre en forma más o menos recta, con dirección al oeste, hasta interceptar la quebrada del arroyo Macueta por cuyo valle fluvial asciende a la sierra homónima (pasando de 700 a 1.142 m s.n.m. que es la máxima altura de la traza) hasta llegar al Pozo Macueta 1001, ubicado a 1.088 m s.n.m.

Longitud entre la Planta Piquirenda y el pozo Macueta 1001: **58.345 m.**

Pendientes: **Máxima: 60,30%; Media: 7,70%.** 48.830 m, equivalentes al 83,70% de su longitud total tiene pendientes con valores comprendidos entre el 0 y 15%; 7.000 m, el 12% del total de su recorrido tiene pendientes cuyos valores varían entre el 15 y 30%; 1.980 m, equivalentes al 3,4% de la longitud total tiene pendientes con valores comprendidos entre el 30 y 45%; 470 m, el 0,8% de la longitud total tiene pendientes con valores fluctuantes entre el 45 y 60% y 60 m, equivalentes al 0,1% de la longitud total tiene pendiente cuyo valor supera el 60%.

Interacción con las diferentes unidades de paisaje: cruza a lo largo de 15.800 m de bosque, 3.700 m de caminos (al pozo Macueta 1.001), 12.000 m de valle fluvial (arroyos Macueta y San Francisco), 25.600 m rural y 1.200 m pista (gasoducto San Pedrito – Piquirenda).

Caminos de acceso: se considera que será necesario construir aproximadamente **25 km** de caminos que permitan el acceso a diferentes puntos del recorrido durante la etapa de funcionamiento del ducto lo que, según el lugar donde sean emplazados, ampliarán la superficie afectada.

Afectación Real Total: **Superficie afectada 89,5 ha**

Interacción con la red de drenaje: a lo largo de su recorrido cruza numerosos cursos de agua que totalizan una **superficie de cuenca de 439,6 km²** distribuidos de la siguiente manera: 10 cursos con cuencas de superficie variable entre 3 y 10 km²; 1 con cuenca de 26,5 km²; 1 de 34,6 km², el arroyo Capiazutti; 1 de 60,7 km²; 1 de 81,8 km² ambos en el arroyo San Francisco; la del río Itangüe de 204 km² y un gran número de pequeños cursos con cuencas de superficie menor de 3 km² y que no requerirán tratamiento especial.

Se estima que será necesario como mínimo una perforación dirigida (río Itangüe) y cuatro cruces especiales para salvar los diferentes cursos con los que interacciona.

Merece citarse que en el tramo desarrollado en el valle fluvial del arroyo San Francisco se marcaron solo dos cruces estimándose que un estudio detallado de la traza demandará algunos más; es muy posible que de adoptarse esta alternativa se deban construir defensas en algunos sectores que se vean afectados por la migración lateral del cauce funcional en el ancho valle de inundación.

Laderas inestables: aproximadamente 4 km de la traza ubicada en la sierra de Aguaragüe están desarrollados en un área con laderas afectadas por procesos de remoción en masa que movilizan grandes volúmenes material, estimándose que el sector de la traza original que no se observa en las fotografías aéreas fue eliminado por estos procesos.



Figura No. 5: Vista de una fotografía aérea tomada en el año 1992, las líneas amarillas muestran los bordes de los deslizamientos, tanto activos como estabilizados al momento de toma de la foto, las verdes indican la ubicación de la picada desarrollada por Bidas para ubicar el gasoducto y la roja señala la probable ubicación de la mencionada picada, esta no aparece en la foto asumiéndose que fue arrasada por los deslizamientos.

Otro rasgo digno de ser tenido en cuenta es que la mayor parte del recorrido de esta traza se desarrolla en la cuenca que alimenta al dique Itiyuro el que se encuentra casi totalmente colmatado de sedimentos. Constituye la única fuente de provisión de agua potable para una población de aproximadamente 70.000 habitantes, por lo que los trabajos en esta cuenca podrían favorecer una aceleración del proceso de arranque, transporte y deposición de sedimentos, reduciendo aún más el escaso volumen de almacenamiento de la citada presa generando un impacto social adverso.

Interacción con la Infraestructura: se estima que esta traza cruzará el ferrocarril al menos en tres

oportunidades, posiblemente el acueducto en dos y una vez la ruta Prov. No. 46.

Remediación: **4.640** unidades

Traza No. 2

Corresponde a lo que en el estudio original del año 2001 se llamó Traza 3 Alternativa Norte, la que posteriormente fue relevada en el terreno con algunos cambios menores.

Sale de la Planta Piquirenda (522 m s.n.m.) y toma rumbo norte por la región pedemontana oriental de la sierra de Aguaragüe, siguiendo el mismo recorrido de la Traza No. 1 y 5 km al norte de la localidad de Aguaray gira hacia el oeste para transponer la sierra de Aguaragüe en un sector con una pendiente muy abrupta, en parte por el camino al Pozo Tuyunti (1.142 m s.n.m.) y en parte por filos pero con algunos desniveles muy pronunciados (de 1.050 a 660 m s.n.m.) hasta llegar al valle fluvial del arroyo San Francisco (720 m s.n.m. cerca de sus nacientes) por el que transcurre en forma más o menos recta, con dirección al norte, hasta interceptar la quebrada del arroyo Macueta por cuyo valle fluvial asciende la sierra homónima (pasando de 700 a 1.142 m s.n.m. que es la máxima altura de la traza) hasta llegar al Pozo Macueta 1001.

Longitud: **54.781 m** entre la Planta Piquirenda y el pozo Macueta 1001.

Pendientes: **Máxima: 55,12%; Media: 8,80%.** 44.320 m , equivalentes al 80,90% de su longitud total tiene pendientes con valores comprendidos entre el 0 y 15%; 8.050 m, el 14,7% del total de su recorrido tiene pendientes cuyos valores varían entre el 15 y 30%; 2.030 m, equivalentes al 3,7% de la longitud total tiene pendientes con valores comprendidos entre el 30 y 45% y 380 m, el 0,7% de la longitud total tiene pendientes con valores fluctuantes entre el 45 y 60%.

Interacción con las diferentes unidades de paisaje: cruza a lo largo de 24.200 m de bosque, 6.400 m de caminos, (a los pozos Tuyunti y Macueta 1001), 5.600 m de valle fluvial (arroyos Macueta y San Francisco), 17.400 m rural y 1.200 m pista (gasoducto San Pedrito – Piquirenda).

Caminos de acceso: se considera que será necesario construir aproximadamente **18 km** de caminos que permitan el acceso a diferentes puntos del recorrido durante la etapa de funcionamiento del ducto, lo que según el lugar donde sean emplazados ampliarán la superficie afectada.

Afectación Real Total: **Superficie afectada 82,8 ha**

Interacción con la red de drenaje: a lo largo de su recorrido cruza numerosos cursos de agua que totalizan una **superficie de cuenca de 299,4 km²** distribuidos de la siguiente manera: 9 cursos con cuencas de superficie variable entre 3 y 10 km², 1 con cuenca de 25 km², 1 de 34,6 km² en el arroyo Capiazutti, 1 de 36,8 km² en el arroyo San Francisco; la del río Itangüe de 120,3 km² y un gran número de pequeños cursos con cuencas de superficie menor de 3 km² y que no requerirán tratamiento especial.

Se considera que serán necesarios como mínimo una perforación dirigida en el río Itangüe y tres cruces especiales para salvar los diferentes cursos con los que interacciona.

Laderas inestables: se pudo observar que presenta un pequeño tramo de 300 m de longitud desarrollado en un área afectada por deslizamientos además, se estima que el tramo de 3.000 m siguientes al deslizamiento observado, es susceptible a generar este tipo de procesos.

Interacción con Infraestructura: se estima que esta traza cruzará el ferrocarril al menos en tres oportunidades, posiblemente el acueducto en dos y una vez la ruta Prov. No. 46.

Remediación: **4.330** unidades

Traza No. 3

Sale de la Planta Piquirenda (522 m s.n.m.) por la pista del gasoducto San Pedrito – Piquirenda, primero con dirección norte y luego oeste, para cruzar una parte de la sierra de Aguaragüe (llegando hasta 920 m s.n.m.) y, luego de superar el arroyo Yacuy, abandona la pista del gasoducto existente para dirigirse hacia el norte por un filo que transcurre inicialmente en forma paralela a la ruta Prov. No. 46, a una distancia máxima de 1.800 m (máxima altura del tramo 1.018 m s.n.m.). Cambiando filos, para evitar una zona de humedales, cruza dos veces la mencionada ruta para luego girar al norte y noroeste descendiendo en el valle de Acambuco (820 m s.n.m.).

Transcurre por el valle hacia el norte, entre el camino que une los parajes de Acambuco y Bajo Macueta y el cauce del arroyo San Francisco hasta las proximidades de la escuela donde dobla hacia el oeste para ascender la sierra de Macueta (1.142 m s.n.m.) por el arroyo Macueta y por una vieja picada que asciende hasta el camino de acceso a los pozos.

Longitud: **56.959 m** entre la Planta Piquirenda y el pozo Macueta 1001.

Pendientes: **Máxima: 60,14%; Media: 7,70%.** 48.700 m , equivalentes al 85,5% de su longitud total tiene pendientes con valores comprendidos entre el 0 y 15%; 7.180 m, el 12,6% del total de su recorrido tiene pendientes cuyos valores varían entre el 15 y 30%; 910 m, equivalentes al 1,6% de la longitud total tiene pendientes con valores comprendidos entre el 30 y 45% y 60 m, el 0,2% de la longitud total tiene pendientes con valores fluctuantes entre el 45 y 61%.

Interacción con las diferentes unidades de paisaje: cruza a lo largo de 27.000 m de bosque, 8.700 m de caminos (al pozo Macueta 1001), 9.700 m pista (gasoducto San Pedrito – Piquirenda), 6.800 m de valle fluvial del arroyo San Francisco y 4.700 m pastizal. Aproximadamente 12.980 m se ubican dentro del perímetro de la Reserva Provincial Acambuco (4.648 m pastizal y 4.463 m bosque y 3.822 m camino).

Caminos de acceso: por su ubicación próxima a la ruta Prov. No. 46 se considera que será necesario construir aproximadamente **3 km** de caminos que permitan el acceso a diferentes puntos del recorrido durante la etapa de funcionamiento del ducto, los que según el lugar donde sean emplazados

ampliarán la superficie afectada.

Afectación Real Total: Superficie afectada 52,2 ha

Interacción con la red de drenaje: a lo largo de su recorrido cruza algunos cursos de agua que totalizan una **superficie de cuenca de 106,7 km²** distribuidos de la siguiente manera: 5 cursos con cuencas de superficie variable entre 3 y 10 km², 1 con cuenca de 18,3 km², 1 de 23,7 km² en el arroyo Yacuy, 3 de 33 km², próximos entre si en el arroyo Yacuy, 1 de 29,8 km², correspondiente al arroyo San Francisco y un gran número de pequeños cursos con cuencas de superficie menor de 3 km², los que no requerirán tratamiento especial.

Los 106,7 km² de superficie suponen el área total del arroyo Yacuy y no las parciales de cada cruce. Se considera que serán necesarios como mínimo seis cruces especiales para salvar los diferentes cursos con los que interacciona.

Laderas inestables: no se han observado área afectadas por deslizamientos.

Interacción con Infraestructura: se estima que esta traza cruzará el ferrocarril en una oportunidad y seis veces la ruta Prov. No. 46.

Remediación: **4.111** unidades

Conclusiones

En las siguientes Tablas, se resumen las principales características de las diferentes trazas que fueron evaluadas en el presente informe:

Tabla No. 4: Comparación de trazas

Traza	Longitud Ortogonal (m)	Longitud Real (m)	Pendiente media del caño (%)	Pendiente media del terreno (%)	Longitud de la traza en diferentes unidades de paisaje (km)						Caminos de acceso. Longitud aproximada (km)	Afectación Real Total (ha)
					bosque	camino	valle fluvial	rural	pista	pastizal		
No. 1	57926	58345	7,7	13,3	15,8	3,7	12,0	25,6	1,2	0,0	25	89,5
No. 2	54332	54781	8,8	13,3	24,2	6,4	5,6	17,4	1,2	0,0	18	82,8
No. 3	56631	56959	7,7	13,0	27,0	8,7	6,8	0,0	9,7	4,7	3	52,2

Tabla No. 4 continuación

Traza	Frecuencia de pendientes del ducto en % y su longitud equivalente en la traza									
	0 - 15 %	km	15 - 30 %	km	30 - 45 %	km	45 - 60 %	km	> 60 %	km
No. 1	83,7	48,83	12,0	7,00	3,4	1,98	0,8	0,47	0,1	0,06
No. 2	80,9	44,32	14,7	8,05	3,7	2,03	0,7	0,38	0,0	0,00
No. 3	85,5	48,70	12,6	7,18	1,6	0,91	0,2	0,11	0,1	0,06

Tabla No. 4 continuación

Traza	Interacción Traza - Red de drenaje			Tipos de cruce	
	Superficie total cuencas (km ²)	Número de cruces de cuencas con indicación de la superficies de cada una en km ²		Perforación Dirigida	Cruces Especiales
No. 1	439,6	10 e/ 3 y 10; 1 de 26,5; 1 de 34,6; 1 de 60,7; 1 de 81,8; 1 de 204		1	4
No. 2	299,4	9 entre 3 y 10 ; 1 de 25 ; 1 de 34,6 ; 1 de 36,6 ; 1 de 120,3		1	3
No. 3	106,7	5 entre 3 y 10 ; 1 de 18,3 ; 1 de 23,7 ; 1 de 29,8 ; 3 de 33		0	6

Tabla No. 4 continuación

Traza	Longitud de traza en zonas de laderas inestables (km)	Interacción Traza – Infraestructura (Número de cruces)	Unidades de Remediación
No. 1	4,0	Ferrocarril (3) Acueducto (2 ??) Ruta Prov. No. 46 (1)	4.640
No. 2	0,3	Ferrocarril (3) Acueducto (2 ??) Ruta Prov. No. 46 (1)	4.330
No. 3	0	Ferrocarril (1) Ruta Prov. No. 46 (6)	4.111

De acuerdo a los distintos análisis realizados precedentemente y sobre la base de criterios medio ambientales y técnico ingenieriles se considera que:

▽ La **Traza No. 3** es la que reúne mejores características ya que si bien no es la más corta, es la que afecta una superficie relativamente baja de 45,5 ha, interactúa con cuencas con una superficie total de 106,7 km² estimándose que serán necesarios seis cruces especiales, que se requerirá la construcción de solamente 3 km de caminos de acceso y demandará 4.111 unidades de remediación.

▽ En un segundo lugar se ubica la **Traza No. 2**, la que solo se recomienda en caso de que, **por fuerza mayor, no sea posible la construcción de la Traza No. 3**.

Si bien las diferencias comparativas de los parámetros de estas dos trazas no varían considerablemente, se considera, en base al conocimiento y experiencia en trabajos similares en esta región, que el cruce de la sierra de Aguaragüe por la Traza No. 2 va a presentar dificultades adicionales que se traducirán en un aumento del costo ambiental; a esto se debe sumar la **construcción de aproximadamente 18 km adicionales de caminos de acceso a la pista**, costos que si bien en el presente informe no fueron cuantificados, por la morfología y topografía de la zona se considera serán elevados.

A esto se debe adicionar que por su interacción con la red de drenaje serán necesario tres cruces especiales y **una perforación dirigida** y demandará 4.330 unidades de remediación.

▽ Se considera que la **Traza No. 1**, tal su diseño, no es ni ambiental ni ingenierilmente viable, con factores condicionantes tales como: ubicación en la cuenca de aporte del dique Itiyuro, cruce de zonas inestables a lo largo de 4 km, desarrollo por un valle fluvial que demandará al menos cuatro cruces especiales, una perforación dirigida y probablemente la construcción de obras de defensa del caño debido a la continua migración del cauce principal en el valle de inundación.

Requerirá además la construcción de aproximadamente 25 km adicionales de caminos de acceso a la pista, costos que si bien en el presente informe no fueron cuantificados, por la morfología y topografía de la zona se considera serán elevados y demandará 4.640 unidades de remediación.

La metodología permitió analizar desde una óptica multicriterio distintas trazas, pudiendo valorar las distintas alternativas. De esta manera se escogió el corredor más apropiado para el emplazamiento de las obras.

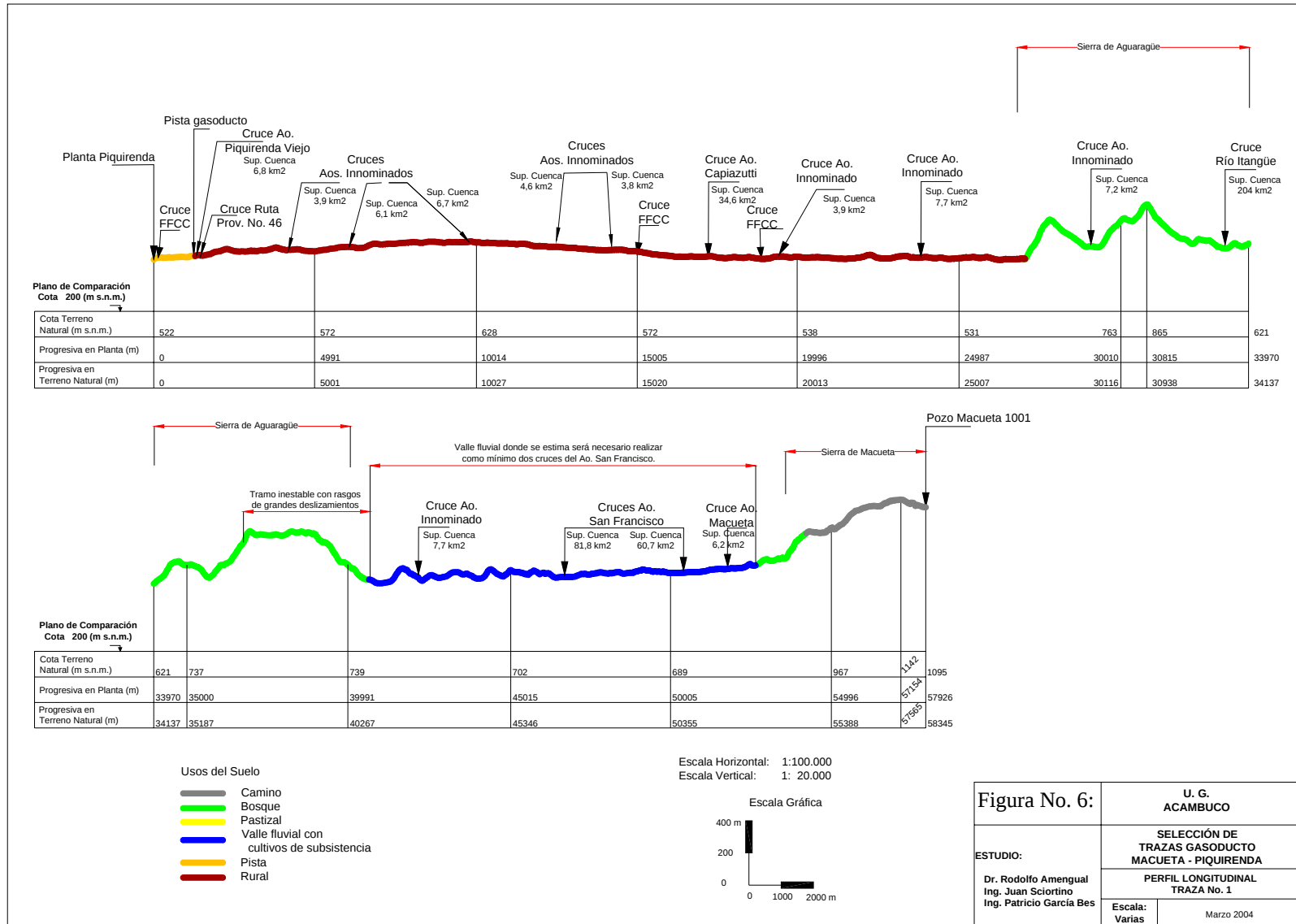
Cabe destacar que este tipo de metodología permitió la selección de las diversas trazas en un plazo de tiempo relativamente corto para un área con una cubierta vegetal espesa, difícil acceso y relieve abrupto.

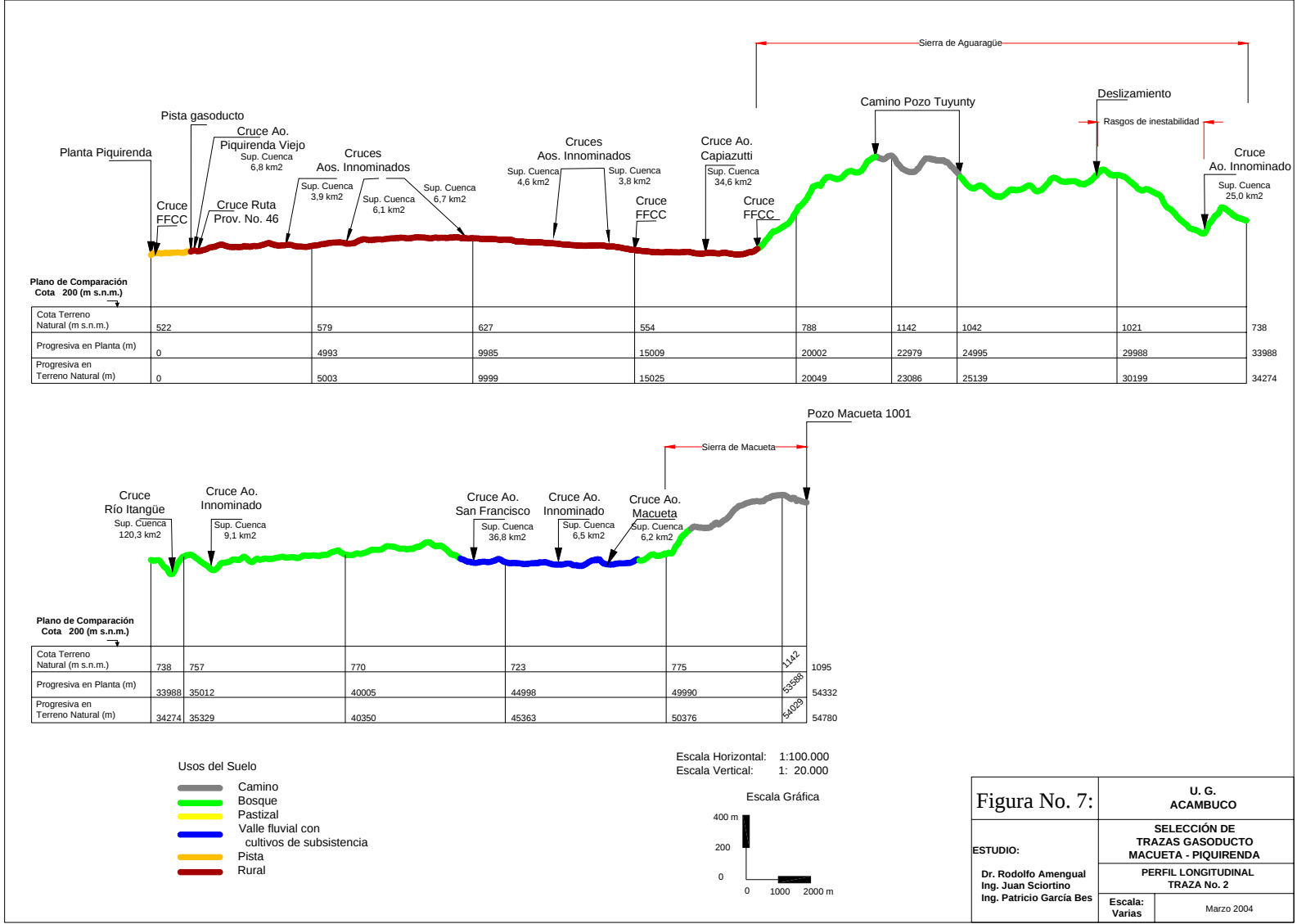
Bibliografía

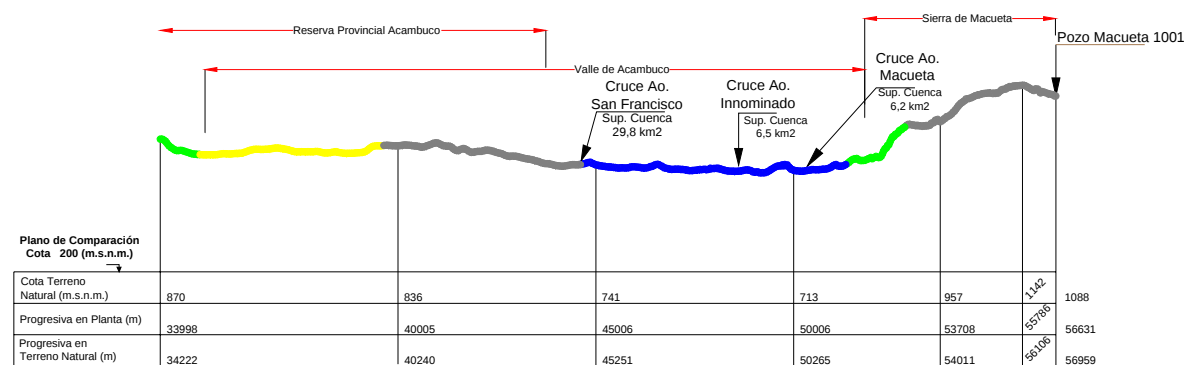
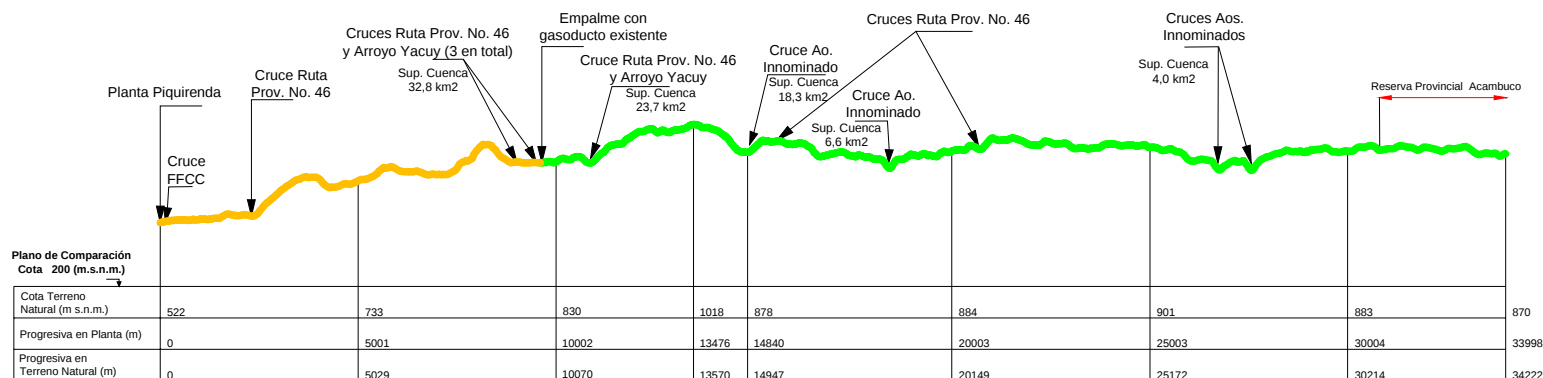
- Ambiental S. A. 2003. "Estudio de Impacto Ambiental Previo Pozo Exploratorio Macueta Sur e-1.005". Informe Inédito
- ARIEL H. GASCA, MICHAEL SWEENEY; "Terrain Impact on Pipeline Installation and Restoration Works"; Bp Exploration Company (Colombia) Ltd. Informe Inédito.
- Barés, A. 2001. Relevamiento Bibliográfico de Antropología y Arqueología del área de Prospección Sísmica Macueta 3D.
- Bianchi A. y C. Yañez 1992 .“Las Precipitaciones en el Noroeste Argentino” 2ª Edición. INTA. Estación Experimental Salta.
- Bianchi, A. 1996. “Temperaturas Medias Estimadas para la Región Noroeste de Argentina” INTA. Estación Experimental Salta.
- Brown, A.D. 1995. Las selvas de montaña de Argentina: problemas ambientales e importancia de su conservación. En: Investigación, Conservación y Desarrollo en Selvas Subtropicales de Montaña. (Brown, A.D. y H.R. Grau, Eds.). Proyecto de Desarrollo Agroforestal/LIEY. Pág. 9-18.
- Bucher E.H. y J.M. Chani. 1998. “Los humedales de Argentina”, capítulo “Los humedales del Chaco” en Canevari, P. et al. Eds. Wetlands International. Publicación No. 46:74-96.
- Burkart, R., y Valle Ruiz, L. 1994. Las áreas naturales protegidas del país. Datos, historia y evaluación. En: El sistema nacional de áreas naturales protegidas. Diagnóstico de su patrimonio natural y su desarrollo institucional (Burkart, R., Ed.). Administración de Parques Nacionales. Pág. 34-86.
- Cassino, W. 2001 “Inventario Florístico del Área Boscosa de la Reserva Provincial Acambuco” Pan American Energy. Informe Inédito.
- Chani J.M. 1999. Módulos de educación a distancia. Módulo 3: Evolución. Ed. Instituto para la Administración de Áreas Protegidas, Dr. C. Olog. Universidad Nacional de Tucumán y Administración de Parques Nacionales.
- Chani J.M., 1997. Manejo y utilización de la fauna silvestre. Revista de Experimentación Animal, vol. 8 - Nos. 1 y 2: 84-89. España.
- Chow, V. T. y otros. 1994. "Hidrología Aplicada". Mc Graw - Hill Interamericana. Colombia.
- Dinerstein E.D.; D.M. Olson; D.J. Graham; A.L. Webster; S.A. Primm; M.P. Bookbinder & G. Ledec, 1995. Una evaluación del estado de conservación de las ecologías terrestres de América Latina y el Caribe. Banco Mundial y Fondo Mundial para la Conservación de la Naturaleza, Washington, DC, 135 p.
- Dougherty, B. 1975. Breve reseña sobre la arqueología del río San Francisco. Actas y Trabajos del I Congreso de Arqueología Argentina. Rosario.
- Fernández, J. 1979-1980. Historia de la Arqueología Argentina. Anales de Arqueología y Etnología. T. XXXIV-XXXV.
- GEA 1997 Estudio de Impacto Ambiental Previo Operación Sísmica (Yac. San Pedrito). Pan American Energy. Informe Inédito.
- GEA 1999 Estudio de Impacto ambiental Previo de los Pozos San Pedrito x-3. Pan American Energy. Informe Inédito.
- GEA 1999 Estudio de Impacto Ambiental Red de Captación del Yacimiento San Pedrito y Línea Principal de Batería a Piquirenda. Pan American Energy. Informe Inédito.
- GEA 1999 Estudio de Impacto Ambiental Previo - Pozo Macueta x-1001Bis. Pan American Energy. Informe Inédito.
- GEA 1999 Estudio de Impacto Ambiental Previo - Pozo Macueta x-1001Bis. Pan American Energy. Informe Inédito.

- GEA 1998 Estudio de Impacto Ambiental Previo Pozo Cerro Tuyuntí x-1. Pan American Energy. Informe Inédito.
- GEA 2000 Estudio de Impacto Ambiental Previo Planta de Tratamiento Piquirenda. Pan American Energy. Informe Inédito.
- GEA 2000 Estudio de Impacto ambiental Previo de los Pozos San Pedrito x-4. Pan American Energy. Informe Inédito.
- GEA 2000 Estudio de Impacto Ambiental Previo - Programa Sísmico 3D Tuyunti. Pan American Energy. Informe Inédito.
- GEA 2001 Estudio de Impacto Ambiental Previo Programa Sísmico 3D Macueta. Pan American Energy. Informe Inédito.
- Geomarine, 1994, Estudio Ambiental Previo al Comienzo de las Operaciones en el Pozo Exploratorio.
- Lorentz, P. 1876. Cuadro De la vegetación de la República Argentina. En R. Napp: La República Argentina: 77-136.
- Mingramm, A., Russo, A., Pozzo, A. y L. Cazau, 1979. "Sierras Subandinas". II Simposio de Geología Regional Argentina. Academia Nacional de Ciencias de Córdoba.
- Nadir A. y T. Chafatinos 1990 y 1995 "Los Suelos del N.O.A. (Salta y Jujuy)" .
- Pan American Energy LLC, Gerencia de Exploración. 2000. Mapa Geológico y columna estratigráfica simplificada.
- Petterssen Sverre. 1976. "Introducción a la Meteorología". 5ª Edición. Espasa Calpe. Madrid.
- Primer Censo Aborigen. 1984. Gobierno de la Provincia de Salta. Ministerio de Bienestar Social.
- Sciortino J, Villanueva G. 2000. "Precipitaciones Máximas Diarias. Su aplicación en la Conservación del Suelo" XI Conferencia de la Organización Internacional para la Conservación del Suelo. 2000
- Ventura, B. 1991. Síntesis de las Investigaciones Arqueológicas en el sector Norte de las Selvas Occidentales. Arqueología I: 51-74.
- Vides Almonacid R.; H. Ayarde; G. Scrocchi; F. Romero; C. Boero y J.M. Chani. 1998. Biodiversidad de Tucumán y el noroeste argentino. Opera Lilloana 43. 89 p.
- Zapater de Del Castillo, M. 1985. "Esquema Fitogeográfico de la Provincia de Salta". Dir. Gral. Agropecuaria. Dpto. Suelo, Riego y Clima. Salta.

Perfiles







Usos del Suelo

- Camino
- Bosque
- Pastizal
- Valle fluvial con cultivos de subsistencia
- Pista
- Rural

Escala Horizontal: 1:100.000
Escala Vertical: 1: 20.000

Escala Gráfica

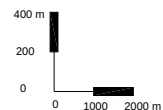


Figura No. 8:

U. G.
ACAMBUCO

ESTUDIO:

Dr. Rodolfo Amengual
Ing. Juan Sciortino
Ing. Patricio García Bes

SELECCIÓN DE
TRAZAS GASODUCTO
MACUETA - PIQUIRENDA

PERFIL LONGITUDINAL
TRAZA No. 3

Escala:

Varias

Marzo 2004

Currículo resumido:

Patricio García Bes

Ingeniero en Recursos Naturales y Medio Ambiente, expedido por la Universidad Nacional de Salta, Diciembre de 1999.

Se encuentra desempeñando tareas de soporte ambiental en la Unidad de Gestión Acambuco desde el año 2000.

Rodolfo E. Amengual

Doctor en Ciencias Geológicas, Universidad Nacional de Córdoba. Marzo de 1974.

Actualmente se desempeña como Prof. Adj. Cátedra de Fotogeología de la Universidad Nacional de Salta y como Consultor Privado.

E/mail: reamengual@arnet.com.ar; Tel. Part. (0387) 4921464; Estudio: (0387) 4215889. cel (0387) 154127532.

Juan B. Sciortino

Ingeniero en Recursos Hídricos. Universidad Nacional del Litoral, Diciembre de 1983.

Actualmente se desempeña como Prof. Adj. Cátedra Hidráulica de la Universidad Nacional de Salta y como Consultor Privado.

E/mail: Jbtino@arnet.com.ar ; Tel. Part. (0387) 491919; Estudio: (0387) 4215889. Cel (0387) 155003489