

EVALUACIÓN INGENIERIL-GEOLÓGICA
CORREDOR EK-A A BALAM-A
BAHÍA DE CAMPECHE, MÉXICO
Reporte para
PETROLEOS MEXICANOS
Ciudad del Carmen, Campeche, México

Reporte Final Número 03.24113033-08

18 noviembre de 2011

PEMEX Exploración y Producción
Subdirección de Mantenimiento y Logística
Gerencia de Mantenimiento Integral Marino
Subgerencia de Ingeniería de Proyectos
Ciudad del Carmen, Campeche

Atención: Ing. Esteban Espinosa Zamudio

**EVALUACIÓN INGENIERIL-GEOLÓGICA
CORREDOR EK-A A BALAM-A
BAHÍA DE CAMPECHE, MÉXICO**

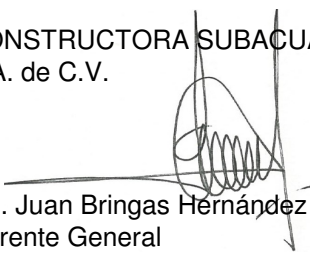
Fugro-Chance de México S.A. de C.V. y Constructora Subacuática Diavaz S.A. de C.V. tienen el agrado de presentar este reporte de nuestra evaluación geológica y geotécnica del CORREDOR EK-A A BALAM-A. Este estudio fue autorizado por Petróleos Mexicanos, conforme al Contrato No. 428231803.

Este reporte describe las condiciones generales del suelo y las condiciones geológicas someras que pudieran afectar la ubicación y diseño de la tubería propuesta dentro del corredor del levantamiento geofísico denominado EK-A A BALAM-A. Este reporte incorpora los resultados de aproximadamente 31.5 kilómetros de líneas de datos geofísicos de alta resolución, los resultados del análisis de siete muestras de los suelos superficiales y tres pruebas de piezocono penetrómetro.

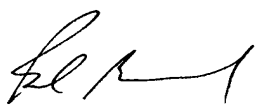
Nos ha sido grato trabajar con Uds. en este interesante proyecto. Esperamos seguir brindándoles nuestros servicios de consultoría geotécnica y de ingeniería-geológica.

Atentamente,

CONSTRUCTORA SUBACUATICA DIAVAZ,
S.A. de C.V.


Ing. Juan Bringas Hernández
Gerente General

FUGRO-CHANCE DE MÉXICO
S.A. de C.V.


M. en C. Paul D. Baerenwald, P.G.
Gerente de Proyectos Geológicos/Geofísicos

Originales Presentadas: (3)

CONTENIDO

	<u>Página</u>
RESUMEN DE LAS CONDICIONES	i
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos y Alcance	1
Formato del Reporte	1
Preparación del Reporte	1
DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES	2
Introducción	2
Tirante de Agua y Topografía del Fondo Marino	2
Condiciones de los Suelos Superficiales	2
Rasgos Geológicos y Riesgos	3
Arrecifes Enterrados	3
Canales Enterrados	3
Condiciones Causadas por el Hombre u Otras	4
EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES EN LA RUTA PROPUESTA	5
Evaluación General	5
Topografía del Fondo Marino	5
Suelos	5
Rasgos Geológicos	5
Socavación del Fondo Marino	6
Condiciones Causadas por el Hombre u Otras	6
CONCLUSIONES	7
RECOMENDACIONES	7
REFERENCIAS	8

APÉNDICES

APÉNDICE A: INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA DE CAMPO

APÉNDICE B: INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

APÉNDICE C: INTERPRETACIÓN Y MAPEO

ILUSTRACIONES

	<u>Figura/Plano</u>
Mapa del Área, CORREDOR EK-A A BALAM-A	1
Mapas de la Ruta Propuesta Para la Tubería, CORREDOR EK-A A BALAM-A Posicionamiento, Plano Batimétrico e Imagen del Fondo Marino.....	2*
Mapas de la Ruta Propuesta Para la Tubería, CORREDOR EK-A A BALAM-A Mapeo del Fondo Marino, Plano de Isopacas	3*
Mapas de la Ruta Propuesta Para la Tubería, CORREDOR EK-A A BALAM-A Plano de Peligros Potenciales y Riesgos, y Perfil Interpretativo	4*
Datos del Perfilador Somero de la Línea 1 que Muestran las Condiciones Geológicas Someras en el CORREDOR EK-A A BALAM-A	5

* Mapa incluido en Bolsillo Posterior

RESUMEN DE LAS CONDICIONES

El centro del CORREDOR EK-A A BALAM-A se encuentra en la Bahía de Campeche, aproximadamente a 95 kilómetros al norte del puerto de Ciudad del Carmen, Campeche. Las coordenadas (NAD 27, UTM Zona 15N) en los extremos de la ruta propuesta son las siguientes:

CORREDOR	X	Y
EK-A (Origen)	604,931.99	2'157,058.92
BALAM-A (Destino)	610,036.00	2'154,394.00

Tirante de Agua y Topografía del Fondo Marino. Los tirantes de agua en el corredor EK-A A BALAM-A varían desde aproximadamente 47.6 metros en el extremo sureste del corredor, hasta 50.75 metros en el extremo noroeste del mismo. Se observan algunas pequeñas depresiones donde la profundidad alcanza 52.5 metros. La pendiente regional es hacia el nor-noroeste de 0.06 por ciento (0.04 grados).

Condiciones del Suelo. A lo largo de la ruta propuesta la capa de los suelos superficiales se caracteriza de arcilla calcárea muy blanda a blanda con un espesor que dentro de la retícula del corredor varía entre 5 y 10 metros. Los espesores son de aproximadamente 6.6 metros en el origen de la ruta hasta 8.7 metros en el destino de la misma. Los suelos superficiales parecen lateralmente continuos y homogéneos a través del corredor.

Rasgos Geológicos y Riesgos. Se identificaron depósitos de canales y arrecifes enterrados en varias partes del corredor de estudio. Los arrecifes enterrados se encuentran en el sureste del corredor, entre el kilometraje 4+310 y el final del corredor; la mayor parte de los depósitos se encuentran al norte de la ruta propuesta. Los arrecifes enterrados se encuentran a profundidades que varían de 5.4 a 7 metros debajo del fondo marino. Los canales enterrados se encuentran esparcidos a través del corredor, bajo la capa superficial de arcillas. Las profundidades debajo del fondo marino hasta las cimas de los canales varían de 8 a 13 metros y sus bases se encuentran a profundidades de 12 a 36 metros debajo del fondo marino.

Condiciones Causadas por el Hombre u Otras. En el origen de la ruta propuesta se encuentra la plataforma EK-A. En los registros geofísicos se identifica una estructura no mostrada en la base de datos de PEMEX aproximadamente a 70 metros al este de EK-A, a unos 20 metros al noreste de la ruta propuesta en el kilometraje 0+090. Otras estructuras que se encuentran en el corredor de levantamiento incluyen EK-TA, unos pocos metros al sur-suroeste de la ruta propuesta en el kilometraje 1+400, EK-TB, BALAM-TA, BALAM-TB y BALAM-1. Se identificaron múltiples tuberías existentes, la mayor parte de las cuales se encuentran expuestas en el fondo marino mientras que otras están enterrados entre 0.1 y 1.7 metros debajo del fondo marino. La ruta propuesta cruza nueve tuberías existentes. Se identificaron múltiples depresiones en el fondo marino que se atribuyen a huellas de las piernas o zapatas de plataformas autoelevables.

Evaluación de Condiciones. Consideramos que las condiciones a lo largo de la ruta propuesta no son favorables para el tendido y operación de una tubería submarina, debido a que la ruta corre prácticamente sobre una tubería expuesta sobre el lecho marino por un tramo de unos 360 metros, entre los kilometrajes aproximados 2+820 y 3+190. Adicionalmente, en el kilometraje 1+395 la ruta propuesta pasa aproximadamente a 2 metros de una pierna de la estructura EK-TA.

Para evitar las obstrucciones se recomienda desviar la ruta propuesta aproximadamente 80 metros al nor-noroeste entre los kilometrajes 1+096 y 3+936.

INTRODUCCIÓN

El reporte describe y evalúa el fondo marino, los suelos someros y las condiciones geológicas someras en el corredor del levantamiento costa afuera para la tubería propuesta de EK-A A BALAM-A en la Bahía de Campeche, México. El centro del corredor de levantamiento se encuentra aproximadamente a 95 kilómetros al norte del puerto de Ciudad del Carmen, Campeche (Figura 1).

Este estudio es parte de un programa completo de desarrollo petrolero y tiene la finalidad de definir las condiciones del fondo marino, las condiciones geológicas someras y los suelos en numerosos sitios en la Bahía de Campeche.

Las coordenadas (NAD 27, UTM Zona 15N) en los extremos de la ruta propuesta objeto de este estudio son las siguientes:

CORREDOR	X	Y
EK-A (Origen)	604,931.99	2'157,058.92
BALAM-A (Destino)	610,036.00	2'154,394.00

Objetivos y Alcance

Los objetivos de este estudio son: identificar cualquier rasgo significativo que pudiera representar riesgos o tener un impacto en la ubicación de una tubería submarina. Este reporte se basa en una interpretación de aproximadamente 31.5 kilómetros de líneas de datos geofísicos de alta resolución, en la evaluación de siete muestras de los suelos superficiales y tres pruebas de piezocono penetrómetro (PCPT). La ruta propuesta inicia en la localización EK-A (km 0+000) y termina en la plataforma BALAM-A (km 5+758).

Los datos geofísicos se sintetizaron con información del suelo de siete muestras de los suelos superficiales y tres pruebas PCPT para proporcionar una evaluación integrada del sitio. Los resultados del análisis de los suelos superficiales y la prueba PCPT se detallan en el Apéndice B de este informe.

Los datos geofísicos y las muestras de pistón se recolectaron desde la embarcación *B/M Callais Searcher* durante los días 11 y 12 de junio de 2011, mientras que las pruebas de PCPT se realizaron desde la embarcación *B/M HOS Lode Star* durante el día 9 de julio de 2011. Una descripción completa del levantamiento geofísico, incluyendo equipo de levantamiento y parámetros de operación utilizados durante el levantamiento de la ruta propuesta de EK-A A BALAM-A se incluye en el Apéndice A. La cuadrícula del levantamiento sobre la cual se recolectaron los datos geofísicos se ilustra en los Planos 2 a 4.

Formato del Reporte

Este reporte inicia con una descripción de las condiciones topográficas y geológicas, así como también de los suelos superficiales en el área de estudio. La siguiente sección evalúa el significado potencial para la ingeniería de las condiciones identificadas. La sección final proporciona conclusiones y recomendaciones. Ilustraciones y apéndices detallados de la investigación geofísica (Apéndice A), muestreo y los ensayos del laboratorio (Apéndice B) y métodos usados en la interpretación y mapeo de los datos geofísicos (Apéndice C) le siguen al texto principal.

Preparación del Reporte

Las interpretaciones y los análisis de datos geofísicos fueron realizados por el Ing. Daniel Ruberg. Este reporte fue preparado por el M. en C. Paul Baerenwald, Gerente de Proyectos Geológicos y Geofísicos, quien también realizó la supervisión de todo el proyecto y proporcionó la revisión final del reporte.

DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES

Introducción

Esta sección del reporte describe el fondo marino y las condiciones geológicas someras deducidas del suelo dentro del CORREDOR EK-A A BALAM-A. La ruta propuesta se extiende hacia el sureste desde su origen en la plataforma EK-A hasta su destino en la localización BALAM-A. Las coordenadas (NAD 27, UTM Zona 15) en los extremos de la ruta propuesta objeto de este estudio son las siguientes:

CORREDOR	X	Y
EK-A (Origen)	604,931.99	2'157,058.92
BALAM-A (Destino)	610,036.00	2'154,394.00

Tirante de Agua y Topografía del Fondo Marino

Los tirantes de agua en el corredor EK-A a BALAM-A varían desde aproximadamente 47.6 metros en extremo sureste del corredor, hasta 50.75 metros en el extremo noroeste del corredor (Plano 2). La pendiente regional es muy suave hacia el nor-noroeste de aproximadamente 0.06 por ciento (0.04 grados). Se identificaron mayores profundidades dentro de unas pequeñas depresiones que se interpretan como huellas de las piernas y/o zapatas de plataformas autoelevables. Las profundidades de agua asociadas con las huellas alcanzan hasta 52.5 metros.

Se corrigieron los tirantes de agua por velocidad del sonido en el agua obtenida en el área de levantamiento y por variaciones de marea referenciados al Nivel Medio del Mar para el puerto de Ciudad del Carmen, Campeche, basados en las tablas de mareas producidas por el programa de computo WTIDE[®]. Se realizó una prueba de velocidad del sonido y temperatura de la columna de agua dentro del corredor de estudio. La velocidad promedio del sonido en el agua fue de 1535.9 m/seg, mientras que la temperatura en el fondo marino fue de 20.2° C (Figura C-1).

Estimamos que la precisión total de los tirantes de agua que se presentan en el Plano Batimétrico (Plano 2) es en promedio aproximadamente ± 0.25 metros. Más información sobre los procedimientos usados para el procesamiento del Plano Batimétrico se incluye en el Apéndice C.

Condiciones de los Suelos Superficiales

Las condiciones de los suelos superficiales en el CORREDOR EK-A A BALAM-A se determinaron con base en la integración de los datos de siete muestras de los suelos superficiales y tres pruebas de PCPT obtenidas a lo largo de la ruta propuesta. Alejados de los sitios de muestreo las condiciones del suelo se han deducido con base en el carácter de los datos geofísicos. Se recolectaron las muestras de pistón y se realizaron las pruebas de PCPT para ayudar a definir los suelos superficiales. Los registros de las muestras de pistón y los resultados de las pruebas PCPT se incluyen en el Apéndice B. Todas las profundidades y espesores con respecto a las unidades estratigráficas de suelos se calcularon usando una velocidad asumida de 1550 m/seg (véase Apéndice C). Las localizaciones de las muestras y pruebas se ilustran en los Planos 2 a 4, así como en la Figura 5.

Enfatizamos que el perfil interpretativo en el Plano 4 debe de usarse como guía general de las condiciones del suelo a lo largo de la ruta propuesta para la tubería. Los tipos de suelos presentados en este perfil y los ejemplos de datos ilustrativos han sido extrapolados de las muestras de los suelos superficiales basados en el carácter acústico de los datos geofísicos. Los tipos de suelos presentados podrían variar a través del corredor y el perfil interpretativo podría no reflejar con precisión las condiciones verdaderas del suelo alejadas de los sitios de las muestras. Resumiendo, suponemos que el Perfil

Interpretativo en el Plano 4 es representativo de los tipos de suelos generales que se extienden por debajo del corredor del levantamiento, pero los detalles de la estratigrafía pueden variar de un lugar a otro.

El análisis de las siete muestras de los suelos superficiales y de las tres pruebas de piezocono penetrómetro indica que los suelos superficiales a lo largo de la ruta propuesta se componen de arcilla calcárea muy blanda a blanda, algunas con intervalos arenosos. De acuerdo con los datos del perfilador somero (Figura 5), la capa de suelos superficiales es mayormente homogénea y lateralmente continua dentro del corredor.

Por debajo de los suelos superficiales se interpreta la existencia de un estrato de arena, el cual en la parte este del corredor contiene depósitos de arrecifes enterrados (Plano 4, Figura 5). Se interpreta que los depósitos del arrecife enterrado se componen de una mezcla de sedimentos finos, arena carbonatada, conchas y fragmentos de conchas, coral y roca carbonatada, con un grado de cementación que varía de un lugar a otro.

Esparcidos a través del corredor se identificaron formaciones de canales enterrados dentro de la capa de arena que subyace las arcillas superficiales. Se interpreta que los canales enterrados contienen una mezcla de arena, arcilla y posiblemente gravas que varía lateralmente y verticalmente dentro de los depósitos y que pueden ser diferentes que las arenas de esa capa.

Los contenidos de humedad en los suelos superficiales fluctúan desde el 26.2 por ciento hasta el 85.6 por ciento, promediando aproximadamente 75.6 por ciento. Los contenidos de carbonato de calcio fluctúan desde 17.5 por ciento hasta 45.0 por ciento, promediando aproximadamente 30.2 por ciento. El porcentaje que pasa el tamiz # 200 fluctúa desde el 54.0 por ciento hasta 99.8 por ciento, promediando aproximadamente 93.9 por ciento. La resistencia al corte, incluyendo los resultados tanto del torcómetro como de la veleta miniatura inalterada, veleta miniatura remoldeada y del PCPT, fluctúan entre 1.2 kPa (muy blanda) y 17.1 kPa (blanda). En el Resumen de Resultados de las Pruebas (Figura B-3) se presentan todos los datos obtenidos tanto en campo como en laboratorio.

El Plano de Isopacas (Plano 3) fue dibujado con base en un horizonte identificado en los datos del perfilador somero (Figura 5) que se interpreta como la base de la capa superficial. De acuerdo al Plano de Isopacas, el espesor de la capa superficial varía de aproximadamente 5 metros en el noroeste del corredor hasta 10 metros en el sureste del mismo (Plano 3).

Rasgos Geológicos y Riesgos

El Plano de Rasgos y Riesgos Geológicos (Plano 4) presenta los rasgos geológicos que se consideran riesgosos o significativos dentro del corredor para la tubería propuesta entre EK-A y BALAM-A.

Arrecifes Enterrados. Como ya se mencionó, se identificaron depósitos de canales y arrecifes enterrados en varias partes del corredor estudiado (Plano 4, Figura 5). Los arrecifes enterrados se encuentran en el sureste del corredor, entre el kilometraje 4+810 y el destino de la ruta; la mayor parte de los depósitos se encuentran al norte de la ruta propuesta. Se interpreta que los depósitos de arrecifes enterrados se componen de una mezcla de arena carbonatada, conchas y fragmentos de conchas, coral y roca carbonatada, con un grado de cementación que varía de un lugar a otro. Los arrecifes enterrados se encuentran a profundidades que varían de 5.4 a 7 metros debajo del fondo marino.

Canales Enterrados. Los canales enterrados se encuentran esparcidos a través del corredor (Plano 4, Figura 5). Se identificaron los canales enterrados en los datos del perfilador somero, bajo la capa superficial de arcillas. Los canales parecen cortar el estrato de arenas que subyace las arcillas. Las profundidades debajo del fondo marino hasta las cimas de los canales varían de 8 a 13 metros y sus bases se encuentran a profundidades de 12 a 36 metros debajo del fondo marino. Se interpreta que los suelos dentro de los canales enterrados pueden variar de un lugar y probablemente contienen una mezcla de arena, arcilla y posiblemente grava.

No se identificaron otros rasgos geológicos como bolsas de gas, fallas geológicas enterradas o que afecten el lecho marino, afloramientos rocosos y/o arrecifales ni ningún otro riesgo geológico en el corredor de levantamiento.

Condiciones Causadas por el Hombre u Otras

En el origen de la ruta propuesta se encuentra la plataforma EK-A. En los registros geofísicos se identifica una estructura no mostrada en la base de datos de PEMEX aproximadamente a 70 metros al este de EK-A, y a unos 20 metros al noreste de la ruta propuesta en el kilometraje 0+090. Otras estructuras que se encuentran en el corredor de levantamiento incluyen EK-TA, aproximadamente a 2 metros al sur-suroeste de la ruta propuesta en el kilometraje 1+400, EK-TB la cual se encuentra a unos 135 metros al sur-suroeste de la ruta en el kilometraje 2+785, BALAM-TA aproximadamente 105 metros al sur-suroeste de la ruta en el kilometraje 4+100, la plataforma BALAM-TB, a unos 65 metros al nor-noreste de la ruta propuesta en el kilometraje 5+640 y BALAM-1 aproximadamente 305 metros al sur-suroeste de la ruta propuesta en el kilometraje 4+475 (Planos 2 a 4).

Además de las estructuras en el corredor, se identificaron múltiples tuberías existentes (Planos 2 a 4, Figura 5). Las tuberías se conectan entre las estructuras en el área, con trayectorias en varias direcciones; la mayor parte con orientaciones generales del noroeste al sureste y de noreste al sureste (Plano 4). La mayoría de los ductos se encuentran expuestos en el fondo marino mientras que otros están enterrados de 0.1 hasta 1.7 metros debajo del fondo marino.

El fondo marino debajo y alrededor de las estructuras BALAM-1 y BALAM-TB parece alterado en los datos del sonar de barrido lateral (Planos 2 a 4). Se considera que la alteración del fondo marino resulta por las actividades de perforación, la instalación de las estructuras y las tuberías en esta parte del corredor.

Como ya se mencionó en la sección de topografía, se identificaron múltiples depresiones en el fondo marino que se interpretan como huellas de zapatas y/o piernas de plataformas autoelevables. La mayoría de estas depresiones son de forma burdamente circular con diámetros de 15 a 20 metros y profundidades que alcanzan 2 metros respecto al lecho marino adyacente. Se observan varias de dichas depresiones al oeste y oeste-noroeste de la plataforma EK-A, fuera de la trayectoria propuesta. Otras de estas depresiones se encuentran a lo largo de la ruta propuesta entre los kilometrajes 1+355 y 1+420, aproximadamente 15 a 60 metros al nor-noreste de la plataforma EK-TA. Se identifican otras depresiones 60 a 110 metros al sur-suroeste de la ruta propuesta entre los kilometrajes 2+750 y 2+820, al nor-noreste de la estructura EK-TB. Al noroeste de la estructura BALAM-TA, entre los kilometrajes 4+450 y 4+100 y aproximadamente 50 a 110 metros al sur-suroeste de la ruta propuesta, se identificaron depresiones que alcanzan profundidades de hasta 2 metros. Se identificó el último grupo de depresiones al nor-noreste de la ruta propuesta entre los kilometrajes 5+610 y 5+670, aproximadamente 90 a 115 metros de la ruta propuesta. Estas depresiones se encuentran aproximadamente 130 metros al norte del destino de la ruta y se encuentran al lado nor-noreste de la plataforma BALAM-TB.

No se identificó ninguna otra infraestructura existente o alguna condición hecha por el hombre en el área del corredor EK-A a BALAM-A.

EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES EN LA RUTA PROPUESTA

Esta sección trata sobre el significado potencial en ingeniería de las condiciones en el corredor de levantamiento y especialmente a lo largo de la ruta propuesta para la tubería de EK-A A BALAM-A.

Evaluación General

Consideramos que las condiciones a lo largo de la ruta propuesta para la tubería entre EK-A y BALAM-A no son favorables para el tendido y operación de una tubería submarina. La ruta propuesta recorre aproximadamente 360 metros prácticamente encima de un ducto expuesto sobre el lecho marino entre los kilometrajes 2+820 y 3+190. Adicionalmente, en el kilometraje 1+395 la ruta propuesta pasa aproximadamente a 2 metros de una pierna de la estructura EK-TA.

Para evitar las obstrucciones se recomienda desviar la ruta propuesta aproximadamente 80 metros al nor-noroeste entre los kilometrajes 1+096 y 3+936. La sección de Conclusiones y Recomendaciones incluye los detalles de una ruta alterna que desvía la ruta propuesta.

Topografía del Fondo Marino

Los tirantes de agua a lo largo de las rutas propuesta y alterna varían desde aproximadamente 50.5 metros en el punto de origen, disminuyendo hasta 48.0 metros en el punto de destino. La pendiente aparente es muy suave de aproximadamente 0.04 por ciento (0.02 grados) hacia el noroeste. El fondo marino es en general plano, sin rasgos topográficos significativos, ya que no se observan desniveles abruptos o escarpas, elevaciones ni afloramientos rocosos y/o arrecifales (Planos 2 a 4). Sin embargo, entre los kilometrajes 1+340 y 1+450 a lo largo de la ruta originalmente propuesta, se encuentran una depresión que alcanzan profundidades de aproximadamente 1.0 metro. Esta misma depresión se encuentra a lo largo de la ruta alterna entre los kilometrajes 1+350 y 1+430 donde alcanzan profundidades de hasta 0.5 metros.

Consideramos que la topografía del fondo marino a lo largo de las rutas propuesta y alterna es conveniente para el tendido y operación de una tubería submarina.

Suelos

A lo largo de las rutas propuesta y alterna los suelos superficiales consisten de arcilla calcárea muy blanda a blanda. Se espera que la capa de suelos superficiales sea lateralmente continua y homogénea. Debajo de las rutas propuesta y alterna, esta capa presenta un espesor que varía de aproximadamente 6.6 metros en la cercanía del origen de la ruta hasta un máximo de aproximadamente 9.3 metros en el kilometraje 5+140 de la ruta original y 5+150 en la ruta alterna. El espesor de la capa superficial es de aproximadamente 8.8 metros en el destino de ambas rutas.

Se interpreta que por su profundidad debajo del fondo marino ni los arrecifes enterrados ni la capa de arena que subyacen la capa superficial de arcillas no afectarán el tendido u operación del ducto propuesto.

Se considera que las condiciones de los suelos no dificultarán la instalación de una tubería a lo largo de las rutas propuesta y alterna.

Rasgos Geológicos

Además de los arrecifes y canales enterrados mencionados anteriormente, no se encontró ningún otro rasgo geológico que puede afectar adversamente el tendido u operación de una tubería en el corredor de levantamiento.

Consideramos que las características geológicas son convenientes para tender y enterrar una tubería submarina.

Socavación del Fondo Marino

No se encuentra evidencia de transporte de los suelos superficiales. El análisis del potencial de socavación alrededor de una tubería marina está fuera del alcance de éste estudio, pero debe ser considerado.

Condiciones Causadas por el Hombre u Otras

La trayectoria central del corredor originalmente propuesta para la tubería de EK-A a BALAM-A pasa aproximadamente a 2 metros al nor-noreste de la plataforma EK-TA en el kilometraje 1+400. Esta ruta también cruzará tuberías submarinas existentes en nueve puntos de intersección (Planos 2 a 4). La ruta alterna propuesta por Fugro incluye siete intersecciones con tuberías existentes y pasa aproximadamente 30 metros al nor-noreste de la plataforma EK-TA.

Las tablas a continuación indican los puntos de intersección de las dos rutas con las tuberías existentes:

Kilometraje de Intersección Ruta Original	Profundidad de Enterrado (m)
0+031	0
0+039	0
0+129	0
2+721	0
2+828	0
3+176	0
3+577	0
5+298	1.5
5+493	0

Kilometraje de Intersección Ruta Alterna	Profundidad de Enterrado (m)
0+031	0
0+039	0
0+129	0
2+719	0
3+593	0
5+305	1.5
5+499	0

No se identificó ninguna otra infraestructura existente o alguna condición hecha por el hombre que afecten las trayectorias propuesta y alterna para la tubería EK-A a BALAM-A.

CONCLUSIONES

Las conclusiones y recomendaciones presentadas aquí se aplican específicamente a la ruta propuesta para la tubería de EK-A A BALAM-A.

- (1) Concluimos que por la presencia de ductos y estructuras, las condiciones a lo largo de la ruta originalmente propuesta no son favorables para el tendido y operación de una tubería submarina a lo largo de la ruta propuesta.
- (2) Sustentamos que no es probable que los procesos geológicos afecten adversamente la ruta de EK-A A BALAM-A durante la vida de una instalación marina (aproximadamente 20 años).

RECOMENDACIONES

- (1) Se recomienda reubicar la ruta del ducto aproximadamente 80 metros al nor-noreste entre los kilometrajes 1+096 y 3+936 para evitar las obstrucciones. La tabla a continuación contiene la información acerca de la curva de la ruta alterna propuesta por Fugro.

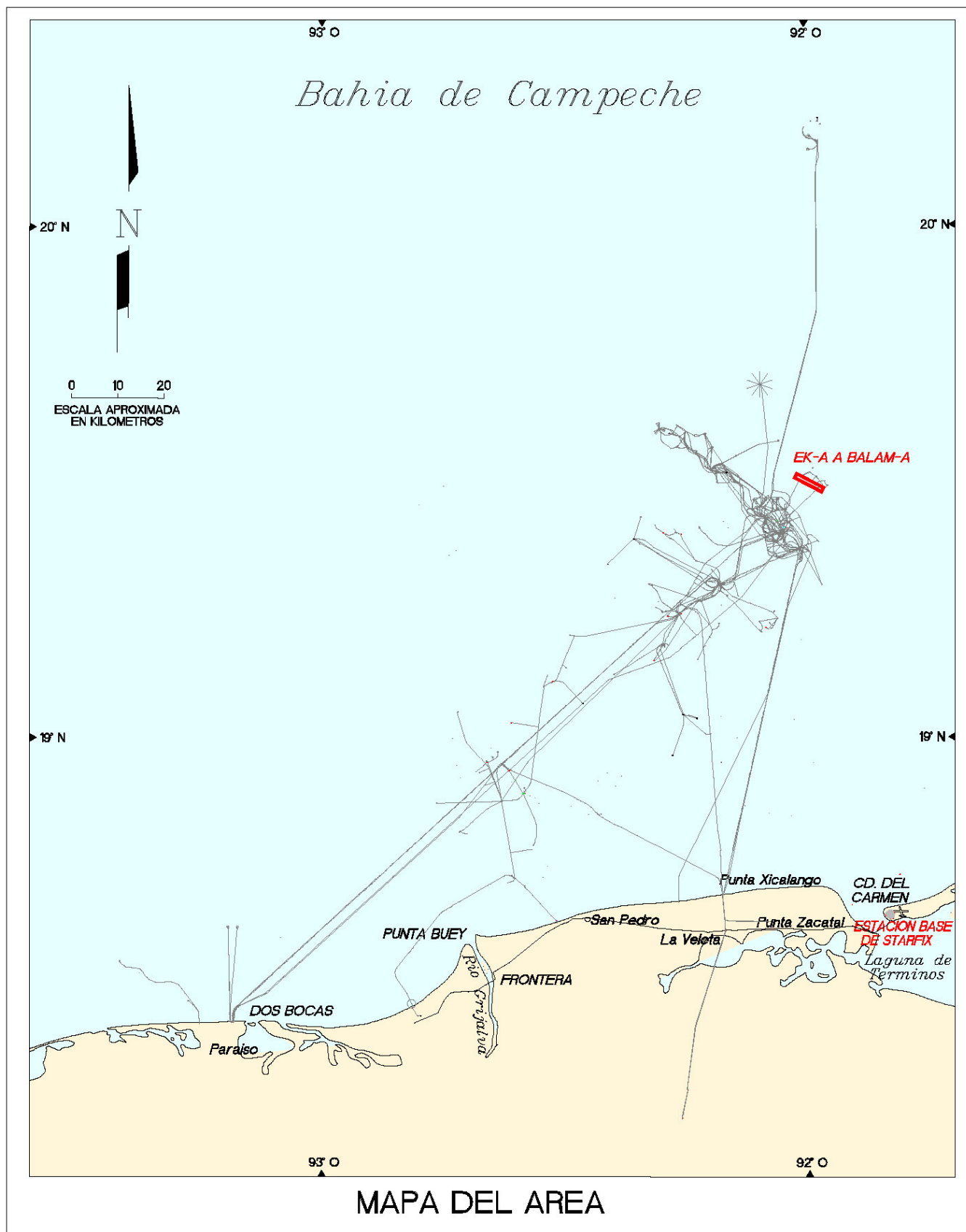
Curva	Kilometraje	X	Y
PC	1+096	605,903.87	2,156,551.48
PT	3+943	608,421.40	2,155,237.02
PI		607,238.97	2,156,040.45

- (2) Durante la planificación del tendido de la nueva tubería se debe considerar la ubicación de las tuberías existentes que cruzan la ruta propuesta.
- (3) Se recomienda considerar los resultados de este estudio en caso de proponer una modificación de la ruta propuesta.

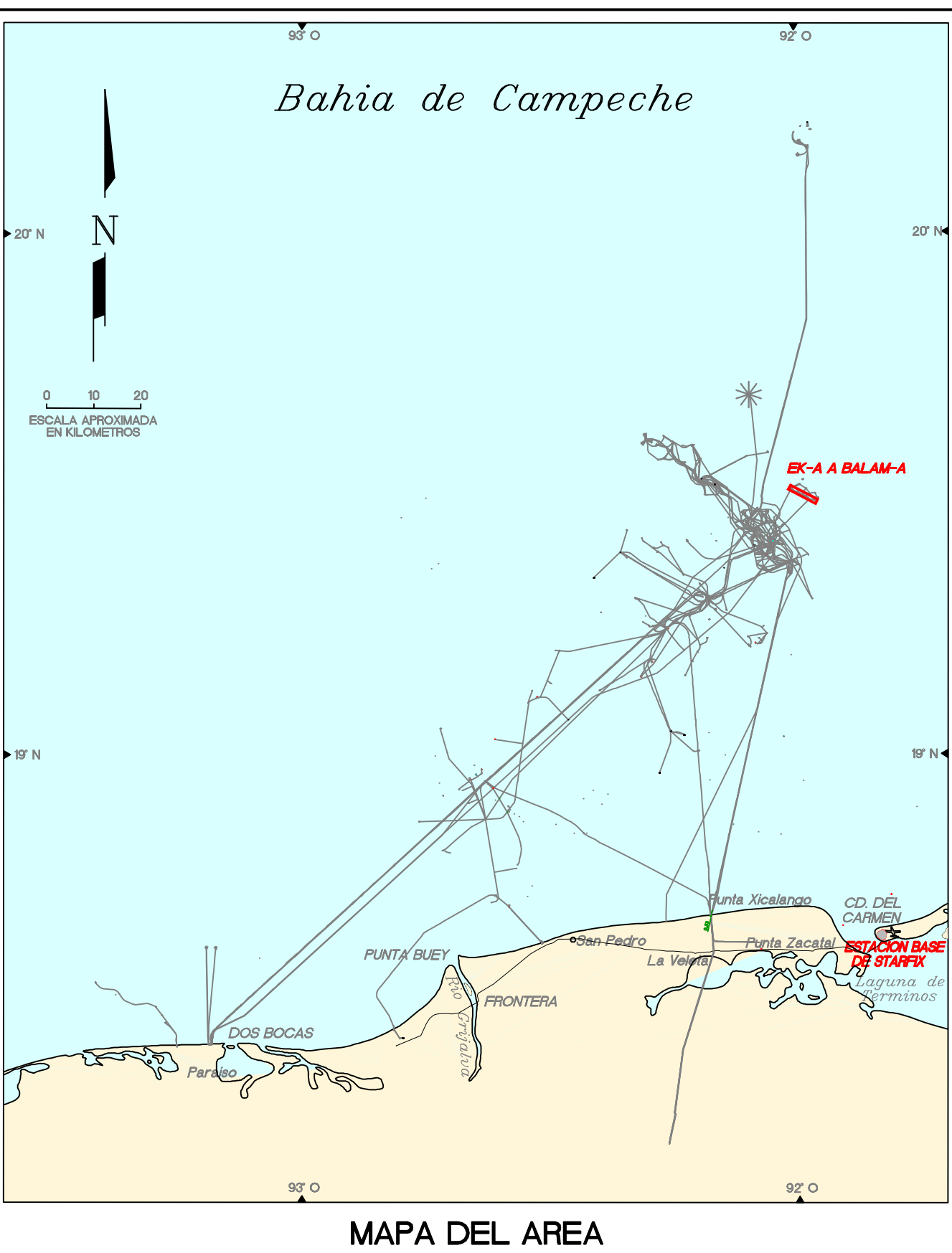
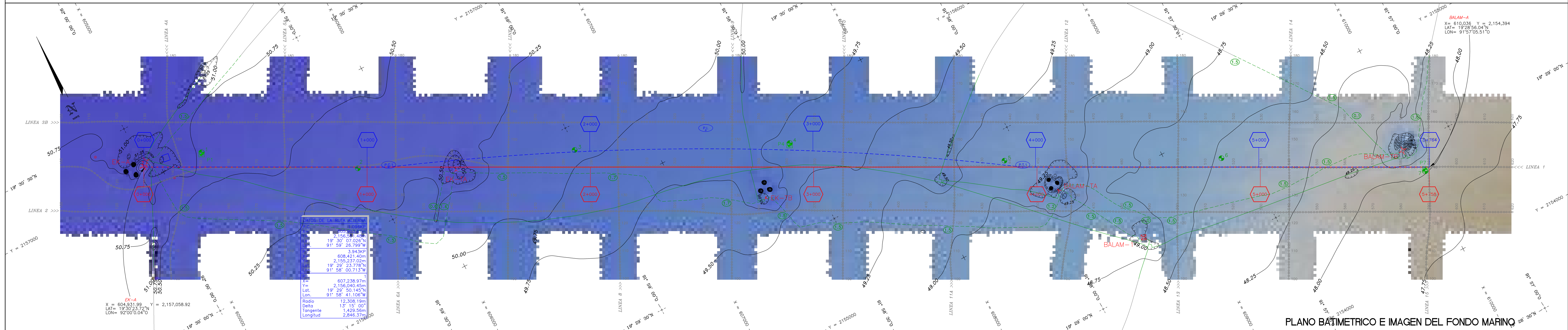
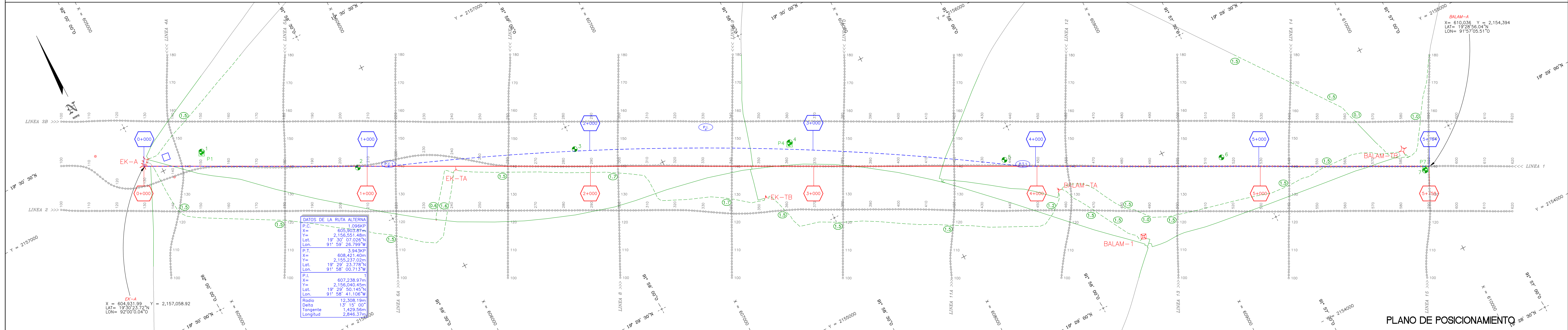
REFERENCIAS

Micronautics, Inc. (2011),
Worldtide® Programa para Predicción de Mareas.
Soporte Lógicos para Computadora.

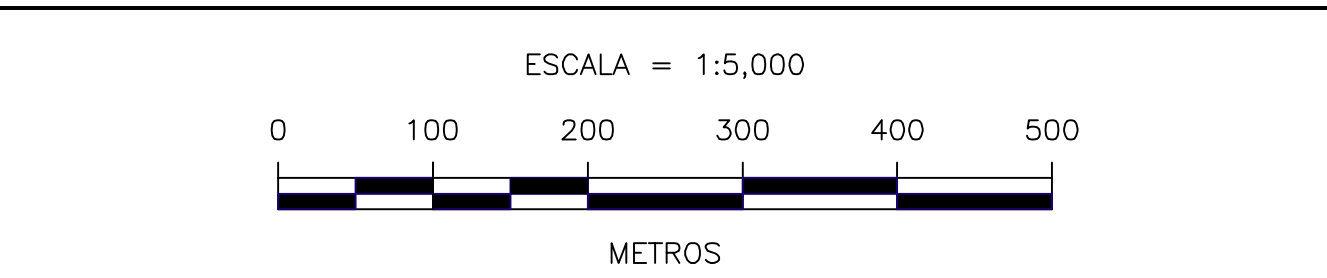
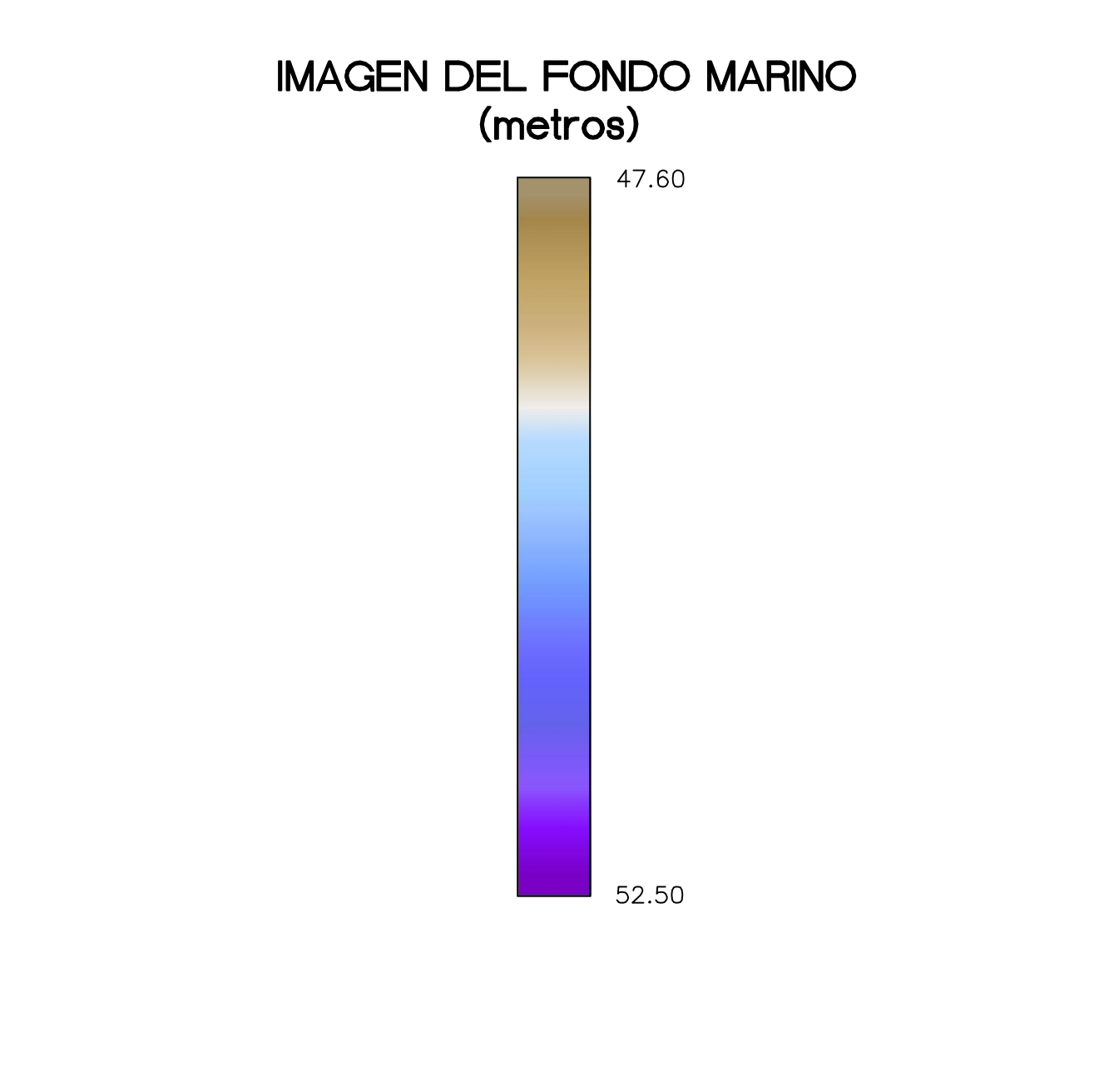
ILUSTRACIONES



**LOS PLANOS 2 A 4 SE INCLUYEN EN
LOS BOLSILLOS EN LA PARTE POSTERIOR DEL REPORTE**



- SIMBOLOGIA:**
- PLANO DE POSICIONAMIENTO Y PLANO BATIMETRICO**
- LINEA 1 >>> = NÚMERO DE LINEA DE LA CUADRICULA, RUMBO DE LA EMBARCACION Y UBICACION DEL PUNTO DE CONTROL.
 - LOCALIZACION Y DESIGNACION DE LA MUESTRA DEL FONDO MARINO.
 - LOCALIZACION Y DESIGNACION DE UNA PRUEBA IN SITU DE PIEZOCING PNEUMOMETRO.
 - PLATAFORMA EXISTENTE DE LA BASE DE DATOS DE PEMEX.
 - PILOTE DE AMARRE DE BOYA, EXISTENTE DE LA BASE DE DATOS DE PEMEX.
 - ESTRUCTURA INTERPRETADA DE LOS DATOS GEOPISICOS.
 - MARCA DE REFERENCIA DEL SISTEMA GEODESICO.
 - MARCA DE REFERENCIA DEL SISTEMA UTM.
 - TUBERIA EXISTENTE DE LA BASE DE DATOS DE PEMEX.
 - TUBERIA EXISTENTE INTERPRETADA DE LOS DATOS GEOPISICOS. LA LINEA CONTINUA INDICA QUE LA TUBERIA ESTA EXPUSTA EN EL FONDO MARINO. LA LINEA DISCONTINUA INDICA QUE LA TUBERIA ESTA ENTERRADA. EL NUMERO INDICA LA PROFUNDIDAD DEBAJO DEL FONDO MARINO HASTA LA CIMA DE LA TUBERIA.
- RUTA PROPUESTA POR PEMEX.
- RUTA ALTERNIA PROPUESTA POR FUGRO.
- 6+000 KILOMETRAJE A LO LARGO DE LA RUTA PARA LA TUBERIA PROPUESTA.
- 4+000 KILOMETRAJE A LO LARGO DE LA RUTA ALTERNIA PARA LA TUBERIA PROPUESTA.
- 48.50 CURVAS BATIMETRICAS, EN METROS.



MAPAS DE LA RUTA PARA TUBERIA

CORREDOR EK-A A BALAM-A

BAHIA DE CAMPECHE

MEXICO

Intervalo de Acatolacion: 0.25 METROS

Datum: NIVEL MEDIO DEL MAR

Velocidad: 1536 M/SEG

Proyeccion del Plano: UTM

Enferalide: CLARKE 1866

Quadrícula: ZONA 15N

Meridiano Central: 92 OESTE

Posicionamiento por: FGS

Datum: NAD 1927

Interpretacion por: D. RUBERG

Revisado por: G. PANDO

Dibujado por: D. CORCORRAN / R. GARZA

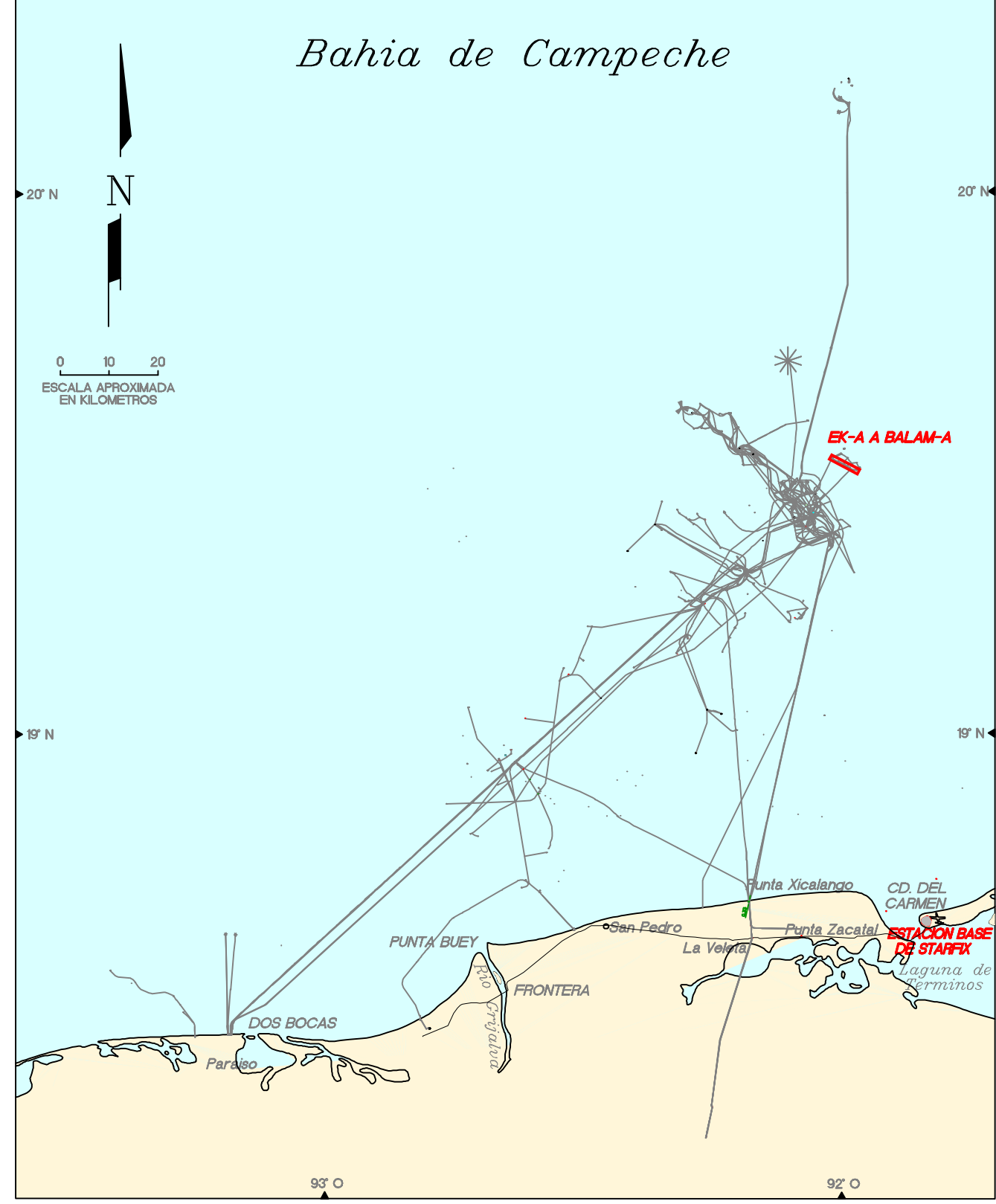
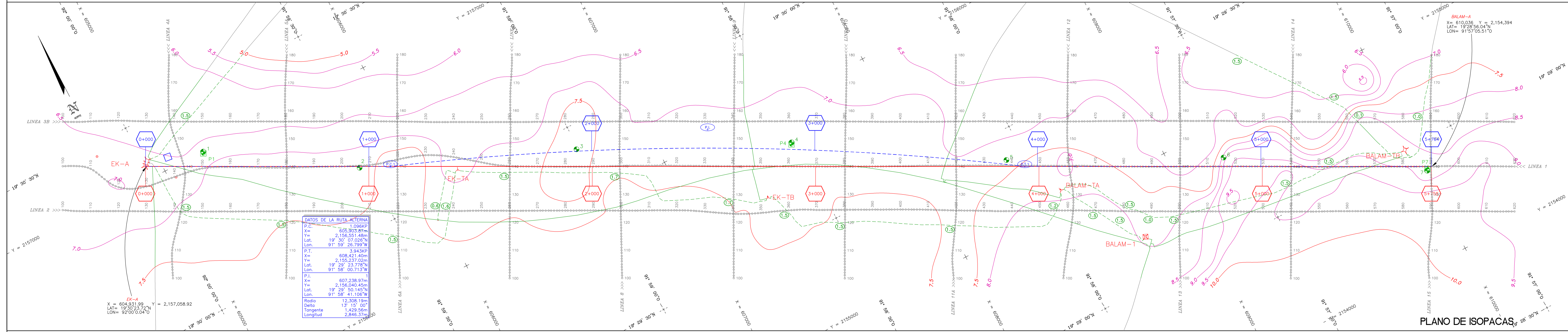
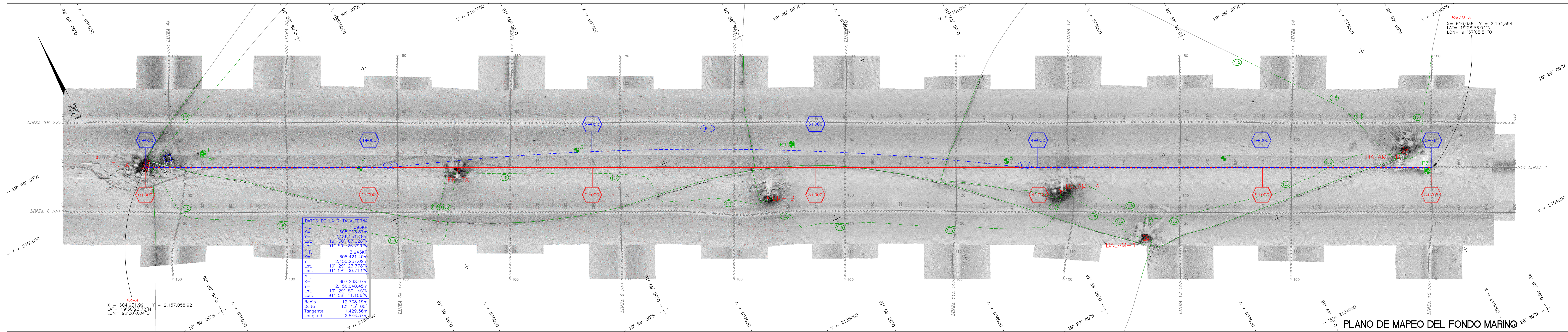
Fecha: NOVIEMBRE, 2011

No. del Proyecto: 03.24113033-08

Cliente: PETROLEOS MEXICANOS

PLANO No. 2 Hoja No. 1 de 1 AutoCAD: EK-A A BALAM-A-1A





- SIMBOLOGIA:**
- PLANO DE POSICIONAMIENTO**
- LINEA 1 >>> = NÚMERO DE LINEA DE LA CUADRICULA, RUMBO DE LA EMBARCACION Y UBICACION DEL PUNTO DE CONTROL.
 - 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5, 8, 8.5, 9, 9.5, 10 = LOCALIZACION Y DESIGNACION DE LA MUESTRA DEL FONDO MARINO.
 - 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5, 8, 8.5, 9, 9.5, 10 = LOCALIZACION Y DESIGNACION DE UNA PRUEBA IN SITU DE PIEZÓMETRO.
 - 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5, 8, 8.5, 9, 9.5, 10 = PLATAFORMA EXISTENTE DE LA BASE DE DATOS DE PEMEX.
 - 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5, 8, 8.5, 9, 9.5, 10 = PILOTE DE AMARRE DE BOYA EXISTENTE DE LA BASE DE DATOS DE PEMEX.
 - 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5, 8, 8.5, 9, 9.5, 10 = ESTRUCTURA INTERPRETADA DE LOS DATOS GEOPISICOS.
 - 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5, 8, 8.5, 9, 9.5, 10 = MARCA DE REFERENCIA DEL SISTEMA GEODESICO.
 - 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5, 8, 8.5, 9, 9.5, 10 = MARCA DE REFERENCIA DEL SISTEMA UTM.
 - 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5, 8, 8.5, 9, 9.5, 10 = TUBERIA EXISTENTE DE LA BASE DE DATOS DE PEMEX.
 - 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5, 8, 8.5, 9, 9.5, 10 = TUBERIA EXISTENTE INTERPRETADA DE LOS DATOS GEOPISICOS. LA LINEA CONTINUA INDICA QUE LA TUBERIA ESTA EXPUESTA EN EL FONDO MARINO. LA LINEA DISCONTINUA INDICA QUE LA TUBERIA ESTA ENTERRADA. EL NÚMERO INDICA LA PROFUNDIDAD DEBAJO DEL FONDO MARINO HASTA LA CIMA DE LA TUBERIA.
- PLANO DE ISOPACAS**
- 8.0 = LAS CURVAS REPRESENTAN EL ESPESOR APROXIMADO DE LOS SUELOS SUPERFICIALES NO CONSOLIDADOS (EN METROS).

ESCALA = 1:5,000

0 100 200 300 400 500 METROS

MAPAS DE LA RUTA PARA TUBERIA

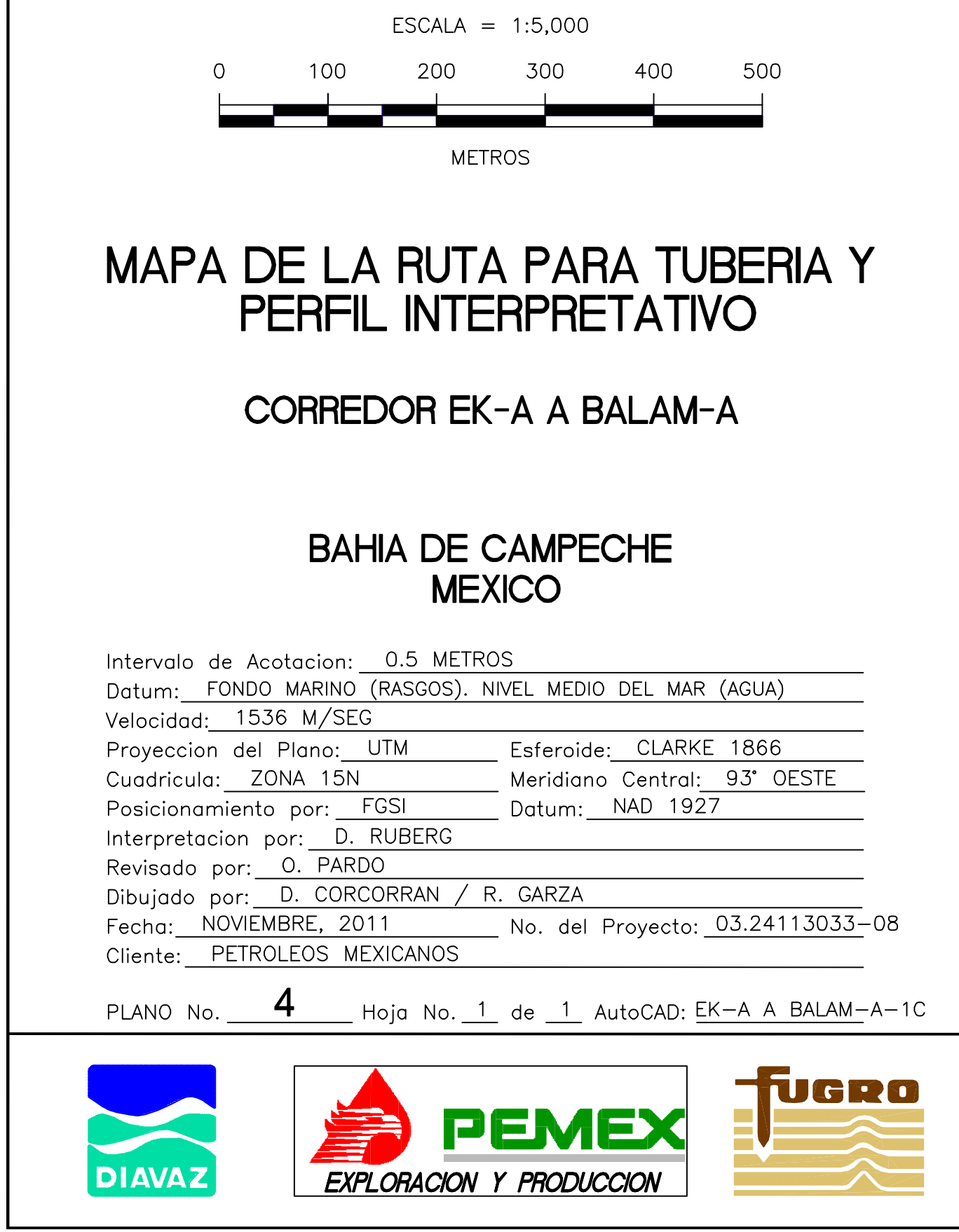
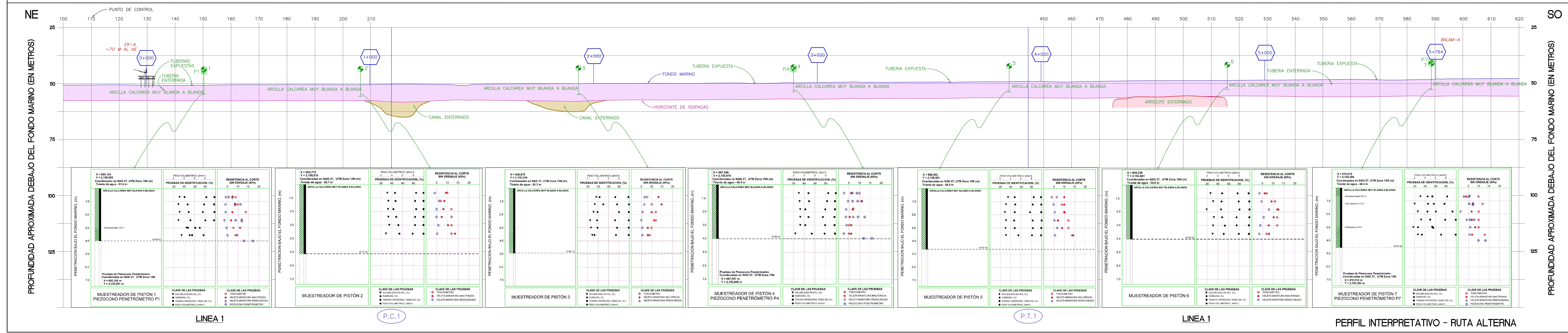
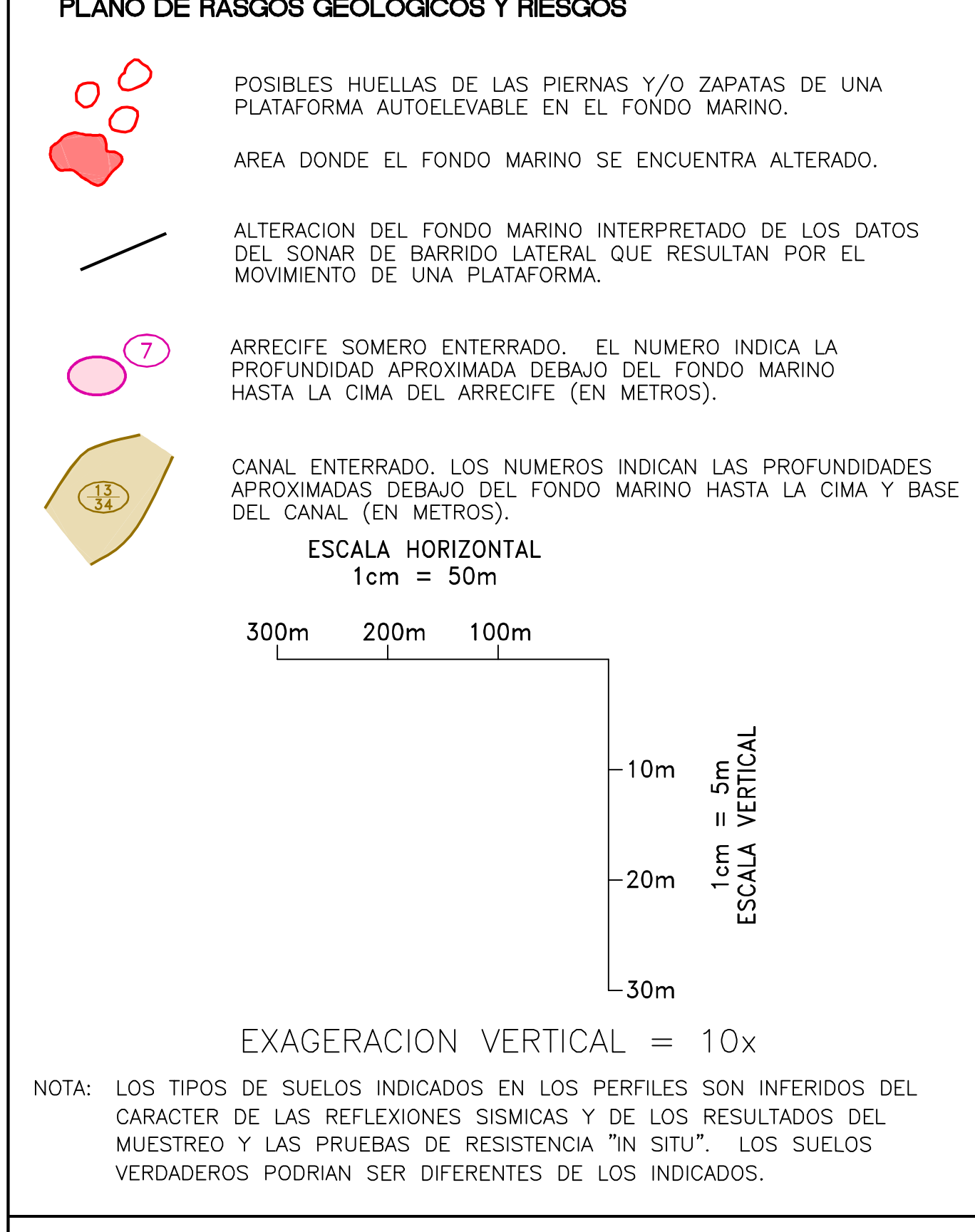
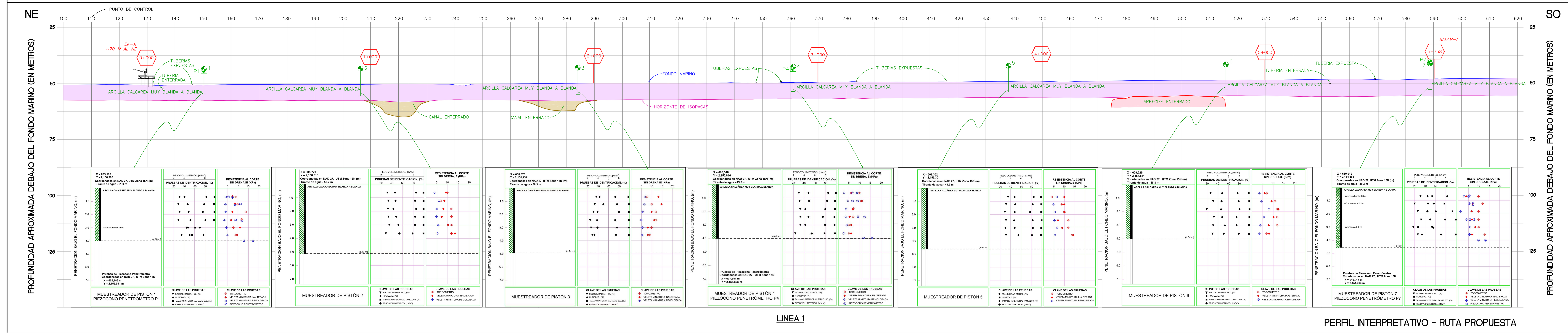
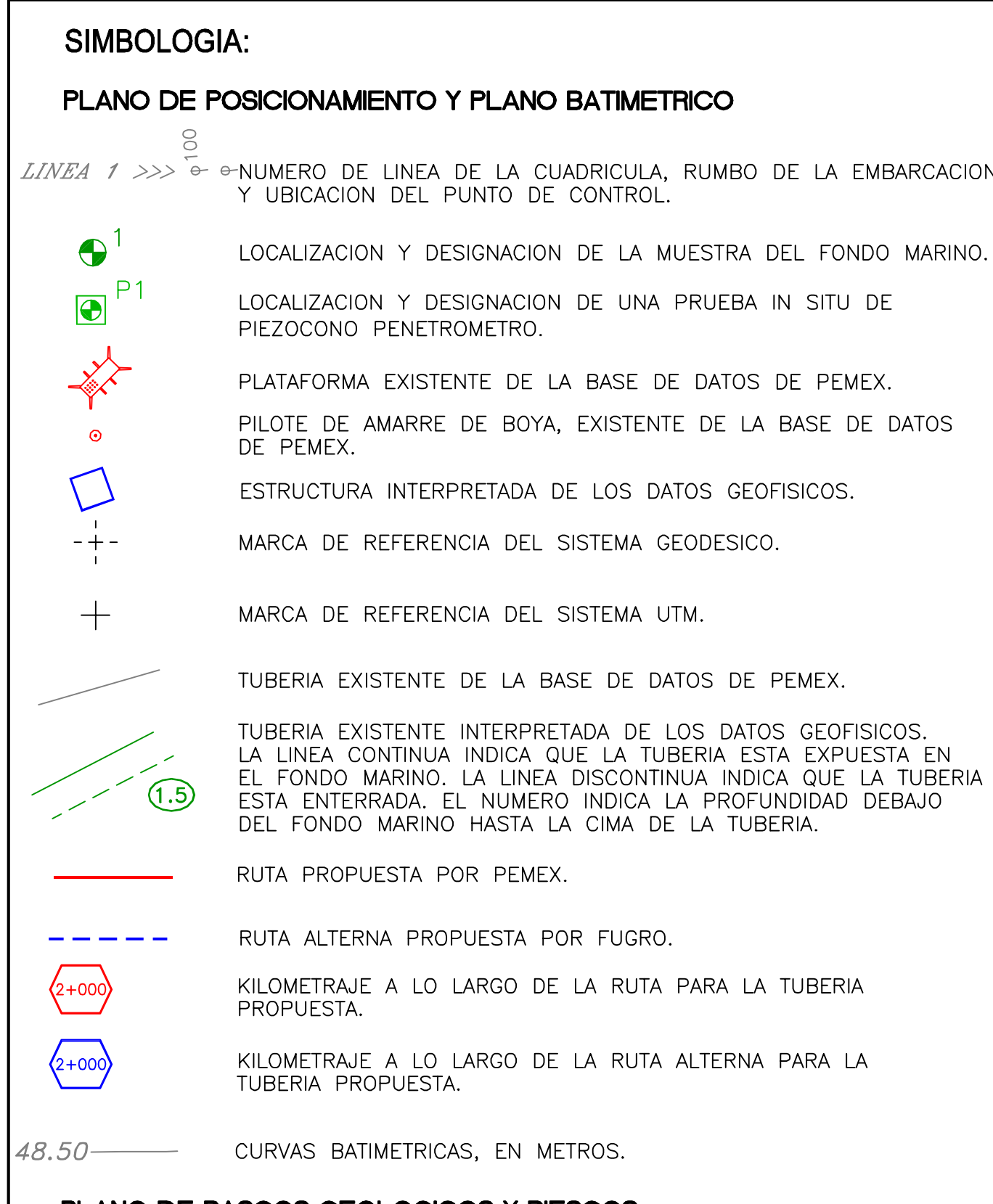
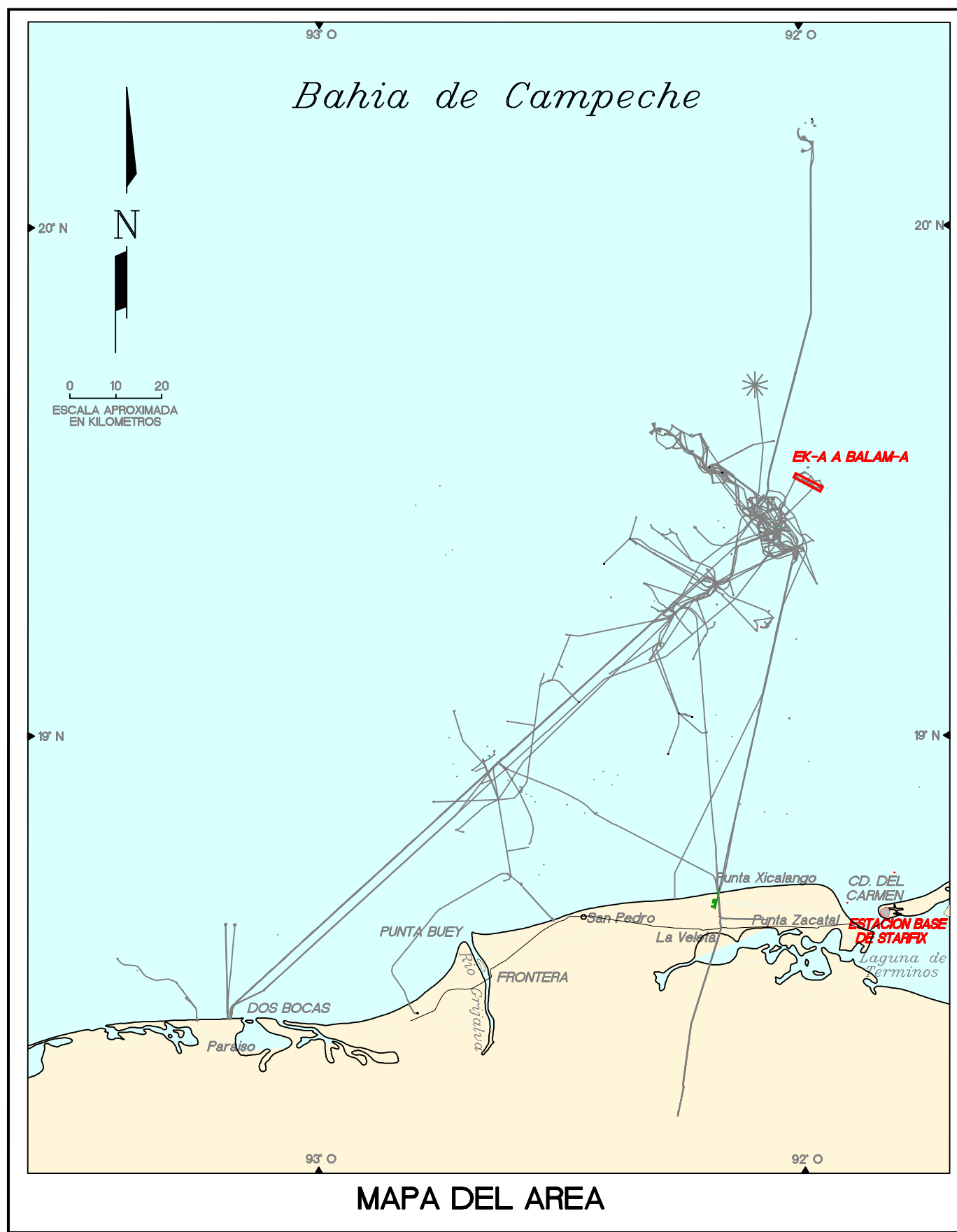
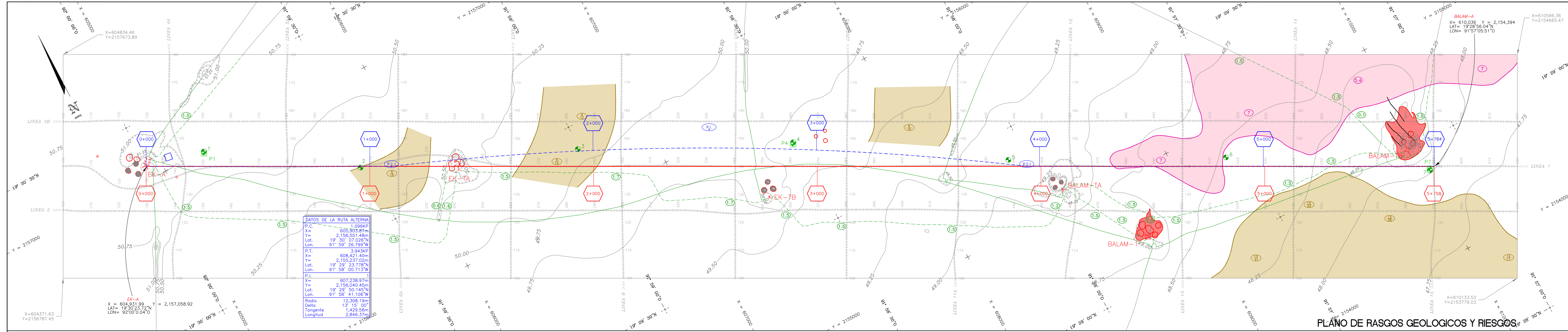
CORREDOR EK-A A BALAM-A

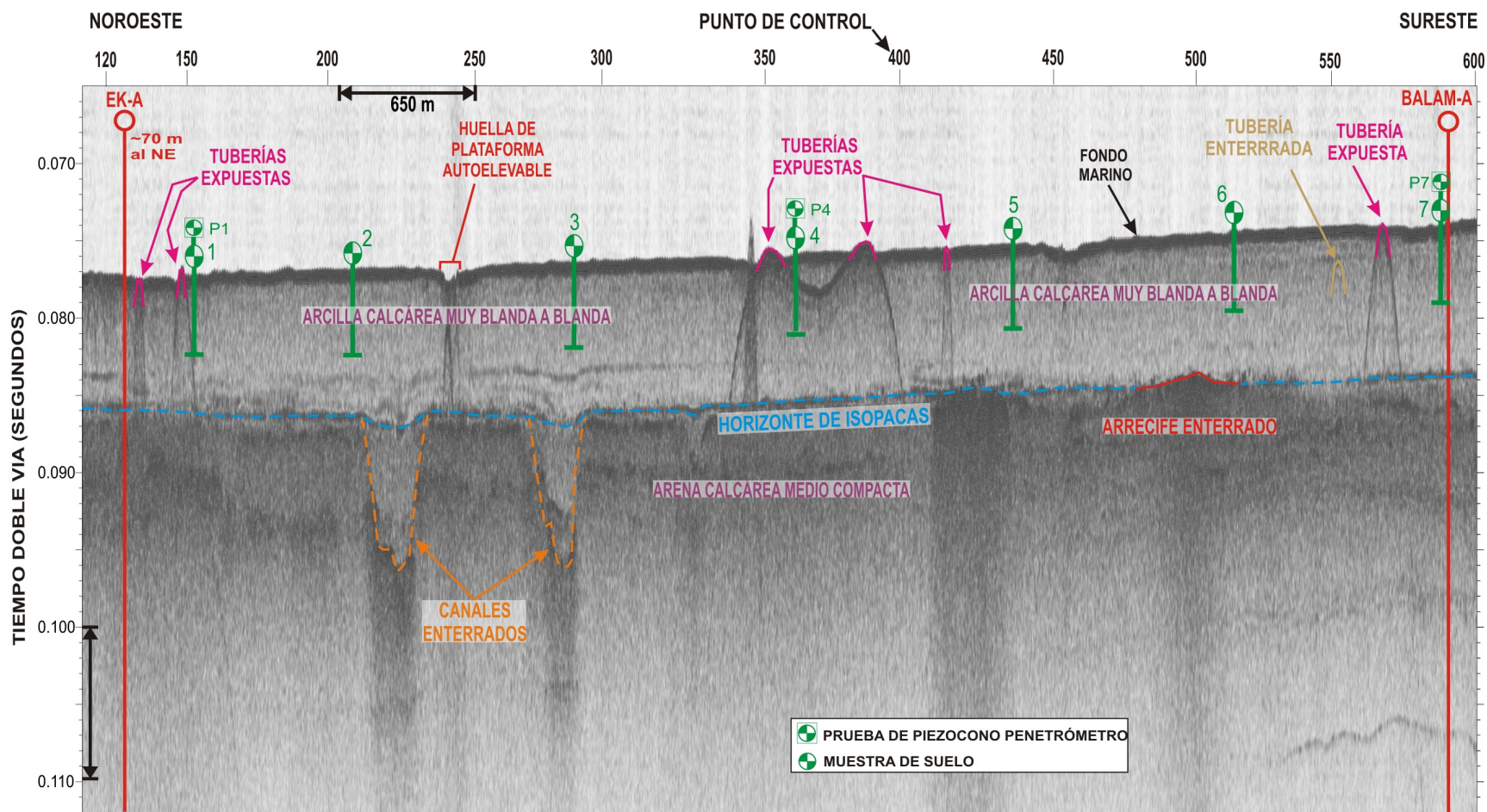
BAHIA DE CAMPECHE MEXICO

Intervalo de Acolación: 0.5 METROS
Datum: FONDO MARINO
Velocidad: 1550 M/SEG
Proyección del Plano: UTM Esferoidal: CLARKE 1866
Cuadrícula: ZONA 15N Meridiano Central: 93° OESTE
Posicionamiento por: FOSI Datum: NAD 1927
Interpretación por: D. RUBERO
Revisado por: D. PARDO
Dibujado por: D. CORCORRAN / R. GARZA
Fecha: NOVIEMBRE, 2011 No. del Proyecto: 03.24113033-08
Cliente: PETROLEOS MEXICANOS

PLANO No. 3 Hoja No. 1 de 1 AutoCAD: EK-A A BALAM-A-18

DIAMAZ **PEMEX** **FUERO**
EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN





**DATOS DEL PERFILADOR SOMERO DE LA LÍNEA 1
QUE MUESTRAN LAS CONDICIONES GEOLÓGICAS SOMERAS
EN EL CORREDOR EK-A A BALAM-A**

APÉNDICE A
INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA DE CAMPO

APÉNDICE A
C O N T E N I D O

	<u>Página</u>
INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA DE CAMPO	A-1
Introducción	A-1
Equipo Geofísico	A-1
Ecosonda Digital.....	A-2
Perfilador Acústico de Velocidad.....	A-2
Ecosonda Multibeam	A-2
Sistema de Sonar de Barrido Lateral	A-3
Perfilador Somero	A-3
Personal de Campo	A-4
Posicionamiento	A-4
Cuadrícula del Levantamiento	A-4

ILUSTRACIONES

	<u>Figura</u>
B/M <i>Callais Searcher</i> , Configuración del Barco y Equipo Geofísico	A-1

INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA DE CAMPO

Introducción

Los datos geofísicos para el CORREDOR EK-A a BALAM-A fueron recolectados utilizando la embarcación B/M *Callais Searcher*. Los trabajos de campo se llevaron a cabo los días 11 y 12 de junio de 2011, como parte de un programa de campo más amplio de numerosos sitios en el Golfo de México. La retícula del corredor consistió de aproximadamente 31.5 kilómetros de líneas geofísicas.

La embarcación B/M *Callais Searcher* es una embarcación de 51.81 metros de eslora operada por Fugro GeoServices, Inc. (filial del grupo de compañías Fugro). Durante las operaciones de campo, la velocidad de la embarcación se mantenía a 4 nudos y las condiciones del mar fluctuaron entre olas de 0.6 a 1.8 metros.

Equipo Geofísico

Para el levantamiento geofísico realizado desde la embarcación B/M *Callais Searcher* se utilizaron una ecosonda digital de un haz ODOM Echotrac DF3200 MKII, una ecosonda de múltiples haces (multibeam) Reson Seabat 8101, un perfilador somero GeoPulse, un sistema de sonar de barrido lateral Edgetech 4200. El perfilador somero se registró como información análoga de un canal sencillo a una escala de 100 milisegundos. El transductor del sistema de mapeo del piso marino fue remolcado desde la popa de la embarcación. Los transductores de la ecosonda de un haz y del perfilador somero fueron montados en el casco del barco por el lado de babor, mientras que el transductor de la ecosonda de múltiples haces fue montado por la banda de babor del barco. Para obtener las muestras de material del fondo marino se utilizó un muestreador por gravedad con pistón tipo Benthos por medio de una cabria montada en la popa del barco. El dibujo de la embarcación en la Figura A-1 detalla las distancias de los sensores y receptores con relación a la posición de referencia central de la embarcación.

Los parámetros operacionales para los equipos de levantamiento geofísicos son los siguientes:

Ecosonda Digital

Modelo:	ODOM, Echotrac DF3200 MKII
Longitud de Registro:	60 pies (18.3 metros)
Intervalo de Tiempo en Registro:	10 pies (3.0 metros)
Frecuencia:	200 kHz y 24 kHz
Distancia del Receptor a la Referencia Central de la Embarcación:	1.22 metros delante del CRP 3.65 metros al lado de babor
Profundidad de Transductor:	3.35 metros
Compensador de Movimiento:	Technical Survey Services, Ltd. Modelo 320.

Ecosonda Multibeam

Modelo:	Reson Seabat 8101
Frecuencia:	240 kHz
Número de Haces:	101
Ancho de Haz:	1.5 grados
Cobertura Horizontal:	±75 grados
Distancia del Receptor a la Referencia Central de la Embarcación:	5.47 metros detrás del CRP 5.89 metros al lado de babor
Profundidad del Transductor:	4.1 metros

Sistema de Sonar de Barrido Lateral

Modelo:	Edgetech 4200
Frecuencia:	100/500 kHz
Rango:	150 metros
Divisiones de Registro:	25 metros
Distancia del Sensor del Fondo:	~15 a 30 metros
Distancia del Cable de Remolque:	Variable (ver registros)
Ancho de Rayos:	Horizontal = 0.64 grados (100 kHz) Horizontal = 0.3 grados (400 kHz)
Procesamiento:	Velocidad automática, rango de bifurcación y corrección de amplitud

Perfilador somero

Modelo:	GeoPulse ORE Pinger
Longitud de Registro:	100 milisegundos
Intervalo de Tiempo en registro:	10 milisegundos
Frecuencia:	3.5 kHz
Energía:	10 kilovatios
Longitud de Pulso:	0.2 milisegundos
Ancho de Rayo:	± 30 grados
Distancia del Receptor a la Referencia Central de la Embarcación:	1.22 metros delante del CRP 3.65 metros al lado de babor
Profundidad del Transductor:	3.35 metros
TVG:	Velocidad y retraso ajustable
Compensador de Movimiento:	Technical Survey Services, Ltd.
Registrador:	Modelo 320. Isys V8.5-6

Ecosonda Digital. Los tirantes de agua se determinaron con el equipo Echotrac DF3200 midiendo con precisión el tiempo de dos vías entre el transductor y el fondo marino. Para este levantamiento, el transductor fue montado en el casco del barco, a una profundidad de 5.1 metros debajo de la superficie marina durante las operaciones. Se recibieron señales reflejadas por el mismo transductor acústico usado en la transmisión. La longitud de tiempo entre el disparo del pulso acústico y la recepción de la energía reflejada se registró en el gráfico de la ecosonda. El ancho del rayo de ± 9 grados proporcionó perfiles batimétricos precisos en aguas relativamente someras, a lo largo de declives profundos, y en topografía accidentada. La ecosonda registró digitalmente los valores análogos determinados por el transductor. Una carta de registro análogo del perfil del fondo marino se registró junto con las profundidades digitalizadas que fueron luego corregidas para efectos de marea y aumentadas a los datos de navegación para crear un plano batimétrico digital.

Perfilador Acústico de Velocidad. Se usó un velocímetro Modelo *SBE 19plus* de Sea-Bird Electronics, Inc., para determinar la velocidad de sonido en la columna de agua. El SBE 19plus mide la temperatura, conductividad y presión del agua, tales parámetros se requieren para calcular la velocidad del agua. El aparato opera en aguas de hasta 600 metros de profundidad con una resolución de 0.0001 grados (temperatura), 0.4 ppm (salinidad) y 0.002 por ciento del rango máximo (presión/profundidad). Con el propósito de obtener un perfil de velocidad a través de la columna de agua, se toman lecturas en intervalos de aproximadamente un metro desde la superficie del mar hasta el fondo marino.

Ecosonda Multibeam. La Ecosonda Multibeam Modelo 8101 de Reson Inc. proporciona imágenes de alta resolución de la topografía del fondo marino. El sistema cuenta con un transductor que emite señales acústicas en 101 haces, cada uno con un ancho de haz de 1.5 grados, para lograr una cobertura horizontal del fondo marino de 75 grados. La resolución horizontal (debajo del barco) donde el

tirante de agua es alrededor de 50 metros es aproximadamente 1.5 metros. La resolución disminuye a medida de que se incrementa el ángulo del haz respecto al barco. Se convierten los datos crudos digitales a profundidades con base en el tiempo doble vía de la señal acústica y el ángulo de los haces. Al igual que los datos acústicos, también se registran datos del movimiento del barco (rumbo, movimiento vertical, cabeceo y bandeo) para realizar ajustes a los tirantes de agua calculados. Se mide el rumbo con una precisión de 0.05 grados mediante un sistema de GPS que utiliza una antena instalada en el barco. Se miden el movimiento vertical, cabeceo y bandeo mediante un sensor de movimiento dinámico DMS2-05 de Seatronics, logrando una precisión de 5 cm (o 5% si es mayor a 5 cm) para el movimiento vertical, y una precisión de 0.05 grados para el cabeceo/bandeo. Se realizan pruebas en alta mar para determinar la velocidad acústica del agua así como la separación entre varios componentes claves. Para este proyecto el transductor fue montado al lado del barco a una profundidad de 4.1 metros.

Sistema de Sonar de Barrido Lateral. El Sistema de Mapeo del Piso Marino Modelo Edgetech 4200 proporcionó imágenes detalladas que se corrigieron por rango de bifurcación, velocidad de la embarcación, y descomposición de la amplitud. El sistema incluía un pescado de remolque, el cable de remolque y una unidad de control. El pescado de remolque de frecuencia variable es un instrumento hidrodinámicamente estable de 1.4 metros de largo, con capacidad de resolución convencional (100 a 500 kHz). Un juego de transductores montado dentro del pescado de remolque generó pulsos acústicos de alta energía y de corta duración. Los pulsos se emitieron desde el pescado de remolque en un patrón con forma de abanico perpendicular a su paso desde un punto directamente debajo del pescado y extendiéndose hacia afuera a un rango selecto de 150 metros a cada lado. La resolución gráfica perpendicular a la dirección de navegación de la embarcación era de 1/400 del rango selecto.

La energía acústica reflejada de estos contactos se recibió por medio de transductores, y luego se amplificó y transmitió a la unidad de control a bordo de la embarcación. Las variaciones de potencia de la señal y las correcciones de rango de bifurcación fueron compensadas automáticamente. Marcas de escala a intervalos de 25 metros en los registros permitieron medidas directas del tamaño, forma, y localización de los rasgos del fondo marino. Papel seco electrostático o sensitivo-térmico proporcionó una resolución de alta calidad con 16 tonos de gris disponibles por píxel.

Se utilizan los datos digitales para producir un mosaico del fondo marino (es decir una imagen del fondo marino derivado del sistema de mapeo) para toda el área del levantamiento o de un área específica de interés. Correcciones continuas de rango de bifurcación y de velocidad de la embarcación permitirían que se usara el mosaico como una referencia de relaciones espaciales entre los rasgos del fondo marino. El producto final, similar a una fotografía aérea, sería a escala y con un alto grado de precisión.

Perfilador Somero. El Transductor GeoPulse ORE combina un transmisor de alto poder de frecuencia variable con un receptor de frecuencia variable y ganancia de tiempo variable para formar un sistema sísmico de propósitos múltiples. Este sistema puede ser utilizado como un sistema batimétrico y/o sistema para la investigación de los suelos superficiales. Se pueden seleccionar frecuencias variables y producción de energía variable desde 1 a 12 kHz y de 0 a 10 Kw, respectivamente, dependiendo de la aplicación. Para este levantamiento, los transductores se montaron en el casco del barco.

Los registros se obtuvieron transmitiendo pulsos de alta potencia de energía acústica dentro de la columna de agua. El pulso acústico se reflejó en el fondo marino y los horizontes estratigráficos someros. El grado de penetración y reflejo dependía de las propiedades del material de fondo marino y de los suelos superficiales, de la producción de energía, y de la frecuencia portadora. Se recibieron señales de reflejo enviadas por el mismo transductor acústico usado para la transmisión. El lapso desde el disparo del pulso acústico hasta la recepción de la energía reflejada se registró en el gráfico EPC. El registro se usó luego con la información de velocidad, y la corrección de calado de la embarcación para calcular tirantes de agua y/o profundidades de eventos subsuperficiales.

Personal de Campo

El siguiente personal estuvo involucrado en la adquisición de los datos geofísicos:

Steven St. Julien	Jefe de Operaciones Geofísicas
J.R. Wheeler	Coordinador Técnico
Matt Broussard	Operador Geofísico
Mark Johnson	Operador Geofísico
Richard Carmichael	Operador Geofísico
Kevin Casey	Operador Geofísico
Phillip Daniels	Posicionador
Martin Garibay	Representante Técnico - Geólogo

Posicionamiento

El sistema de posicionamiento GPS de Área Diferencial Amplia (Broad Area Differential GPS Positioning System), también conocido como STARFIX II[®], se utilizó para posicionar la embarcación geofísica. El sistema utiliza datos de corrección DGPS, rastreado por nuestro sitio de referencia principal en Ciudad del Carmen, Campeche y después transmitido por medio de la red satelital de STARFIX II[®]. Los datos DGPS son aplicados a las medidas de rango que se reciben directamente de los satélites GPS. Las correcciones resultantes proporcionadas por este sistema mejoran las exactitudes de navegación de 1 a 2 metros.

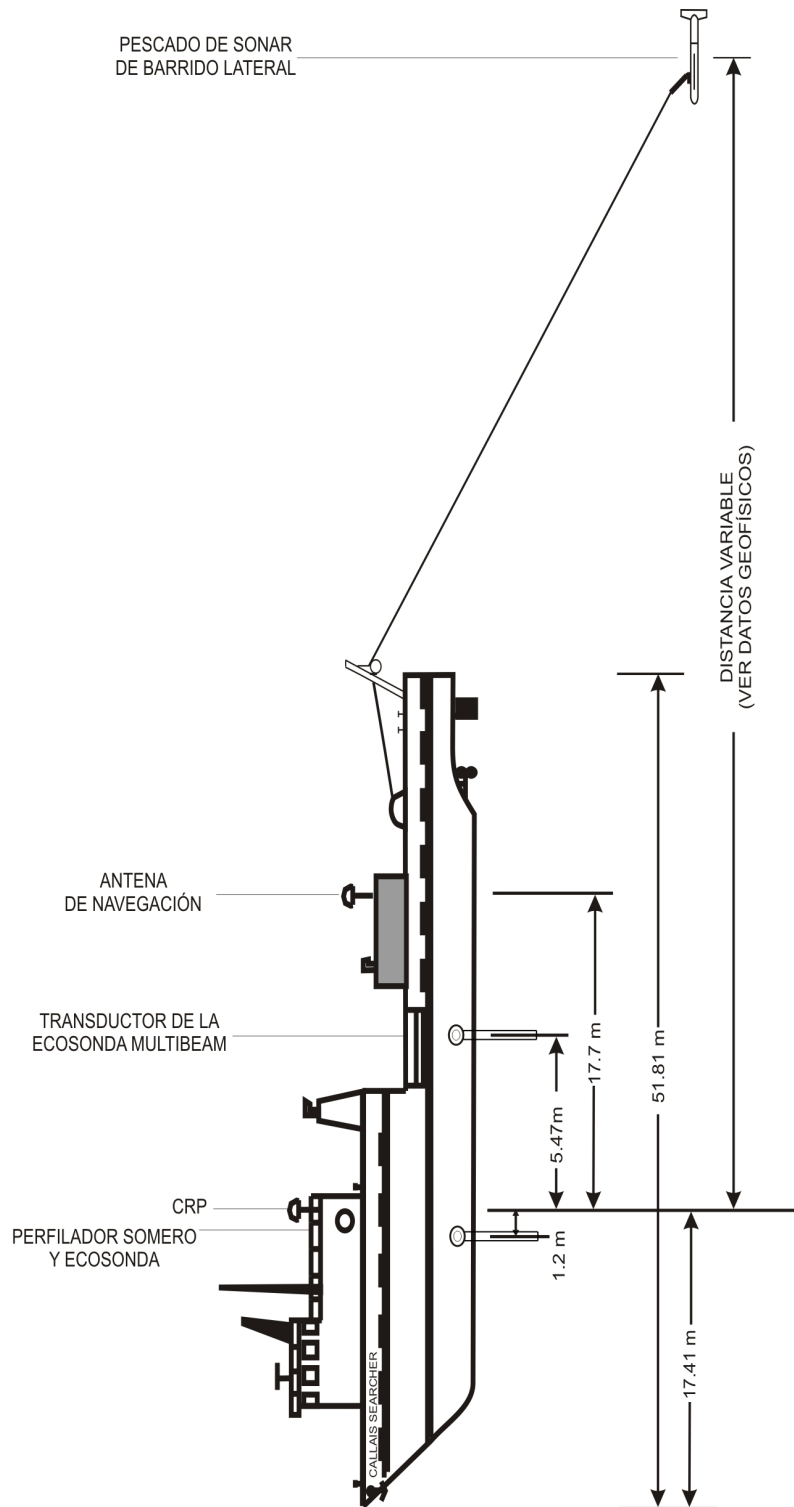
El sistema de posicionamiento incluyó un monitor de video que muestra la posición de la embarcación con relación a la línea de levantamiento deseada para ayudar al timonel a seguir el curso previamente programado. Un segundo monitor estuvo en el cuarto de instrumentos para observación por parte del personal que opera el equipo geofísico. El sistema de navegación principal proporcionó eventos de posición simultáneos a todos los registros geofísicos a intervalos programados de 12.5 metros (nominales). El sistema de navegación proporcionó datos de la velocidad de la embarcación directamente al registro del sistema de mapeo del piso marino para correcciones de velocidad a los datos del sonar. Todos los datos de navegación fueron proporcionados en forma impresa para su uso a bordo y fueron registrados en discos compactos o en discos duros removibles para su análisis en tierra después del levantamiento. Posteriormente en gabinete se realiza el procesamiento e interpretación de estos datos para la preparación de los reportes y mapas preliminares y finales.

Una vez recolectados, los datos se reducen, ajustan y analizan para evaluar la precisión de los puntos levantados. Las coordenadas de los puntos levantados pueden presentarse en cualquier sistema de coordenadas rectangular o geodésico. Para este levantamiento, todas las coordenadas se registraron en WGS84, se transformaron a NAD27, Elipsoide Clarke 1866 y se proyectaron en el Sistema Universal Transversal de Mercator (UTM), Zona 15 Norte, utilizando los siete parámetros de transformación proporcionados por PEMEX.

Cuadrícula del Levantamiento

El levantamiento fue realizado a lo largo de líneas predeterminadas con un intervalo fijo nominal de 12.5 metros. Los puntos de control en los Planos 2 a 4 representan la posición de la referencia central (antena de navegación) del B/M *Callais Searcher* durante el levantamiento geofísico. Se espaciaron tres líneas primarias con orientación hacia el sureste (118 grados) en intervalos de 200 metros, y doce líneas transversales en intervalos de 500 metros con orientación hacia el noreste (28 grados).

APÉNDICE A
ILUSTRACIONES



CONFIGURACIÓN DEL BARCO Y EQUIPO GEOFÍSICO

CORREDOR EK-AA BALAM-A
BAHÍA DE CAMPECHE
B/M CALLAIS SEARCHER
JUNIO 2011

APÉNDICE B

INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

(Muestreos por Gravedad, Pruebas *In Situ* y Pruebas de Laboratorio)

CONTENIDO

	<u>Página</u>
INTRODUCCIÓN	B-1
Descripción del Proyecto	B-1
Objetivos y Alcance del Estudio	B-1
INVESTIGACIÓN DE CAMPO	B-1
Introducción	B-1
Pruebas de Piezocono penetrómetro Tipo SeaScout	B-1
Muestreo del Suelo por Gravedad con Pistón.....	B-2
INVESTIGACIÓN DE LABORATORIO	B-3
Pruebas Costa Afuera	B-4
Pruebas en Tierra	B-4
REFERENCIAS	B-5

ILUSTRACIONES

	<u>Figura</u>
Registros de Pruebas de Piezocono Penetrómetro	B-1
Registros de Muestreo por Gravedad con Pistón	B-2
Resumen de Resultados de las Pruebas	B-3
Piezocono penetrómetro Tipo SeaScout.....	B-4
Muestreador por Gravedad con Pistón Tipo Benthos	B-5
Sistema de Clasificación de Suelos Carbonatados	B-6

INTRODUCCIÓN

Descripción del Proyecto

Petróleos Mexicanos (PEMEX) está desarrollando campos de gas y petróleo costa afuera en la Bahía de Campeche. Fugro Chance de México, S.A. de C.V. y Constructora Subacuática Diavaz, S.A. de C.V. fueron contratadas por PEMEX para investigar las propiedades geotécnicas de los suelos someros y su relación con el diseño e instalación de la tubería en el CORREDOR EK-A A BALAM-A en el Golfo de México, México. Este apéndice presenta los resultados de la investigación geotécnica.

Objetivos y Alcance del Estudio

Los objetivos de la investigación geotécnica fueron:

- * Obtener información estratigráfica detallada a lo largo del área donde será instalada la tubería (EK-A A BALAM-A); y
- * Obtener muestras de suelo y realizar pruebas in situ para medir las propiedades geotécnicas de los suelos someros para el diseño de la tubería.

Para lograr estos objetivos se llevaron a cabo las siguientes tareas:

- * Se obtuvieron muestras de suelo con un muestreador por gravedad con pistón a lo largo de la ruta propuesta para la tubería;
- * Se realizaron pruebas in situ de piezocono penetrómetro hasta una profundidad de 4.0 metros debajo del fondo marino en las mismas localizaciones que las muestras de suelos;
- * Se realizaron pruebas de laboratorio costa afuera y en tierra a las muestras de suelo recuperadas para evaluar las propiedades índice e ingenieriles de los sedimentos someros.

INVESTIGACIÓN DE CAMPO

Introducción

Las condiciones del suelo somero a lo largo del CORREDOR EK-A A BALAM-A, fueron investigadas realizando siete muestreos de suelo por gravedad con pistón y tres pruebas de piezocono penetrómetro (PCPT). Un mapa del área de la investigación geofísica-geotécnica en el CORREDOR EK-A A BALAM-A se presenta en la Figura 1. Las muestras fueron recolectadas durante el día 12 de junio de 2011 desde la embarcación B/M *Callais Searcher*, mientras que las pruebas de PCPT se realizaron durante el día 9 de julio de 2011 desde la embarcación B/M *HOS Lode Star*.

Pruebas de Piezocono Penetrómetro Tipo SeaScout

Las pruebas de penetración del piezocono penetrómetro tipo SeaScout (PCPT) se realizan usando nuestro piezocono penetrómetro acondicionado en el sistema SeaScout para realizar pruebas desde el fondo marino. Estas pruebas se realizan para: (1) medir las resistencias al esfuerzo cortante in situ de los suelos cohesivos y (2) estimar la densidad relativa y las características de fricción de los suelos granulares.

El sistema de PCPT SeaScout de Fugro, se utilizó para estimar la densidad relativa y las características de fricción de los suelos granulares. En este sistema, el equipo es sostenido por una base

triangular (2.0 metros por lado). El SeaScout, conectado a un cable-guía, es bajado al fondo marino desde la popa de la embarcación. Al ser bajado el SeaScout al fondo marino, el sistema es iniciado para que el PCPT empiece a penetrar el suelo. El peso del sistema de 1600 Kg asegura la penetración total del PCPT o hasta donde la capacidad del equipo lo permita.

El SeaScout es un sistema ligero de pruebas in situ que incorpora varios componentes incluyendo un marco de reacción, una máquina de empuje, varillas de empuje en espiral, un conopenetrómetro y un sistema de adquisición de datos. Un paquete de energía hidráulico submarino controla la máquina de empuje patentada. Las varillas son empujadas por un mecanismo de enroscado y enderezamiento. Esto permite que el aparato de muy baja altura mantenga una operación constante sin necesidad de requerir la retracción del cono. El equipo de reacción consta de un marco acuático lastrado el cual se puede desplegar de barcos pequeños equipados con una cabria simple. Una figura del sistema SeaScout junto con las especificaciones técnicas, es presentada en la Figura B-4a.

El PCPT, patentado por Fugro, es un instrumento de medición electrónica, utilizado mayormente para efectuar pruebas de penetración in situ en formaciones de suelos granulares. Una representación esquemática del PCPT tipo SeaScout es presentada en la Figura B-4b. Su capacidad de operación alcanza hasta tirantes de agua de 2,000 metros a una velocidad de penetración controlada de 2 cm/seg, $\pm 1\%$. Este PCPT tiene un área base de 5 cm² y un filtro poroso de posición individual el cual se coloca en el fuste del cilindro bajo la base del cono. El cono y el fuste están contruidos con acero de alta calidad, resistente a la corrosión y abrasión. El filtro se fabrica ya sea de polietileno de alta densidad o cerámica. Deformímetros calibrados miden electrónicamente la resistencia de punta, la fricción de manga (resistencia de fuste) y la presión de poros cuando el cono penetra dentro de la formación. El sensor para medir la resistencia de punta y fricción del fuste, está constituido por celdas transductoras de medición de carga colocadas en serie lo que permite un diseño resistente del Cono Penetrómetro. La longitud de empuje del piezocono en cada prueba, indicada en el registro del sondeo, depende de la resistencia del suelo. El empuje se genera con una fuerza de 1 ton. La dureza del penetrómetro provee resistencia a la curvatura y al movimiento relativo de los diferentes componentes, por lo tanto aumenta la exactitud de las lecturas in situ. La configuración del filtro, las conexiones internas y el sensor de presión permiten una saturación práctica y eficiente. Una unidad interna de amplificación refuerza la señal en el sensor, lo que promueve alta calidad en la transmisión de datos. Un sistema de computo de adquisición de datos proporciona los enlaces entre la entrada de la señal eléctrica del sensor del piezocono y los datos de grabación digital.

Después de que el SeaScout ha sido bajado al fondo marino, el operador, quien controla todas las operaciones a través de una computadora ubicada en la embarcación, inicia la prueba. Las señales en formato digital provenientes del PCPT son transmitidas desde la unidad SeaScout y almacenadas en una computadora para el procesamiento de datos. Adicionalmente, los datos se presentan en tiempo real en la pantalla de la computadora del operador, permitiendo el monitoreo de las pruebas mientras se llevan a cabo. La computadora genera un "trazo-rápido" de los datos, lo cual proporciona información generalizada sobre la resistencia de punta, fricción de manga (resistencia de fuste), presión de poros, velocidad de penetración y la penetración total de la herramienta. La prueba finaliza al lograr una penetración de 4.0 m, o cuando se encuentra rechazo, posteriormente se retraen las varillas de empuje y el cono del lecho marino. Los datos del PCPT son procesados y los resultados de estas pruebas son presentados gráficamente en las (Figuras B-1a a la B-1c).

El sistema SEASCOUT tiene numerosas ventajas sobre los sistemas convencionales, tales como:

- Unidad ligera que requiere mínimo equipo en cubierta que puede ser desplegado de barcos más pequeños y por consiguiente más económicos.
- Un equipo de operación reducido
- Operaciones muy rápidas de movilización y desmovilización

- Prueba rápida con despliegue de resultados en tiempo real y evaluación de las condiciones del suelo in situ
- Sistema flexible que permite la instalación en otras máquinas que se asienten en el lecho marino y ROVs
- Facilita las pruebas en suelos de difícil acceso como debajo de plataformas de producción o trincheras de ductos.

Muestreo del Suelo por Gravedad con Pistón

El muestreo del suelo por gravedad con pistón (muestreo por gravedad) se realizó a lo largo de la ruta propuesta para la tubería en intervalos de aproximadamente un kilómetro. En total se obtuvieron siete muestras. Los Planos 2 a 4, así como la Figura 5 muestran la localización de cada muestra.

Las longitudes de las muestras recuperadas con el muestreador por gravedad con pistón variaron de 4.0 a 5.17 metros. La profundidad de penetración del muestreador se indica en los registros de muestreo por gravedad con pistón que se presentan en las Figuras B-2a a B-2d. Una descripción detallada del equipo y procedimientos del muestreo por gravedad se presenta abajo.

Para obtener una muestra continua de material inalterado del fondo marino se utilizó el muestreador por gravedad con pistón tipo Benthos. El muestreador por gravedad consiste de un tubo muestreador, con un tubo interior de plástico transparente (revestimiento) ajustado al mismo, un peso y unas aletas estabilizadoras montadas arriba del mismo. La unidad se suspende desde de un mecanismo de disparo. En la Figura B-5 se presenta un dibujo esquemático del muestreador por gravedad con pistón tipo Benthos. La unidad se despliega desde un malacate a través del pozo del barco y se baja lentamente hacia el fondo marino hasta que el peso desembragador activa el mecanismo de disparo. Una vez libre el muestreador, cae permitiendo que penetre en el fondo marino. A medida que el muestreador penetra en el fondo marino, un pistón colocado dentro del muestreador permanece en contacto con el suelo. Una vez terminada la penetración del muestreador, el equipo es llevado a cubierta para extraer la muestra. El muestreador por gravedad fue equipado con un tubo de acero de 6.1 metros de longitud con un revestimiento interno de plástico transparente de 67 mm (2-5/8 pulgadas) de diámetro interior y un retenedor de muestras. Se utilizó un peso de aproximadamente 225 Kg para asegurar la penetración completa del muestreador.

Durante la investigación de campo, se cortó la muestra en los intervalos 0.6, 1.2, 1.8, 2.4, 3.0 y 3.6 metros por debajo del fondo marino para la realización de pruebas de laboratorio. Todas las muestras obtenidas fueron clasificadas visualmente. Adicionalmente, se efectuaron las pruebas de laboratorio pertinentes en las muestras y se guardó una parte representativa de éstas en el mismo tubo muestreador herméticamente sellado para ser transportadas a nuestro laboratorio en Ciudad del Carmen, México, y ser sometidas a pruebas adicionales.

INVESTIGACIÓN DE LABORATORIO

El programa de pruebas de laboratorio para este estudio fue diseñado con el fin de evaluar las propiedades índice e ingenieriles del suelo. El programa de pruebas de laboratorio se llevó a cabo en dos etapas:

1) Costa afuera en el laboratorio de campo a bordo de la embarcación B/M *Callais Searcher* durante la realización de los trabajos.

2) En tierra en nuestro laboratorio en Ciudad del Carmen, México. Se presenta abajo una descripción detallada de los procedimientos de las pruebas de laboratorio, realizadas siguiendo en forma general las Normas ASTM apropiadas.

Pruebas Costa Afuera

Todas las muestras obtenidas con el muestreador por gravedad se clasificaron y describieron visualmente en el campo. Se realizaron mediciones de resistencia al esfuerzo cortante del suelo inalterado en muestras de suelos cohesivos utilizando un Torcómetro mientras permanecían aún en los tubos muestreadores. Una vez efectuadas las pruebas, porciones representativas de cada muestra se cortaron a las mismas profundidades donde se realizarían las pruebas de PCPT y conservaron en el mismo tubo muestreador herméticamente sellado. Muestras adicionales de las mismas profundidades se empacaron en bolsas plásticas herméticas. Tubos y bolsas fueron transportados a nuestro laboratorio en Ciudad del Carmen, México, para ser sometidas a pruebas adicionales en tierra.

Pruebas en Tierra

Después de revisar los resultados de las pruebas de campo, se formuló un programa de pruebas en tierra para completar y verificar la información de campo. Cada muestra fue sometida a pruebas para determinar el contenido de carbonato, el porcentaje de agua y el porcentaje que pasa el tamiz # 200.

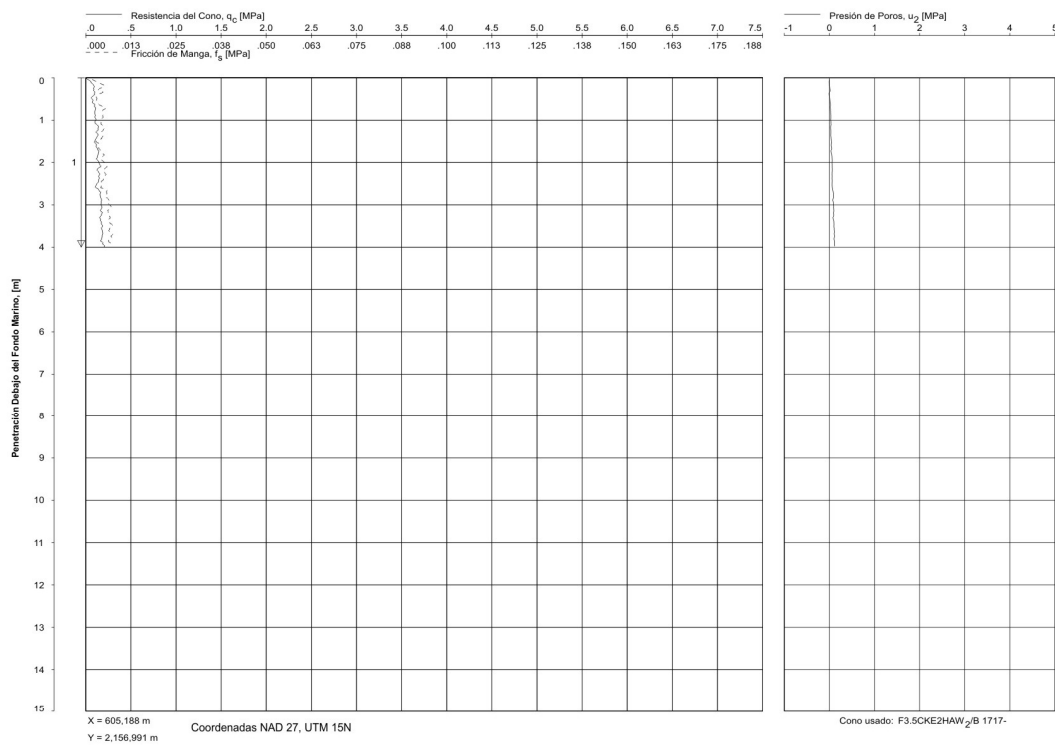
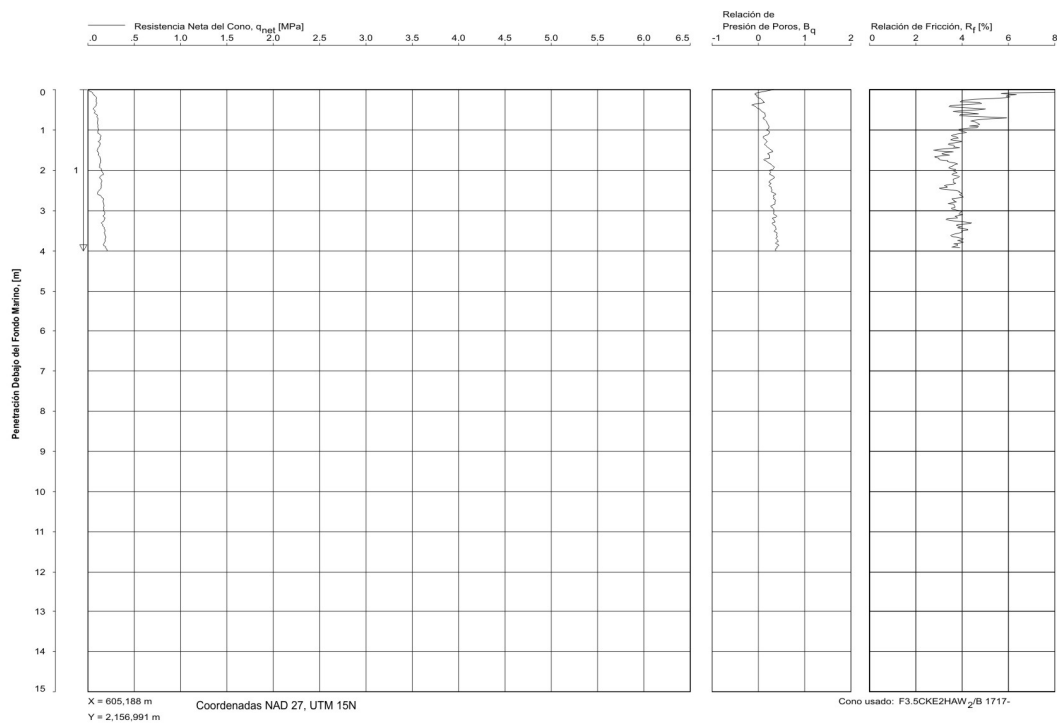
Para las mediciones del contenido de carbonatos se escogen muestras para determinar su solubilidad en ácido clorhídrico usando el método gasométrico (ASTM D-4373), el cual indica la cantidad aproximada del material carbonatado por peso en las muestras ensayadas. En el método gasométrico, una muestra de 1 a 5 gramos de suelo seco se trata con ácido clorhídrico diluido dentro de un recipiente reactor. Durante la reacción entre el ácido y la fracción carbonatada de la muestra, se produce gas de dióxido de carbono. Para proveer una medida directa del contenido de carbonatos, se utiliza un manómetro precalibrado con carbonato de calcio de calidad reactiva que está conectado al reactor. Las mediciones del contenido de carbonato obtenidas con el método gasométrico han sido tabuladas en el Resumen de Resultados de las Pruebas (Figura B-3).

Los calificativos “calcáreo” o “carbonatado” se usan para distinguir aquellos sedimentos que son predominantemente sílicos de aquellos que son predominantemente de origen carbonatado. La diferencia entre calcáreo y carbonatado se basa en el porcentaje por peso de material soluble en ácido clorhídrico. Un material que tiene del 10 al 50 por ciento por peso de material soluble es considerado un material calcáreo. Un material que tiene un porcentaje por peso de material soluble mayor al 50 por ciento es considerado como un material carbonatado. Los suelos son clasificados como carbonatado sílico y carbonatado cuando el contenido de carbonatos está entre el 50 y 90 por ciento y cuando es mayor al 90 por ciento, respectivamente (Clark y Walker, 1977). El sistema de clasificación de carbonatos utilizado en este estudio para clasificar los sedimentos carbonatados se presenta en la Figura B-6.

REFERENCIAS

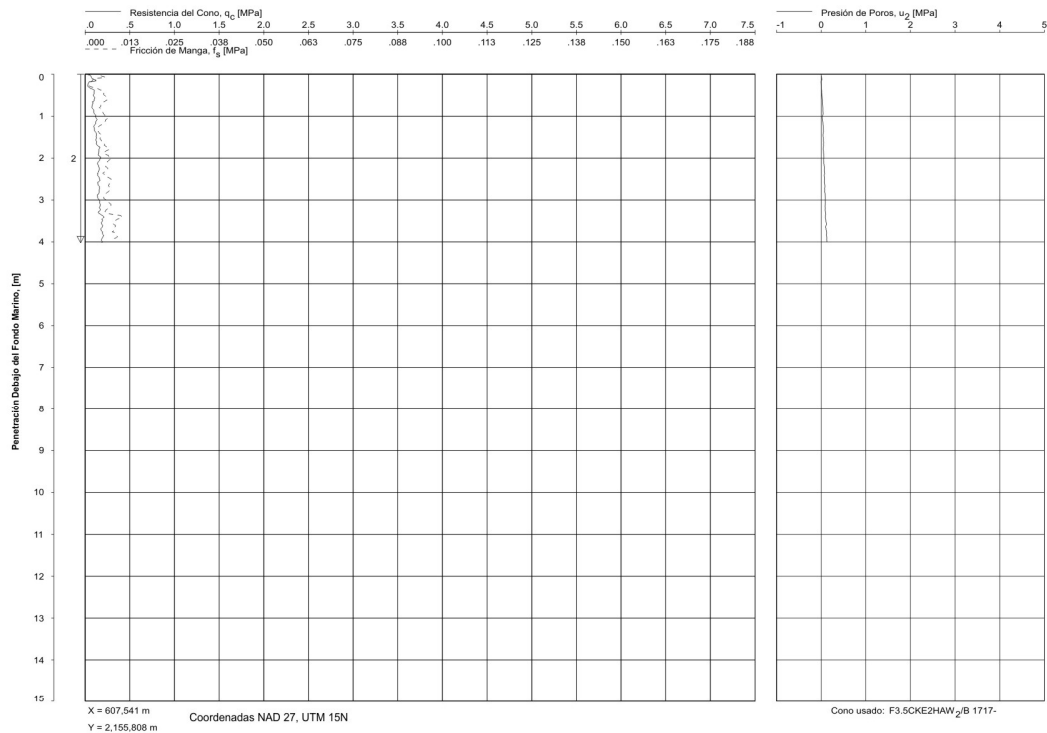
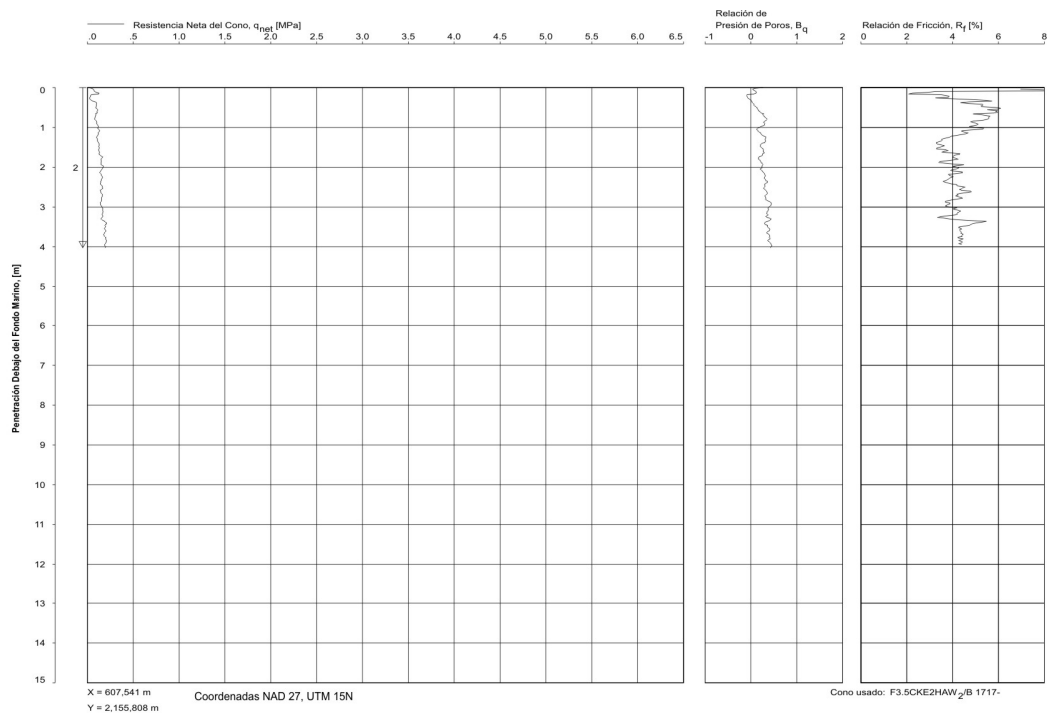
American Society for Testing and Materials (2009)
"Soil and Rock; Building Stones; Geotextiles,"
Annual Book of ASTM Standards, Vols.4.08 and 4.09,
ASTM, West Conshohocken, Pennsylvania.

APÉNDICE B
ILUSTRACIONES



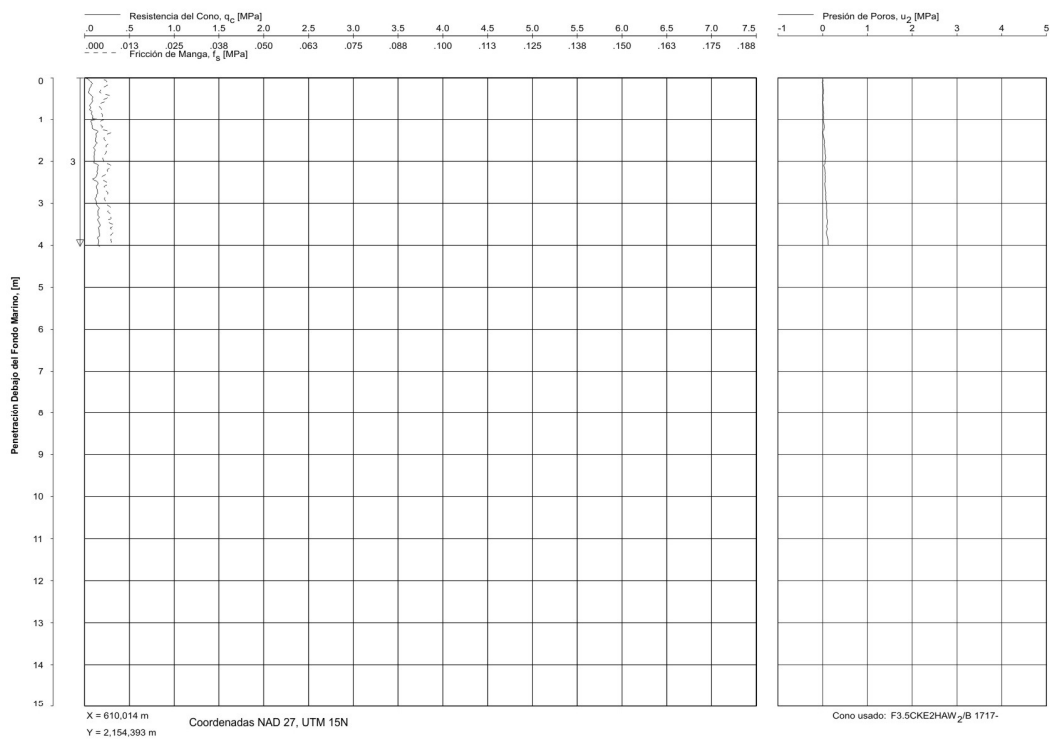
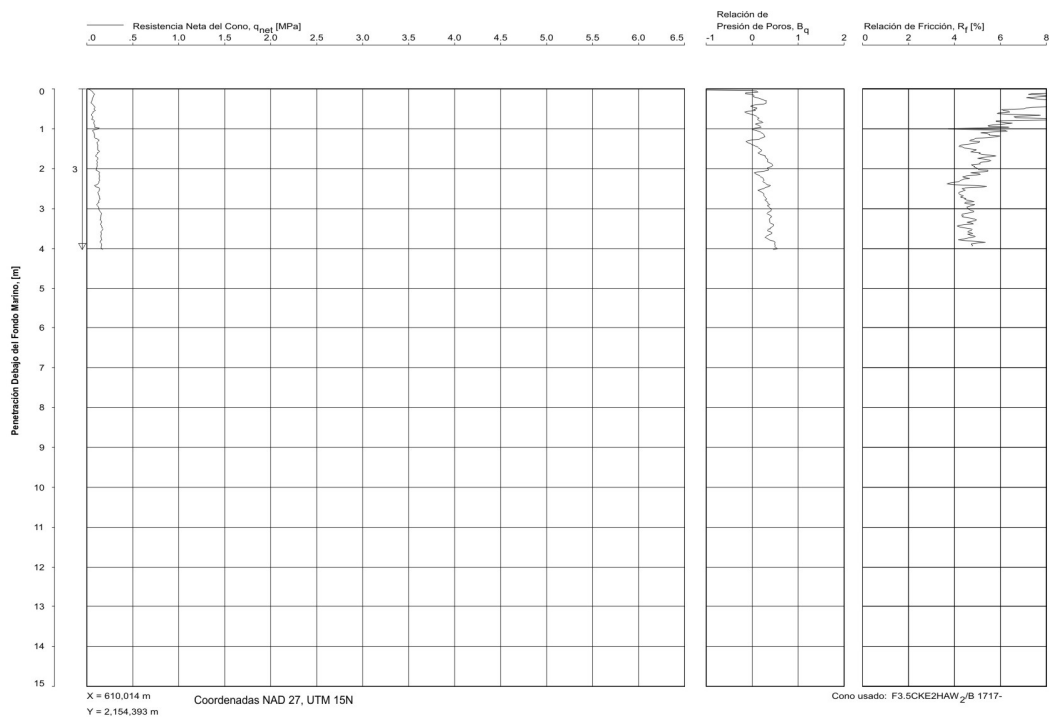
REGISTROS DE LAS PRUEBAS ESTÁTICAS DE PENETRACIÓN P1

CORREDOR EK-A a BALAM-A
BAHÍA DE CAMPECHE
JULIO 2011



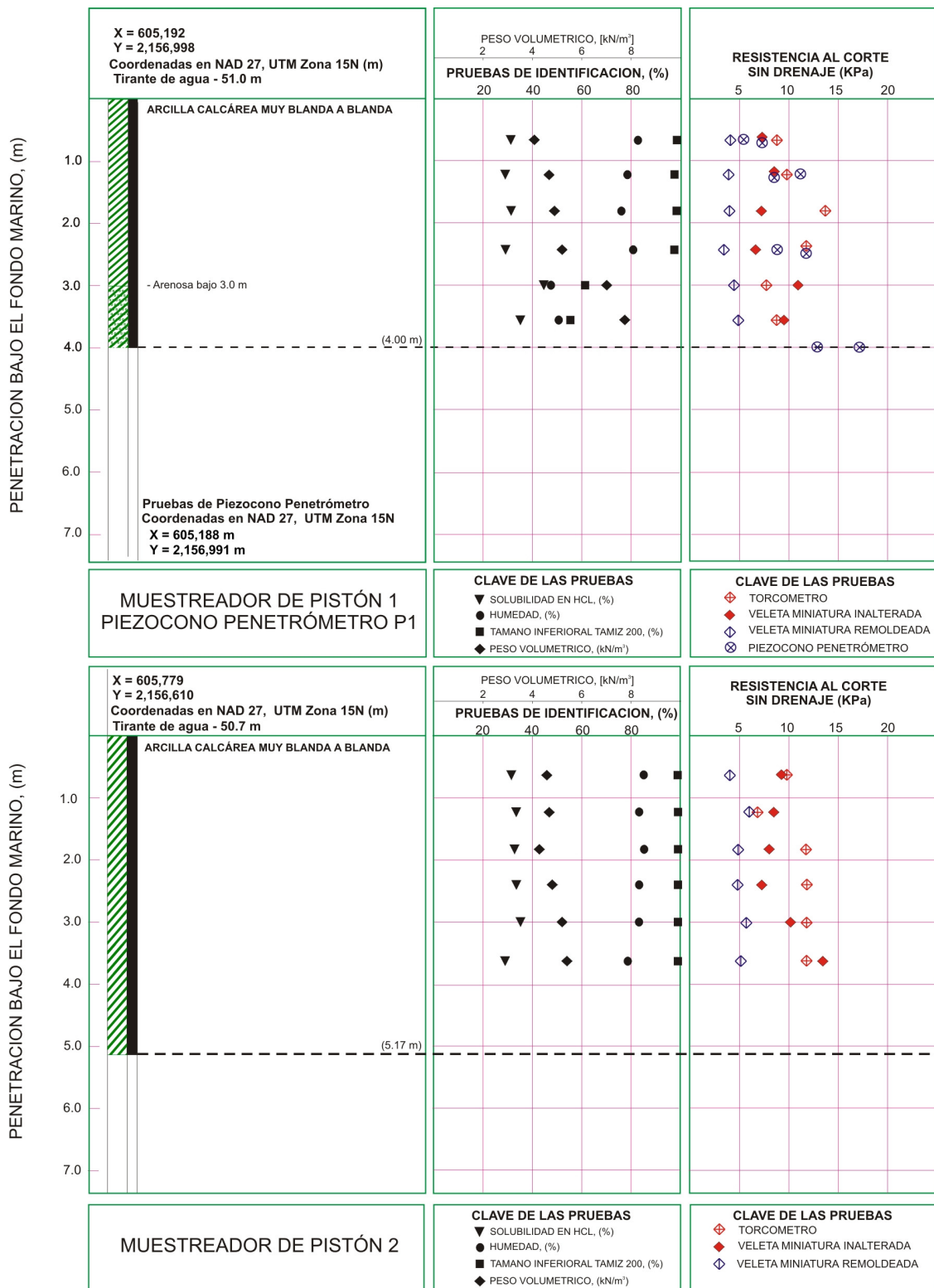
REGISTROS DE LAS PRUEBAS ESTÁTICAS DE PENETRACIÓN P4

**CORREDOR EK-A a BALAM-A
BAHÍA DE CAMPECHE
JULIO 2011**

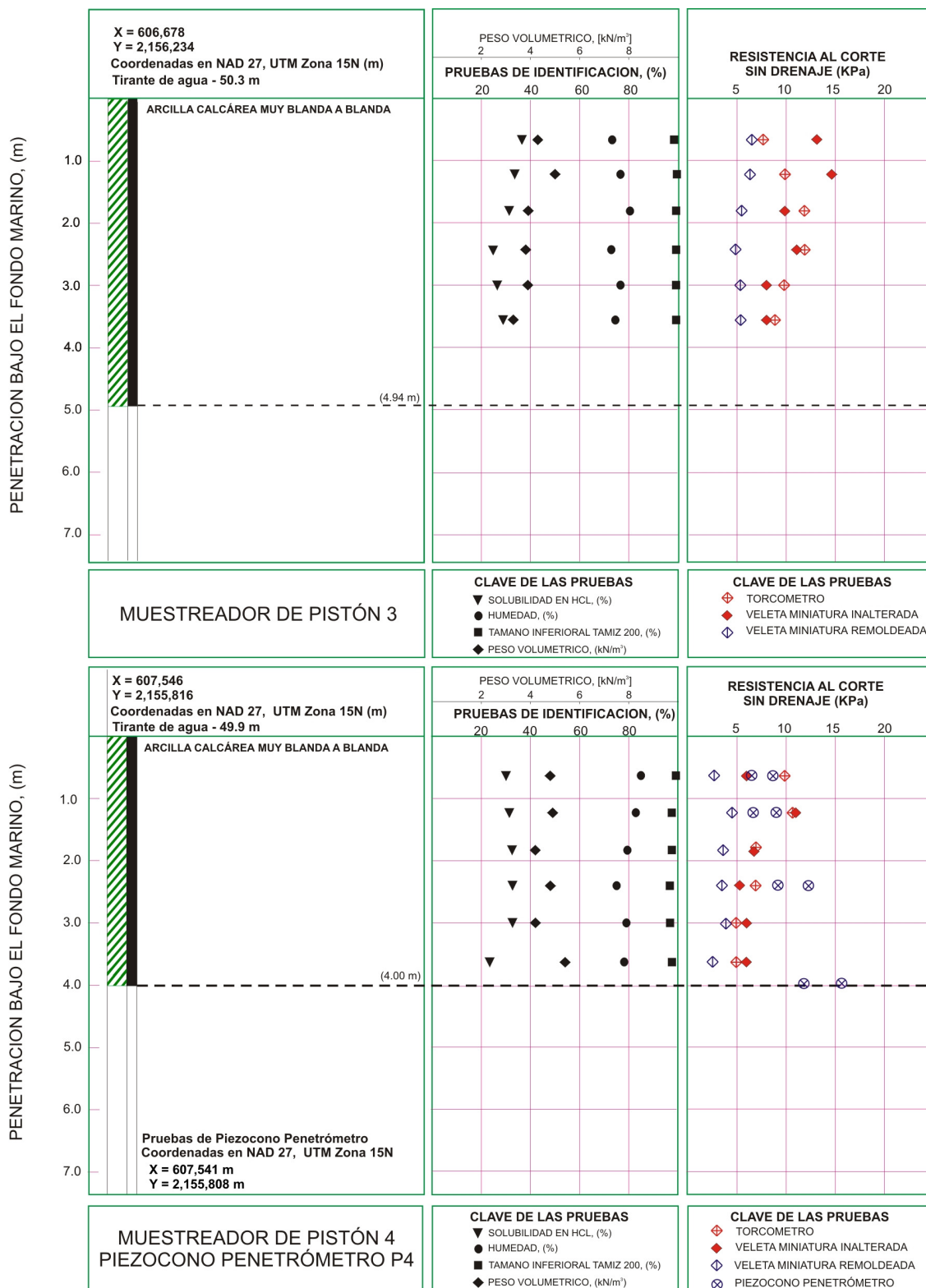


REGISTROS DE LAS PRUEBAS ESTÁTICAS DE PENETRACIÓN P7

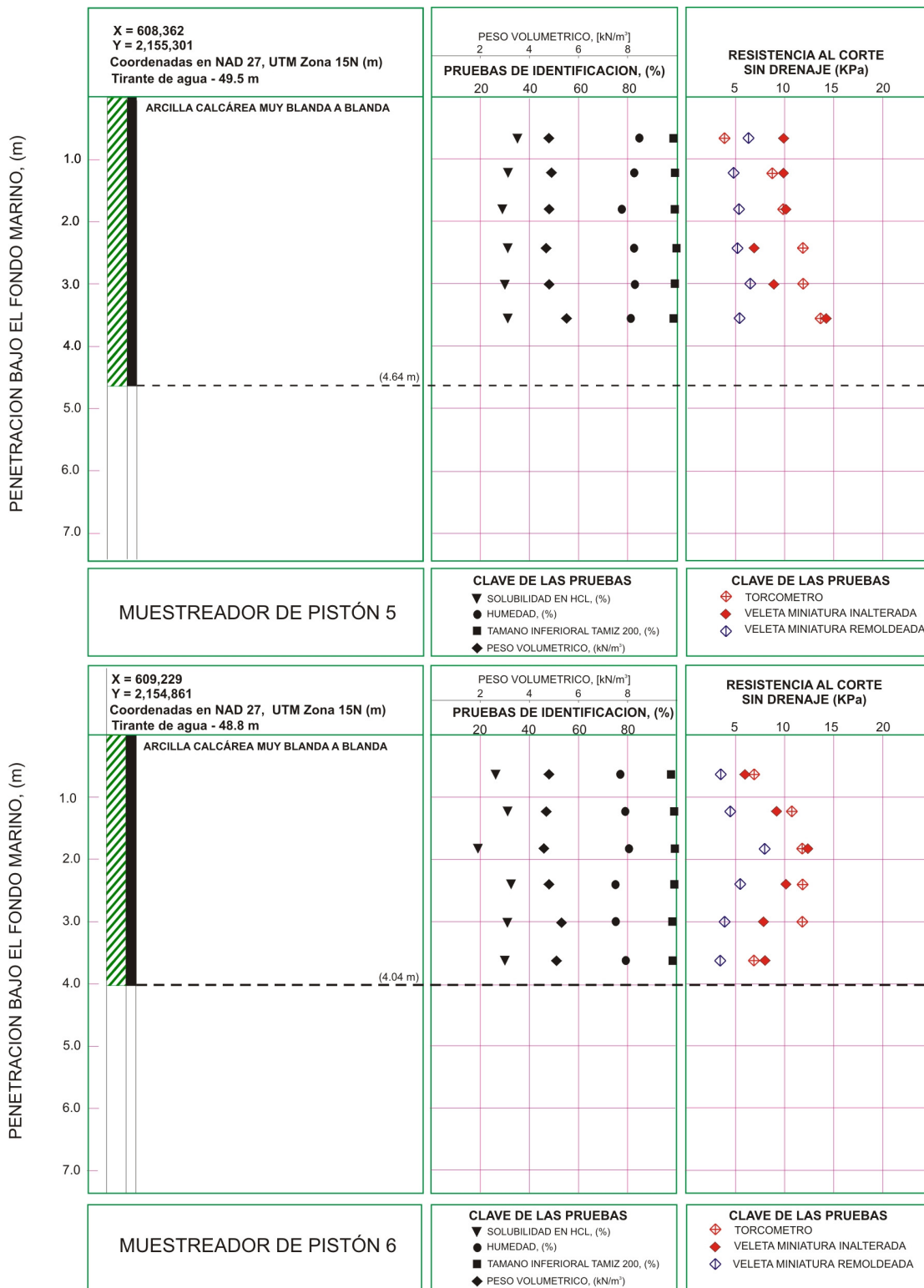
CORREDOR EK-A a BALAM-A
BAHÍA DE CAMPECHE
JULIO 2011



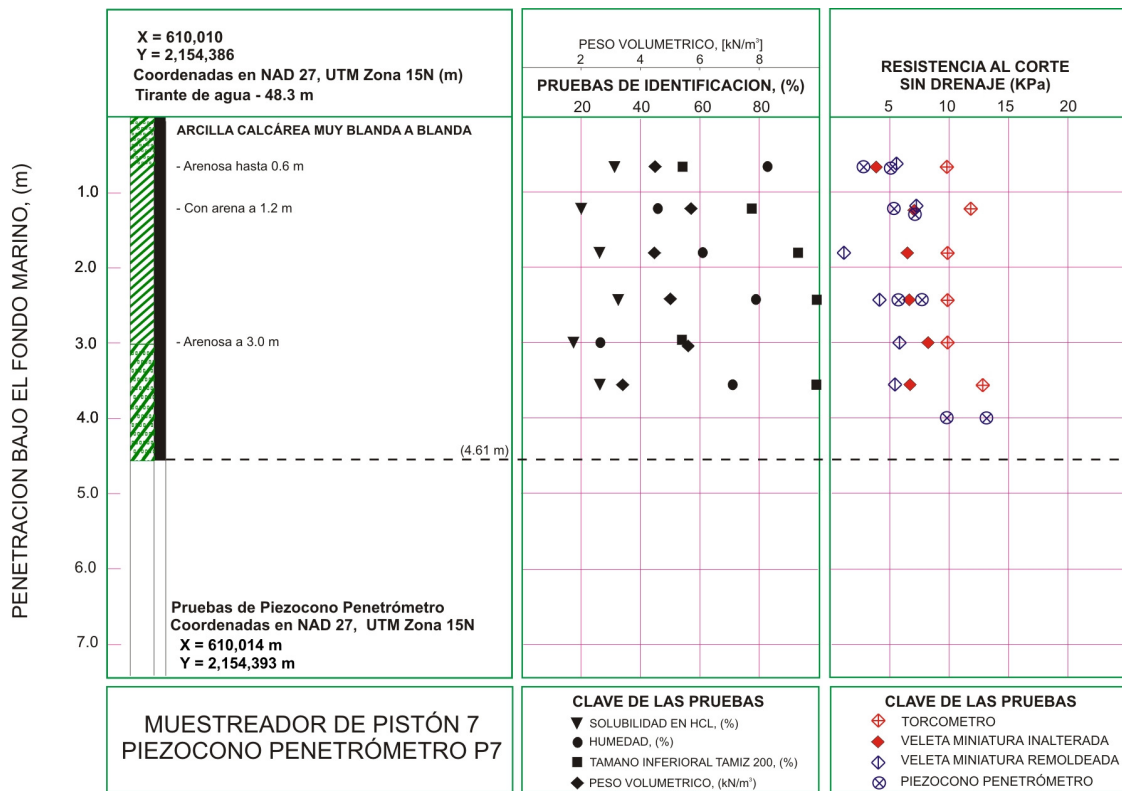
**REGISTRO DE MUESTREADOR DE PISTÓN
Y RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO
CORREDOR EK-A A BALAM-A
BAHÍA DE CAMPECHE
JUNIO-JULIO 2011**



**REGISTRO DE MUESTREADOR DE PISTÓN
Y RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO
CORREDOR EK-A A BALAM-A
BAHÍA DE CAMPECHE
JUNIO-JULIO 2011**



**REGISTRO DE MUESTREADOR DE PISTÓN
 Y RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO
 CORREDOR EK-A A BALAM-A
 BAHÍA DE CAMPECHE
 JUNIO-JULIO 2011**



REGISTRO DE MUESTREADOR DE PISTÓN
Y RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO
CORREDOR EK-A A BALAM-A
BAHÍA DE CAMPECHE
JUNIO-JULIO 2011

Número de la Muestra	Número de PCPT	Profundidad de la Muestra (m)	% Agua	% Carbonatos	% pasando Tamiz #200	Peso Volumétrico kN/m³	Resistencia al Corte (kPa) Torcómetro	Resistencia al Corte (kPa) Veleta Miniatura Inalterada	Resistencia al Corte (kPa) Veleta Miniatura Remoldeada	Resistencia al Corte (kPa) PCPT Nkt =12 y 16
1-1	P-1	0.6	83.5	31.3	98.3	4.1	8.8	7.3	4.1	5.5 a 7.3
1-2		1.2	79.1	28.8	97.8	4.7	9.8	8.5	3.9	8.5 a 11.3
1-3		1.8	76.2	31.3	98.2	4.9	13.7	7.1	4.0	-
1-4		2.4	81.1	28.8	97.8	5.2	11.8	6.7	3.5	8.8 a 11.7
1-5		3.0	47.7	45.0	61.4	7.0	7.8	11.0	4.5	-
1-6		3.6	50.7	35.0	55.4	7.7	8.8	9.6	4.9	-
-		4.0	-	-	-	-	-	-	-	12.9 a 17.1
2-1	NA	0.6	85.3	31.3	99.0	4.6	9.8	9.2	4.0	NA
2-2		1.2	83.8	33.8	98.9	4.7	6.9	8.7	6.0	
2-3		1.8	85.6	32.5	99.0	4.3	11.8	8.0	4.8	
2-4		2.4	83.3	33.8	99.1	4.8	11.8	7.3	4.7	
2-5		3.0	83.6	35.0	99.0	5.2	11.8	10.1	5.7	
2-6		3.6	78.6	28.8	98.8	5.4	11.8	13.3	5.1	
3-1	NA	0.6	73.6	36.3	98.2	4.3	7.8	13.1	6.6	NA
3-2		1.2	76.7	33.8	99.3	5.0	9.8	14.7	8.3	
3-3		1.8	80.1	31.3	98.7	3.9	11.8	9.9	5.6	
3-4		2.4	73.6	25.0	98.9	3.8	11.8	11.2	4.9	
3-5		3.0	76.3	26.3	99.1	3.9	9.8	8.0	5.3	
3-6		3.6	74.7	28.8	99.1	3.3	8.8	8.0	5.3	
4-1	P-4	0.6	85.1	30.0	99.2	4.8	9.8	6.0	2.7	6.5 a 8.7
4-2		1.2	81.1	31.3	97.7	4.9	10.8	11.2	4.5	6.7 a 9.0
4-3		1.8	79.7	32.5	97.2	4.2	6.9	6.7	3.6	-
4-4		2.4	74.9	32.5	96.6	4.8	6.9	5.3	3.4	9.2 a 12.3
4-5		3.0	79.0	32.5	96.7	4.2	4.9	6.0	3.8	-
4-6		3.6	78.1	23.8	97.6	5.4	4.9	6.0	2.6	-
-		4.0	-	-	-	-	-	-	-	11.8 a 15.7
5-1	NA	0.6	84.8	35.0	98.3	4.8	3.9	9.9	6.3	NA
5-2		1.2	82.7	31.3	99.1	4.9	8.8	9.9	4.8	
5-3		1.8	77.9	28.8	99.2	4.8	9.8	10.1	5.3	
5-4		2.4	82.4	31.3	99.8	4.7	11.8	6.9	5.2	
5-5		3.0	83.0	30.0	99.0	4.8	11.8	8.9	6.6	
5-6		3.6	81.6	31.3	98.5	5.5	13.7	14.2	5.4	
6-1	NA	0.6	76.8	26.3	97.7	4.8	6.9	6.0	3.5	NA
6-2		1.2	78.9	31.3	98.6	4.7	10.8	9.2	4.4	
6-3		1.8	80.3	18.8	99.4	4.6	11.8	12.4	8.0	
6-4		2.4	75.1	32.5	99.1	4.8	11.8	10.1	5.6	
6-5		3.0	75.3	31.3	98.1	5.3	11.8	7.8	3.9	
6-6		3.6	79.6	30.0	98.1	5.1	6.9	8.0	3.4	
7-1	P-7	0.6	83.1	31.3	54.2	4.5	9.8	3.9	5.6	3.8 a 5.1
7-2		1.2	46.1	20.0	77.5	5.7	11.8	7.1	7.3	5.3 a 7.1
7-3		1.8	61.1	26.3	93.3	4.7	9.8	6.4	1.2	-
7-4		2.4	79.3	32.5	99.2	5.0	9.8	6.7	4.1	5.7 a 7.6
7-5		3.0	26.2	17.5	54.0	5.6	9.8	8.3	5.8	-
7-6		3.6	71.1	26.3	99.0	3.4	12.8	6.7	5.4	-
-		4.0	-	-	-	-	-	-	-	9.8 a 13.1

RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

**CORREDOR EK-A A BALAM-A
BAHÍA DE CAMPECHE
JUNIO 2011**



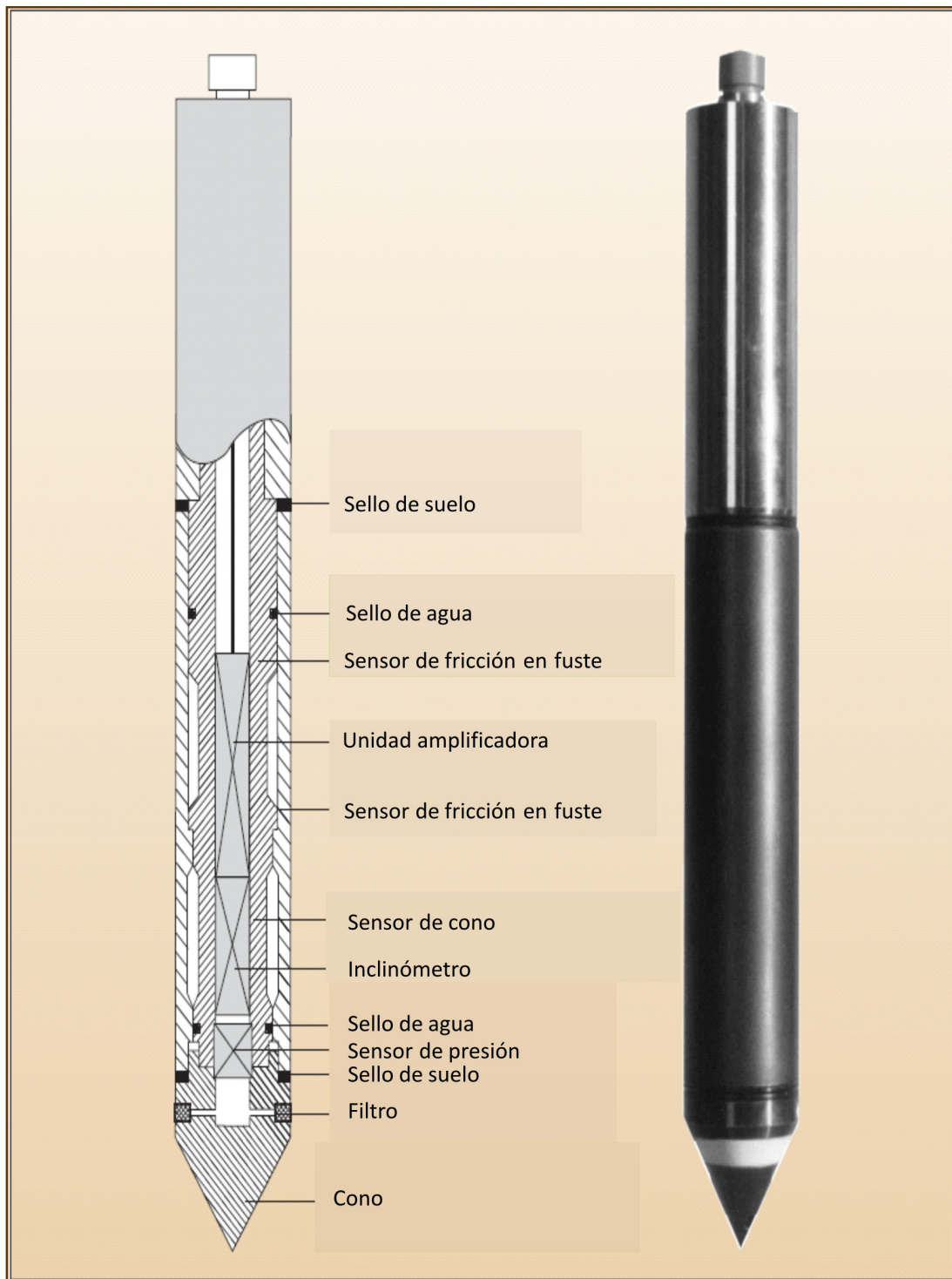
ESPECIFICACIONES DE OPERACIÓN

Las especificaciones de espacio del equipo SEASCOUT montado en marco son las siguientes:

- El peso de la masa del SEASCOUT y el marco sin lastre es de 1.6 toneladas
- Área de la base del marco: triángulo con lados iguales de 2 metros
- Altura del marco: 2.4 metros
- Cabria mínima o grúa de embarcación con capacidad de 25kN
- Espacio mínimo en cubierta: 2.5 x 2.5 m y un área cubierta para el operador

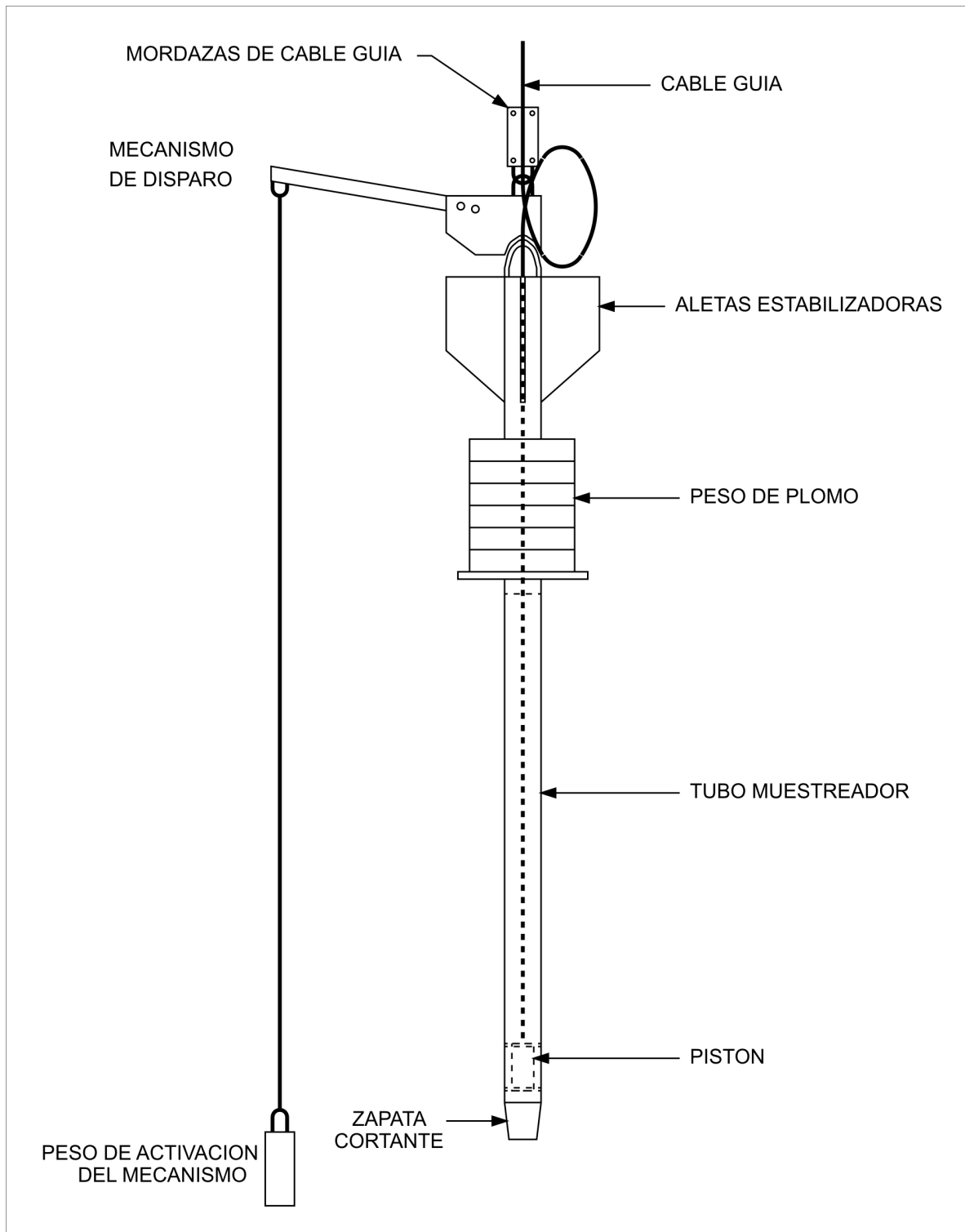
PIEZOCONO PENETROMETRO TIPO SEASCOUT

**CORREDOR EK-A A BALAM-A
BAHÍA DE CAMPECHE
HOS NORTH STAR
JULIO 2011**



PIEZOCONO PENETROMETRO TIPO SEASCOUT

CORREDOR EK-A A BALAM-A
BAHÍA DE CAMPECHE
HOS NORTH STAR
JULIO 2011



MUESTREADOR POR GRAVEDAD CON PISTON TIPO BENTHOS
CORREDOR EK-A A BALAM-A
BAHÍA DE CAMPECHE
B/M CALLAIS SEARCHER
JUNIO 2011

SISTEMA DE CLASIFICACION DE SUELOS CARBONATADOS				
Grado de Cementación del Suelo	Términos Descriptivos Adicionales Basados en el Origen de las Partículas Constituyentes			
	No Discernible	Bioclástico	Oolítico	Concha Coral Algáceo Pisolítico
	Tamaño de las Partículas, mm			
	0.002	0.074	4.76	76.2
Suelo Muy Débil a Moderadamente Cementado	Lodo Carbonatado	Limo Carbonatado	Arena Carbonatada	Grava Carbonatada
	Lodo Carbonatado Arcilloso	Limo Carbonatado Silíceo	Arena Carbonatada Silíceo	Mezcla de Grava Carbonatada
	Arcilla Calcárea	Limo Calcáreo	Arena Calcárea	Carbonatada y no Carbonatada
	Arcilla	Limo	Arena	Grava
Suelo Bien Cementado	Calclutita	Calclimolita	Calcarenita	Calclrudita
	Calclutita Arcillosa	Calclimolita Silíceo	Calcarenita Silíceo	Calclrudita Conglomerada
	Arcillita Calcárea	Limolita Calcárea	Arenisca Calcárea	Conglomerado Calcáreo
	Arcillita	Limolita	Arenisca	Conglomerado
Contenido de Carbonato, %				
				90
				50
				10
Relación de Términos Para la Clasificación de Suelos Carbonatados				
Grado de Cementación			Grado de Cementación	
Algáceo - Compuestos por restos calcáreos producidos por secreciones de algas.			(a) Bien cementado - no puede ser fragmentado manualmente, pero los granos sí pueden ser desprendidos.	
Arenáceo - Conteniendo una notable proporción de arena o limo de cuarzo detrítico.			(b) Débil o ligeramente cementado - puede ser partido manualmente sin dificultad, los granos individuales pueden ser desprendidos.	
Arcilláceo - Conteniendo una notable proporción de arcilla.			(c) Moderadamente cementado - grado intermedio de cementación.	
Autígeno - Formado in situ por acción química o bioquímica.				
Bioclástico - Compuesto por restos fragmentados de organismos.				
Coral - Esqueleto calcáreo de un coral o un grupo de corales.				
Detrítico - Derivado de fragmentos de roca ya existente.				
Oolítico - Formado por oolitos (partículas esféricas de 0.25 hasta 2 mm, generalmente de carbonatos).				
Pisolítico - Formado por pisolitas (partículas redondas de 2 hasta 10 mm, generalmente de carbonatos).				
Concha - Generalmente la cubierta dura y rígida de un animal, comúnmente calcárea.				
Silíceo - Conteniendo abundante cuarzo o sílice, por lo general, criptocristalino.				

Modificado por Clark y Walker (1977)

APÉNDICE C
INTERPRETACIÓN Y MAPEO

APÉNDICE C
CONTENIDO

	<u>Página</u>
INTERPRETACIÓN Y MAPEO	C-1
Introducción	C-1
Plano de Posicionamiento	C-1
Plano Batimétrico	C-1
Mosaico del Fondo Marino	C-2
Plano de Rasgos Geológicos y Riesgos	C-2
Plano de Isopacas	C-2
Perfil Interpretativo	C-2
Limitaciones del Perfil	C-2
Construcción del Perfil	C-2

ILUSTRACIONES

	<u>Figura</u>
Gráfica de Velocidad del Sonido y Temperatura en el Agua	C-1

INTERPRETACIÓN Y MAPEO

Introducción

El objetivo de este apéndice es el de proporcionar a las personas que lean y revisen este reporte con la información básica de los datos, las técnicas de análisis y los procedimientos de mapeo usados durante la interpretación de los datos.

Plano de Posicionamiento

El plano base (Plano 2; escala 1:5000) para el levantamiento fue preparado por Fugro. El Plano 2 indica las líneas de la cuadrícula del levantamiento, la dirección de navegación a lo largo de las líneas, la localización de cada punto de control, la localización de las muestras de suelos y pruebas de PCPT, las marcas de referencia geodésica y del Sistema Universal Transverso de Mercator (UTM) Zona 15 Norte. La información de posicionamiento está basada principalmente en los datos del STARFIX[®] 3.02.09, un sistema propiedad de Fugro (véase Apéndice A). Los puntos de control se grafican con respecto a las posiciones de la referencia central del barco, la cual es la posición de la antena de navegación. El intervalo nominal de punto de control es de 12.5 metros para los datos digitales y 125 metros para los datos análogos. El espaciamiento nominal entre las líneas del levantamiento fue de 200 metros para las líneas primarias y de 500 metros para las líneas secundarias.

Plano Batimétrico

El Plano Batimétrico (Plano 2, escala 1:5000) fue generado con base en los datos de la ecosonda Reson Seabat[®] 8101 instalada en la embarcación B/M *Callais Searcher*. Los datos de la ecosonda Multibeam fueron procesados a bordo de la embarcación para convertir los valores de tiempo doble vía (ida y vuelta entre el transductor y el fondo marino) de la señal acústica a profundidad aplicando una velocidad acústica variable para el agua.

La velocidad acústica del agua fue determinada mediante pruebas en alta mar con un velocímetro de Sea-Bird Electronics. Las medidas de velocidad acústica se tomaron a intervalos de aproximadamente 1 metro, desde la superficie marina hasta el fondo marino. Se realizó una prueba de velocidad del sonido y temperatura de la columna de agua dentro del corredor de estudio. La velocidad promedio del sonido en el agua fue de 1535.9 m/seg, mientras que la temperatura en el fondo marino fue de 20.2°C (Figura C-1). El procesamiento posterior de los datos incluye correcciones para el ángulo del haz y los movimientos del barco (cabeceo, bandeo y movimiento vertical) y de la marea. Asumimos que las velocidades acústicas medidas son representativas de las velocidades acústicas reales a través del área del levantamiento durante la recolección de datos geofísicos.

Se convierten los tirantes de agua al dato del Nivel Medio del Mar por medio de la aplicación de correcciones para las variaciones de marea, las cuales fueron determinadas por el programa para la predicción de marea Worldtide[®] usando los pronósticos para el puerto de Ciudad del Carmen, Campeche. Los datos de las predicciones de marea basadas en información de la UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México) no estuvieron disponibles durante la preparación del Plano Batimétrico. Una comparación entre los datos para predicciones de marea basados en información de la UNAM y del programa Worldtide[®] resultó en diferencias promedio de menos de 5 cm para los años 1993-94.

Con base en las coordenadas precisas del barco derivadas de un sistema de GPS, se atribuye un tirante de agua a cada punto dentro de una cuadrícula con celdas de 3 metros de ancho. Se graban los datos finales procesados en formato XYZ en discos compactos o en discos duros externos. El juego de programas de Kingdom Suite[®] (v. 8.2) de Seismic Micro Technology fue usado para generar contornos de batimetría a intervalos de 0.25 metros.

Mosaico del Fondo Marino

El Mosaico del Fondo Marino (Plano 3) ilustra las condiciones del fondo marino mediante una imagen del fondo marino generada con los datos del sistema de mapeo del fondo marino. Este mapa se construyó por la grabación de los datos del sistema de mapeo del fondo marino en formato digital XTF utilizando el sistema SonarWiz® a bordo del barco de levantamiento. Después del levantamiento, se traslaparon las líneas de los datos en una estación de trabajo utilizando el software SonarWiz®. El resultado es una imagen en formato GeoTIFF que se puede introducir en AutoCAD® para imprimir.

Plano de Isopacas

El Plano de Isopacas (Plano 3) se construyó de los datos del perfilador somero. El horizonte de isopacas ilustra el espesor de los sedimentos superficiales hasta la base de los suelos superficiales no consolidados identificado en los datos del perfilador somero. Las acotaciones representan el espesor de los sedimentos hasta el reflector continuo prominente más somero, el mismo que se identificó en los datos del perfilador somero.

El datum referencial es el fondo marino. La profundidad a la base de la unidad de isopacas se midió directamente de los datos geofísicos (en tiempo) en una estación de trabajo utilizando el software Kingdom Suite® y se convirtió a profundidad (en metros) usando una velocidad asumida de 1550 m/seg. Las acotaciones resultantes se ingresaron al AutoCAD® y se superpusieron en el plano base.

Plano de Rasgos Geológicos y Riesgos

El Plano de Rasgos Geológicos y Riesgos (Plano 4) ilustra rasgos topográficos y geológicos en el fondo marino, y por debajo del mismo, que pueden influenciar la localización, diseño y operación segura de instalaciones costa afuera.

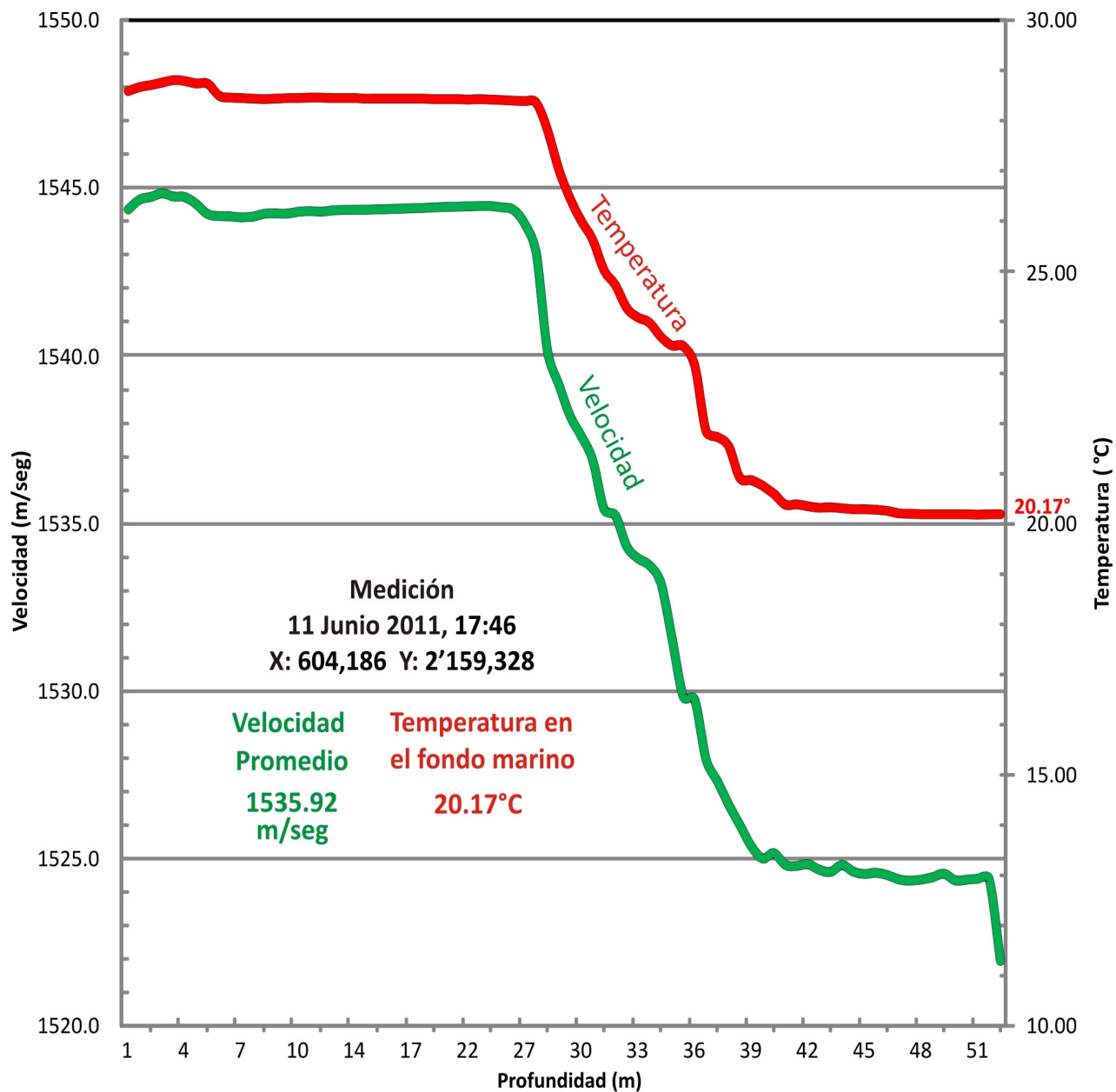
Perfil Interpretativo

El Perfil Interpretativo (Plano 4) ilustra la estratigrafía general y condiciones geológicas a lo largo de la línea de levantamiento que corresponde a la ruta propuesta para la tubería de EK-A A BALAM-A. Se usaron datos del perfilador somero, muestras de suelos obtenidas por gravedad y pruebas de PCPT como base para la construcción del perfil. Estos datos se correlacionaron con los sondeos geotécnicos disponibles.

Limitaciones del Perfil. Los límites de los estratos y las descripciones indicadas en el perfil son generalizados. Las condiciones se deducen basadas en la interpretación y síntesis de datos geofísicos e información del muestreo de fondo y de las pruebas in situ de PCPT. Las condiciones reales pueden ser diferentes a aquellas indicadas en el perfil. El perfil es únicamente para propósitos de ilustración y no para ser usados para diseño.

Construcción del Perfil. El perfil se creó usando el sistema ACAD® (versión 2011). El conjunto de puntos X, Y, Z correspondientes a los valores: del fondo marino, del horizonte de isopacas fue generado con una estación de trabajo utilizando el software de interpretación Kingdom Suite® (v 8.2). Se grabó esta información en una base de datos y se graficó el perfil geológico con escalas correctas (1:5000 horizontal, 1:500 vertical). La profundidad de cada punto en el horizonte de isopacas se basa en una velocidad constante de 1550 m/seg para los sedimentos debajo del fondo marino.

APÉNDICE C
ILUSTRACIONES



GRÁFICA DE VELOCIDAD DEL SONIDO Y TEMPERATURA EN EL AGUA

CORREDOR EK-A A BALAM-A
BAHÍA DE CAMPECHE
JUNIO 2011

**FIN DE
DOCUMENTO**