

PRIMER ENSAYO DE GASIFICACIÓN SUBTERRÁNEA DE CARBÓN EN EL MARCO DE UNA COLABORACIÓN COMUNITARIA

**CONTRATOS N°: SF - 369/91 - ES/BE/UK
N°: SF - 543/92 - ES/BE/UK**

INFORME TÉCNICO JULIO 1995 - DICIEMBRE 1995

Grupo Directivo

- A. BAILEY (DIRECTOR)
- A. OBIS (DIRECTOR ADJUNTO - OPERACIONES)
- M. MOSTADE (DIRECTOR ADJUNTO - TÉCNICO)

Underground Gasification Europe. (UGE), A.E.I.E.
Calle Hermanos Nadal, 27 - 1º
44550 Alcorisa (Teruel), España

ÍNDICE

- Resumen
- 1. Introducción
- 2. Reacondicionamiento y Equipamiento de los Pozos
 - 2.1 Pozo de Seguimiento Desviado
 - 2.2 Pozo de Producción (Fase 1)
 - 2.3 Otros Pozos
- 3. Ingeniería y Construcción
 - 3.1 Planta de Superficie
 - 3.2 Unidad de Análisis del Gas Producto
 - 3.3 Unidad de Control y Adquisición de Datos
- 4. Análisis del Proceso y Modelización
- 5. Programa de Apoyo/Colaboración
- 6. Dirección del Proyecto
 - 6.1 Administración
 - 6.2 Problemas/Dificultades
 - 6.3 Cambios en la Estrategia Técnica
 - 6.4 Próximos Trabajos
 - 6.5 Extensión de la Duración del Proyecto
 - 6.6 Grupo Europeo de Trabajo
 - 6.7 Conferencias, Publicaciones e Informes

Resumen

Las principales actividades llevadas a cabo en los pozos durante el periodo comprendido por este informe fueron el reacondicionamiento y equipamiento del pozo de seguimiento desviado [MW2(ET2)] y del pozo de producción [RW(ET5)] (Fase 1). El equipamiento del pozo de seguimiento desviado de corto radio [MW2(ET2)] se realizó en julio de 1995. La trayectoria del pozo fue controlada durante la perforación por medio de un instrumento de medida de orientación/desviación magnético (MWD), el cual fue también utilizado para posicionar los puntos de entrada y salida del pozo en la capa de carbón. El equipamiento consistió en la instalación de termopares y fibra óptica en el interior de un tubo continuo enrollado de 2".

En septiembre de 1995 se instalaron en el pozo de producción [RW(ET5)] un tubo perforado en el fondo y parte de las tuberías. Durante la reperfusión del cemento del fondo del pozo de producción, antes de la colocación de las tuberías, se observó una buena comunicación entre los pozos ET5 y ET4, el mantenimiento de la buena calidad de esta comunicación simplificaría el procedimiento de iniciación de la gasificación.

El diseño de la ingeniería de detalle de la planta de superficie fue finalizado, incluidas las especificaciones de las líneas, montaje eléctrico e instrumentación. La obra civil fue terminada a principio de octubre de 1995. El montaje mecánico/líneas comenzó a mitad de octubre y la instalación eléctrica en diciembre de 1995.

La Unidad de Control y Adquisición de Datos fue construida y entregada en diciembre. La construcción de la Unidad de Análisis del Gas fue terminada y a finales de diciembre estaba siendo testificada en fábrica. Las unidades instaladas o parcialmente instaladas en campo eran los tanques criogénicos, bombas y evaporadores, caldera, bombas de agua y espumante, compresor de aire de instrumentación, unidad contra incendios, bombas de agua de servicios, incinerador y antorcha.

La formulación del registro de datos e informes durante la operación de la planta fue enviada y parte del software a utilizar para la modelización y análisis fue escrito y puesto en marcha.

Dentro del programa de colaboración, T.U. DELFT terminó sus trabajos sobre el comportamiento termomecánico de los estratos adyacentes al carbón y modelización del proceso de gasificación subterránea. En febrero de 1996 se celebrará una reunión para la presentación de los resultados de dichos trabajos, y para la discusión sobre el uso de los modelos para la predicción del desarrollo del proceso de gasificación en El Tremedal y para la interpretación de los datos obtenidos en el mismo.

1. INTRODUCCIÓN

El presente es el octavo informe técnico del proyecto de Gasificación Subterránea de Carbón en el norte de Teruel, España, bajo los auspicios de la CE, dentro del programa energético THERMIE.

Al principio del periodo comprendido por este informe, había finalizado el reacondicionamiento y equipamiento del pozo de seguimiento vertical [MW1(ET1)], y la mayor parte de la ingeniería de detalle de la planta de superficie se había llevado a cabo, restando únicamente el diseño de algunos aparatos al finalizar el periodo del informe.

Se realizaron los trabajos de reacondicionamiento de los pozos de seguimiento desviado [MW2(ET2)] y de producción [RW(ET5)], quedando pendiente el equipamiento de los pozos ET4, ET5 (Fase 2) y ET6 probablemente para enero-febrero de 1996. Se completó asimismo la ingeniería de detalle de la planta de superficie, y las Unidades de Análisis de Gas y de Control y Adquisición de Datos fueron construidas.

La compañía NORCONSA finalizó la obra civil en octubre de 1995. Después de la finalización de estos trabajos se puso en marcha la construcción de la planta: tanques criogénicos, bombas y evaporadores, caldera, bombas de agua y espumante, compresor de aire de instrumentación, unidad contra incendios, antorcha e incinerador de gases.

Los trabajos de la construcción mecánica y de líneas por parte de la compañía AUXIMET comenzaron a mediados de octubre, estimándose como fecha de finalización de los mismos, incluida la puesta en marcha, final de febrero de 1996.

2. REACONDICIONAMIENTO Y EQUIPAMIENTO DE LOS POZOS

*Mientras no se indique lo contrario, todas las profundidades dadas en la sección 2 de este informe son referidas al **Nivel del Suelo** (plataforma de hormigón), y todos los datos de ázimuths son referidos al **Norte UTM**.*

2.1 POZO DE SEGUIMIENTO DESVIADO [MW2(ET2)]

2.1.1 Objetivos - Datos de Orientación/Desviación

El plan original para esta operación de reacondicionamiento en el pozo ET2 comprendía la perforación desviada de radio corto a lo largo del rumbo de la capa hasta interceptar el pozo ET4 en la posición de máximo desarrollo lateral de la primera cavidad del gasificador.

El replanteamiento del primer punto de ignición debido a la trayectoria final de ET4 y al cambio de posición del pozo ET5, conllevó la revisión del objetivo final del pozo ET2 a lo largo de la línea del pozo ET4, y como consecuencia el ázimuth de la trayectoria desviada de radio corto dejó de ser paralela al rumbo de la capa.

La posición del objetivo revisado de ET2 en proyección horizontal quedó aproximadamente a veintiséis (26) metros de ET5 siguiendo la trayectoria de ET4, un (1) metro sobre el muro de la capa de carbón (techo de la caliza intermedia), con una inclinación de la trayectoria igual al buzamiento

aparente de la capa para el ázimut determinado. Los objetivos para la trayectoria del pozo de seguimiento desviado [MW2(ET2)] fueron los siguientes:

- Objetivo final a aproximadamente 26 m. en proyección horizontal de la posición de ET5 en la capa, a lo largo de la línea definida por el pozo de inyección desviado ET4.
- Cota del objetivo, aproximadamente 1 m. por encima del muro de la capa de carbón (techo de la caliza intermedia).
- Error en el objetivo +/- 2 m. de las coordenadas X, Y, Z dadas.
- Sección vertical de 528,7 a 536,0 m (PM)
- Punto de desviación (KOP) +/- 536 m (Profundidad Medida-PM)
- Primera sección desviada (inicio desviación) de 536,0 a 542,0 m (PM)
 Grado de desviación +/- 12,0°/30 m
 Inclinación al final de la sección +/- 2,5°
 Desplazamiento horizontal de la zapata de la tubería de revestimiento de 7" al final de la sección +/- 0,2 m
- Segunda sección desviada de 542,0 a 577,2 m (PM)
 Grado de desviación +/- 81,8°/30 m
 Inclinación al final de la sección +/- 98,5°
 Desplazamiento horizontal de la zapata de la tubería de revestimiento de 7" al final de la sección +/- 24,2 m
- Tercera sección desviada (mantenimiento de la desviación) de 577,2 a 596,8 m (PM)
 Grado de desviación +/- 15,0°/30 m
 Inclinación al final de la sección +/- 108,3°
 Desplazamiento horizontal de la zapata de la tubería de revestimiento de 7" al final de la sección +/- 43,3 m
- Ázimut del pozo +/- 302,3° (resp. norte UTM)
 Máx. error en ázimut +/- 2,0°
- Coordenadas UTM del objetivo (26 m en proyección horizontal de la posición de ET5 en la capa de carbón, y cota de aproximadamente 1 m por encima de la caliza intermedia).

Superficie X: 718587,40 Y: 4532603,00 Z: 659,57 r.n.m.

Zapata 7" X: 718585,36 Y: 4532608,48 Z: 130,94

Objetivo X: 718549,04 Y: 4532631,53 Z: 102,30

La trayectoria teórica del pozo de seguimiento desviado [MW2(ET2)] está representada en la Figuras 1a, 1b y 1c.

2.1.2 Detalle del Pozo - Equipamiento

Dada la dificultad de instalación en un pozo desviado de radio corto, el equipamiento del pozo ET2 se diseñó de forma relativamente simple, de manera que se instalaría un tubo continuo enrollado de 2" hasta el fondo del pozo, dentro del cual previamente se habría introducido un cable plano conteniendo la instrumentación, consistente ésta de cuatro (4) termopares y dos fibras ópticas. La Figura 2 muestra el sistema de fijación del cable plano al final del tubo de 2".

Una vez instalado el tubo de 2" dentro del pozo, éste se cementaría hasta la superficie. Para mejorar la centralización del tubo dentro del pozo, mejorando así la calidad de la cementación, fue recomendada la colocación de centralizadores del tipo de pala fija.

Este tipo de tubo, continuo enrollado, normalmente no se cementa, ya que en general se utiliza para la inyección de determinados materiales en los pozos, estimulantes, etc., recuperando el tubo al final de la operación. El programa para ET2 contemplaba la cementación del tubo en el pozo, para posteriormente cortarlo sobre la posición de la cabeza de pozo, dejando una longitud de cable plano de instrumentación suficiente para efectuar su conexión con la planta de superficie. Esta operación requería una planificación minuciosa ya que se debía cortar el tubo sin dañar el cable interior y seguidamente deslizar el tramo de tubo cortado para descubrir dicho cable con la instrumentación.

2.1.3 Programa de Perforación, Triconos y Lodos

El programa de perforación (usando los equipos de perforación de radio corto de la compañía BAKER HUGHES) fue el siguiente:

Sección vertical de 6" hasta el KOP	Rotación (cabeza tractora / inyección)
Sección desviada 6" (inicio desviación)	Motor de fondo 4 3/4" AKO/giróscopo*
Sección desviada/mantenida 5 7/8"	Motor de fondo 4 3/4" AKO/magnético

* Tanto el giróscopo como el aparato magnético de medida de orientación/desviación se utilizaron continuamente durante la perforación (MWD - "Measure While Drilling")

Triconos

La compañía de perforación dirigida contratada informó sobre la alta demanda de triconos en la perforación de radio corto, por lo que se prepararon tres triconos para la perforación de cada fase:

Fase de 6": SMITH FDG
 Fase de 5 7/8": REED HP12

Fluidos de Perforación (Lodos)

La perforación del cemento en el interior de la tubería de revestimiento de 7" se realizó con agua.

Para el resto de la sección vertical hasta el punto de desviación, y las siguientes secciones desviadas, la compañía al cargo de los fluidos de perforación decidió utilizar un lodo no disperso de KCl/Polímeros con aditivos para la inhibición de las arcillas, control del filtrado etc., similar al lodo usado en la perforación de los pozos anteriores ET4, ET5 y ET6. Las propiedades iniciales del lodo fueron:

Densidad	1,07 kg/l
Punto de fluencia	12 lb/100ft ²
Filtrado	10 cm ³ /30 min API
pH	11

2.1.4 Equipo de Perforación y Empresas Participantes

El equipo de perforación seleccionado fue un IDECO H35 sobre trailer, con mástil para dobles y 134.000 LB de capacidad, equipado con bombas triplex y cabeza de inyección / rotación BOWEN HDS2.

Las principales compañías contratadas para la provisión de servicios y equipos fueron:

- | | |
|--|----------------------------------|
| • Perforación (Equipo y Personal)
Conexión/desconexión de varillaje | COFOR
WEATHERFORD (via COFOR) |
| • Perforación Dirigida y MWD | BAKER HUGHES INTEQ |
| • Fluidos de Perforación (Lodos)
Provisión de aditivos
Ingeniería de lodos | MILPARK (via COFOR) |
| • Mediciones (Equipos y Personal)
Giróscopo KEEPER
Aparato de Dirección SHAREWELL | SCIENTIFIC DRILLING |
| • Cementación Tubo Continuo de 2" | HALLIBURTON |
| • Suministro del Tubo Continuo de 2",
Instalación, Centralizadores, Zapata
y Elemento de Soporte | DOWELL SCHLUMBERGER |
| • Triconos | SMITH / REED |

2.1.5 Operaciones

El equipo de perforación llegó al emplazamiento del sondeo el 12 de julio de 1995, comenzando las operaciones el 14 de julio. Las operaciones llevadas a cabo fueron:

- Perforación (vertical y comienzo desviación)	6"	495,6 - 541,0 m	14-16 julio
- Perforación (sección desviada y mantenida)	5 7/8"	541,0 - 598,0 m	16-21 julio
- Instalación del tubo continuo de 2"		Hasta 598,0 m	22 julio
- Cementación		Hasta fondo	22 julio

La Figura 3 muestra el avance, profundidad / tiempo, comparándolo con el avance estimado. El Cuadro I recoge la distribución de tiempos para las distintas operaciones. El tiempo total para ejecución de las operaciones fue de nueve (9) días (aproximadamente 5 días más de lo previsto), debiéndose la mayor parte de este tiempo extra a la utilización de herramientas inadecuadas para la manipulación del varillaje y a las frecuentes operaciones y maniobras necesarias para corregir la trayectoria en la última parte del pozo.

2.1.6 Sección Vertical y Comienzo de la Desviación de 6", 495,6 m - 541,0 m (Profundidad Medida - PM)

Esta fase comprendía dos tramos: uno vertical (495,6 - 535,0 m PM) hasta el punto de desviación (KOP), y un segundo tramo desviado hasta el final de la sección (este segundo intervalo corresponde a los primeros momentos de la desviación, el momento del despegue).

La perforación del cemento en el interior de la tubería de revestimiento existente de 7" se realizó con agua. Al alcanzarse la zapata de esta tubería a los 528,7 m PM, se efectuó una limpieza del pozo con 1,3 m³ de lodo viscoso y se reemplazó el agua por lodo de KCl/Polímeros, el cual se utilizaría para el resto de la perforación.

Al final del tramo vertical a 535,0 m PM, profundidad correspondiente al punto de desviación KOP, se sustituyó la sarta de rotación por otra equipada con motor de fondo AKO y manguito de orientación, siendo la trayectoria controlada mediante un giróscopo KEEPER perteneciente a la compañía SCIENTIFIC DRILLING CONTROLS. Los resultados obtenidos de estas medidas diferían notablemente de aquellos tomados en 1994 en este mismo pozo y con el mismo aparato, por lo que finalmente se decidió ignorarlos tras no recibir una explicación satisfactoria que explicara la diferencia, que era atribuida bien a un fallo del aparato o bien a un error de control de la perforación. La incapacidad de recuperar los datos obtenidos en 1994 se consideró totalmente insatisfactoria, y provocó la aparición de dudas sobre la validez de los resultados presentados en 1994 para los cuatro (4) pozos testificados.

El tramo desviado (535,0 - 541,0 m PM) se llevó a cabo con el manguito ajustable del motor de fondo colocado a $1,85^\circ$, orientándose el motor mediante el giróscopo KEEPER. El objetivo era desviar la trayectoria original del pozo ET2 unos seis (6) metros hasta alcanzar una inclinación de $2,5^\circ$ según un ázimut de $302,3^\circ$ respecto al norte UTM, como preparación para la siguiente sección desviada.

Al final de este tramo la inclinación medida mediante el giróscopo fue de $4,8^\circ$, y el ázimut de $326,9^\circ$, ambos valores mayores de lo deseado pero dentro de la capacidad de corrección de la sarta de perforación (dirigida) que iba a ser utilizada seguidamente.

2.1.7 Sección Desviada y Mantenida de 5 7/8", 541,0 - 598,0 m (Profundidad Medida - PM).

El programa de perforación comprendía dos tramos dentro de esta sección, utilizando dos motores de fondo y dos configuraciones de sarta de perforación diferentes. Para el primer tramo, hasta 577,21 m PM, el programa contemplaba la utilización de un motor articulado de radio corto configurado para obtener un grado de desviación de $81,8^\circ/30$ metros, de forma que se alcanzase una inclinación dentro de la capa de carbón de $98,5^\circ$, en una cota más baja que la del objetivo para posteriormente acceder a éste remontando la capa. Para el segundo tramo se requería el uso de un motor articulado de radio corto configurado para lograr un grado de desviación de $15,0^\circ/30$ metros, alcanzando el objetivo con una inclinación de $108,3^\circ$, siendo la trayectoria del pozo en este momento paralela a la capa.

En realidad esta sección fue perforada en un solo tramo sin cambiar la configuración del motor de fondo, debido a problemas surgidos que requirieron la modificación del programa original.

Al comienzo de la perforación se colocó el manguito ajustable del motor articulado a $0,94^\circ$, y se utilizó un giróscopo para la orientación y control de la trayectoria, evitándose así posibles interferencias provenientes del acero de la tubería de revestimiento de 7", en caso de utilizar un aparato magnético. A los 545,1 m PM, ya fuera de la influencia de dicha tubería, se sustituyó el giróscopo por el aparato magnético de control de dirección SHAREWELL que en teoría es más preciso que el giróscopo. A medida que la perforación avanzaba el ázimut mostraba tendencia a aumentar, siendo necesario corregirlo, alcanzándose a los 560,0 m PM un ázimut de 302° , muy próximo al teórico de $302,3^\circ$.

A los 565,6 m PM el avance de la perforación descendió, decidiéndose sacar el varillaje para comprobar el estado del tricono. Una vez el tricono estuvo en superficie se comprobó que no presentaba acumulación de arcillas pero que había disminuido su diámetro, provocado este desgaste y pérdida de material por las fuertes cargas laterales soportadas por el mismo, como ya había predicho la compañía de perforación dirigida. Se instaló un tricono nuevo, esta vez equipado con toberas de 12/32" para mejorar la limpieza del pozo y tricono, y se reinició la perforación.

Entre los 566 y 567 m PM aparecieron sobre los tamices de las mesas vibratoras los primeros fragmentos de carbón, indicando la proximidad del techo de la capa. Este nivel se atravesó a los 567,6 m PM, aproximadamente 2,5 m por encima de la profundidad vertical prevista.

Esta diferencia en la profundidad aparente de la capa, junto con las limitaciones de control de la dirección de la sarta de perforación provocaron la entrada del pozo en la caliza intermedia situada a muro de la capa de carbón a los 574 m PM, tras haber atravesado la capa de carbón y la arcilla carbonosa que separa la capa de la caliza. A los 579,9 m PM, con la inclinación todavía aumentando, se decidió detener la perforación con el objeto de estudiar la situación y considerar la posibilidad de revisar la trayectoria de forma que se alcanzara el objetivo manteniendo al menos los últimos 10 m del pozo dentro de la capa de carbón, situando el extremo del pozo en las proximidades de la trayectoria definida por el pozo desviado de inyección ET4.

A esta profundidad, 579,9 m PM, se tomó la decisión de sacar el varillaje, quitar el motor de fondo y bajar únicamente el aparato de medida para testificar el fondo del pozo. El registro a 578,9 m PM mostró una inclinación de $103,2^\circ$ (unos $1,5-2^\circ$ menor que la inclinación extrapolada para ese punto a partir de la última medida tomada con el motor de fondo instalado) y un ázimet de $303,6^\circ$.

En base a esta información se decidió redefinir el objetivo, situándose éste 5 m al sur de su posición original (pero a la misma cota) para reducir la inclinación del pozo en su extremo, y corregir los 2 m de diferencia encontrados en profundidad de la capa, gracias al buzamiento de la misma. Si se hubiera mantenido la posición original del objetivo, corregir la diferencia en la profundidad observada hubiera supuesto alcanzar en el fondo del pozo una inclinación de 146° , excediendo la capacidad de desviación de la sarta de perforación.

La perforación continuó con la misma configuración del motor de fondo ($0,94^\circ$), tratando de corregir el ázimet para lograr el nuevo objetivo, de forma que se entró de nuevo en la arcilla carbonosa situada entre la caliza y el carbón a los 586,7 m PM. Un brusco descenso del avance de la perforación a los 596,6 m PM marcó la entrada en la arena situada a techo de la capa de carbón, este hecho fue confirmado unos minutos después por la llegada de arena a las mesas vibratoras. La perforación continuó hasta los 598,0 m perforados dentro de la arena, momento en el que se decidió dar por finalizada la perforación dada la severidad de la trayectoria alcanzada.

La última estación de medida reveló una inclinación de $126,1^\circ$ y un ázimet de $283,3^\circ$ a los 591,0 m PM. Extrapolando estos valores al fondo del pozo mostraban una inclinación de $136,0^\circ$ y un ázimet de $261,0^\circ$ en esta posición (598,0 m PM).

El tubo continuo de 2" equipado con el cable plano de instrumentación (termopares y fibra óptica) en su interior fue instalado por la compañía DOWELL SCHLUMBERGER. La Figura 4 representa el equipamiento del

pozo. La fragilidad de los centralizadores preparados por DOWELL impidió su utilización, y solamente nueve (9) de ellos fueron colocados finalmente en la parte desviada del pozo.

El Cuadro II muestra la trayectoria del sondeo ET2, en esta segunda fase desviada de perforación, basada en las medidas realizadas durante la perforación (MWD). Las Figuras 5a, 5b y 5c muestran una proyección horizontal y dos cortes de la trayectoria real comparándola con la trayectoria teórica.

2.1.8 Interpretación y Discusión de los Resultados de las Medidas Realizadas durante la Perforación (MWD)

Estas medidas indicaron que la posición de la capa de carbón se situaba unos 2-2,5 m en profundidad vertical por encima de la posición esperada, provocando la entrada del pozo en la caliza situada a muro de la capa. La posición del objetivo fue revisada durante la perforación para reducir al máximo la inclinación del pozo en su extremo en las proximidades de la línea definida por la trayectoria de ET4, lo que requirió una corrección del ángulo y la aproximación hacia la capa de carbón siguiendo una trayectoria próxima al rumbo de la capa, a unos 4-5 m al sur del objetivo original. El tubo continuo de 2" con la instrumentación fue instalado y cementado.

A pesar de que BAKER HUGHES revisó y comprobó la computación de los datos obtenidos en las medidas, durante la perforación, posteriores análisis de estos datos indicaron que la diferencia encontrada en la posición del carbón podía deberse a un error en la aplicación de las correcciones necesarias para obtener la lectura del ángulo referida al norte UTM (medida del ángulo referida al norte magnético menos corrección para referir el ángulo al norte UTM, que es igual a $+4,28^\circ$), esto implicaría que el extremo del pozo se encontraría unos metros al este de la línea de ET4, probablemente en el límite de la zona de gasificación. Las Figuras 6a y 6b muestran una proyección horizontal y un corte de la trayectoria corregida de ET2 en el área de los gasificadores teóricos.

El Cuadro III recoge la comparación de ángulos y buzamientos obtenidos mediante regresión lineal para dos grupos de puntos de referencia (techo de la caliza intermedia) (comparar con el Cuadro X del informe técnico anterior), y los errores máximos. El primer grupo de puntos incluye todos los puntos de referencia disponibles, incluyendo los dos obtenidos de esta segunda operación de perforación en ET2 corregidos, excepto ET6. El segundo grupo incluye todos los puntos de referencia disponibles. Los resultados del análisis confirman la excelente correlación existente entre estos puntos cuando se separa el ET6. El error máximo y el error típico son muy similares a los obtenidos en el caso b del informe anterior.

2.2 POZO DE PRODUCCIÓN (FASE 1) [RW(ET5)]

2.2.1 Detalle del Pozo - Equipamiento

El pozo de producción [RW(ET5)] fue perforado en diciembre de 1994 hasta una profundidad de 582,3 m PM, y equipado con una tubería de revestimiento de 9 5/8", cuya zapata se situó a 576,9 m PM, aproximadamente 25 cm por debajo del techo de la capa de carbón. Se colocó un tapón de cemento desde esta posición hasta el fondo del pozo.

La primera fase de equipamiento contemplaba:

- Perforación en 8 1/2" del tapón de cemento dentro de la tubería de revestimiento de 9 5/8", zapata, cemento y formación hasta 583,5 m (perforados), 1,2 m más dentro de la caliza intermedia.
- Ensanche a 15" de la mitad inferior de la capa de carbón (577,79 - 578,92 m).
- Conexión hidráulica entre los pozos [RW(ET5)] y [IW1(ET4)] por medio de la inyección de agua a través del segundo pozo.
- Limpieza del pozo.
- Introducción de un tubo perforado de 7" y 10 m de longitud, fabricado en HR160, y centralizado dentro de la tubería de revestimiento de 9 5/8".
- Instalación de 568 m de tubería de 6 5/8", que constituye la camisa exterior de la tubería "aislada" de producción, sobre esta tubería se fijaron dos tubos de 3/4" de acero inoxidable para la refrigeración de la parte inferior del pozo. Estas tuberías no se cementaron.

2.2.2 Equipo de Perforación y Empresas Participantes

El equipo de perforación utilizado para esta primera fase de equipamiento en el pozo ET5 fue el mismo usado para las operaciones de reacondicionamiento y equipamiento en ET2 en julio de 1995. Este equipo permaneció en la planta de UGE durante el periodo de tiempo entre ambos trabajos para minimizar los costes de movilización.

Las principales empresas participantes en la operaciones fueron:

- | | |
|-----------------------------------|-------------------------|
| • Perforación (Equipo y Personal) | COFOR |
| Conexión/desconexión de varillaje | WEATHERFORD (via COFOR) |
| • Equipos y Operadores para | SMITH INTERNATIONAL |
| Instalación del Tubo perforado | |
| Ensanche | |

2.2.3 Operaciones

El equipo de perforación fue colocado en el emplazamiento del pozo ET5 entre el 18 y el 20 de septiembre de 1995, comenzando las operaciones el 21 de septiembre. Las operaciones realizadas fueron las siguientes:

- Perforación (cemento 8 1/2" 575,64 - 583,65 m 21 sept.

y formación)			
- Ensayo de conexión hidráulica			21 sept.
- Ensanche (fallido)	15"	Hasta 577,75 m	21 sept.
- Instalación del tubo perforado	7"	Hasta 583,35 m	22 sept.
- Instalación de la tubería con los tubos de	6 5/8" 3/4"	Hasta 568,78 m	23 sept.

2.2.4 Perforación

El cemento y la formación fueron perforados a rotación, sin dificultades, utilizando un tricono SMITH MFDGH sin toberas y agua como fluido de perforación.

2.2.5 Ensayo de Conexión Hidráulica

Uno de los objetivos principales de estas operaciones sobre el pozo ET5 era reafirmar (y si fuera necesario restablecer) la conexión entre los pozos ET4 y ET5. Para la ejecución de este ensayo se alquiló a la compañía COREIS la misma bomba que había sido utilizada anteriormente para la inyección de agua a través de ET4 durante la perforación de ET5. Esta bomba permite la inyección de un caudal de 0-140 litros por minuto a una presión máxima de 50 bar.

El agua fue inyectada por el interior de la tubería de 7" de ET4 a una presión de 12 bar, alcanzándose la conexión por presión con el espacio anular 9 5/8"-7" a los 15 minutos del comienzo del bombeo, mostrando un bloqueo parcial del pozo desnudo alrededor de la tubería de 7".

La presión de inyección, que se mantuvo en un rango de 9-10 bar (con un caudal de 10-12 LPM) antes de comenzar la perforación del cemento en ET5, cayó hasta aproximadamente 1,5 bar cuando la perforación en ET5 alcanzó la posición de la capa de carbón, recuperándose inmediatamente en el ET5 el agua inyectada en ET4. La caída de presión correspondía a la diferencia de presión hidrostática entre los dos pozos, siendo además el caudal recuperado en ET5 igual al inyectado en ET4, indicando una conexión excelente. El Cuadro IV recoge las presiones y caudales registrados durante el ensayo.

2.2.6 Ensanche, Instalación del tubo perforado de 7" y de la Tubería de 6 5/8" con los Tubos de 3/4"

No fue posible llevar a cabo la operación de ensanche en el carbón. La disponibilidad de ensanchadores era limitada, y el diámetro de la herramienta enviada era muy próximo al diámetro interior de la tubería de revestimiento de 9 5/8" existente, y como consecuencia de esto no pudo ser introducida hasta la profundidad prevista. La explicación dada por el operador fue que los brazos del ensanchador no pudieron ser retraídos dentro del cuerpo de la herramienta lo suficiente como para pasar salientes en el carbón. Tras varios intentos se decidió cancelar esta operación, instalándose el tubo perforado

de 7" sin ensanche previo. Después de la colocación del tubo de 7", el pozo se equipó con una tubería de 6 5/8". En el exterior de esta tubería de 6 5/8" se fijaron los dos tubos de refrigeración de 3/4". El Cuadro V muestra el listado de la tubería de 6 5/8" y su posición en el pozo.

2.3 OTROS POZOS

A pesar de estar previsto para mitad de octubre de 1995, el equipamiento del resto de los pozos no será probablemente llevado a cabo hasta enero de 1996. El resto de las tuberías a instalar no fueron recibidas hasta noviembre, y se esperaban los centralizadores/protectores para final de diciembre, así como los materiales para la fabricación de los quemadores, en aleaciones especiales. El equipamiento se realizará utilizando una plataforma para entubaciones y una grúa en lugar de un equipo de perforación.

3. INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE SUPERFICIE

3.1 INGENIERÍA DE DETALLE DE LA PLANTA DE SUPERFICIE

La Ingeniería de Detalle de la Planta de Superficie (Fase 2), excepto pequeñas revisiones, estaba terminada, incluyendo las especificaciones de líneas, sistema eléctrico e instrumentación.

3.2 PROVISIÓN DE EQUIPOS / CONSTRUCCIÓN

Los principales aparatos y equipos de la planta de superficie estaban comprados, y SERELAND fue contratada para la supervisión de la construcción.

NORCONSA finalizó la obra civil a principios de octubre, comenzando a mitad del mismo mes AUXIMET los trabajos de la construcción mecánica de las líneas, estando prevista la conclusión de estos trabajos para febrero de 1996, incluida la puesta en servicio. Esta fecha dependía de la entrega de las unidades de distribución de O₂ y N₂, los intercambiadores de calor y de las válvulas de descompresión de la línea de producción (segunda etapa), cuya fecha límite de entrega era enero de 1996, y de las secciones de línea en aleaciones especiales y las válvulas de descompresión de la línea de producción (primera etapa) que probablemente serían los últimos equipos en recibirse.

Aunque las válvulas de descompresión de la línea de producción (primera etapa) de MALBRANQUE debían ser entregadas en septiembre de 1995, la aparición de un defecto de fundición encontrado durante una inspección en los cuerpos de las válvulas hizo necesario el refundido de los mismos, provocando una demora en la entrega, que se estimó se llevaría a cabo a final de febrero.

Los contratos de instrumentación y montaje eléctrico fueron largamente demorados al retrasarse SERELAND en la preparación de planos y especificaciones para la petición de ofertas. El contratista para el montaje

eléctrico (EDASA) comenzó los trabajos en diciembre, mientras que el contrato de instrumentación se pondrá en marcha a mitad de enero de 1996.

3.3 UNIDAD DE ANÁLISIS DEL GAS PRODUCTO

Durante la construcción de la Unidad de Análisis FISHER ROSEMOUNT comunicó su incapacidad para suministrar los caudalímetros de tobera, por lo que estos fueron encargados a ATELIER POCHE. A final de diciembre se estaban llevando a cabo las pruebas de aceptación de la Unidad de Análisis, esperándose su entrega a principios de febrero de 1996.

3.4. UNIDAD DE CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS

La fase de configuración de la Unidad de Control y Adquisición de Datos de HONEYWELL terminó, recibándose dicha unidad en la planta a final de diciembre.

4. ANÁLISIS DEL PROCESO Y MODELIZACIÓN

En julio de 1995 se firmó un contrato con I.D.G.S y las UNIVERSIDADES DE LIEJA Y LOVAINA para el análisis del proceso. Los tres miembros de UGE implicados en la computación y modelización visitaron I.D.G.S. en septiembre para la presentación y primeras discusiones, con personal de I.D.G.S. y las universidades, sobre los programas que serán transferidos a UGE para ser usados durante las fases de operación y evaluación del ensayo.

5. PROGRAMA DE APOYO/COLABORACIÓN

El 11 de diciembre se celebró en las oficinas de UGE una reunión del Grupo Asesor Científico/Técnico en el que se informó sobre el estado del proyecto y las fases operativas del ensayo. Se trataron en detalle los caudales y procedimientos de cada una de las fases, así como los problemas potenciales.

En enero de 1996 se mantendrá una reunión con personal de T.U. DELFT para la presentación de los resultados de los trabajos de modelización, discutiendo sobre su utilización para la predicción del comportamiento e interpretación de los datos futuros obtenidos a partir de los resultados.

6. DIRECCIÓN DEL PROYECTO

6.1 ADMINISTRACIÓN

Nuevo contrato de personal:

SIMÓN SALA FORMENTO (Ayudante-Operador de Campo) - contratado el 1 de agosto de 1995.

6.2 PROBLEMAS/DIFICULTADES

El equipamiento de los pozos fue retrasado debido a la demora en la entrega de materiales especiales.

Otro retaso importante fue debido a la necesidad de refundir las válvulas de descompresión (primera etapa) de la línea de producción fabricadas por MALBRANQUE, al ser observado un defecto durante una inspección. Estas válvulas, junto con las unidades de distribución, intercambiadores de calor, válvulas de descompresión (segunda etapa) y secciones de la línea de producción en aleaciones especiales, se esperan para comienzos de 1996. La fecha de finalización de la construcción y puesta en servicio de la planta de superficie será determinada por la entrega de los equipos y materiales pendientes.

6.3 CAMBIOS EN LA ESTRATEGIA TÉCNICA

No se produjo ninguno durante el periodo que abarca este informe.

6.4 PRÓXIMOS TRABAJOS

Los trabajos pendientes, en cuanto a los pozos se refiere, comprenden el equipamiento de ET5 (Fase 2), ET4 y ET6 y están previstos para enero de 1996, una vez se reciban las tuberías, equipos asociados, y los termopares. El tubo continuo enrollado y los equipos para su utilización en la fase de gasificación en canal serán manufacturados por DOWELL SCHLUMBERGER.

El contrato de instrumentación comenzará a principios de 1996, y la construcción y puesta en servicio del resto de la planta de superficie será finalizada, siguiendo las actividades de gasificación.

6.5 EXTENSIÓN DE LA DURACIÓN DEL CONTRATO

La Comisión de Comunidad Europea dio su aprobación para la extensión del contrato hasta el 30.09.97.

6.6 GRUPO EUROPEO DE TRABAJO

Se hizo una propuesta para reconstituir el "Grupo Europeo de Trabajo para la Gasificación Subterránea de Carbón" con el fin de elaborar un programa para dar a conocer los resultados del ensayo de El Tremedal y formular una propuesta para el segundo ensayo del Programa Europeo de Gasificación Subterránea de Carbón. Con motivo de la próxima presentación de proyectos para el Programa THERMIE "B" se tramitará una solicitud de ayuda a la Comunidad Económica Europea a este fin.

6.7 CONFERENCIAS PUBLICACIONES E INFORMES

Data Acquisition and Control System - Database Configuration Revision 3, Informe Interno de UGE 108/IN/95/E, F. Adrián, agosto de 1995.

Data Acquisition and Control System - Advanced Control, Informe Interno de UGE 115/IN/95/E, F. Adrián, noviembre de 1995.

Informe Geológico y de Perforación del Sondeo Monitor ET2, Informe Interno de UGE 119/IN/95/S, C. Barat, octubre de 1995.

Informe del Equipamiento del Sondeo Monitor ET1, Informe Interno de UGE 120/IN/95/S, C. Barat, noviembre de 1995.

Informe de las Operaciones de Equipamiento de ET5 - Primera Fase, Informe Interno de UGE 121/IN/95/S, C. Barat, diciembre de 1995.

Día	Perforación /Repaso	Paradas/ Mantenimiento	Preparación lodos/Circulación	Instalación Tubo continuo	Cementación/España fraguado	Mediciones	Maniobras	Otros
1	V E R T .	10.00					3.00	11.00
2		15.75	2.00				5.25	1.00
3		5.75	5.50	6.25			6.50	
4	D E S V I D A	2.00				2.75	6.75	
5		1.25	0.50			7.50	14.25	0.50
6		13.75				1.00	9.00	0.25
7		14.50		1.50			8.00	
8		13.25		0.25		1.00	9.50	
9	3.75		0.25	8.50	2.75	0.75	7.00	1.00
Total	64.75	33.25	10.75	8.50	2.75	13.00	69.25	13.75

Cuadro I . Distribución de Tiempos por Operaciones de la Fase de Reacondicionamiento del Pozo ET2 (horas)

Profundidad Medida respecto al nivel del suelo (m)	Inclinación (°)	Ázimut respecto al Norte UTM (°)	Profundidad Vertical (*) (m)	Desplazamiento Este-Oeste (*) (m)	Desplazamiento Norte-Sur(*) (m)
525.00	0.57	333.30	517.29	26.90	-137.95
(zapata 7")528.70	0.55	330.28	520.99	26.88	-137.91
536.00	1.40	312.30	528.29	26.80	-137.82
537.00	1.80	312.60	529.29	26.78	-137.81
539.00	3.00	322.00	531.28	26.72	-137.74
541.00	4.80	326.90	533.28	26.64	-137.63
543.00	7.50	327.90	535.27	26.53	-137.45
545.00	11.20	326.00	537.24	26.35	-137.18
547.00	14.90	318.50	539.19	26.07	-136.83
549.00	19.10	310.50	541.10	25.65	-136.42
551.00	24.10	304.80	542.96	25.07	-135.97
553.00	29.30	303.20	544.74	24.32	-135.47
555.00	35.00	303.30	546.43	23.44	-134.89
557.00	40.90	304.30	548.01	22.42	-134.21
559.00	46.40	303.80	549.45	21.27	-133.44
561.00	51.90	302.90	550.76	20.01	-132.61
563.00	56.20	302.50	551.93	18.65	-131.73
565.00	60.80	299.20	552.98	17.19	-130.86
567.00	65.40	297.70	553.88	15.62	-130.01
(**)567.58	66.73	297.46	554.12	15.15	-129.76
569.00	70.60	297.10	554.63	13.97	-129.16
571.00	78.10	297.80	555.17	12.27	-128.27
573.00	84.30	299.50	555.48	10.54	-127.33
574.00	87.60	300.10	555.55	9.67	-126.83
575.00	90.90	300.70	555.56	8.81	-126.33
577.00	97.40	302.10	555.41	7.11	-125.29
579.00	103.20	303.60	555.06	5.46	-124.22
581.00	108.40	304.30	554.51	3.86	-123.15
583.00	113.00	303.30	553.81	2.31	-122.11
585.00	117.20	300.10	552.96	0.77	-121.16
(**)586.70	119.79	295.66	552.15	-0.55	-120.46
589.00	123.10	289.20	550.95	-2.36	-119.71
591.00	126.10	283.30	549.81	-3.93	-119.25
(**)593.50	129.76	275.54	548.28	-5.87	-118.92
(**)596.62	134.11	265.50	546.19	-8.18	-118.90
(***)598.00	136.00	261.00	545.22	-9.15	-119.01

Cuadro II . Trayectoria de la Fase de Reacondicionamiento del Pozo ET2 basada en las medidas tomadas durante la perforación (MWD)

- (*) respecto a la posición de ET4 en superficie
(**) interpolado a partir de las estaciones de medida adyacentes
(***) extrapolado a la posición del tricono

	Caso a Todos los puntos excepto ET6 (incluyendo los de la Fase de Reacondicionamiento de ET2 corregidos)	Caso b Todos los puntos (incluyendo los de la Fase de Reacondicionamiento de ET2 corregidos)
Ázimut de la línea de máxima pendiente del plano respecto al norte UTM	180.0°	174.5°
Buzamiento	28.9	28.9
Error Típico	0.40	0.98
Error Máximo	0.50 (ET2 Fase de Reacondicionamiento n° 1)	1.44 (ET6)
Cuadro III . Ázimuths y buzamientos obtenidos mediante Regresión Lineal para grupos de puntos de referencia (Techo de la Caliza Intermedia)		

Fecha	Hora	Presión de Inyección en la Tubería de 7" (bar)	Presión en el anular 9 5/8"/7" (bar)	Caudal de Inyección (LPM)	Caudal Acumulativo (Litros)	Observaciones	
20/9/95	17:37	9,8	12,5	12	846	Sin actividad en ET-5	
	18:03	10	12,5	12	1151		
	19:00	10	12,5	12	1703		
	19:35	10	12,5	12	2053		
	20:02	10	12,5	10	2314		
	20:34	10,7	13	10	2627		
	21:34	10,7	13	10	3248		
	22:50	10,7	13	10	4018		
	23:48	11	13	10	4636		
	21/9/95	00:48	11	14	10,4		5260
02:00		11	14	10,6	6025		
02:51		11	14	10,2	6548		
03:51		11	14	10,3	7167		
04:51		11	14	10,5	7800		
05:52		11	14	9,5	8382		
06:52		11	14	11,3	9060		
07:52		11	14	10	9670		
08:38		11	14	10	10144		
09:38		11	14	10	10752		
10:38		11	14	9,6	11389		
11:13		11,1	14	10	11757		
11:40		9,2	10	7,6	12087		
11:50		5,1	8	7,8	12197		
12:00		5	8	7,6	12305		
12:15		4,2	5	8,6	12496		
12:20		0	0	8,1	12550		
12:30		1,5	0	7,7	12668		
12:40		1,5	0	7,7	12819		
13:00		1,5	0	8,2	13065		
13:30		1,5	0	8,2	13375		
14:00		0	0	-	13718		
14:03		2	0	83	13775)	
14:10		2	0	83	14342) Ensayo de	
14:25		2	0	83	15595) Presión	
14:30		2	0	83	16014)	
14:40		1,5	0	10	16306	Perforación del cemento frente a la capa de carbón	
16:00		0	0	10	17212		
17:00	0	0	10	17915			
18:00	0	0	10	19022			
19:12	0	0	10	19986			
20:00	0	0	10	20605			
20:22	0	0	9,5	20787			
21:15	0	0	9	-			

Cuadro IV. Presiones y Caudales en el Pozo de Inyección ET4 durante el Ensayo Hidráulico de Presión

N°	Componente	Longitud (m)	Longitud Acumulada (m)	Profundidad respecto al nivel del suelo (m)
				568,473
1	INCONEL 625	12,000	12,000	556,473
2	N80	12,225	24,225	544,248
3	N80	11,945	36,170	532,303
4	N80	12,185	48,355	520,118
5	N80	12,445	60,800	507,673
6	N80	11,875	72,675	495,798
7	N80	12,435	85,110	483,363
8	N80	12,485	97,595	470,878
9	N80	11,745	109,340	459,133
10	N80	12,425	121,765	446,708
11	N80	11,455	133,220	435,253
12	N80	12,545	145,765	422,708
13	N80	11,995	157,760	410,713
14	N80	12,745	170,505	397,968
15	N80	12,295	182,800	385,673
16	N80	12,115	194,915	373,558
17	N80	12,595	207,510	360,963
18	N80	11,445	218,955	349,518
19	N80	12,455	231,410	337,063
20	N80	12,245	243,655	324,818
21	N80	11,975	255,630	312,843
22	N80	12,565	268,195	300,278
23	N80	12,255	280,450	288,023
24	N80	11,775	292,225	276,248
25	N80	12,295	304,520	263,953
26	N80	12,165	316,685	251,788
27	N80	12,095	328,780	239,693
28	N80	11,765	340,545	227,928
29	N80	11,795	352,340	216,133
30	N80	11,785	364,125	204,348
31	N80	12,505	376,630	191,843
32	N80	11,675	388,305	180,168
33	N80	12,355	400,660	167,813
34	N80	11,675	412,335	156,138
35	N80	12,475	424,810	143,663
36	N80	12,125	436,935	131,538
37	N80	11,775	448,710	119,763
38	N80	12,135	460,845	107,628
39	N80	11,935	472,780	95,693
40	N80	12,515	485,295	83,178
41	N80	11,825	497,120	71,353
42	N80	11,775	508,895	59,578
43	N80	11,795	520,690	47,783
44	N80	12,035	532,725	35,748
45	N80	12,465	545,190	23,283
46	N80	12,825	558,015	10,458
47	N80	10,770	568,785	-0,312
48	Pieza Soporte	0,408	569,193	-0,720

Cuadro V. Pozo ET5. Listado de la Tubería de 6 5/8"

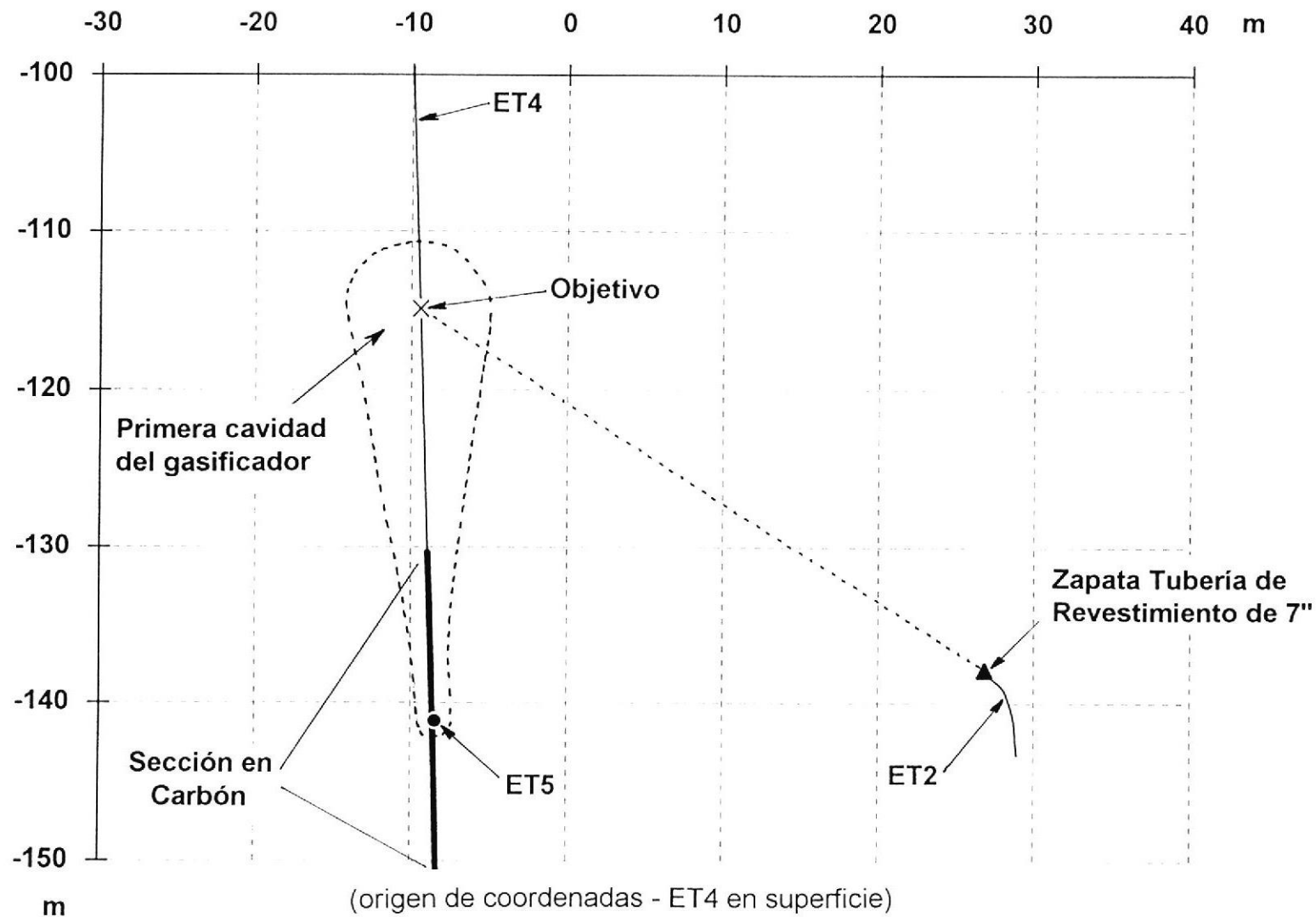


Figura 1a . Trayectoria Teórica de la Fase de Reacondicionamiento del pozo ET2
(Proyección Horizontal en el Área del Primer Gasificador)

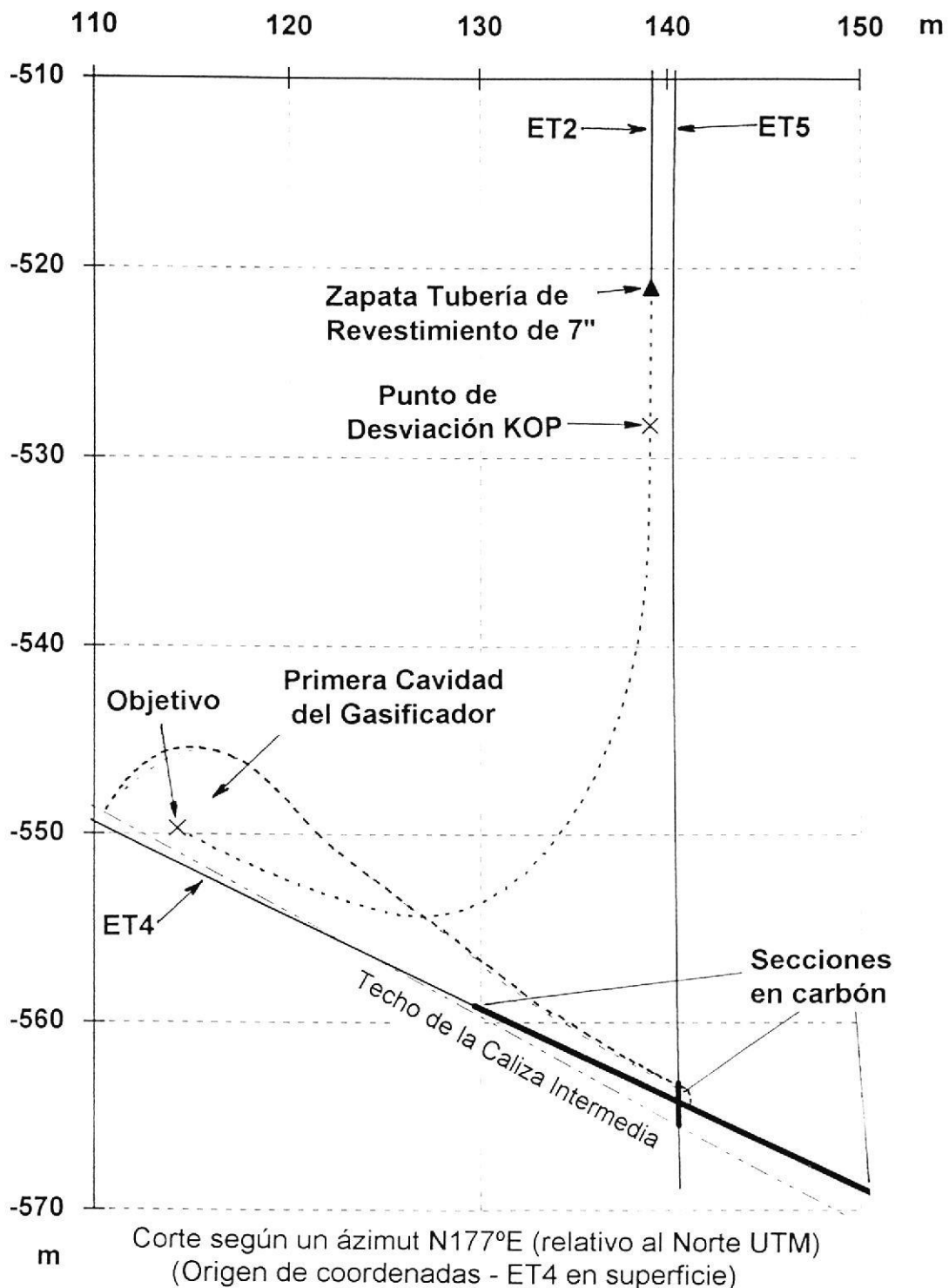


Figura 1b . Trayectoria Teórica de la Fase de Reacondicionamiento del pozo ET2
(Corte vertical para Representación e Interpretación de la Gasificación Subterránea de Carbón)

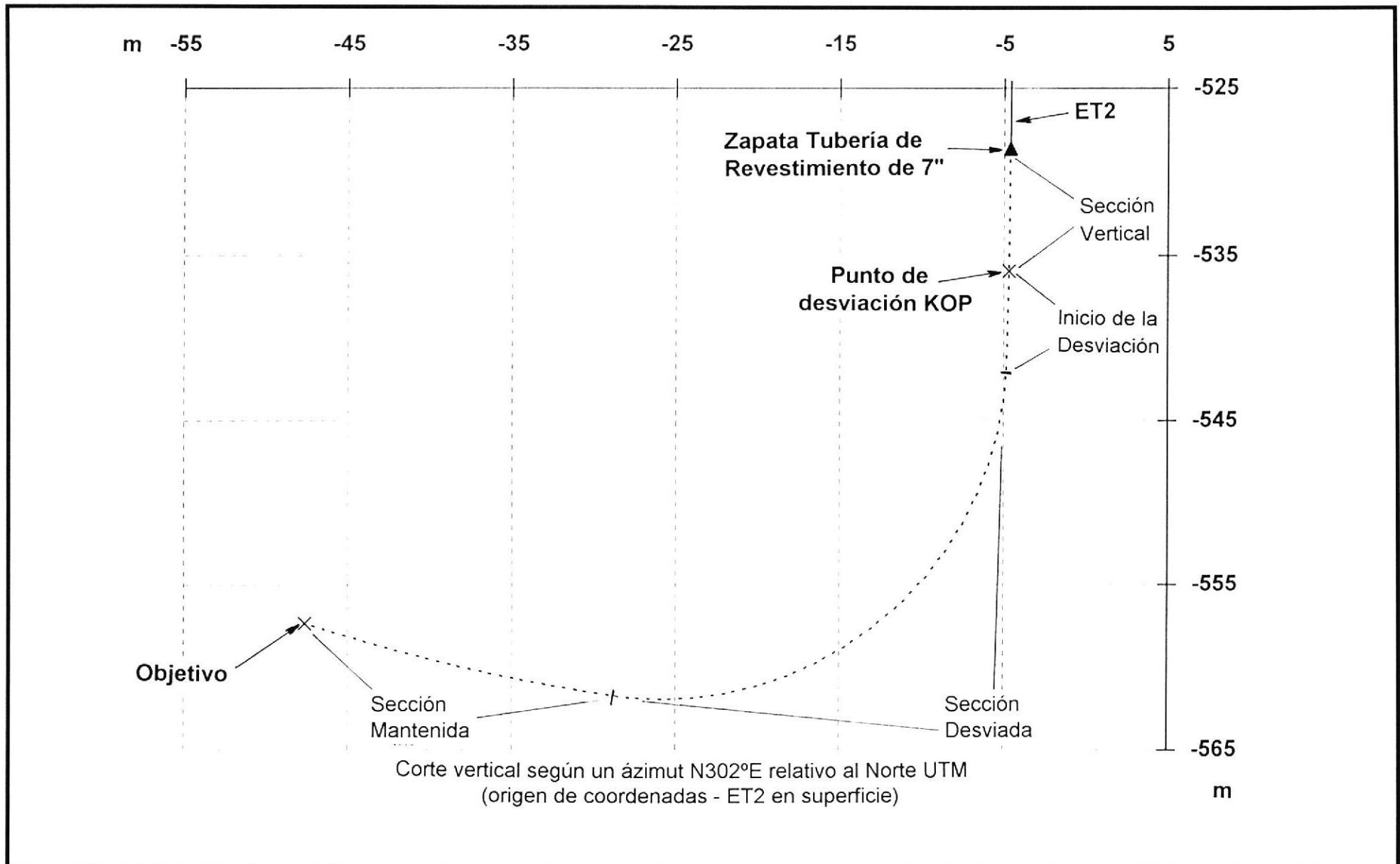
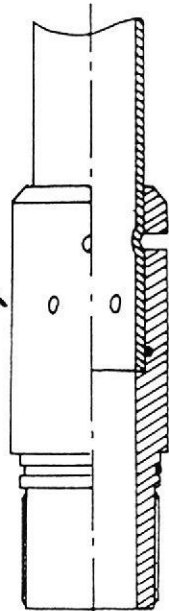
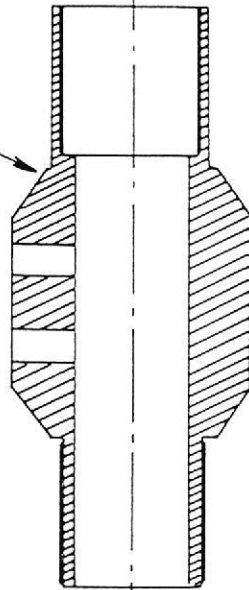


Figura 1c . Trayectoria Teórica de la Fase de Reacondicionamiento del pozo ET2
 (Corte vertical para Representación de la Perforación)

Conector del Tubo
continuo enrollado



Manguito de Fijación
del cable Plano de
Instrumentación



Zapata para
cementación

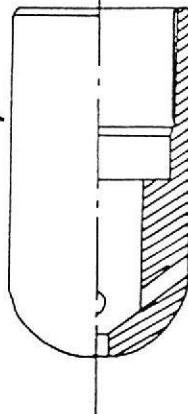


Figura 2 . Sistema de Fijación de Cable Plano de Instrumentación conectado al extremo del Tubo Continuo Enrollado de 2"

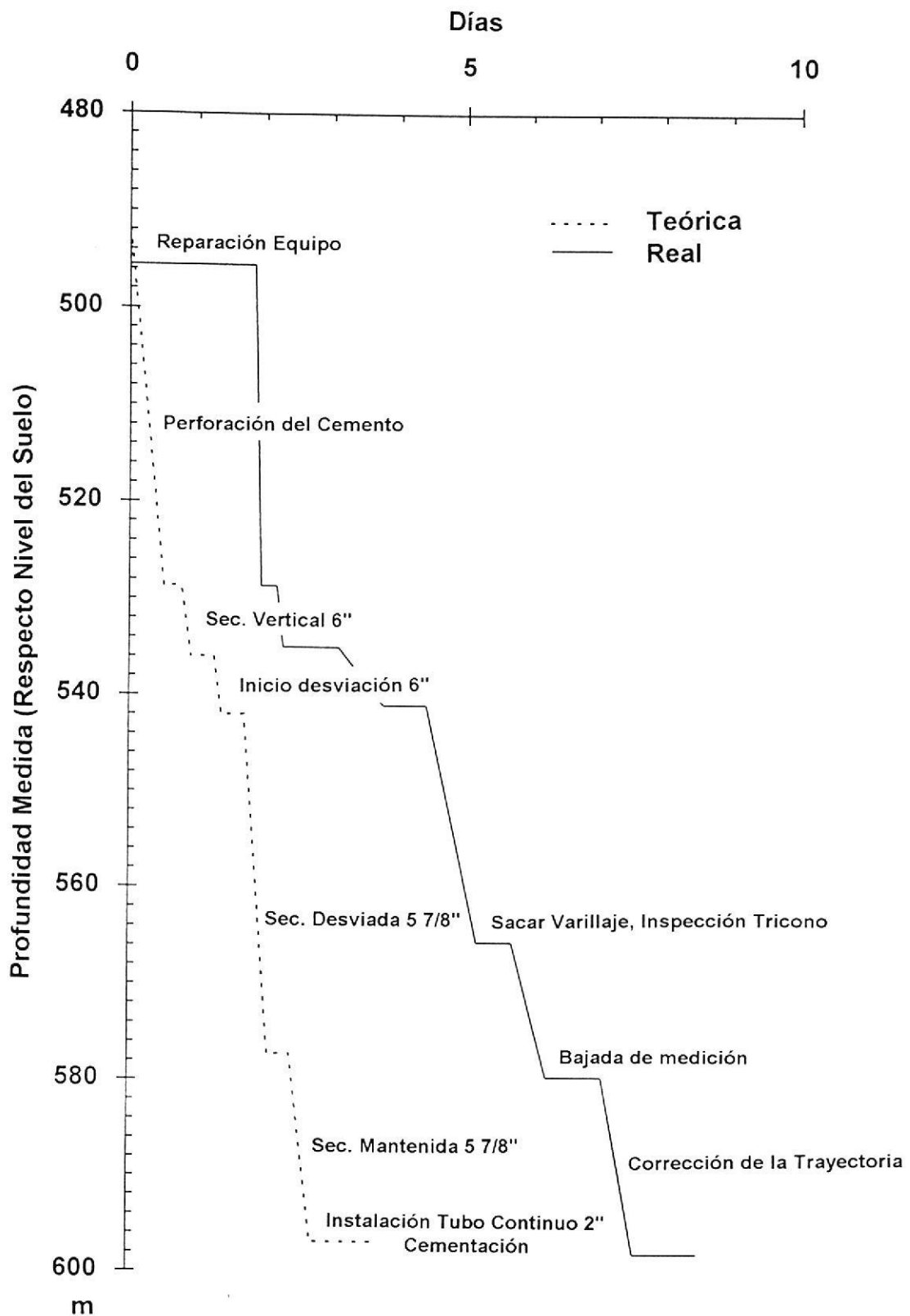


Figura 3 . Gráfico de Avance de la Fase de Reacondicionamiento del Pozo ET2 comparado con la previsión

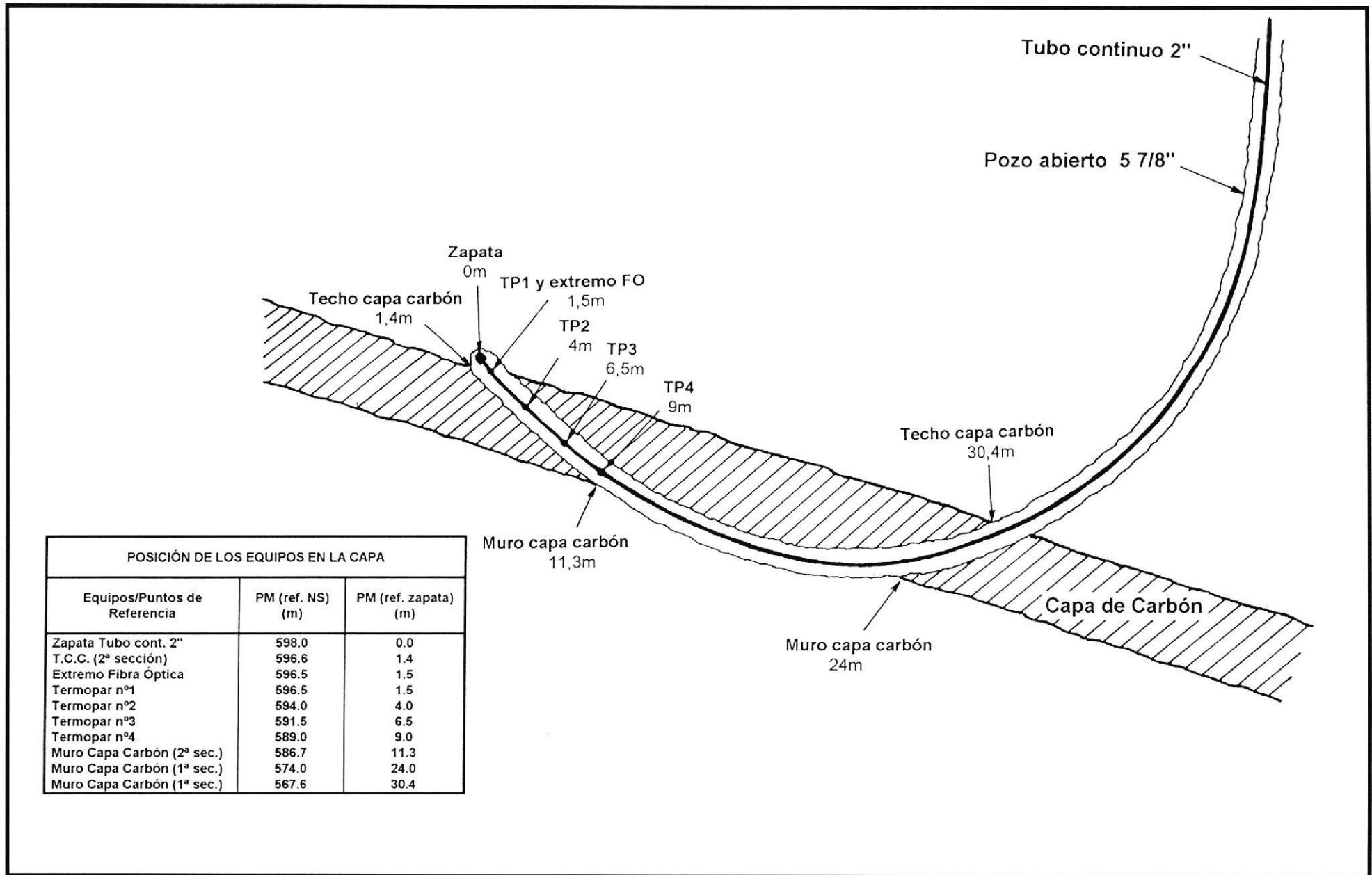


Figura 4 . Equipamiento de la Fase de Reacondicionamiento del Pozo ET2 en Capa

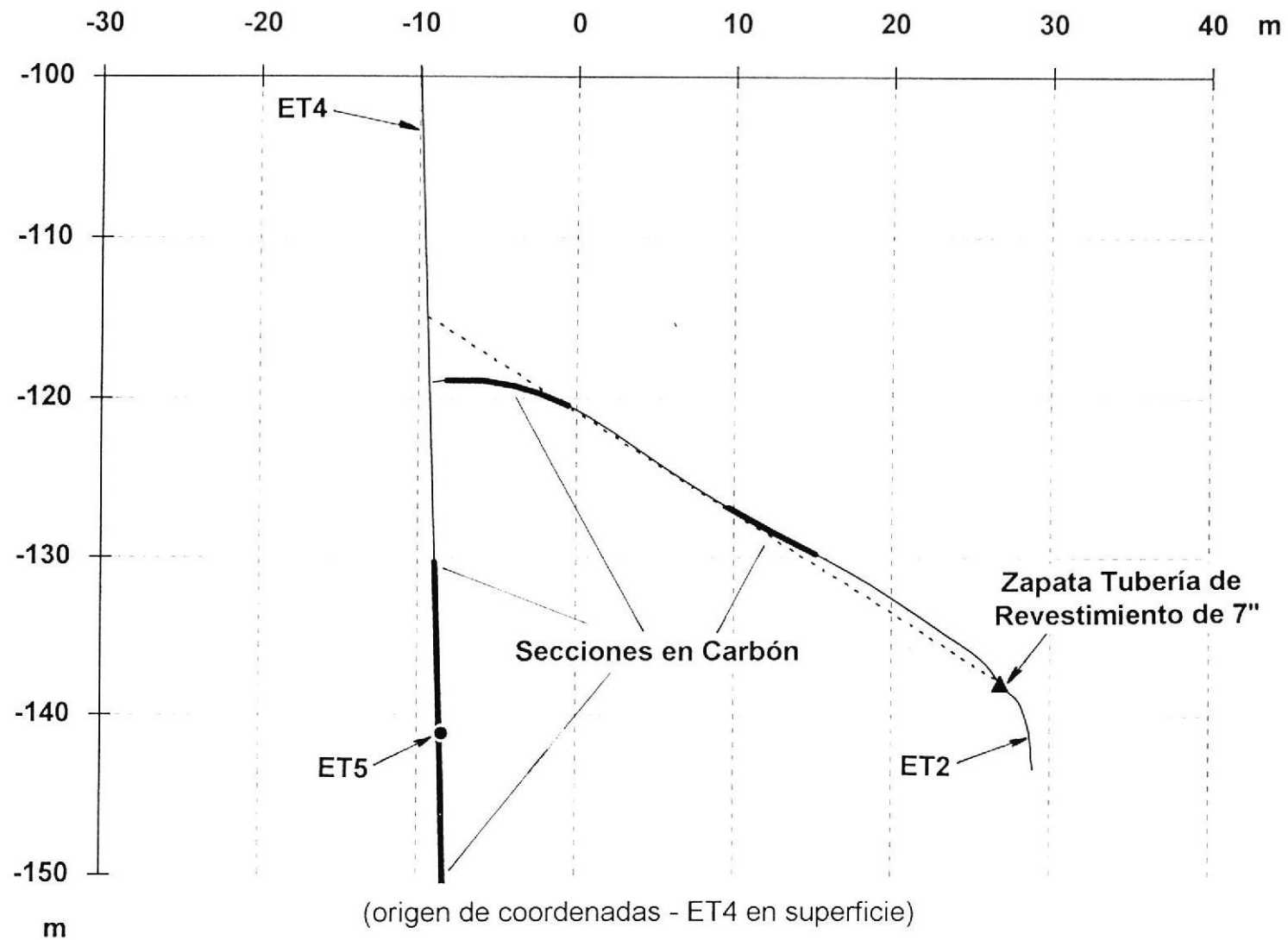


Figura 5a . Comparación de las Trayectorias Teórica y Real de la Fase de Reacondicionamiento del Pozo ET2 (Proyección Horizontal en el Área del Primer Gasificador)

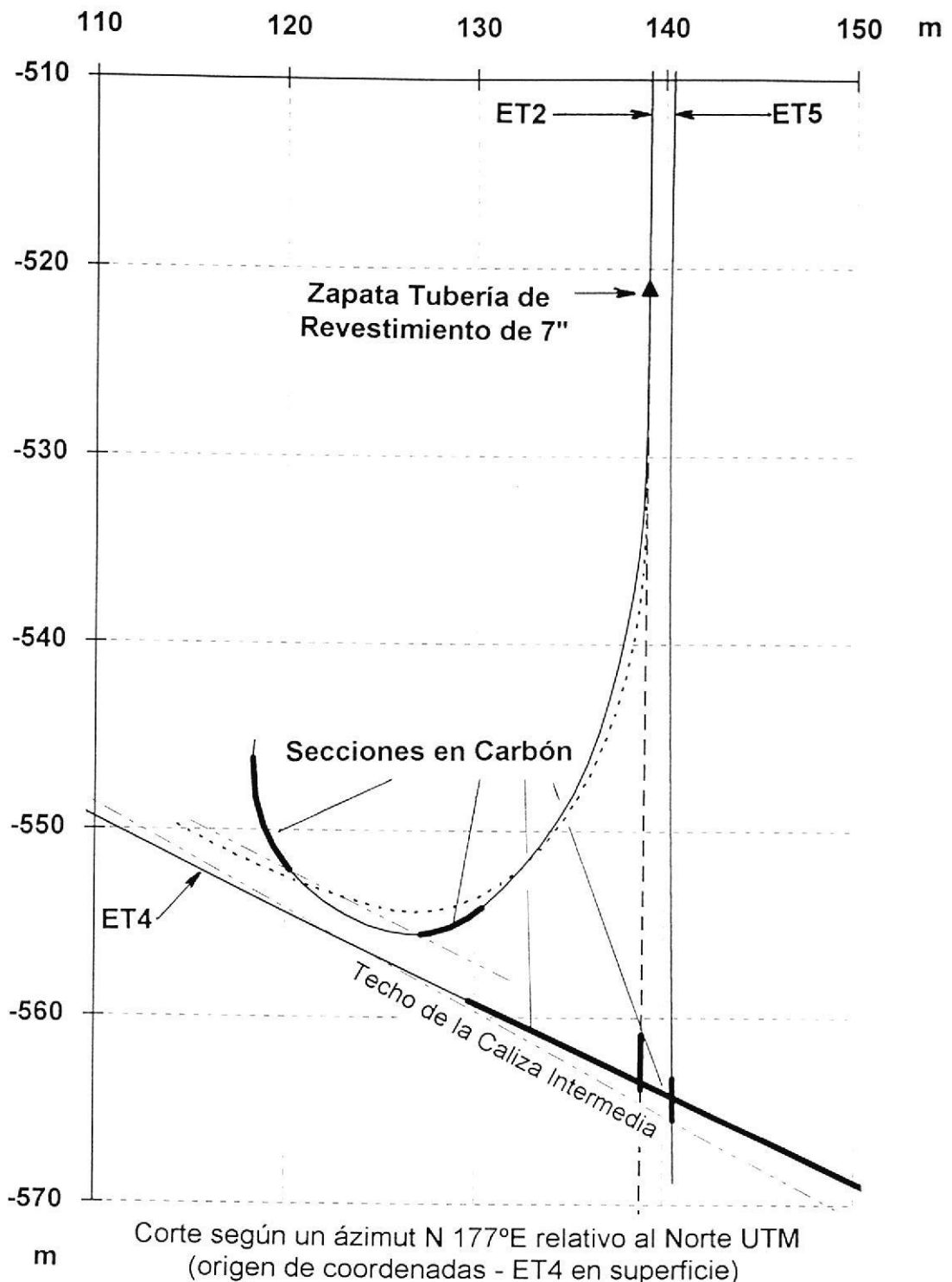


Figura 5b . Comparación de las Trayectorias Teórica y Real de la Fase de Reacondicionamiento del Pozo ET2 (Corte Vertical para Representación e Interpretación de la Gasificación Subterránea de Carbón)

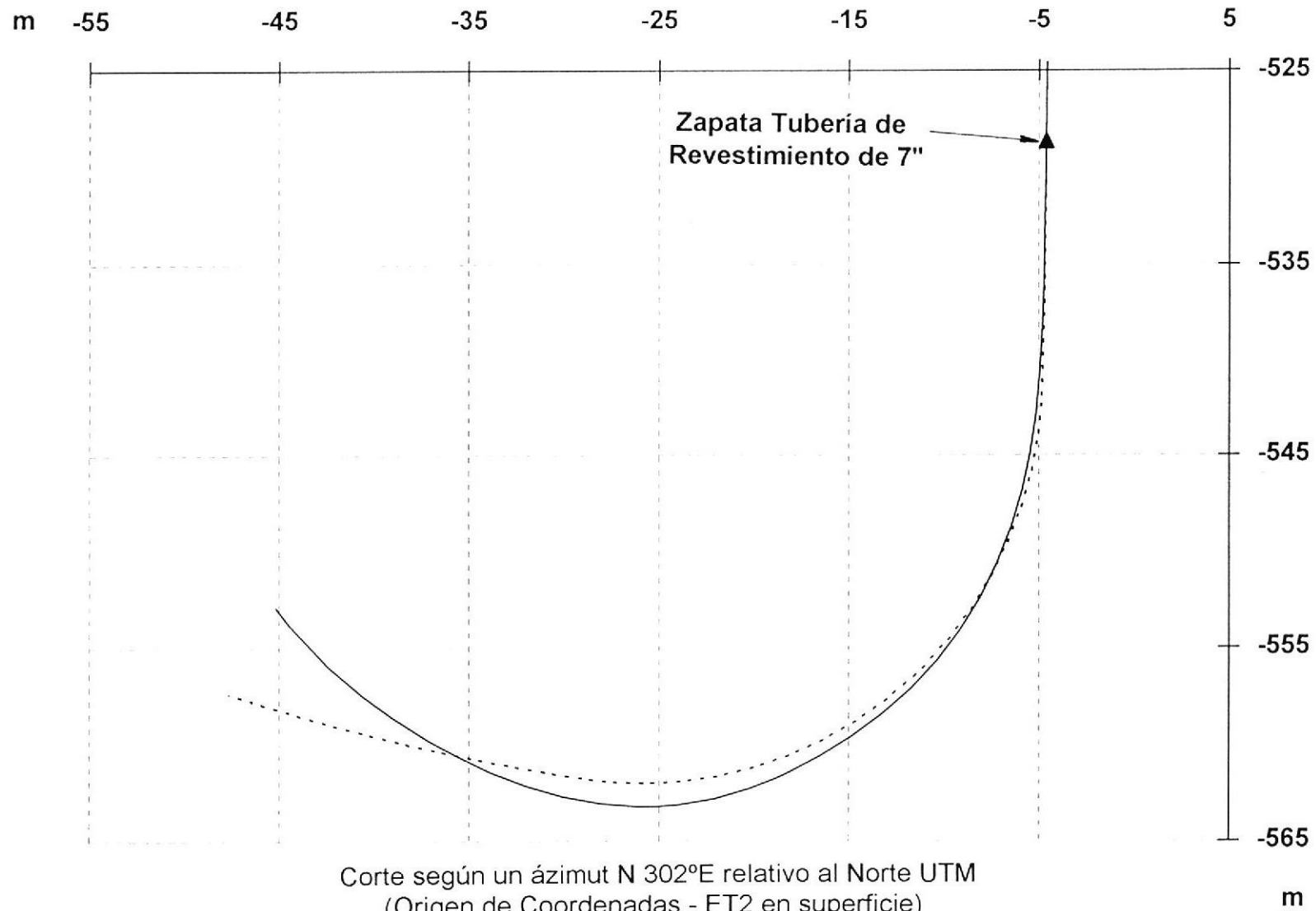


Figura 5c . Comparación de las Trayectorias Teórica y Real de la Fase de Reacondicionamiento del Pozo ET2
 (Corte Vertical para Representación de la Perforación)

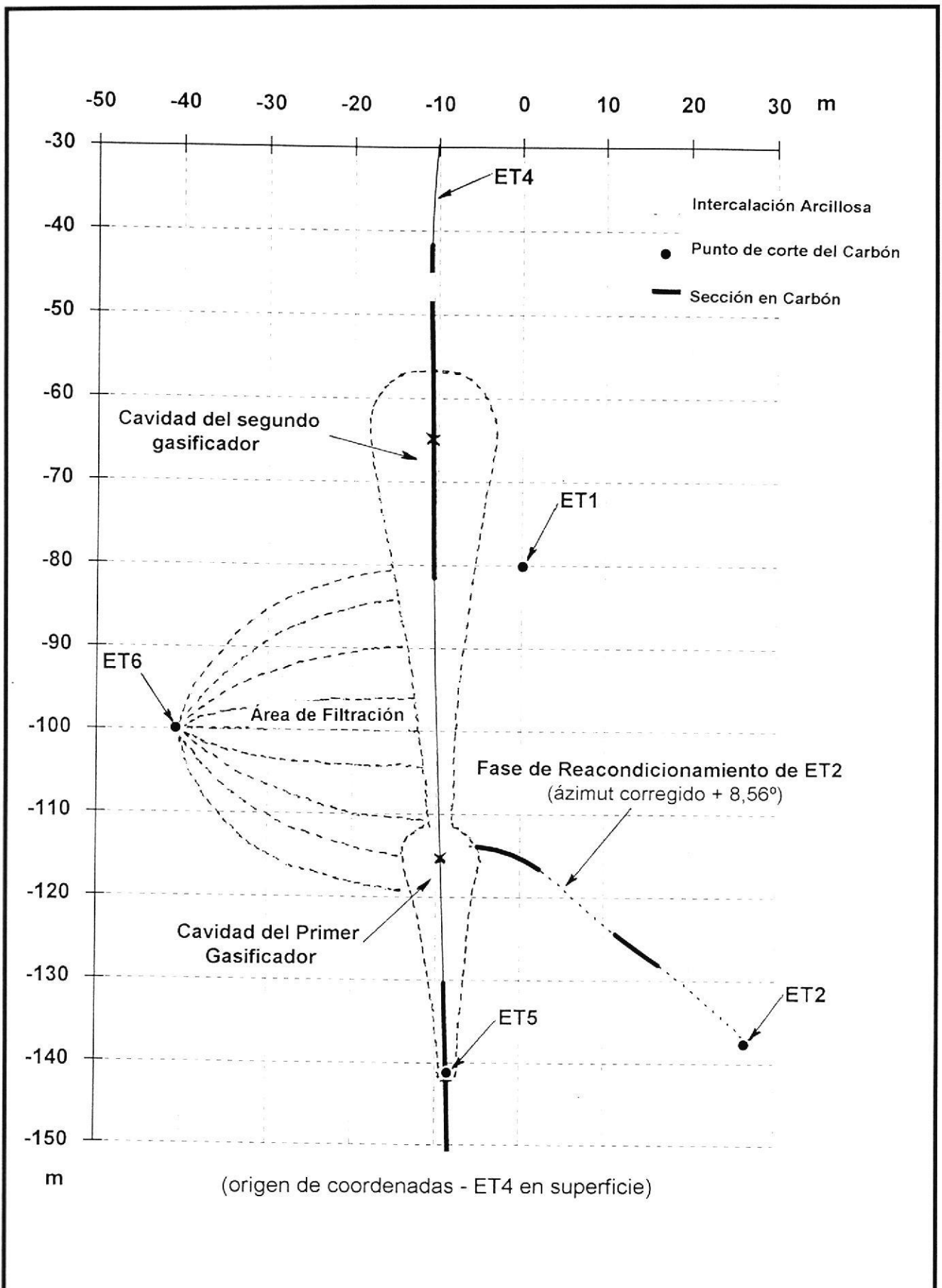


Figura 6a . Trayectorias y secciones en carbón de los pozos (Proyección Horizontal en el Área de los Gasificadores Teóricos)

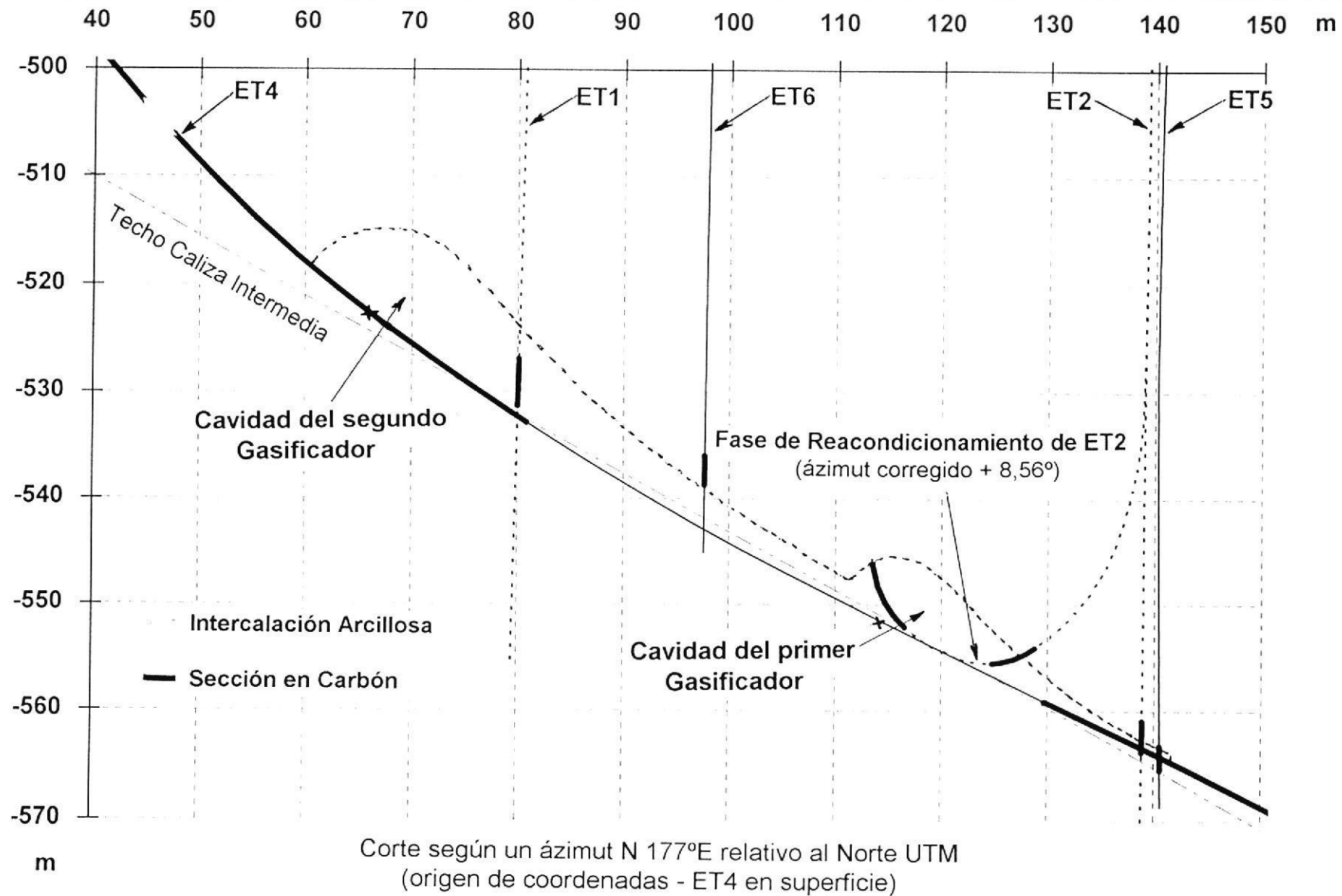


Figura 6b . Trayectorias y secciones en carbón de los pozos
(Corte vertical en el Área de los Gasificadores Teóricos)