

EL OLEODUCTO HASSI-MESSAOUD-BOUGIE

Por CARLOS CARRIL CARVAJAL
Ingeniero de Caminos.

Consideramos del mayor interés la descripción que presenta el autor de las características del proyecto y fases de la construcción del oleoducto cuyo nombre encabeza esta página, que proporcionará al lector una valiosa información sobre el tema para el caso de que en nuestro país sea necesaria la ejecución de obras similares, como se dice muy acertadamente al comienzo del artículo.

La explotación de los yacimientos petrolíferos de la región Hassi-Messaoud, en el Sahara francés, se realiza simultáneamente por dos Sociedades petrolíferas: la Société Nationale de Recherche et d'Exploitation des Pétroles en Algérie (S.N.R.E.P.A.L.) y la Compagnie Française des Pétroles en Algérie (C.F.P.A.). Estas dos sociedades han constituido, para estudiar y efectuar el transporte del petróleo hasta el Mediterráneo, una filial común llamada Société Pétrolière de Gérance (S.O.P.E.G.), de la cual es Director General M. J. Bouvet, a quien expresamos nuestro agradecimiento por las informaciones que tan amablemente nos ha facilitado para la realización de este estudio.

S.O.P.E.G. ha realizado, hasta el momento, dos obras para el transporte del petróleo del Sahara: el oleoducto Hassi-Messaoud-Touggourt, de 6 pulgadas de diámetro interior, que transporta provisionalmente el petróleo desde los yacimientos hasta Touggourt, en donde es embarcado en ferrocarril hasta la costa en Philippeville, y el oleoducto Hassi-Messaoud-Bougie, que acaba de ser inaugurado en el mes de diciembre de 1959, con una longitud de 662 Km. y diámetros de 22 y 24 pulgadas, teniendo previsto el duplicar e incluso triplicar esta conducción.

Para realizar este segundo oleoducto en las mejores condiciones, S.O.P.E.G. ha dividido la obra en dos tramos: el tramo Sur, de 446 Km., situado en una región desértica y llana, sin grandes dificultades, y que ha sido ejecutado por el grupo de empresa llamado "Association des Sociétés Entrepote et Spie (G.R.E.P.)"; este tramo ha sido ejecutado a gran velocidad por el método "double jointing". El tramo Norte, de 214 Km., que presenta numerosas dificultades de ejecución (región montañosa, excavaciones en roca, puntos especiales importantes, cruces de varios ríos, etc.); este tramo ha sido ejecutado por las sociedades *Socoman* y *Eau et Assainissement*. El suministro de tubos, con un peso total de 76.000 toneladas, 662 Km. de longitud, diámetro de 24 a 22 pulgadas y espesores de 6,35 a 9,52 mm., ha sido efectuado por las sociedades francesas *Lorraine Escaut* y *Port-à-Mousson*.

Los días 19 y 20 de agosto último hemos tenido la

ocasión de visitar los trabajos del tramo Norte. Las características especiales de dicha obra, las circunstancias en las cuales se ha desarrollado y los interesantes resultados obtenidos, así como la posibilidad de que en España sea necesaria la ejecución de obras similares, nos ha hecho pensar en la oportunidad de publicar las impresiones de nuestro viaje, junto con la información general facilitada por M. J. Bouvet.

Características del proyecto.

El oleoducto Hassi-Messaoud-Bougie tiene por misión conducir el petróleo bruto desde los pozos de Hassi-Messaoud hasta el puerto de Bougie. Su longitud es de 662 Km., de los cuales 533 están construidos con tubería de 600 mm. de diámetro interior (24 pulgadas) y 127 Km. con tubería de 550 mm. de diámetro interior (22 pulgadas) y un peso total de 76 000 toneladas de acero. La impulsión se hará mediante cuatro estaciones de bombeo, dos de las cuales se accionarán por motores Diesel alimentados por el mismo petróleo bruto; otra será accionada por una turbina de gas, y la otra será accionada por un equipo de bombas eléctricas, siendo la electricidad producida por una central que utilizará el gas natural de los mismos yacimientos petrolíferos. Las características principales de cada parte del proyecto son las siguientes:

a) *Terminales*. — La terminal de origen del oleoducto está en Haoud el Hamra, punto obligado de partida. Allí se ha proyectado la instalación que se indica en la figura 1.^a. En una primera fase se construyen solamente los cuatro primeros depósitos de almacenamiento de 35 000 m.³ de capacidad cada uno, lo que representa, en conjunto, una capacidad igual a ocho días de funcionamiento del oleoducto.

La terminal de llegada, y después de estudiar muchas soluciones, se ha instalado en el puerto de Bougie. Para ello se ha tenido en cuenta las condiciones excepcionales de su rada con un amplio fondeadero protegido al Norte por el macizo de Gouraya, sus diques de 650 m. al Este y 2 800 m. al Sureste, y la ausencia de instalaciones portuarias que hubieran im-

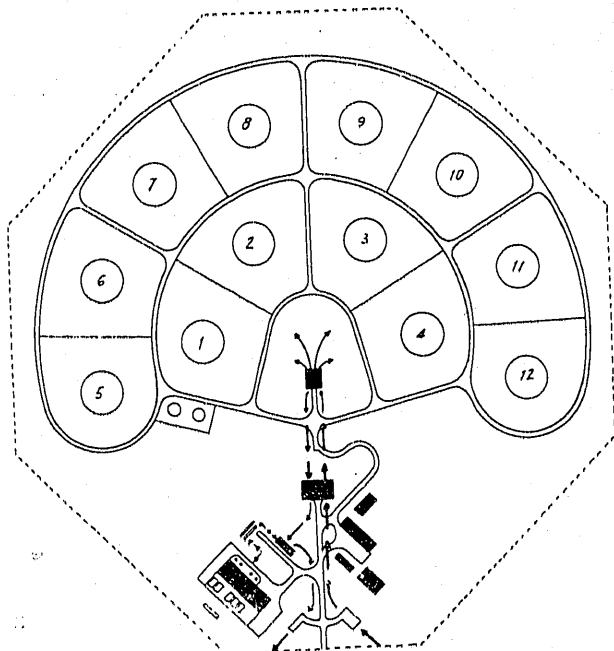


Fig. 1.ª -- Terminal de salida.

pedido atracaran los grandes buques petroleros modernos (de 40 a 60 000 toneladas). Todo ello constituye un conjunto de condiciones que decidieron a los proyectistas a ubicar en Bougie la terminal de llegada del oleoducto. Con ello, muy pronto la espléndida bahía de aguas verdes y transparentes, en las que se refleja, al atardecer, la silueta del Cabo Carbon con la alta sierra de los Babors, de cimas en el invierno coronadas de nieve, se verán surcadas por los grandes petroleros. El primero de éstos ha salido del puerto de Bougie en los primeros días de diciembre de 1959.

En la figura 2.ª se indican las instalaciones de la terminal de llegada.

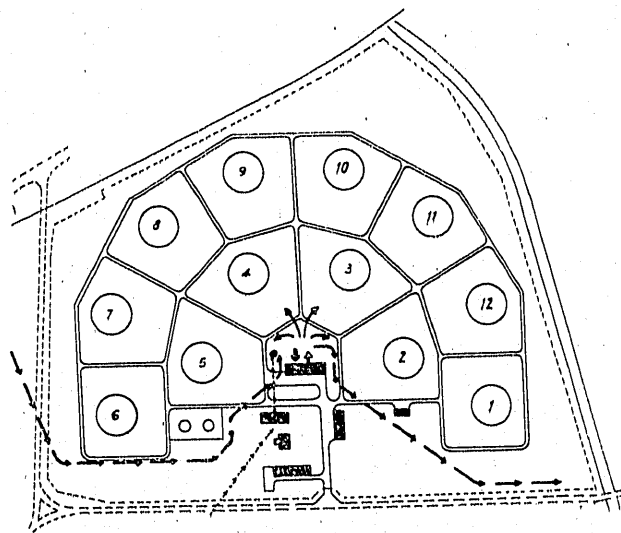


Fig. 2.ª -- Terminal de llegada.

Esta terminal tendrá una capacidad de almacenamiento de 420 000 m.³, repartidos en 12 depósitos de techo flotante y de 35 000 m.³ de capacidad cada uno.

La capacidad de carga de los petroleros será de 2 000 a 6 000 m.³/hora.

b) Trazado. — Fijados ya los puntos de salida y de llegada, el primero impuesto por la situación de los yacimientos y el segundo elegido como consecuencia

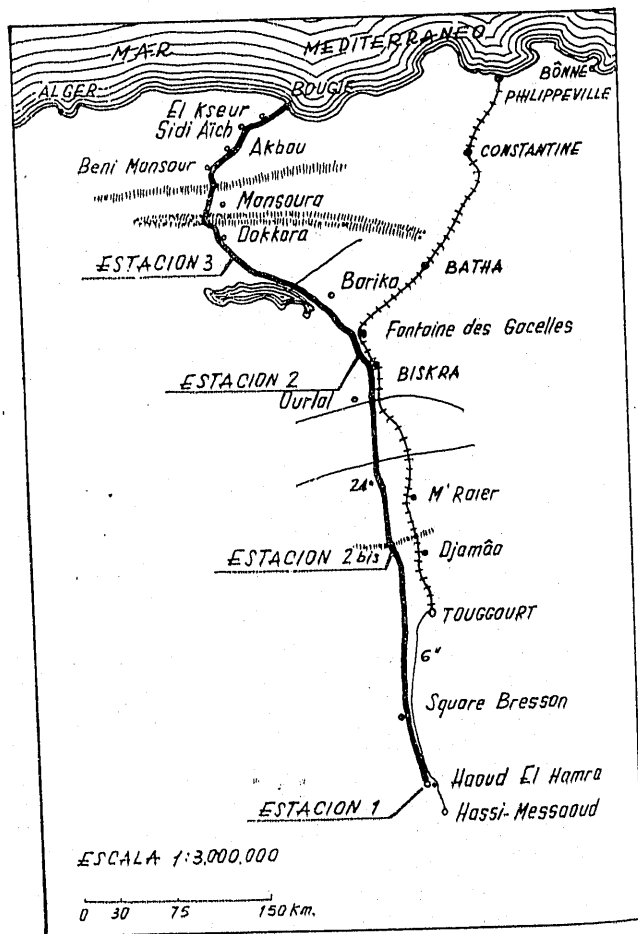


Fig. 3.ª -- Planta de la conducción.

del estudio realizado, se fijó como trazado más conveniente el que se indica en planta en la figura 3.ª y en alzado en la figura 4.ª.

Las exigencias topográficas de un oleoducto no son muy grandes. Se pueden escalar pendientes elevadas y pueden admitirse un gran número de puntos altos y puntos bajos. La libertad con que se mueve el proyectista, en este aspecto, es muy considerable, no estando sujetos más que a las conveniencias de tipo constructivo teniendo en cuenta las vías de comunicación para el aprovisionamiento de materiales durante la ejecución, la estabilidad del terreno desde el punto de vista geológico y los obstáculos a salvar para el paso de la maquinaria de construcción.

Como puede verse en la figura 3.^a, el trazado sigue una línea recta en el desierto, luego permanece durante un tramo al oeste de la carretera Ouargla-Tougourt-Biskra, para luego seguir el trazado común de la carretera y del ferrocarril en los alrededores de Biskra, en donde empiezan las primeras mon-

La segunda fase comprenderá la puesta en servicio de las estaciones de bombeo núms. 1, 2 y 3, con un caudal asegurado de 1 280 m.³/hora, es decir, 32 000 m.³/día y 9 300 000 toneladas por año.

La tercera fase corresponde al funcionamiento de las cuatro estaciones de bombeo, con un caudal de

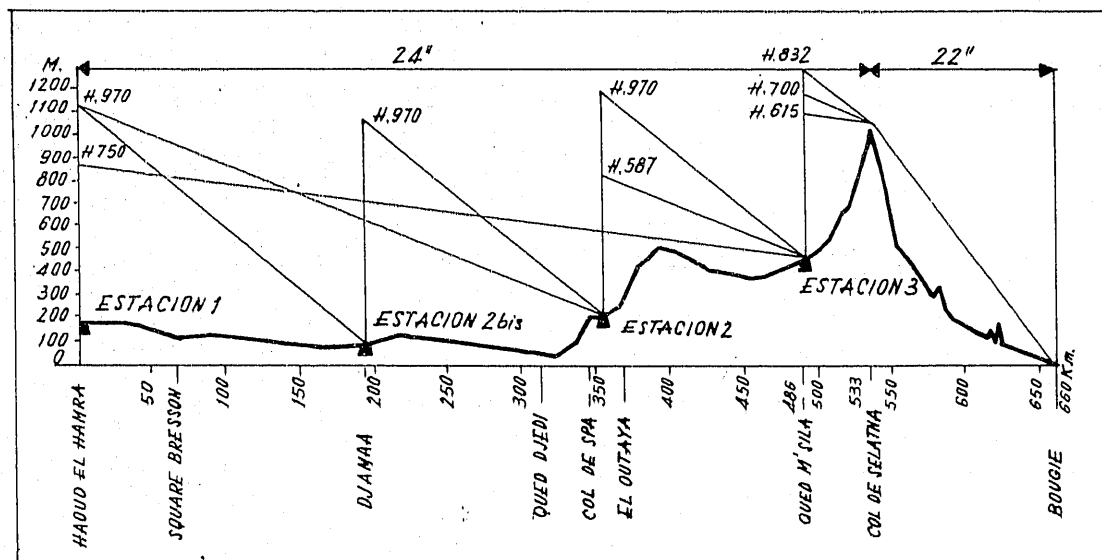


Fig. 4.ª — Perfil longitudinal.

tañas a salvar antes de llegar a la llanura de Hodna, al final de la cual empieza el tramo realmente accidentado. En este tramo destaca el paso de la cadena montañosa de Bibans, en la cual está el desfiladero llamado de las Puertas de Hierro, en el cual el paso del oleoducto ha creado problemas de gran dificultad. Después de esta travesía desciende siguiendo el Oued-Azerou, y después el Oued-Soumman hasta llegar a Bougie.

c) Estaciones de bombeo. — En la figura 4.ª puede verse el perfil longitudinal del oleoducto y la situación de las cuatro estaciones de bombeo.

Como consecuencia del estudio hidráulico, se han dispuesto cuatro estaciones de bombeo, cuya situación se indica en la misma figura, y también como consecuencia del mismo estudio, se decidió el emplear tubería de 600 mm, desde el origen hasta Salatna, y tubería de 550 mm, desde dicho punto hasta Bougie.

La separación de las estaciones de bombeo es de, aproximadamente, 190 Km.

En el mismo perfil longitudinal se aprecian las líneas piezométricas correspondientes a las diferentes fases de explotación. La fase número 1, representa la puesta en servicio de las estaciones de bombeo 1 y 3. En esta hipótesis el caudal asegurado es de 590 metros cúbicos/hora; es decir, 16 000 m.³/día, que representa 4 650 000 toneladas de petróleo bruto por año.

2 000 m.³/hora, 48 000 m.³/día y 14.000.000 de toneladas al año.

Fijadas así las condiciones de funcionamiento y las líneas piezométricas, se pueden dimensionar los espesores de pared de los tubos, siendo el más delgado de 6,35 mm., y los más gruesos, de 9,52 mm.

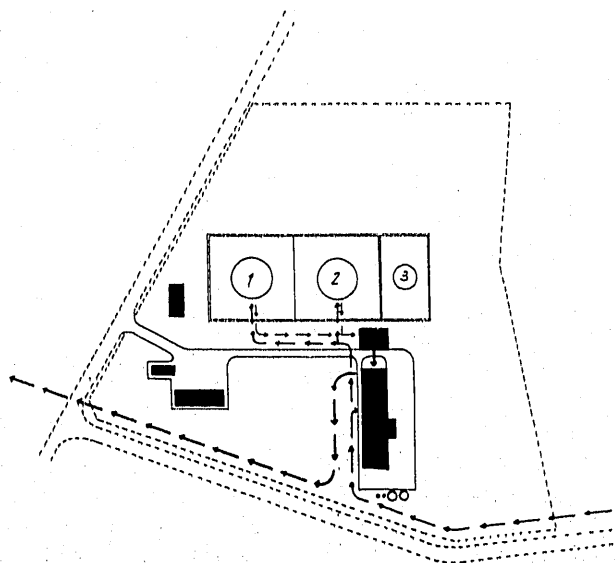


Fig. 5.ª — Estación de bombeo núm. 3.

En la figura 5.^a se indica la disposición de la estación de bombeo número 3.

d) *Secciones tipo.* — Las características del terreno a atravesar por la conducción son muy distintas, y ello ha hecho aconsejable el fijar secciones tipo distintas.

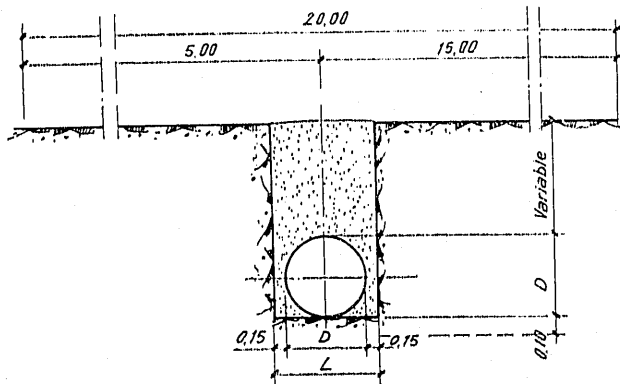


Fig. 6.^a — Sección tipo en terreno corriente.

En la figura 6.^a se indica la sección tipo en terreno corriente. En la figura 7.^a se indica la sección tipo en arena y en la figura 8.^a se indica la sección tipo en roca.

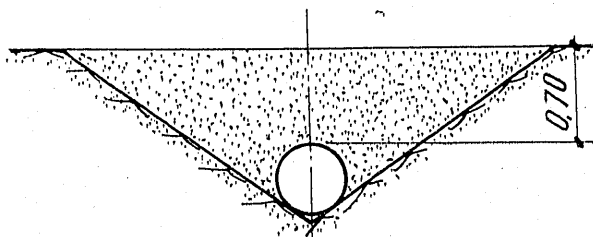


Fig. 7.^a — Sección tipo en arena.

Ejecución de la obra.

La ejecución de una obra de oleoducto, en general, comprende las siguientes fases perfectamente definidas:

- 1.º Ejecución de la pista.
- 2.º Acopio de tubos.
- 3.º Apertura de zanja.
- 4.º Curvado de tubos en puntos especiales.
- 5.º Soldaduras.
- 6.º Pruebas con aire comprimido y uniones.
- 7.º Revestimiento.
- 8.º Colocación del tubo en el fondo de la zanja.
- 9.º Terraplenado.
- 10.º Pasos especiales.
- 11.º Ensayos hidráulicos.

Cada una de estas fases es ejecutada por un equipo o grupo de equipos independientes, dotados de maquinaria y medios propios, que se desplazan a lo largo de las obras a la velocidad programada, de forma que

el conjunto constituye una verdadera fábrica móvil que ejecuta un trabajo en serie. Al número de equipos que realizan cada una de las 11 fases detalladas debe añadirse:

- 12.º Taller de reparaciones.
- 13.º Campamento.

Todo el conjunto, que se va desplazando a lo largo del trazado, dejando la obra terminada, constituye una caravana que en el léxico de la obra se conoce con el nombre de "circo".

Teniendo en cuenta que la velocidad de marcha del circo llega a ser del orden de los 2 Km. por día, se comprenderá fácilmente la importancia extraordinaria que tiene la perfecta programación y coordinación de todos los servicios, pues el fallo de un aprovisionamiento o de un equipo ocasiona la parada de todo lo que le sigue. Los problemas logísticos son, pues, en este tipo de obra, fundamentales.

El trazado del oleoducto Hassi-Messaoud-Bougie presenta dos tramos de características muy distintas:

El tramo Sur, que va desde el origen hasta 40 kilómetros de M'sila, y que se desarrolla en un terreno muy regular, sin grandes accidentes geográficos. Este tramo tiene una longitud de 445 Km. y puede ejecutarse a gran velocidad.

El tramo Norte, ejecutado por las sociedades *Socoman* y *Eau et Assainissement*, en cambio, se desarrolla en un terreno topográficamente muy difícil. La climatología es también una dificultad más a añadir a las que tiene este tramo.

Como consecuencia de las diferencias existentes entre los dos tramos, las previsiones para su ejecución y la forma de realizar las obras han sido muy distin-

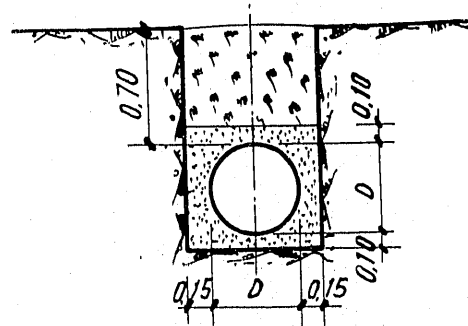


Fig. 8.^a — Sección tipo en roca.

tas. El tramo sur ha podido llevarse a una gran velocidad, con un empleo de mayor cantidad de maquinaria. En este tramo adquieren una importancia preponderante las fases primera a novena. En cambio, en el tramo Norte la mayor importancia la adquiere la fase décima, es decir, los pasos especiales.

En el planing se previó la marcha del tramo Sur a una velocidad de 50 Km. por mes, y en el tramo Norte, a una velocidad de 25 Km. por mes.

OPERACION

PLANTA

SECCION

MAQUINARIA

Ejecución de la pista



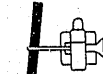
Bulldozer

Transporte de los tubos



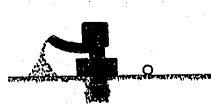
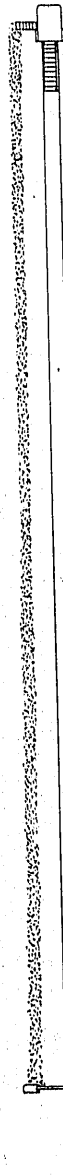
Semi-remolques

Acopia



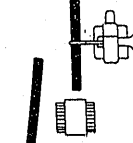
Pipe-layer

Apertura de zanja



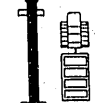
Zanjador o excavadora

Curvado



Curvadora

Soldadura



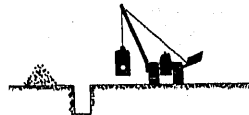
Grupos de soldadura

Pruebas con aire comprimido



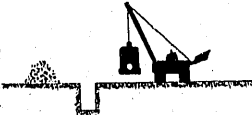
Compresor

Recubrimiento



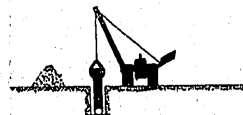
Limpiador imprimadora

Colocación en zanja

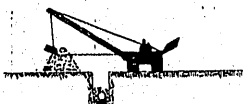


Recubridora

Tarrajado



Pipe-layer



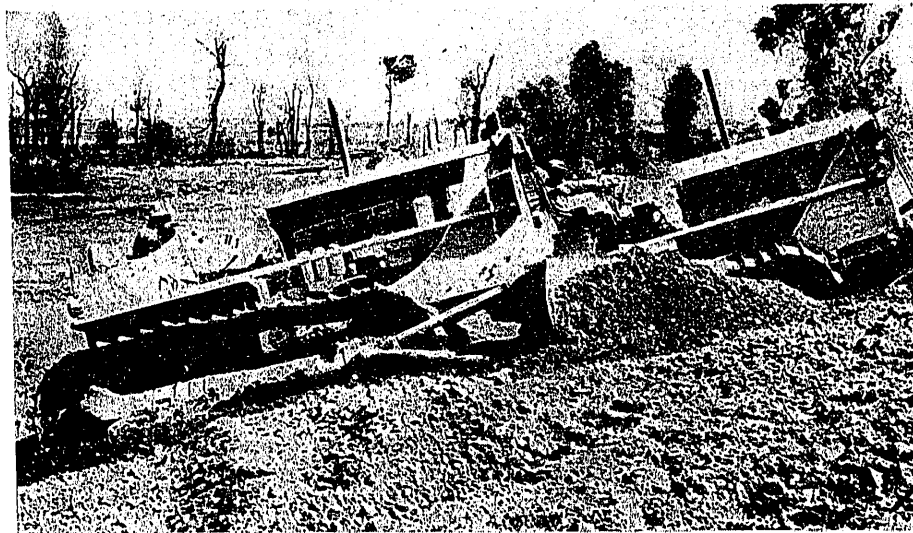
Back-filler

En la figura 9.^a se indica el esquema de organización de los trabajos correspondientes a las fases primera a octava.

La fase décima unas veces marcha por delante de la fase tercera y otras marcha por detrás, saltando todo el resto del circo los tramos de ejecución espe-

En las zonas montañosas con terrenos rocosos es preciso efectuar voladuras previas al paso de los bulldozers.

Acopio de tubos. — A continuación se hace el acopio de tubos. El transporte se hace por vía marítima hasta un puerto argelino, y desde allí, por ferrocarril,



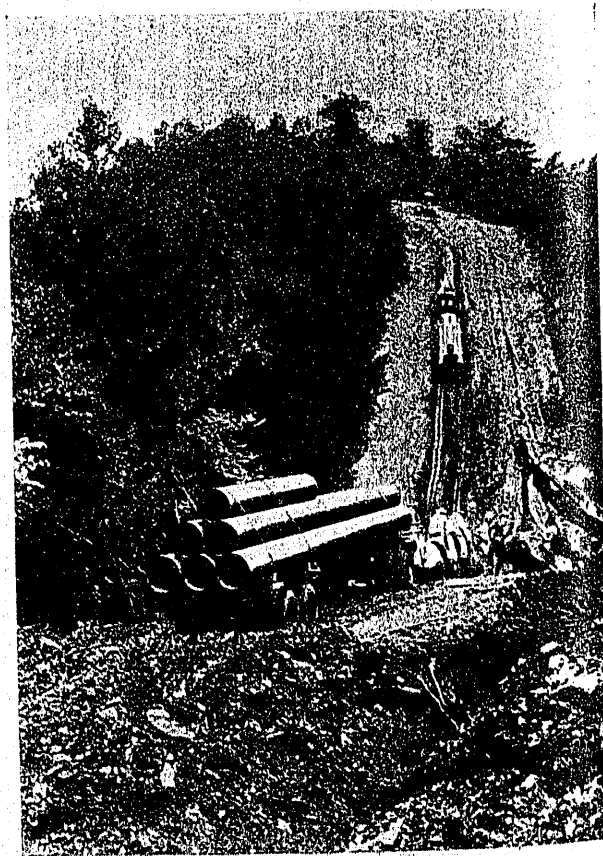
ciales. De todas formas, para una buena organización del trabajo, lo más conveniente es que la fase décima marche delante o detrás de la fase tercera, pero siempre por delante de la fase quinta. Desgraciadamente, ello no es siempre posible.

Frecuentemente el revestimiento y la colocación en zanja (operaciones 7 y 8) son simultáneas.

Ejecución de la pista. — La forma en que se ejecuta este tipo de obras exige comenzar por la construcción de una pista que sigue exactamente el trazado del oleoducto y por la cual tiene que pasar el circo. Las dimensiones y disposición de la pista respecto al trazado del oleoducto pueden verse en la sección tipo que se indica en la figura 6.^a. En un ancho total de 20 m. de pista, la zanja va a uno de los lados, situándose un eje a 5 m. del borde. Por el otro lado quedan hasta el borde 15 m., que, deduciendo el ancho medio de zanja, permite el paso de todo el circo y deja, además, una franja libre para vigilancia y comunicaciones.

Esta pista se abre utilizando un equipo de bulldozers, que no hacen más que la explanación. La pista es, naturalmente, sin afirmar y con unas pendientes muy fuertes (las mismas del trazado del oleoducto). Es impresionante ver cómo los distintos vehículos se mueven por esta pista entre nubes de polvo o mares de barro, según que brille el sol o que llueva. La fotografía número 1 da una idea de ello.

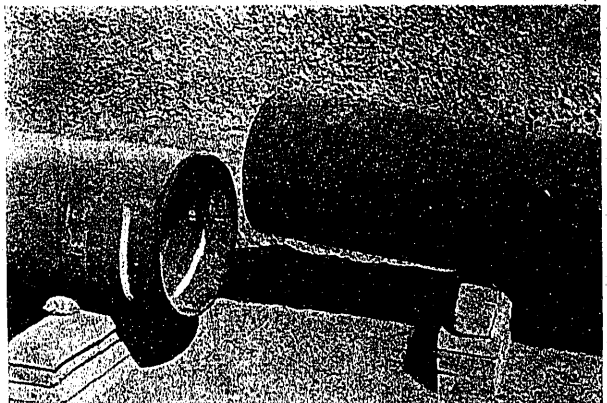
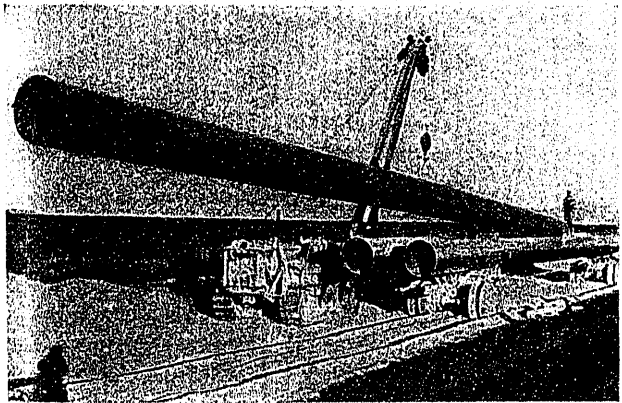
En las zonas en las que existe vegetación es preciso proceder, como cuestión previa, a un talado de árboles y a un desbroce general.



hasta la estación más próxima del punto de empleo. Desde allí se transporta, en semirremolques, hasta el sitio de empleo, dejándose los tubos acopiados al borde de la zanja, para luego situarlos sobre unos tacos de madera en forma que queden elevados sobre

a su montaje, en algunos puntos especiales, lo cual se hace empleando una máquina especial que permite obtener el radio de curvatura preciso.

Soldadura. — La soldadura comprende varias operaciones sucesivas.



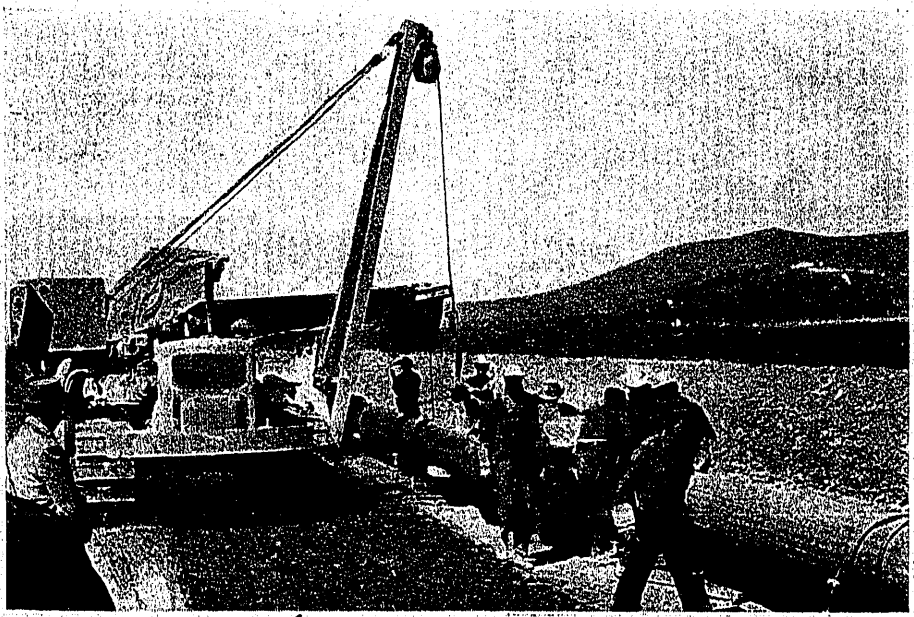
el terreno, y uno a continuación de otro, para poder efectuar la soldadura.

Apertura de zanja. — Detrás del equipo que ejecuta la pista marcha el equipo que abre la zanja en el terreno normal. La maquinaria empleada son zanjadoras y palas excavadoras con retro. La tierra se deja a un solo lado de la zanja para, en el otro, hacer el acopio de tubos.

Curvado. — El oleoducto, contrariamente a lo que ocurre en una conducción de agua, sigue las sinuosidades del terreno sin discontinuidad alguna ni piezas especiales. Ello obliga a curvar los tubos, previamente

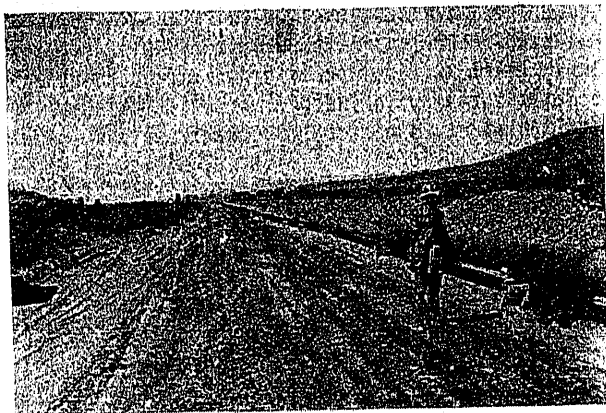
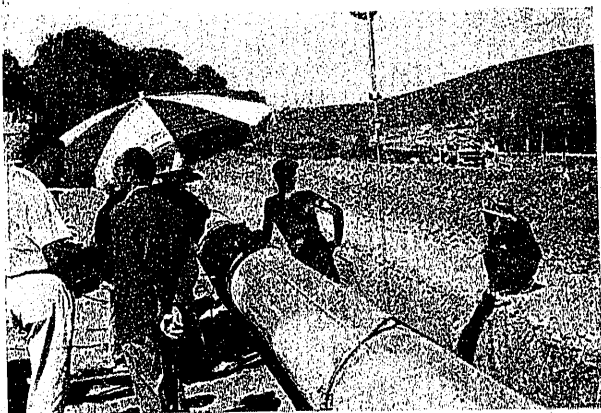
Después de colocados los tubos sobre los tacos de madera y alineados, se procede al punteado, que consiste en prender los tubos uno con otro por medio de unos puntos de soldadura, y hacer el primer cordón de soldadura. Constituye la operación clave de la obra. Se emplea en esta operación el personal de montaje mejor de que se dispone. La maquinaria empleada consta de tractores con grúa lateral (Pipe Layers), y los equipos de soldadura, en número suficiente para conseguir la velocidad requerida.

A continuación se hace la segunda pasada de soldadura y luego las otras pasadas sucesivas en nú-



mero que depende del espesor de la chapa. Estas pasadas sucesivas deben hacerse sin dejar enfriar la chapa desde que se hace la primera soldadura hasta que se terminan las de relleno y acabado.

Una vez terminada la soldadura en una longitud de 1200 m., se hace pasar por el interior del tubo un pistón impulsado por aire comprimido, que tiene por misión rascar y limpiar la superficie interior de la tubería.



Pruebas con aire comprimido y uniones. — La necesidad de llevar un control de la obra ejecutada sin que sea un obstáculo para la velocidad de ejecución considerable que se ha conseguido, hizo estudiar cuidadosamente la forma de efectuar las pruebas.

En primer lugar se ha puesto un cuidado extraordinario en la selección del personal de soldadura, haciéndoles seguir un cursillo en una escuela especializada. Periódicamente se comprueba la calidad del trabajo hecho por cada uno de ellos, y cualquier falta grave, cualquier negligencia, es sancionada inmediatamente.

Independientemente de las precauciones y del cuidado puesto en la selección del personal que hace la soldadura, se efectúa sistemáticamente un ensayo con aire comprimido, sometiendo el tramo a ensayar, de aproximadamente 1200 m. l. de longitud, a una presión de 7 Kg./cm.², comprobando las soldaduras por medio de una disolución de jabón.

Además se extraen regularmente probetas de la conducción ya terminada para someterlas a los ensayos clásicos. Se efectúan además controles radiográficos que tienen la ventaja de no destruir la soldadura ya efectuada.

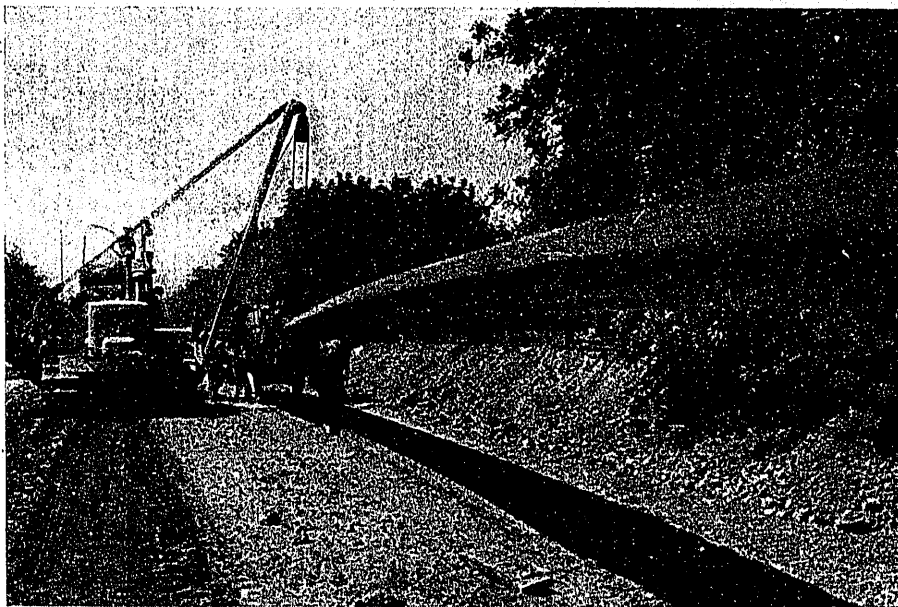
Después de los ensayos por tramo, se efectúan las uniones de éstos entre sí por medio de soldaduras,



efectuadas con gran cuidado para poder hacer de una manera continua la operación siguiente, el revestimiento, con las menores interrupciones posibles.

Revestimiento. — Terminada la soldadura, se procede al revestimiento.

Primeramente una máquina limpiadora-barnizadora (Priming Machine) limpia el exterior del tubo y le aplica una capa de imprimación.



como el cruce de un río, son tratados de una forma completamente distinta, siendo objeto de un estudio especial cada uno de ellos.

Ensayos hidráulicos. — Terminada la colocación, se hacen los ensayos hidráulicos, que son, naturalmente, los definitivos. Pero es preciso que al efectuar dichos ensayos todo salga bien, pues si dichos ensayos acusasen defectos importantes, ello ocasionaría una

A continuación pasa la máquina de revestimiento (Coating Machine), que le aplica al tubo una capa de brea caliente, lo envuelve con un vendaje de tela de fibra de vidrio y sobre ello otro vendaje de papel kraft.

Terminado el revestimiento, se comprueba la calidad de éste por un procedimiento eléctrico.

Colocación del tubo en el fondo de la zanja. — Terminadas las fases anteriores, se coloca el tramo en el fondo de la zanja utilizando tractores con grúa lateral (Pipe Layers). En puntos especiales, y en ciertos casos, se efectúa por soldadura la unión de dos tramos en el fondo de la zanja. Se procura que estas soldaduras en el fondo de la zanja sean las menos posibles. Esta unión se hace por medio de soldadura, operación que es sumamente delicada, ya que los dos tramos a soldar no pueden moverse.

Terminada la soldadura, se hace, a mano, el revestimiento de la parte correspondiente a la unión.

Terraplenado. — A continuación se hace el terraplenado utilizando una pala excavadora con pluma de dragalina con un dispositivo especial que hace más rápida la operación, con lo que se consigue un mejor rendimiento de la máquina.

Pasos especiales. — Los pasos especiales, tales

verdadera catástrofe, ya que se efectúan con la obra terminada.

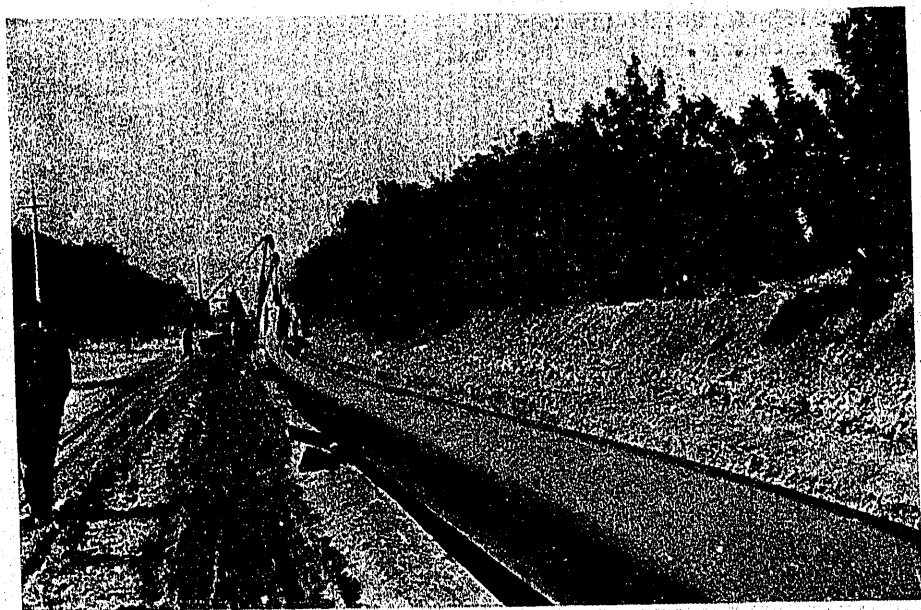
Taller mecánico. — Dada la cantidad de máquinas que se emplean en el conjunto de la obra, la importancia del taller mecánico es grande. Está constituido por una serie de remolques-taller que se desplazan junto con el campamento, y otra serie de camiones-taller que se desplazan al punto en el que ha surgido la avería.

La conservación sistemática, el engrase y el aprovisionamiento de carburantes y aceites se hace con unidades móviles que hacen su servicio en el mismo punto en que están trabajando las máquinas.

Campamento. — El alojamiento del personal de la obra se hace en un campamento que cambia de ubicación varias veces durante la ejecución de la obra, a medida que ésta va avanzando, en forma tal que los desplazamientos diarios desde el campamento al tajo y desde el tajo al campamento no sean muy grandes.

Este campamento está formado por remolques-vivienda y remolques-comedor para el personal superior, y por tiendas de campaña para el personal obrero.

Comunicaciones. — Las comunicaciones entre todos los puntos de la obra se hacen por radioteléfono. Existe una central en el campamento y aparatos re-

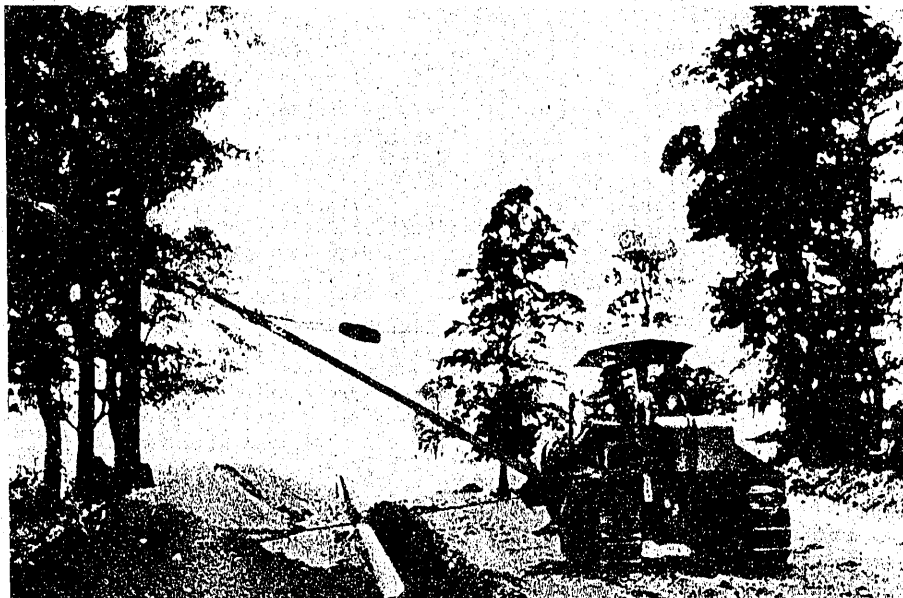


ceptores-transmisores en todos los tajos, así como en los coches de ingenieros y personal superior.

Durante nuestra visita pudimos comprobar la eficacia enorme de este sistema de comunicación. Desde

En las fotografías que se incluyen pueden verse detalles de la ejecución de las diferentes operaciones que hemos descrito.

Para terminar, deseamos reiterar nuestro agrade-



el jeep en el cual hicimos el recorrido de la obra, el ingeniero director de las obras, que nos acompañaba, recibía noticias de los diferentes tajos, contestaba consultas y daba instrucciones, de forma que su acción se extendía permanentemente a lo largo de todos los trabajos que se desarrollaban en muchos kilómetros. En un momento determinado oímos cómo de un tajo pedían al taller les mandase una unidad móvil de reparación con una pieza de repuesto, por haber sufrido una avería. Cuando hora y media después llegamos a aquel tajo, estaban ya trabajando en la sustitución de la pieza averiada.

cimiento a M. J. Bouvet, Director General de la S.O.P.E.G., gracias al cual hemos podido dar las características generales de las obras, y expresar a las Direcciones de las Sociedades Socoman y Eau et Assainissement nuestro reconocimiento por su amable invitación.

Queremos particularmente agradecer al delegado en Argel del Presidente-Director General de Socoman, M. Robert Giboin, y al Ingeniero Jefe de las obras, M. Jacques Lesage, su amabilidad acompañándonos y guiándonos en nuestro viaje.