

# INSTALACIONES DE DESCARGA, ALMACENAMIENTO Y BOMBEO DEL OLEODUCTO MÁLAGA-PUERTOLLANO

Por ESTEBAN OROZCO VALLEJO

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

*Con este artículo se finaliza la descripción del proyecto y construcción del oleoducto Málaga-Puertollano. Se hace una sucinta reseña de las numerosas y variadas instalaciones que complementan a la conducción principal.*

En un artículo anterior hemos hablado del proyecto y construcción de la conducción principal, de la línea, del oleoducto Málaga-Puertollano. Un oleoducto tiene además, como todo medio de transporte, sus terminales y estaciones, en los que se hace la recepción y entrega de los productos transportados. En nuestro caso, las estaciones sirven solamente para impulsar el petróleo crudo.

La importancia económica de las instalaciones que complementan a la línea, es menor que la de ésta. De los 670 millones en que, según hemos dicho, puede cifrarse el presupuesto del conjunto del oleoducto, la conducción absorbe 348. Si a los 322 restantes se le quitan los 165 millones correspondientes a los depósitos de Málaga y Puertollano, quedan 157 millones de pesetas. No obstante, la gran variedad y complejidad de las citadas instalaciones ha motivado que el número de horas de ingeniería empleadas en la redacción del proyecto y gestión de compra de elementos, haya sido sensiblemente mayor que el correspondiente a la conducción principal.

## **Disposición general del terminal y estaciones de bombas.**

En el citado artículo anterior enunciamos los diversos estudios previos a la redacción del proyecto. Dijimos que, por diversas razones, se había escogido el puerto de Málaga como punto de descarga del petróleo que había de transportar el oleoducto. Establecidos por la Dirección del Puerto los puestos de atraque, que-

daba por fijar el emplazamiento del terminal.

En primer lugar, la distancia del terminal al puerto queda condicionada por la necesidad de que los depósitos de crudo puedan ser llenados desde el barco por la sola impulsión de las bombas de éste. Según recomendaciones de diversos Congresos de Navegación, el caudal horario de descarga conviene que esté entre 1/16 y 1/10 del peso muerto del petrolero. La presión que proporcionan las bombas de los barcos puede estimarse en 7 u 8 Kg./cm.<sup>2</sup> en las bridas de salida. Con arreglo a ello el terminal debía quedar como máximo a unos 4 kilómetros del dique de poniente y a unos 2 kilómetros de la costa, esto último para poder disponer un fondeadero a mar abierto. Además, y para unas necesidades máximas previsibles de 200 000 m.<sup>3</sup> de almacenamiento, se requería una superficie de unas 10 hectáreas. Se escogió por fin una parcela que cumplía las condiciones anteriores (ver figuras 1.<sup>a</sup> y 9.<sup>a</sup>).

La capacidad de transporte anual del oleoducto en la primera etapa es, de 2,25 millones de toneladas. Con una ampliación que agota la instalación actual se pueden alcanzar los 6 millones de toneladas anuales.

A la vista de estas cifras ¿cuál es el almacenamiento óptimo en Málaga y cuál en Puertollano, teniendo en cuenta las distintas variedades de crudo y las exigencias del funcionamiento de la refinería? La experiencia de la explotación de otros oleoductos nos dice que en cabecera, es decir, en Málaga, la capacidad de almacenamiento debe igualar al volumen transportado en diez o doce días: unas 70 000 toneladas en la primera etapa. Dispusimos 120 000

toneladas en el primer caso y prácticamente el doble para la etapa horizonte. En Puertollano se necesitarían, en la primera fase, unos 200 000 metros cúbicos.

Se estableció por fin un tipo único: de 30 000 metros cúbicos, disponiendo cuatro depósitos en Málaga y siete en Puertollano.

Estos depósitos son cilíndricos, de 51 me-

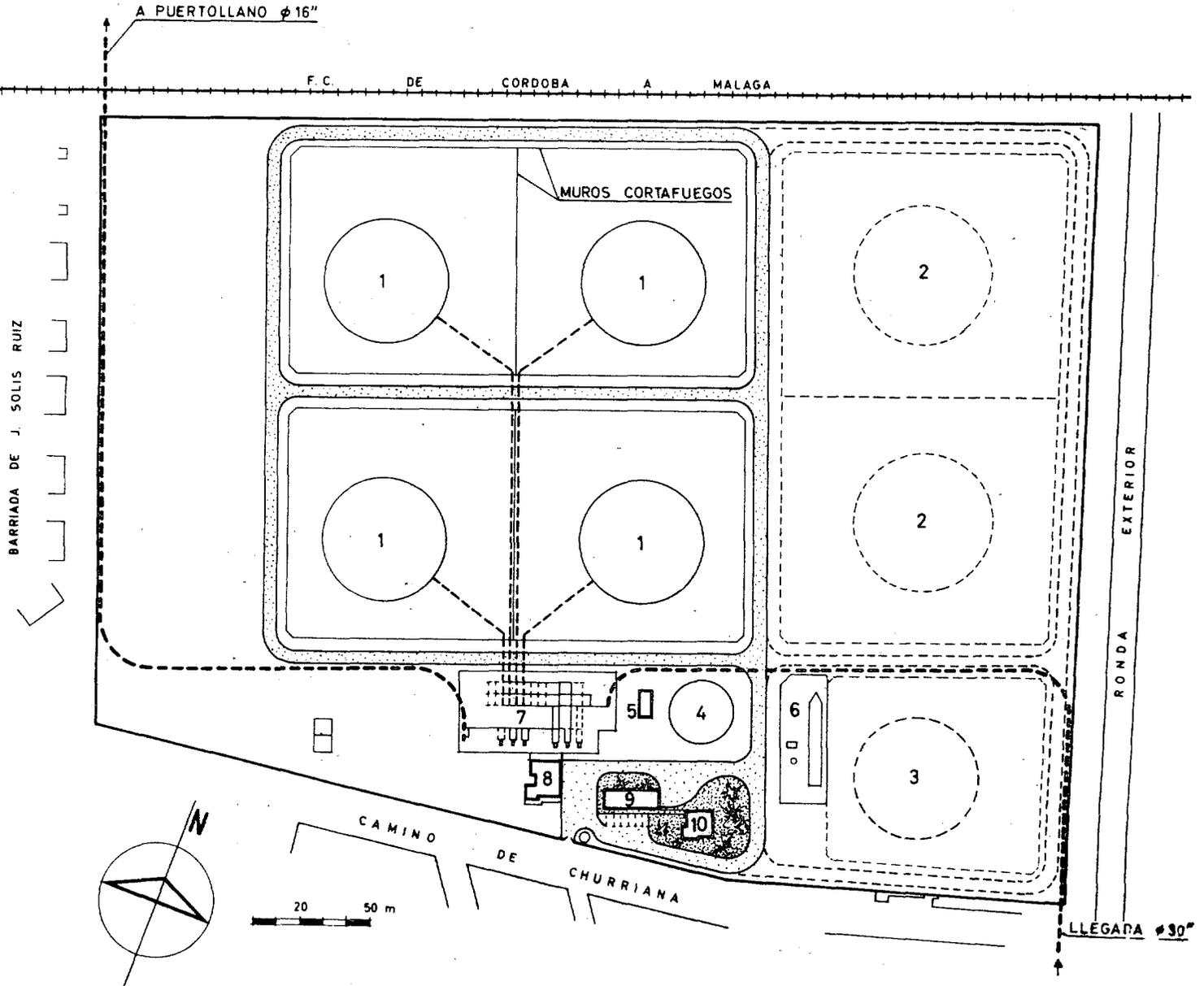


Fig. 1.ª — Planta del Terminal de Málaga.

A continuación, era necesario fijar la capacidad de cada depósito. Había que buscar un coste mínimo compatible con una cierta flexibilidad en la explotación y tener en cuenta el tonelaje de los petroleros actuales y futuros,

tros de diámetro y 15 m. de altura, y llevan un techo flotante cuyo fin es evitar la fase gaseosa, con lo que se impiden las pérdidas por evaporación, aumentando notablemente la seguridad. Para su disposición en planta hay que te-

ner en cuenta que deben estar separados una distancia igual a su diámetro. Además, todo depósito de petróleo crudo debe de estar rodeado de un cubeto propio, cuyo objeto es retener el crudo en caso de posible rotura del depósito. Las paredes de este cubeto pueden hacerse de

Todo esto, junto con la necesidad de disponer de cuatro edificios: control, oficinas, garaje y almacén y caseta de bombas contra incendios, y enmarcar todas las instalaciones con calzadas de acceso y circunvalación, sobre todo por razones de lucha contra incendios, configu-

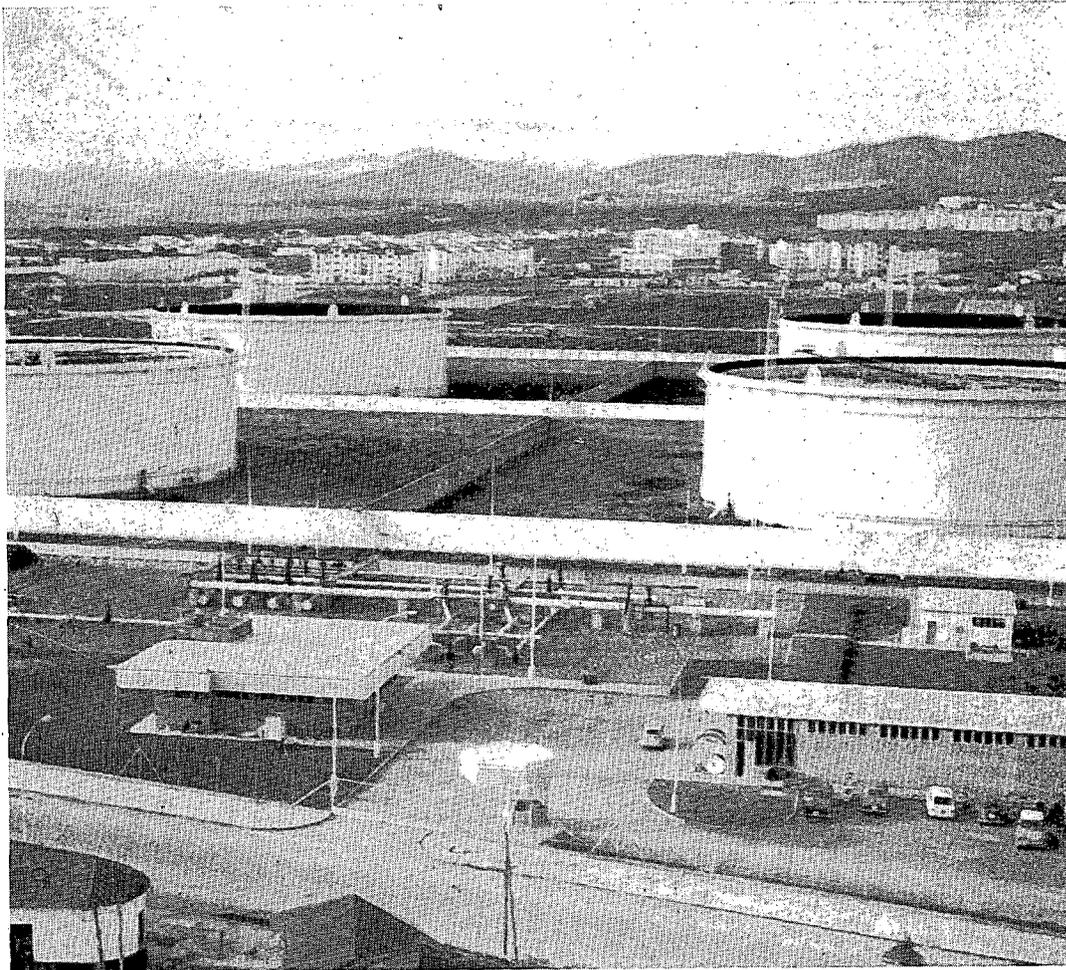


Fig. 2.<sup>a</sup> — Terminal de Málaga.

tierra u hormigón. Dado que nuestro terreno era llano, relativamente caro y no nos sobraba mucha superficie, hicimos los muros de hormigón armado, de 3 m. de altura. La capacidad de cada uno de los cubetos es el 100 por 100 de la de los depósitos. Conviene, además, que los depósitos estén a 60 m. como mínimo de cualquier subestación de transformación de energía eléctrica y a 45 m., también como mínimo, de la vía de ferrocarril más próxima.

raron la distribución del terminal de Málaga (figuras 1.<sup>a</sup> y 2.<sup>a</sup>).

Al hablar en el artículo anterior sobre la disposición de estaciones, dijimos que en la etapa actual, correspondiente a una capacidad de transporte del oleoducto de 2,25 millones de toneladas al año, teníamos una estación de bombas en Málaga, junto al terminal, y otra en Montoro, a 170 Km. de ella según el oleoducto. Además, a 100 Km. de Málaga, en Moriles, dis-

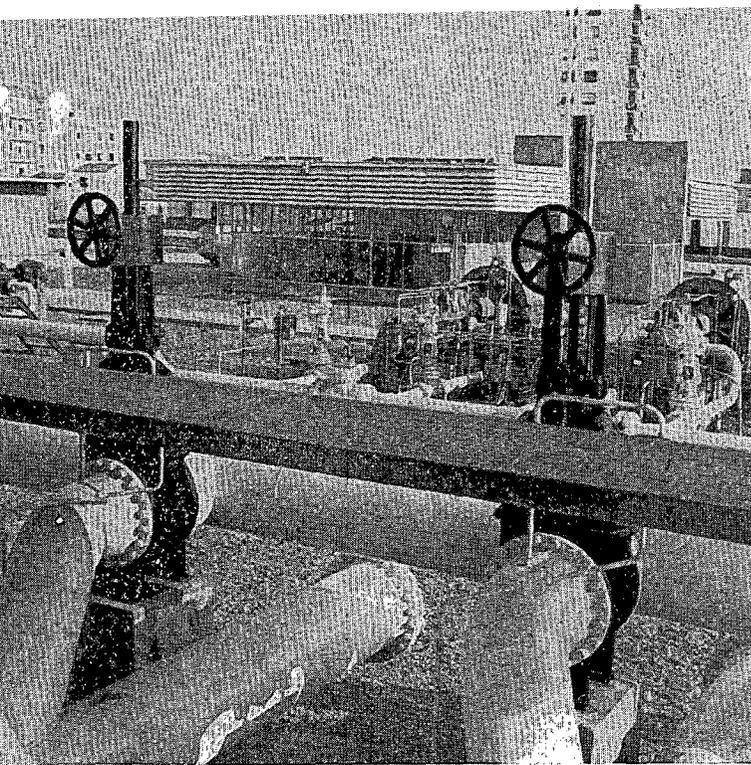


Fig. 3.<sup>a</sup> — Terminal de Málaga. Parque de válvulas y edificio de control.

poníamos una estación de transvase de rasca-dores, ya acondicionada para convertirse en su día en una estación de bombas.

Ambas estaciones, de Málaga y Montoro, son idénticas. En cada estación hay dos grupos motobomba, de 1 350 CV. de potencia cada uno, que pueden operar en serie. De los dos grupos motobomba, uno es de reserva. Las bombas, de marca Guinard, son de seis escalones y una presión de impulsión de 700 m. a 323 m.<sup>3</sup>/hora (caudal que corresponde a la capacidad fijada: 2,25 millones de toneladas en 8 000 horas anuales). A estas bombas las llamamos, de ahora en adelante, principales.

Los motores de las bombas de un oleoducto como el nuestro pueden ser eléctricos o de combustión interna, quemando gas-oil o incluso el propio crudo que se transporta. Pero, en general, si se dispone de energía eléctrica en condiciones adecuadas, es más económico utilizar motores eléctricos. Así lo hemos hecho nosotros. Estos motores, antideflagrantes y de 1 350 CV. de potencia cada uno, según hemos dicho, fueron construidos en España por CENEMESA.

### Redes de tuberías de crudo, seguridad y drenaje.

El parque de válvulas del terminal de Málaga (figs. 3.<sup>a</sup> y 4.<sup>a</sup>) permite efectuar con el petróleo crudo las operaciones que enunciamos a continuación, en las que pueden utilizarse dos bombas de trasiego y elevadoras de presión, dispuestas en paralelo en dicho parque:

- Llegada del crudo por una tubería de 30" desde las instalaciones de descarga, y distribución, por cuatro tuberías independientes, a los depósitos.
- Por medio de una o dos de las bombas citadas, tomar el petróleo de uno cualquiera de los depósitos y colocarlo a una presión adecuada (30 m.) en el lado de succión de una bomba principal, que a su vez lo impulsa en el oleoducto.
- Transvase de un depósito a otro mediante una de las bombas a que antes nos hemos referido.

Tanto los grupos motobomba principales como los elevadores, van al aire libre, anejos al parque de válvulas. Ello facilita la ventilación de los motores, antideflagrantes por la posible

atmósfera con vapores de petróleo y construidos para estar a la intemperie.

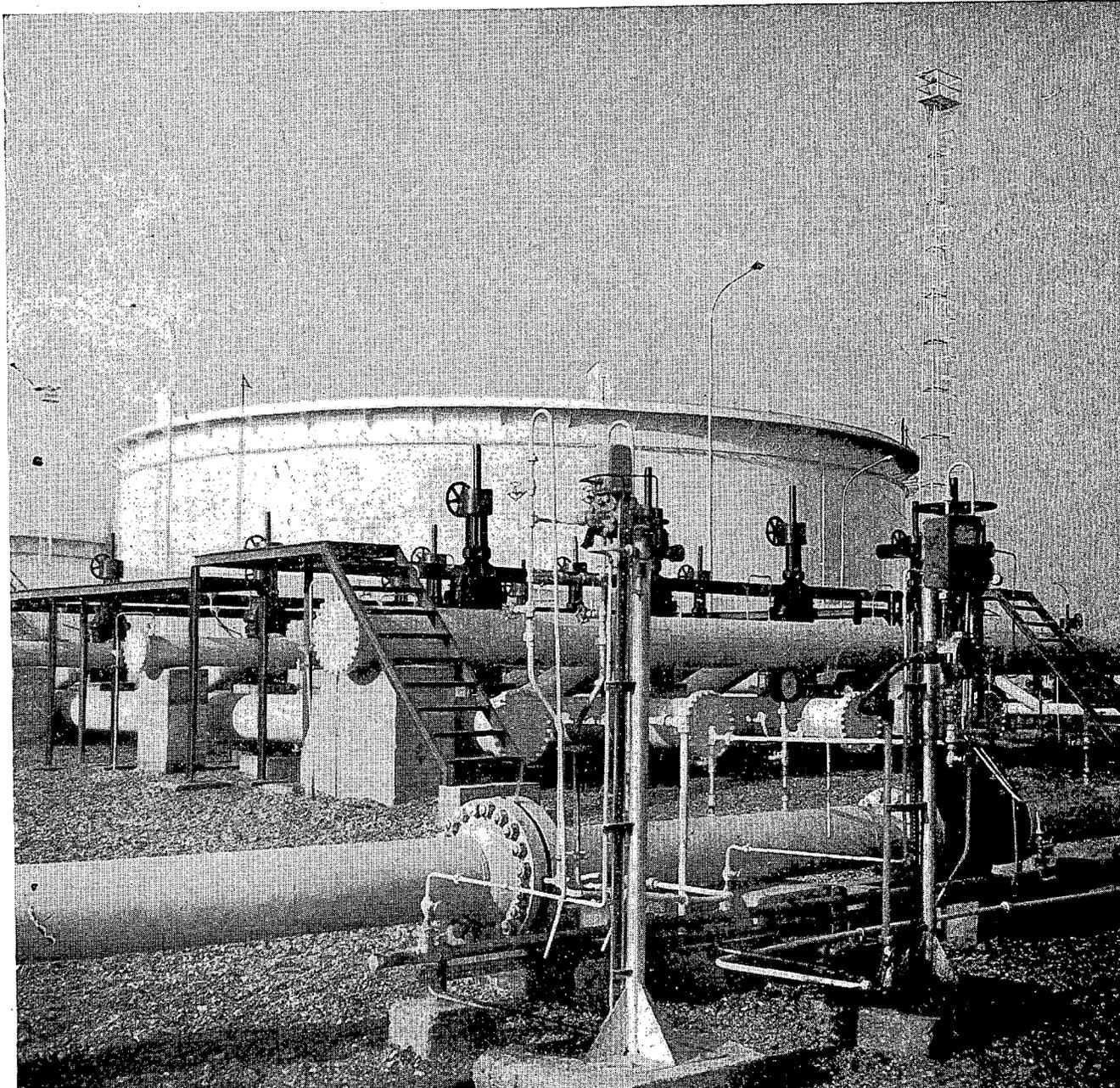
La red de crudo de la estación de bombas de Montoro es mucho más sencilla (véanse figuras 5.<sup>a</sup> y 6.<sup>a</sup>). A la entrada y salida de la estación hay unas válvulas de bloqueo, salvadas por un "by-pass". A la salida de Málaga y a la llegada a Puertollano hay también una válvula de bloqueo.

Entre las diversas válvulas y aparatos de cada red destacaremos la válvula de control, una en cada estación, y que juega un importante papel en el sistema de regulación del oleoducto, según explicaremos más tarde.

En Málaga, Montoro y la llegada a Puerto-

llano; hay un sistema de seguridad, que puede evacuar el crudo en una acción de dos tipos. En primer lugar, cada tramo de la red que puede independizarse por válvulas, bridas, etc., consta de una pequeña válvula de seguridad de  $3/4" \times 1"$ , tarada a una presión de acuerdo con la máxima del tramo, y cuyo objeto es paliar los efectos de la dilatación de la tubería y del crudo. Además existe una válvula de seguridad de  $3" \times 4"$  en el "by-pass" de la estación de Montoro, tarada a  $45 \text{ Kg./cm.}^2$  y otra idéntica, pero tarada a  $40 \text{ Kg./cm.}^2$ , antes de la válvula de bloqueo de la llegada a Puertollano. La primera evacua el crudo del lado de succión al de impulsión de la estación. La

Fig. 4.<sup>a</sup> — Terminal de Málaga. Parque de válvulas.



segunda, a uno de los depósitos de Puertollano. El objeto de estas dos válvulas es evitar las sobrepresiones que puedan producirse en la conducción principal.

Es interesante, también, en todas estas ins-

por medio de un saneamiento corriente. El aceite y la mezcla pasan, en cambio, a un sistema de separación en el que hay tres elementos principales: depósito de separación, depósito de residuos y balsa de decantación. Entende-

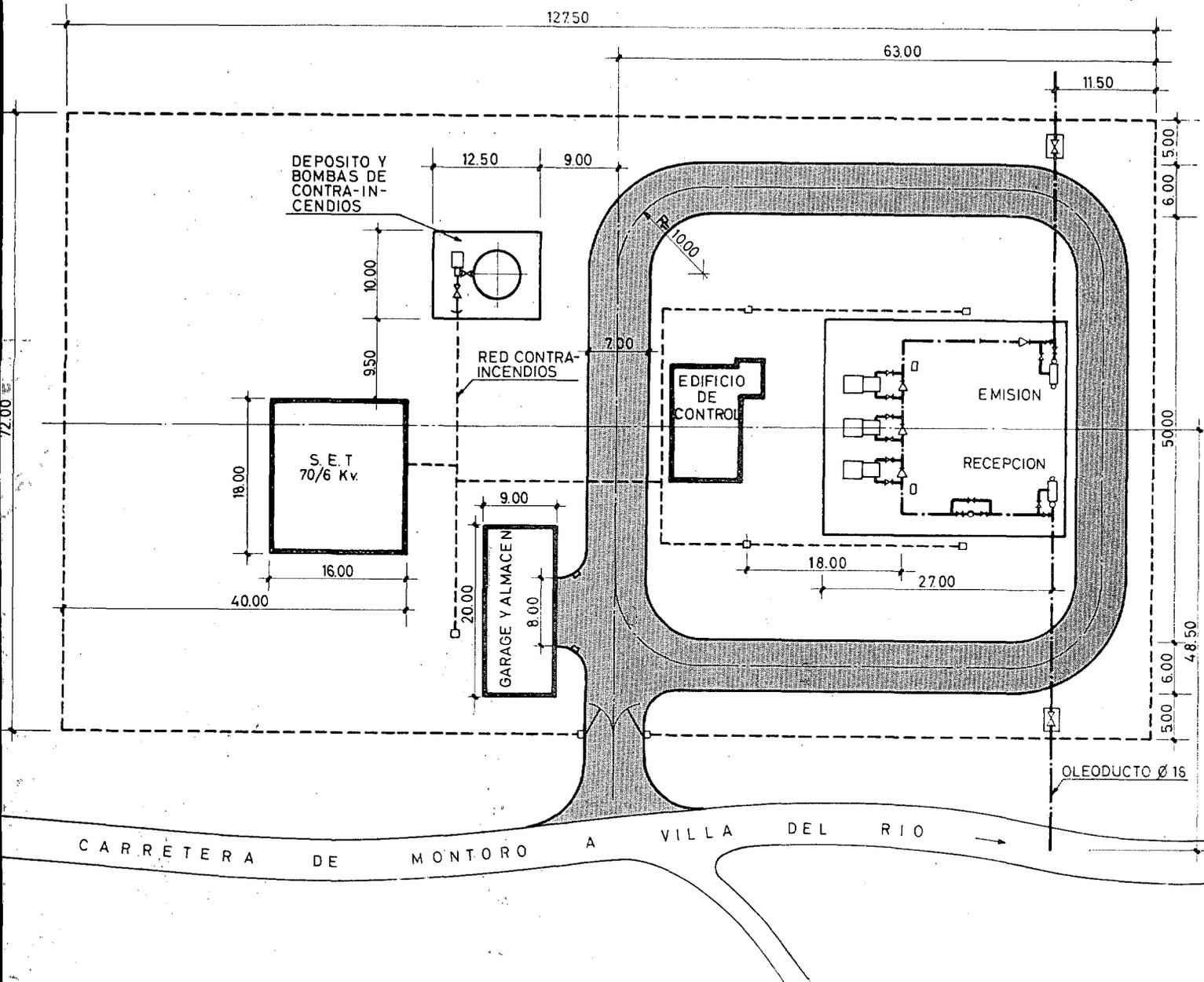


Fig. 5.<sup>a</sup>—Planta de la estación de bombas de Montoro.

talaciones el sistema de drenaje. Hay que recoger y evacuar, en cada terminal o estación, tres líquidos: aceite, agua y mezcla de ambos. La evacuación del agua no contaminada se hace

mos por aceite, tanto el petróleo crudo como los de lubricación de las máquinas, etc. Este y las aguas con posible contaminación (pluviales de los techos de los depósitos de crudo, cu-

betos de trampas de rascadores, etc.) pasan al depósito de separación. Aquí se aparta el aceite por gravedad y un vertedero, y desde él el agua pasa a la balsa de decantación y el aceite al depósito de residuos. La balsa de decantación (fig. 7.<sup>a</sup>) es un separador por gravedad, de dimensiones 40 m. x 6 m., con doble compartimiento para mayor seguridad, y recogida

nados 120 000 m.<sup>3</sup> de petróleo crudo, la protección contra incendios sea verdaderamente importante. Ya hemos dicho que cada depósito lleva su cubeto propio de recogida del posible crudo derramado y que además se rodean de calzadas de acceso, en las que se han tenido en cuenta las direcciones dominantes de los vientos.

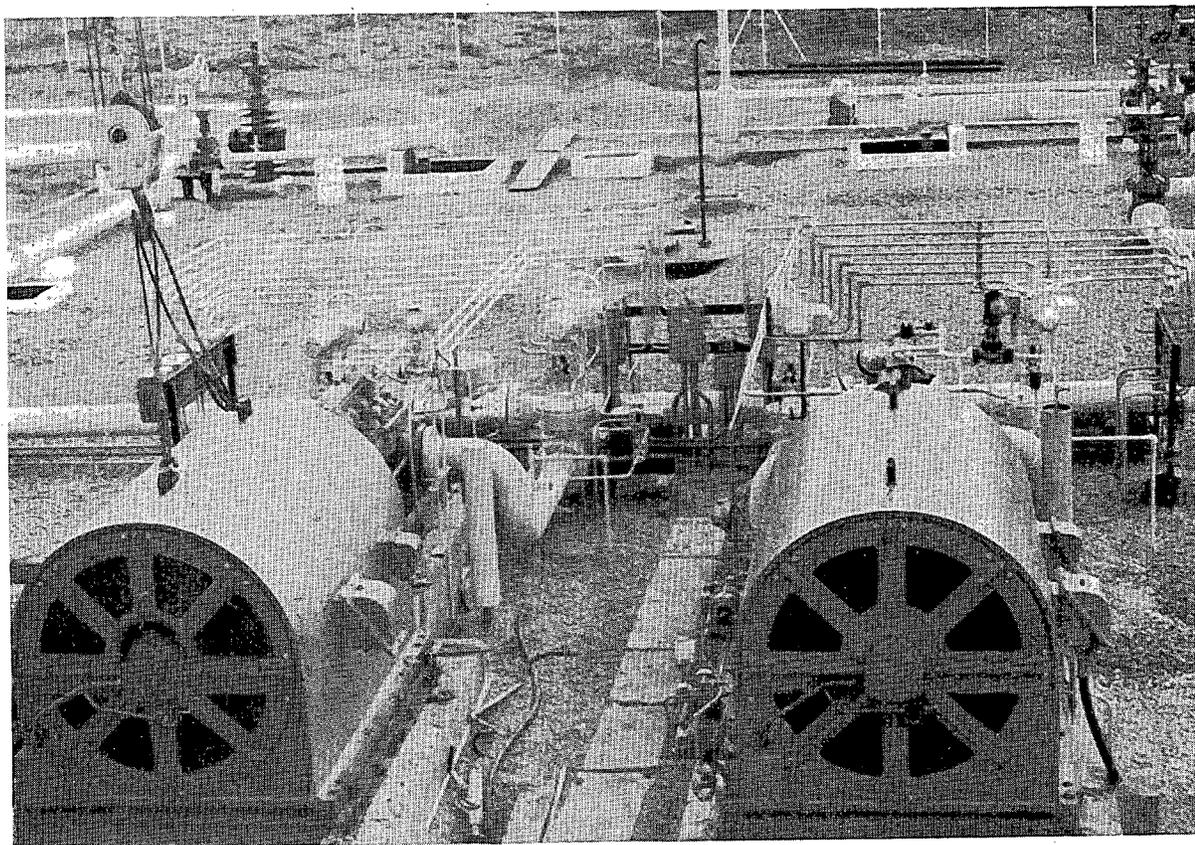


Fig. 6.<sup>a</sup> — Estación de bombas de Montoro. Grupos motobomba principales.

del aceite por medio de un tubo ranurado. El agua puede pasar ya a la red de alcantarillado y el aceite al depósito de residuos, de donde puede cargarse a camiones o reinyectarse en la red de crudo.

En la estación de bombas de Montoro el aceite y la mezcla van a un depósito único, cuyo contenido puede vaciarse en camiones cisterna.

#### **Protección contra incendios.**

Se comprende que en una instalación como el terminal de Málaga, en la que hay almace-

Hay una red de agua en circuito cerrado cuya cabecera y final es un depósito de 1 000 metros cúbicos. Mediante una pequeña bomba y una válvula de regulación se mantiene en el circuito una presión de 7 Kg./cm.<sup>2</sup>, con la cual se pueden utilizar los hidrantes repartidos por todo el terminal. En un momento de alarma aspiran del depósito 10 000 litros por minuto dos bombas dispuestas en paralelo y cuyo motor es de gasolina. Con ello quedan protegidos por una cortina de agua los cuatro depósitos y, además, inyectando espumógeno desde un camión contra incendios propio y de permanente servicio en el terminal, entra en funcionamiento

una red de espuma con lanzas a 10 Kg./cm.<sup>2</sup>, que cubren el techo de cada depósito. La subestación de transformación y la balsa de decantación se protegen con agua pulverizada.

En la estación de bombas de Montoro hay, simplemente, un depósito de agua que surte una red que puede ponerse a 10 Kg./cm.<sup>2</sup>. La estación está protegida con hidrantes y en la

agua y saneamiento del terminal y estaciones del oleoducto, es decir, las obras de construcción no incluidas en la línea o conducción principal, han supuesto 31 millones de pesetas.

La cimentación de los depósitos de crudo se ha hecho por medio de un anillo de hormigón armado.

Ya hemos dicho que la mayor parte de las

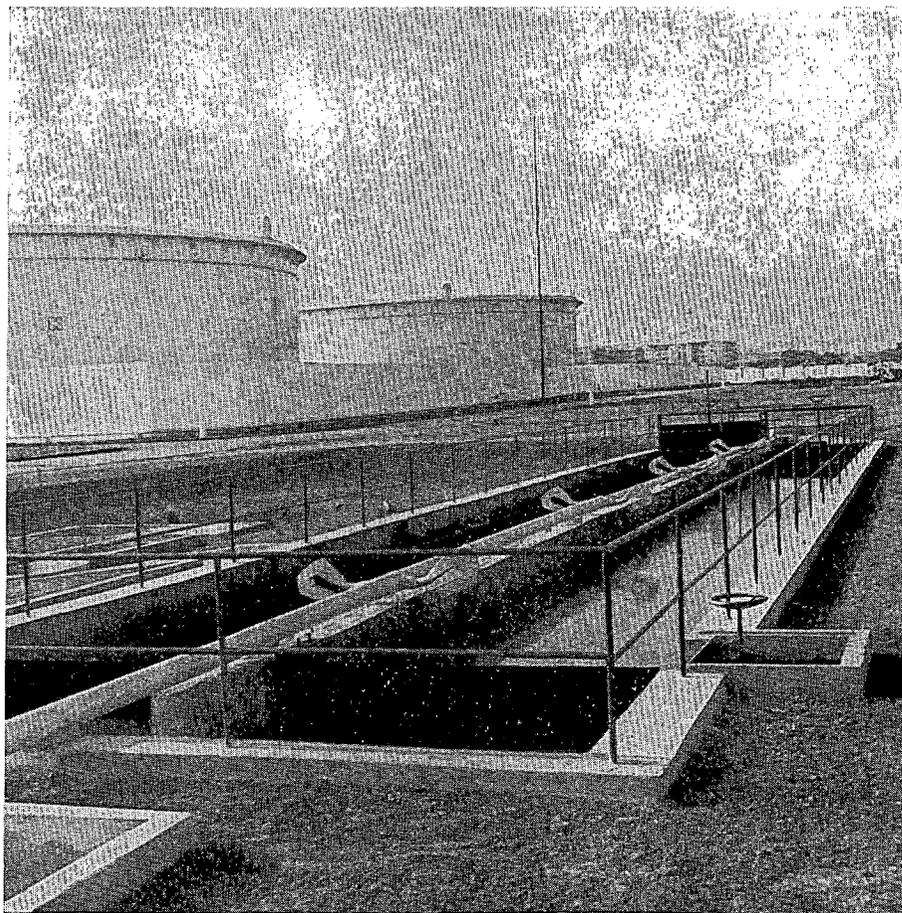


Fig. 7.<sup>a</sup> — Terminal de Málaga. Balsa de decantación.

subestación de transformación existe, además, una red de agua pulverizada.

De la protección contra incendios del muelle de atraque para petroleros en el puerto de Málaga, hablaremos cuando describamos las instalaciones de descarga.

#### **Obras de construcción.**

En total, las explanaciones, cimentaciones, edificios, muros de cubeto, abastecimientos de

instalaciones van al aire libre. No obstante, tenemos ocho edificios con una superficie total de 575 m.<sup>2</sup>. En conjunto, en la explotación del oleoducto, trabajan 42 personas, correspondientes a 30 puestos distintos, pues en alguno de ellos hay varios turnos. De los edificios indicaremos únicamente que para cubrirlos se ha dispuesto una cámara de aire, abierta, de un metro de altura y grandes voladizos. Ello permite contrarrestar el fuerte calor de algunos meses en Andalucía. Aparte de esto, algunos edificios

llevan aire acondicionado, con la suficiente presurización para proteger, en especial, los aparatos de control.

### **Instalaciones eléctricas.**

La potencia total instalada actualmente es de 6.350 CV. De ella la mayor parte corresponde a los cuatro motores eléctricos que accionan las bombas principales. Son de 1.350 CV. de potencia cada uno, antideflagrantes y de arranque directo a plena tensión: 6 KV. Ya dijimos que están instalados al aire libre.

Necesitábamos energía a 6 KV. en alta y 380-220 V., en baja. En Málaga se toma de una subestación 10/6 KV. y en Montoro de 25/6 KV. Luego se disponen los transformadores 6.000/380-220 voltios.

Para mayor seguridad, en la subestación de Málaga se toma la energía a 10 KV. por dos circuitos distintos, aunque pertenecientes a la misma empresa suministradora.

El equipo de las subestaciones no es anti-deflagrante. El de la cabina de control tampoco, aunque, como hemos dicho, está en una atmósfera climatizada y presurizada. Los motores eléctricos que accionan bombas y válvulas sí son antideflagrantes, así como parte de las instalaciones de iluminación.

En cada uno de los recintos del terminal de Málaga y estación de bombas de Montoro, se ha dispuesto, como protección contra las descargas atmosféricas, un pararrayos ionizante, de 25 m. de altura, que lleva en su cabeza un isótopo radiactivo.

### **Sistema de control.**

En el proyecto y dimensionamiento de un oleoducto actual va implícita la disposición de un sistema de control relativamente afinado.

Nuestro oleoducto es de operación cerrada, es decir, en la estación de bombas de Montoro no hay ningún depósito de crudo que pueda efectuar una función reguladora. El caudal exacto que entra por el lado de succión de dicha estación es impulsado desde ella. Se comprende, pues, que el sistema de control sea único para el conjunto y que las estaciones de bombas estén relacionadas entre sí, según veremos.

De todos modos, el control de un oleoducto

de crudo y para un solo propietario, como es el nuestro, es menos complejo que el de un oleoducto de productos o con varios usuarios. Además tenemos instaladas por ahora sólo dos estaciones de bombas. Todo ello ha aconsejado no llevar a cabo en la fase actual una automatización completa, con un puesto de mando y control único (dispatching).

La operación de puesta en marcha del conjunto del oleoducto es semiautomática. El sistema de control es el clásico de una tubería de transporte. La variable reglada es el caudal, a través de una válvula de control en el lado de impulsión de las estaciones de Málaga y Montoro. Se vigilan los puntos mínimos y máximos de las presiones de succión e impulsión, aparte de las condiciones normales de funcionamiento de bombas, motores y alimentación eléctrica. Puede verse el panel de mando de la estación de bombas de Málaga en la figura 8.<sup>a</sup>

Una cierta sobrepresión en el punto de llegada a Puertollano, o en el lado de succión de Montoro, determina que se envíe automáticamente a las estaciones, por un canal del sistema de teletipos, una señal que detiene el funcionamiento del conjunto.

En una fase futura, con mayor número de estaciones, puede pensarse en una automatización más completa: puesto único de control, telemando de estaciones, etc., etc., todo ello basado, y previsto desde ahora, en el proyecto de puente-radio del que hablamos a continuación.

### **Telecomunicaciones.**

Aparte de los servicios normales de teléfono, se han instalado en la actualidad cuatro teletipos: en Málaga, Moriles, Montoro y Puertollano, basados en cuatro circuitos telegráficos. Ya hemos indicado que un canal de ellos es utilizado para el posible envío de una señal de parada de Puertollano a Montoro, y de Montoro a Málaga.

Para una futura etapa, con más estaciones y necesidades de control centralizado y telemando, está previsto realizar un puente-radio que establezca una vía propia y única para las telecomunicaciones y el control. Constaría de ocho puestos repetidores, que enlazarían, mediante visibilidad directa, las cinco estaciones de bombas previstas para la obtención de la ca-

pacidad límite del oleoducto. El presupuesto total es de unos 25 millones de pesetas. Puede, sin embargo, llevarse a cabo una instalación parcial ajustada a la etapa actual y ampliable hasta el máximo previsto.

En nuestro caso, esta protección es por corriente continua impresa a través de siete puestos rectificadores, repartidos a lo largo del trazado y distantes, por tanto, unos 40 Km. Excepto en Málaga y Puertollano, la energía se

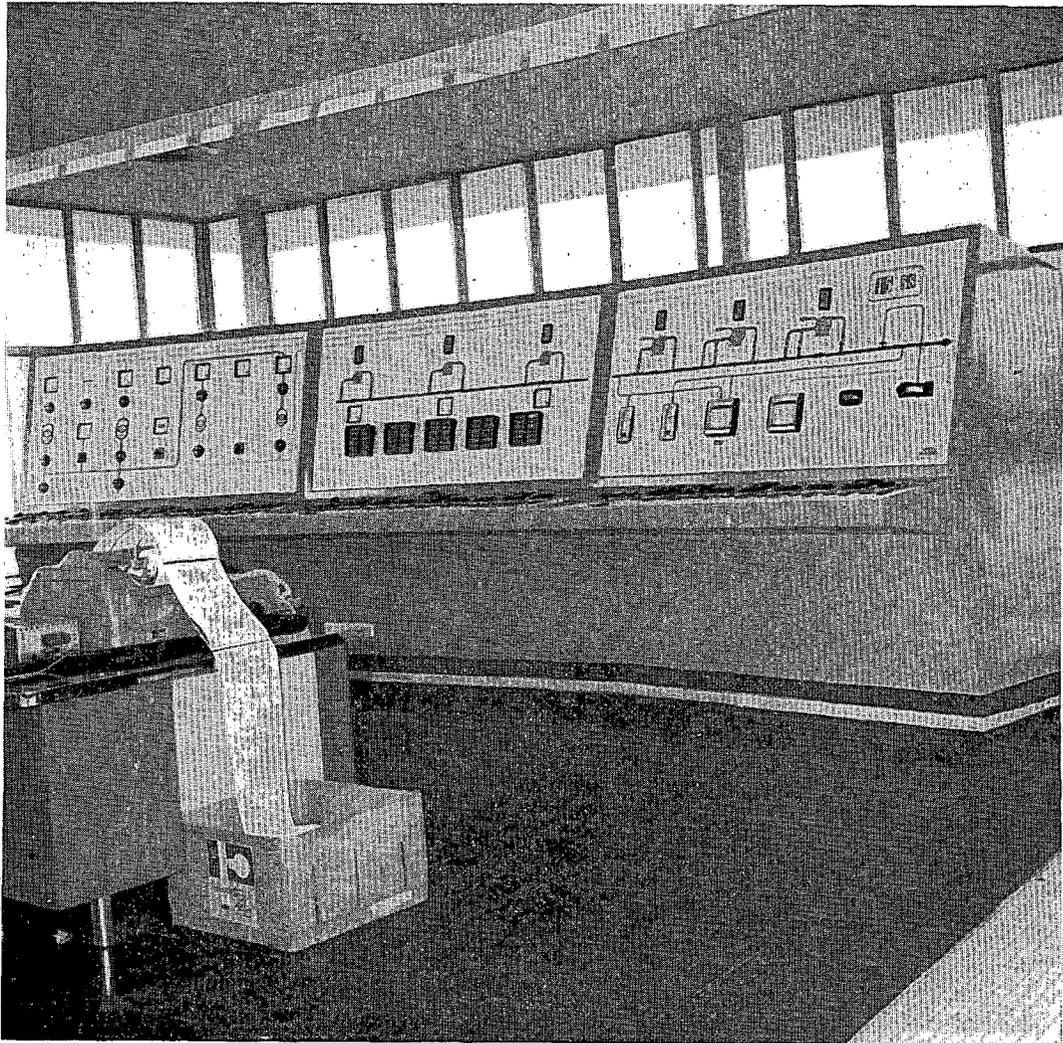


Fig. 8.ª — Terminal y estación de Málaga. Panel de control.

### **Protección catódica.**

Como toda estructura metálica enterrada, el oleoducto exige una protección contra la corrosión.

En un primer grado esta protección se logra con el revestimiento de cinta de plástico y fieltro de amianto. Pero, a pesar de todo, el tubo se corroería y, por ello, hay que añadir una protección activa, una protección catódica.

toma de líneas de alta a 25 KV. Con ella se polariza negativamente el tubo respecto al suelo, evitando su corrosión y transfiriéndola, en cambio, a los ánodos de grafito recambiables que constituyen la puesta a tierra de cada rectificador. El potencial máximo tubo-suelo, en los puntos en que se imprime corriente, es de 2,5 voltios, referidos al electrodo cobre-sulfato de cobre. El potencial mínimo es de 1 voltio, referido al citado electrodo.

A lo largo del trazado hay doce juntas aislantes, cuyo objeto es poder controlar eléctricamente, por separado, cada uno de los tramos. Normalmente, están unidas por un "shunt" regulable.

Es interesante también la incidencia que sobre la posible corrosión del tubo tienen los cruces con un ferrocarril electrificado, de los que tenemos dos, cerca ya de Puertollano. Estos cruces requieren un tratamiento especial para

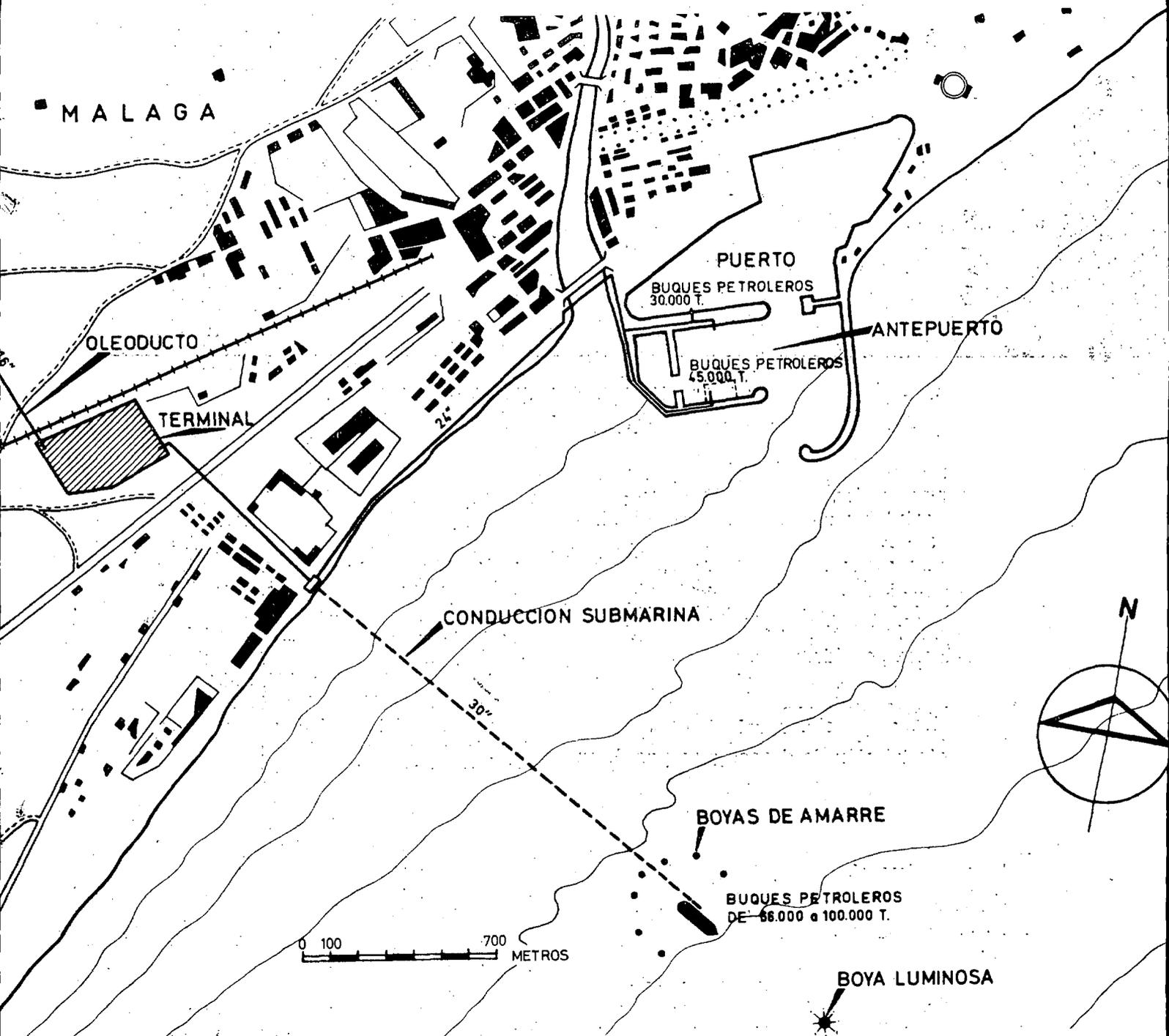


Fig. 9.<sup>a</sup> — Instalaciones de descarga.

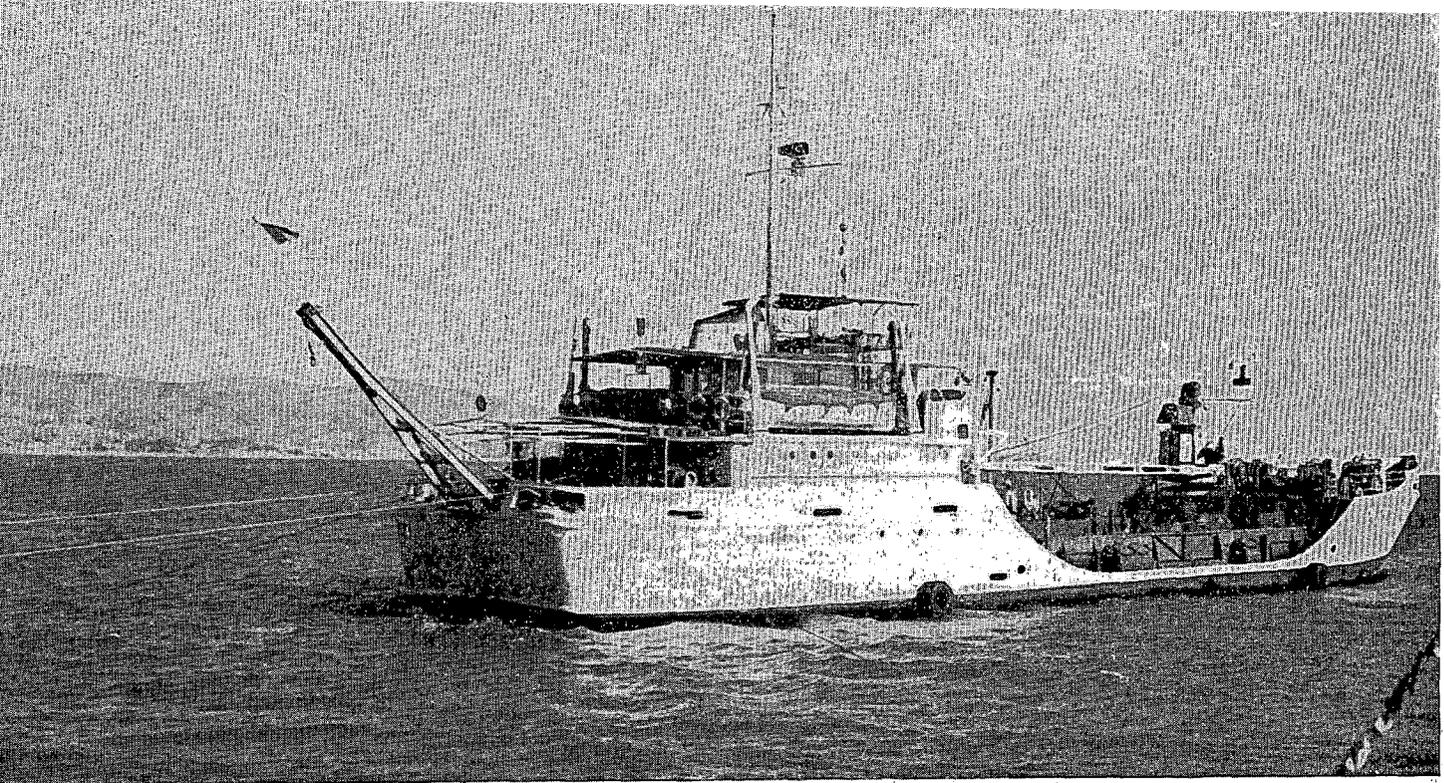


Fig. 10. — Buque "Ragno" que efectuó el tendido de la conducción submarina de Málaga.

evitar la polarización positiva del tubo respecto del suelo, aunque sea sólo en determinadas horas o períodos.

Análogamente, un rectificador con ánodos de ferrosilicio protege las conducciones puerto-terminal y submarina de Málaga, pertenecientes ambas a las instalaciones de descarga, de las que hablamos seguidamente.

#### **Instalaciones de descarga.**

Como instalación de descarga se pensó, en un principio, en disponer, sobre un muelle rígido adosado al dique de poniente del puerto de Málaga, un conjunto de cuatro brazos metálicos articulados. Por su parte, la Junta de Obras del Puerto dragaría el canal de entrada hasta 14,50 m. y el antepuerto a 13,50 m., permitiendo el atraque de barcos de hasta 45 000 toneladas de peso muerto.

Después se decidió cambiar la solución de muelle rígido y se proyectó una plataforma y pasarela de pilotes metálicos, protegidas por dos duques de alba. La acción contra incendios será llevada a cabo por cuatro lanzas de espuma. Este muelle e instalación no están termi-

nados en el momento en que escribimos estas líneas, pero se cuenta con otros dos puntos de atraque, uno en los muelles 6 y 7, del puerto, y otro en un fondeadero a mar abierto, unido a tierra por una conducción submarina de 30".

Según puede verse en el croquis de la figura 9.<sup>a</sup>, del terminal parte una tubería de 30" de diámetro que se bifurca en otras dos. Una de las ramas tiene, también, 30" y va a servir, como conducción submarina, al fondeadero. El otro ramal tiene 24" y consta de un tramo en playa, un cruce subálveo del río Guadalmedina y un trayecto en el puerto. Por estas tuberías, según hemos dicho al principio de este artículo, el petrolero impulsa el crudo con sus propias bombas, haciéndolo llegar hasta los depósitos del terminal.

En los muelles 6 y 7 pueden atracar barcos de hasta 20 000 y 30 000 toneladas, respectivamente. Su descarga se hace por intermedio de unas mangueras que se conectan a unas bocas ocultas en arquetas subterráneas.

Respecto al fondeadero se hicieron detenidos estudios previos y visitas a instalaciones, para elegir entre los diversos tipos: isla fija, monoboia, campo de boyas, etc., el que se cre-

vera más adecuado. Se escogió por fin un campo de cinco boyas de amarre para buques de hasta 66 000 toneladas y capaz, con una adición de otras dos boyas, de permitir el fondeo de barcos de hasta 100 000 toneladas de peso muerto.

Este fondeadero, situado en un punto de 21 metros de calado, es servido por una conducción submarina de 30" de diámetro y 1 800 metros de longitud. El tubo de acero lleva, aparte de un revestimiento de alquitrán de hulla, una camisa de hormigón armado de 10 cm. de espesor. El objeto de esta camisa es servir de protección mecánica durante el lanzamiento y lastrar la conducción para evitar que flote no sólo en el agua, sino sobre el fondo. En la zona de rompiente de olas la conducción se entierra, con un recubrimiento mínimo de 1,5 metros. En el resto, se tiende inicialmente sobre el fondo.

Del extremo de la conducción submarina parten dos mangueras. Cada una está compuesta por 30 metros de 16" y otros 30 metros de 12" de diámetro. Cuando el buque llega al fondeadero se fija en posición por sus anclas y las cinco boyas. Iza después las mangueras, que reposan en el fondo, y las ajusta a las bridas del barco, bombeando a continuación el

crudo que ha de llegar a los depósitos del terminal.

Hagamos notar que, por ser estas instalaciones exclusivamente de recepción de crudos, el barco no expulsa agua de lastre en Málaga, sino que la toma, con lo que no hay posibilidad de contaminación con petróleo del agua del mar. Por otra parte, con los medios de transvase indicados, el riesgo de vertido de crudo es prácticamente nulo.

### Construcción y montaje.

En noviembre de 1963 se presentó a aprobación administrativa el proyecto de las instalaciones de descarga, almacenamiento y bombeo del oleoducto. Inmediatamente se empezaron a sacar a concurso todas y cada una de las variadas obras e instalaciones. El Departamento de Construcción de AUXINI ha efectuado no sólo los planos de detalle, listas de materiales y especificaciones, sino la programación, compra y recepción de todos los materiales.

De abril de 1964 a octubre de 1965 se llevaron a cabo las siguientes obras, de las que indicamos su contratista y su coste, que engloba los correspondientes suministros y presupuesto real de contrata:

O B R A	CONTRATISTA	Coste M. ptas.
Construcción .....	Cubiertas y Tejados.	31,0
Conducciones Puerto-Terminal .....	SNAM-SAIPEM.	11,5
Fondeadero y conducción submarina .....	SNAM-SAIPEM.	24,3
Depósitos:		
Málaga .....	TASMI.	60,0
Puertollano .....	TASMI.	105,0
Montaje mecánico .....	TAMOIN.	6,9
Instalaciones eléctricas .....	COMESA.	16,7
Sistemas de control .....	CAE.	3,3
Protección catódica .....	O.T.P.	3,6
Otros suministros e instalaciones .....	—	59,7
	<i>Total .....</i>	<b>322,0</b>

De todas estas obras sólo describiremos brevemente la referente al fondeadero y conducción submarina, por ser la menos frecuente y de dificultades más espectaculares.

Se prefabricaron, primero, en tierra, ocho tramos de longitud entre 200 y 250 m., soldando tubos y revistiendo el conjunto con alquitrán de hulla y la camisa de hormigón antes citada. Des-

pues se situó el primer tramo, al que se habían añadido unos flotadores, sobre unos bastidores guiados por los correspondientes carriles y se comenzó el lanzamiento.

Un barco especial para este tipo de trabajos y que aparece en la figura 10, tira, mediante un cable, del primer tramo, al que va introduciendo lentamente en el agua. Cuando sobresale de ésta

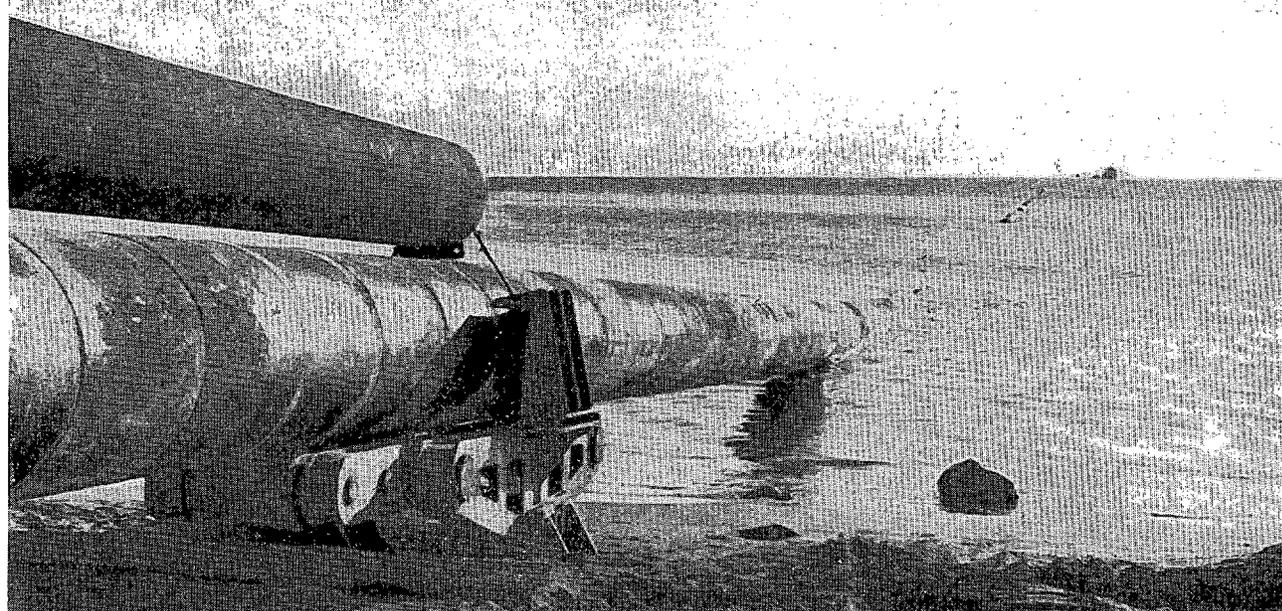


Fig. 11.—Tendido de la conducción submarina. Al fondo el buque "Ragno".

sólo el extremo final del primer tramo, se suelda al extremo inicial del segundo y se prosigue el lanzamiento.

El objeto principal de los flotadores es disminuir el peso aparente y, por tanto, el esfuerzo de tracción (figura 11). Cuando está ya toda la conducción en el agua se van quitando los flotadores con arreglo a un cierto orden hasta que la conducción repose sobre el fondo.

En nuestro caso se tardó sesenta y cinco horas en hacer el lanzamiento completo, trabajando sin interrupción día y noche. La operación requiere una perfecta coordinación del barco y del equipo en tierra, una tracción cuidadosa y... tener suerte de que no empeore el estado del mar.

El mismo barco colocó las boyas y demás elementos del fondeadero. Se hizo también una continua inspección subacuática.

#### **Puesta en marcha y previsiones futuras.**

A principios de agosto de 1965 estaban terminadas las instalaciones necesarias para recibir barcos petroleros y poder almacenar crudo en los depósitos de Málaga, que se llenaron, por medio de sucesivos barcos, entre agosto y septiembre.

A finales de septiembre se empezó a bombear crudo. El oleoducto se inauguró oficialmen-

te en Málaga el 6 de octubre de 1965, con lo cual la refinería de Puertollano pudo cumplir sus programas de pruebas y almacenaje inicial en las fechas previstas.

Se ha comenzado a operar en la refinería, y, por tanto, a transportar por el oleoducto, a razón de 2 millones de toneladas al año. Con la instalación actual, según hemos indicado anteriormente, se pueden alcanzar los 3,35 millones de toneladas al año, aunque ello sólo es aconsejable para cortos períodos. Añadiendo una estación más (con un coste adicional no superior a 8 ó 10 millones de pesetas) se puede llegar a los 4,5 MT./año. Y, finalmente, con un total de 5 estaciones a los 6 MT./año. Por encima de ello habría probablemente que duplicar el tubo, solución forzada a la que se han visto obligados varios oleoductos europeos ante el aumento rapidísimo de la demanda.

Como instalaciones a realizar a corto plazo están el nuevo muelle de petroleros y la primera fase del puente-radio, si se estima conveniente. A más largo plazo, y teniendo como soporte dicho puente-radio, podría pensarse en la automatización del conjunto, sobre todo si aumenta el número de estaciones. En cuanto a las instalaciones de descarga parece que el fondeadero podrá cubrir, durante un plazo razonable, la evolución previsible en el tamaño de los petroleros que se espera recibir.