

República Argentina

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

PROPUESTA DE REACTOR DE ENTRENAMIENTO R.A.2.

Dpto. de Reactores Nucleares

El presente folleto describe el anteproyecto de un reactor sencillo y económico, útil para experimentación y entrenamiento, con un flujo del orden de 10^{11} neutrones/cm² seg.

Se ha buscado en su diseño la economía constructiva y la flexibilidad de operación; sigue en líneas generales los principios del reactor Argonaut, del Argonne National Laboratory, y del R.A.1, y se ha incorporado en él la experiencia recogida en la construcción y manejo de este último. Sus ideas básicas son:

1. Utilización como reactor de entrenamiento, en forma simple y segura para operadores en formación.-
2. Empleo como reactor de experimentación para lo cual se prevén posibilidades de variar ampliamente la distribución de combustibles, disponer de una columna térmica - que puede ser vertical u horizontal - y facilidades de irradiación para nuestras dentro del reactor, y control de temperatura de refrigerante.-
3. Empleo como instrumento de medición de secciones eficaces de materiales de interés nuclear.-
4. Producción de radioisótopos en pequeña cantidad.-

En un reactor heterogéneo, que emplea uranio enriquecido al 20%, y usa como moderadores agua natural y grafito en forma similar al Argonaut y el R.A.1.-

DESCRIPCION DEL R.A. 2

La fig. 1 muestra una vista general del reactor, ubicado en recinto de unos 20 m por 20 m. Se ha cortado el reactor por su plano de simetría, y se observa el blindaje biológico de cemento que lo rodea, y un tanque para irradiaciones que se ha dispuesto en el extremo izquier-

do. Debajo del piso del recinto, en un sótano ubicado bajo el reactor, se observa el tanque de acumulación del agua refrigerante.

La fig. 2 es una vista desde arriba de la parte activa del reactor: es un cubo de grafito (a) de 0,80 m de arista, que contiene el núcleo reactante. Los cuatro vértices del cubo de grafito están ocupados por cuatro dispositivos de control, que corren verticalmente dentro de una columna de aluminio que a la vez sirve para sostener el peso de la tapa protectora. Rodeando el cubo de grafito se dispone un reflector de grafito también, de 40 cm de espesor.

El núcleo reactante propiamente dicho consiste en cuatro cajas rectangulares de aluminio (b) de unos 15x50 cm de base por unos 50 cm de altura. Dentro de una o varias de ellas se dispone el combustible, en forma de láminas o barras de uranio envuelto en aluminio. Agua natural desmineralizada que actúa como moderador, refrigerante, y dispositivo de seguridad, llena el espacio libre de las cajas. Las líneas punteadas que aparecen bajo las cajas de combustible corresponden a las cañerías de agua y de aire comprimido.

Las cuatro cajas están dispuestas en cuadro, dejando en el centro un espacio cuadrado de 50 cm de lado que está relleno con grafito en forma de bloques (c). Este espacio de grafito actúa como columna térmica vertical. El combustible puede ubicarse en una, dos, tres, o cuatro cajas; la masa crítica necesaria aumenta desde un mínimo de unos 2 kg de U235 (en una sola caja), hasta unos 6 kg (entre las cuatro cajas). Pero en cambio el flujo en la parte central se incrementa en mayor proporción.

Las barras de seguridad (d) corren verticalmente cerca de la zona de flujo máximo de cada caja de combustible.

Cuando se usa carga repartida en varias cajas, se emplean rellenos de plástico para disminuir la cantidad de agua en cada caja.

Los bloques de grafito que llenan el cuadrado central, pueden ser sacados fácilmente desde arriba, por lo que es posible disponer de orificios de irradiación en el interior del reactor con sólo retirar uno de los bloques. Como estos tienen 10 x 10 cm de sección, si se desea un orificio de menor tamaño podrá ponerse, en lugar del bloque retirado, otro bloque de grafito agujereado, delimitando un espacio de irradia-

ción del tamaño deseado.

Las cajas de combustible están cerradas por la parte superior, y se las llena de agua demineralizada, cuya temperatura puede regularse por dispositivos de calefacción o refrigeración ubicados en el sótano.

El cierre hermético tiene la ventaja de aumentar la seguridad del reactor, y permitir su operación a mayor potencia.

Por otra parte, el cierre hermético dificulta el acceso a los elementos combustibles, lo que es en este caso deliberado, ya que la carga del reactor es operación delicada, que debe quedar en manos de personal responsable.

Cuando se produce un corte del reactor, el agua es evacuada con rapidez, lo que por sí solo determina el cese de la reacción en cadena.

La fig. 3 muestra un corte vertical de la zona activa del reactor. Sobre una losa de hormigón, que constituye el techo del sótano, apoya el cubo de grafito de 0,80 m de arista, formado íntegramente por bloques rectangulares yuxtapuestos. La zona c es la columna térmica central, a uno de los conductos por donde corre un dispositivo de control y b la caja de aluminio que ha de albergar el combustible.

Se observa que de la caja salen dos cañerías -rectangulares- de aluminio. La de mayor sección, que concluye en la base de la caja, sirve para el llenado y evacuado de la misma. La lateral, que llega hasta la parte superior de la caja, es el desborde. El tercer tubo, delgado, se conecta con el sistema de aire comprimido.

En la fig. 4, corte vertical de todo el reactor, se indica la conexión de las cañerías de agua, que van desde las cajas de combustible hasta un tanque de acumulación de agua demineralizada, ubicado inmediatamente bajo el reactor, en el sótano.

Es un tanque de una capacidad de 500 l de acero inoxidable, y la comunicación con las cajas está hecha por un conducto de 15 cm de diámetro cerrado por una válvula. En operación normal, está cerrada esta válvula. Al producirse un corte voluntario o accidental, la válvula se abre y el agua de las cajas desagota en el tanque.

El accionamiento de esta válvula -no indicado- será magnético, pero también bastará una sobrepresión en el interior de la caja (producido por una sobreelevación de temperatura) para producir la apertura de la válvula y con ello el corte del reactor.

En esta misma fig. 4 se nota la tapa que cubre el reactor formada por distintas secciones de hormigón. La idea de subdividir la tapa ha sido permitir acceso independiente a la columna térmica central sin destapar por ello los elementos combustibles. Asimismo de esta manera se reduce el tamaño de la grúa necesaria para destapar el reactor.

La fig. 5 muestra el esquema de ubicación del reactor dentro de un recinto y la forma y disposición del sótano; en la parte izquierda del reactor se observa el tanque de irradiación.

Finalmente, la fig. 6 esquematiza los circuitos de agua:

- a) Es el tanque de reserva y descarga.
- b) La electrobomba.
- c) Las cañerías de uno de los tanques del núcleo.
- d) Intercambiador iónico.

FACILIDADES EXPERIMENTALES.

- 1.- La irradiación de muestras se hace en el interior de la columna térmica central, para lo cual basta retirar uno cualquiera de los bloques de grafito que la componen.
- 2.- La parte superior de la columna térmica queda al descubierto con sólo levantar la tapa central de hormigón que la cubre. Se dispone así de una fuente plana de neutrones térmicos, situada a 50 cm debajo del nivel superior del reactor.
- 3.- Si se desea disponer de una columna térmica vertical a nivel del reactor, basta completar con bloques de grafito, de 50 cm. de altura, el espacio dejado libre por la tapa central removida. En este caso se dispone de una fuente de neutrones plana, al mismo nivel que el hormigón de blindaje.

- 4.- Una de las caras del reactor está ocupada por un tanque, de varios metros de altura, montado sobre ruedas. Si se inunda este tanque con agua común, se dispone de amplio espacio para irradiaciones bajo agua, útil para ensayos de blindaje.
- 5.- La cara más externa del tanque de irradiación está normalmente cubierta por un blindaje. Si se quita éste, puede ser también retirado el tanque, con lo que es posible apilar grafito en bloques sobre una cara del reactor, para tener una columna térmica horizontal.
- 6.- La misma facilidad anterior permite obtener un flujo de neutrones rápidos, suspendiendo una placa convertidora junto a la cara del reactor.
- 7.- El reactor tiene cinco orificios de irradiación horizontales que cruzan el blindaje exterior y pueden por lo tanto utilizarse sin remover la tapa. Tres de ellos, están situados uno por cara a altura interior a la de las cajas de combustible, estando dos de estos enfrentados, constituyendo así un tubo de irradiación pasante, que cruza por completo el reactor ("glory hole"), apto para irradiaciones rápidas.

Estos tres tubos de irradiación cruzan el grafito central, por lo que aprovechan la zona de máximo flujo. Los otros dos, uno por cara opuesta, terminan a la altura media de las cajas de combustible y suministrarán haces de neutrones rápidos.
- 8.- El sótano bajo el reactor puede ser utilizado para irradiaciones con bajo flujo y larga duración, lo mismo que el pasillo alrededor del grafito.
- 9.- El tanque de acumulación de agua mineralizada puede ser enfriado o calentado a voluntad, para mediciones de coeficiente de temperatura.

SEGURIDAD

Todo el cubo de grafito que constituye la zona activa y su reflector, están rodeados lateralmente por un muro de hormigón denso de 1,60m de espesor, realizado en forma monolítica.

Entre el cubo de grafito y el blindaje de hormigón queda un pasillo alrededor de tres caras del reactor, de unos 50 cm. de ancho, que sirve para irradiaciones a bajo flujo, y facilita además el acceso a la instrumentación ubicada en el reactor.

La parte superior del reactor queda cubierta por una tapa de 40 cm de espesor, de hormigón denso, para evitar excesiva fuga de neutrones hacia arriba. Directamente sobre las cajas combustibles, donde la fuga de neutrones es máxima, el blindaje es llevado hasta 60 cm de hormigón, mediante trozos colocados sobre las cajas.

El peso de estos trozos es sostenido por cuatro columnas en los cuatro vértices del reactor. La tapa en sí descansa en el blindaje lateral. La construcción es tal que es posible incrementar el blindaje superior, con sólo apoyar bloques de hormigón sobre la tapa. Se prevé además que el techo del recinto ha de ser liviano en la parte directamente ubicada sobre el reactor, a fin de reducir la reflexión de neutrones y radiación gamma ("Sky shine").

En el sótano bajo el reactor, donde se encuentra el tanque de acumulación de agua demineralizada, la bomba de circulación, el calefactor, el equipo de refrigeración y los mecanismos de control de las barras, el nivel de radiación se mantendrá bajo cuando el reactor no esté en operación, debido al espesor de hormigón y a una protección especial de plomo que se colocará en el techo del sótano.

Las seguridades previstas durante el funcionamiento son:

- 1.- Barras de control y seguridad de tipo usual, pero de diseño robusto y sin piezas delicadas, que automáticamente restarán reactividad en caso de corte.
- 2.- Remoción del agua de moderación, mediante la apertura de la válvula que conecta las cajas de combustible con el tanque inferior.
- 3.- Inyección de aire comprimido dentro de las cajas de combustible, para desalojar más rápidamente el agua moderadora. Esta inyección no solamente corta la reacción en fracción de segundo sino que además favorece la apertura de la válvula y con ella el desagote de las cajas.

Estos mecanismos son actuados automáticamente por:

- 1.- Nivel de potencia excesivo en el reactor.
- 2.- Período positivo en el reactor inferior a 10 seg.
- 3.- Calentamiento indebido del moderador.

Por otra parte, el reactor es inherentemente seguro, debido al coeficiente fuertemente negativo del moderador empleado (agua), y la apertura automática de la válvula por sobre presión; esta seguridad es fácilmente verificable antes de cada puesta en marcha.

El agua de refrigeración mantiene un bajo nivel de actividad, debido a que los elementos combustibles están cubiertos íntegramente por aluminio. Cuando el nivel de actividad alcanza valor apreciable, el agua se puede enviar a un sistema exterior de eliminación sin particular dificultad.

FUNCIONAMIENTO

La instrumentación del reactor consiste en:

- 1.- Dos cámaras de ionización conectadas a amplificadores lineales.
- 2.- Una cámara de ionización compensada, conectada a un amplificador logarítmico y a un medidor de período.
- 3.- Dos contadores de trifluoruro de boro, para conectar a dos escalímetros.
- 4.- Un integrador de impulsos (rate meter).
- 5.- Un registrador, que puede conectarse a diversos canales.
- 6.- Un monitor gamma para ambiente.

La puesta en marcha del reactor se hace utilizando una fuente de neutrones de Ra-Be, conteniendo 30 mg de Radio. La secuencia de ope-

ración es:

- 1.- Introducción de la fuente de neutrones
- 2.- Retiro de las barras de seguridad.
- 3.- Llenado de agua de las cajas de combustible.
- 4.- Movimiento de las barras de control, hasta alcanzar criticalidad.

Toda la operación se comanda desde una consola, que puede ubicar se dentro del mismo recinto del reactor; la secuencia de operación no puede ser alterada, por impedirlo dispositivos de seguridad adecuados. La puesta en marcha se realiza en unos veinte minutos, de modo que es posible realizar varias experiencias distintas en la misma jornada de trabajo.

El nivel de potencia que se puede alcanzar con el reactor en condiciones de trabajo normales está fijado por la dosis de radiación tolerable en el ambiente. El blindaje está diseñado para unos 10 kW.

El reactor no puede ser dañado accidentalmente por manejo equivocado. No es siquiera posible un aumento indefinido de potencia, pues además de los tres circuitos de seguridad contra alta potencia, la elevación de presión en las cajas combustibles produciría la evauación inmediata del moderador.

Las barras de seguridad son suficientes para absorber toda la reactividad que puede ser incorporada en las cajas combustibles, aún en el caso de sobrecarga, y el intento de operar el reactor en condiciones de sobrecarga de combustible peligrosa, se vería impedido por los circuitos protectores contra alto nivel.

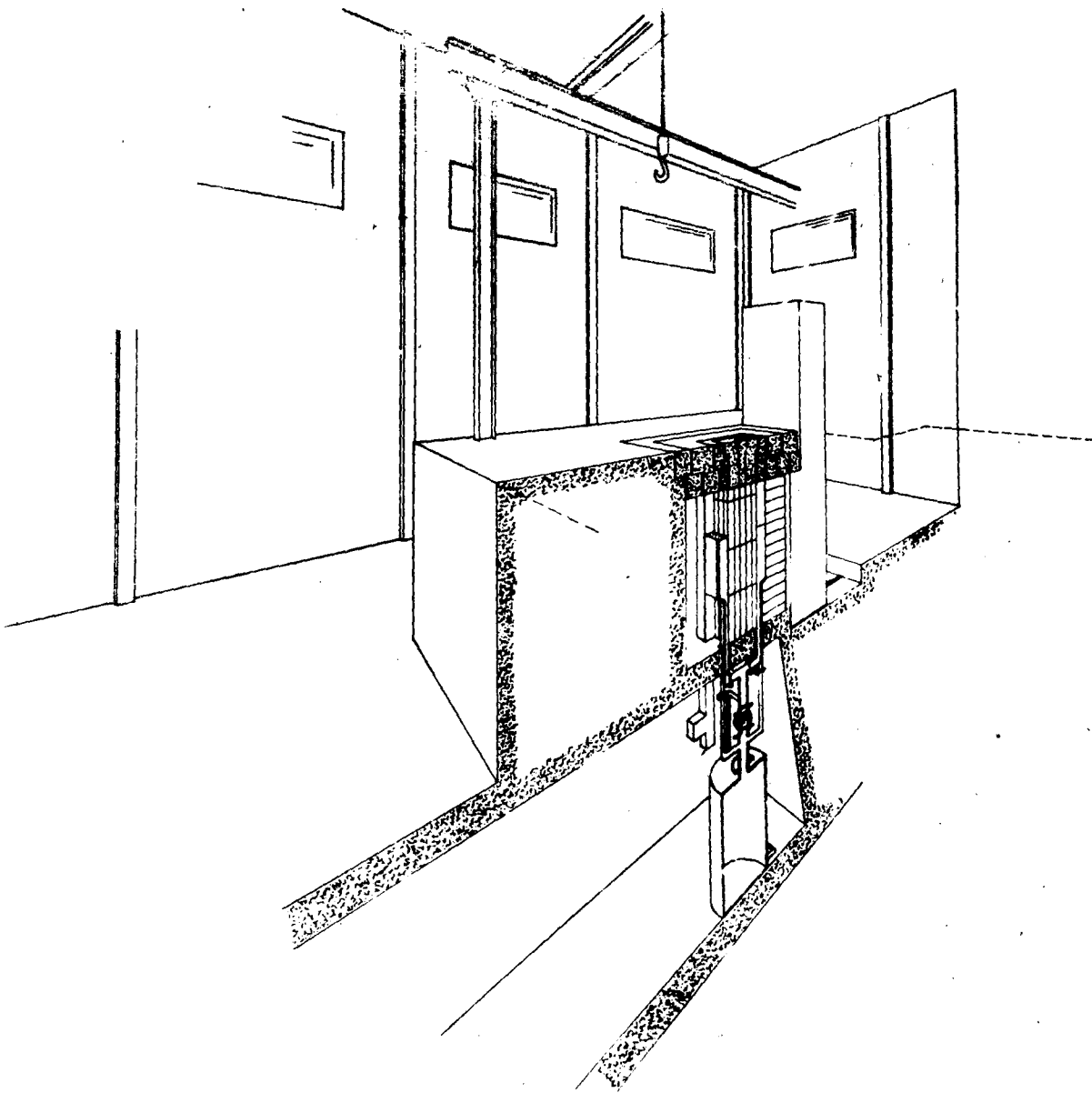


Fig. 1

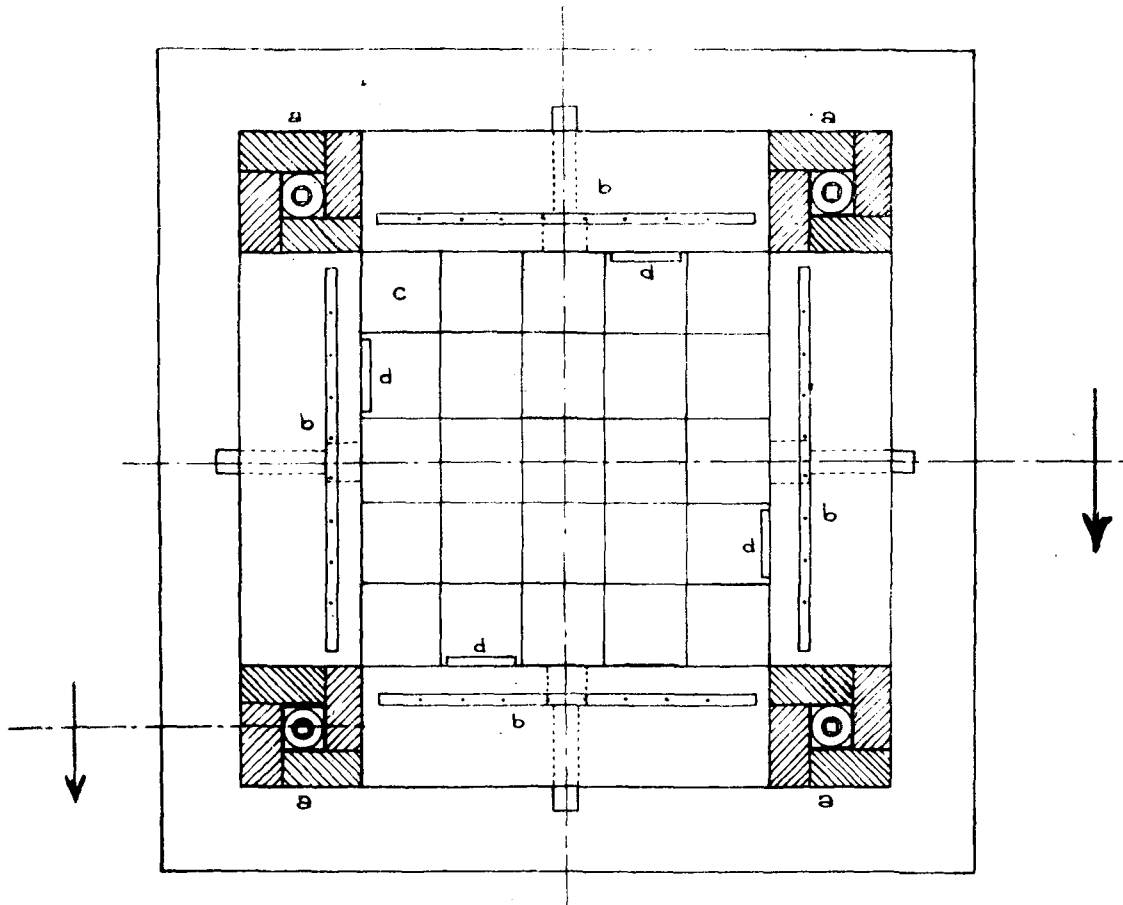


Fig. 2

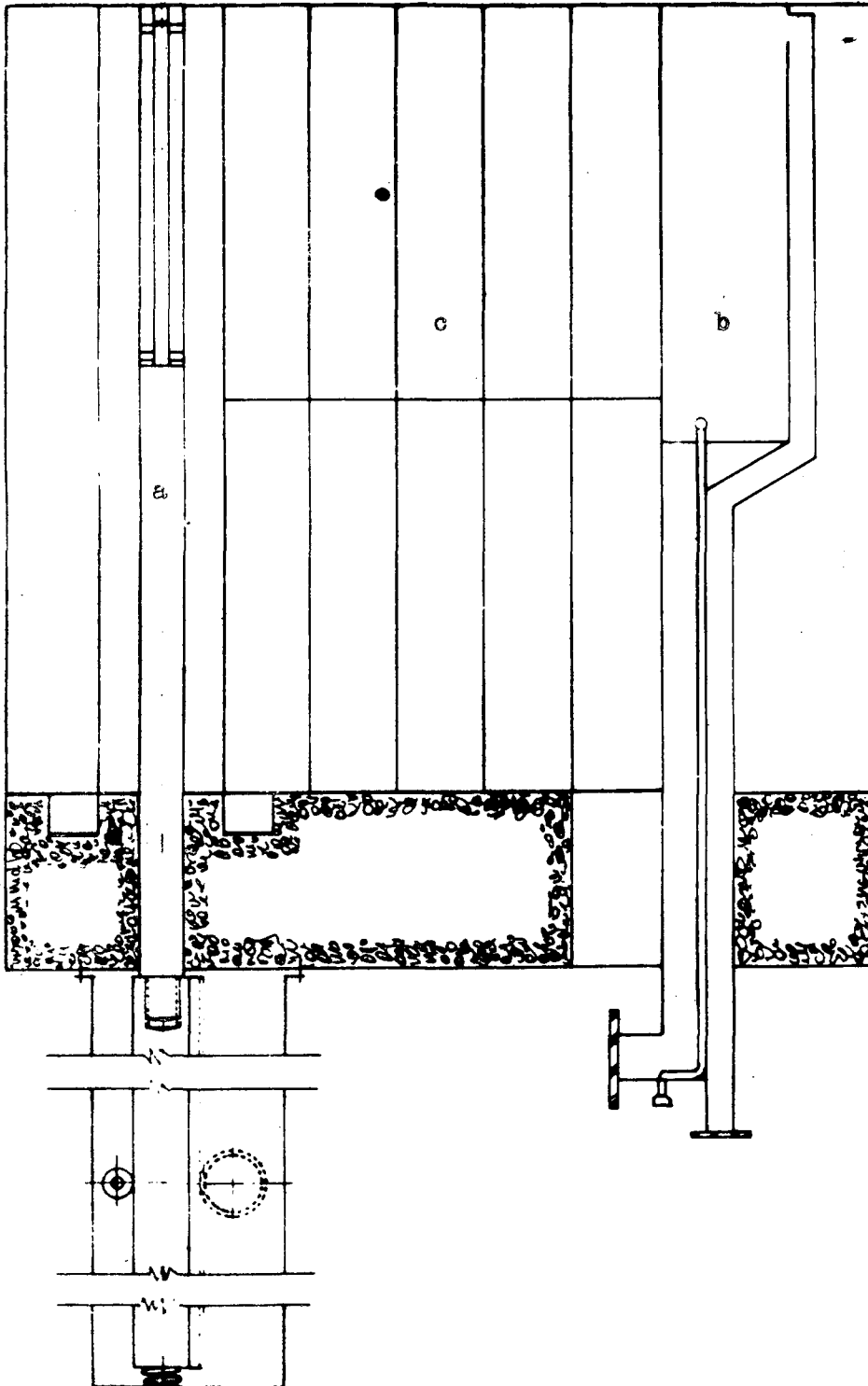


Fig. 3

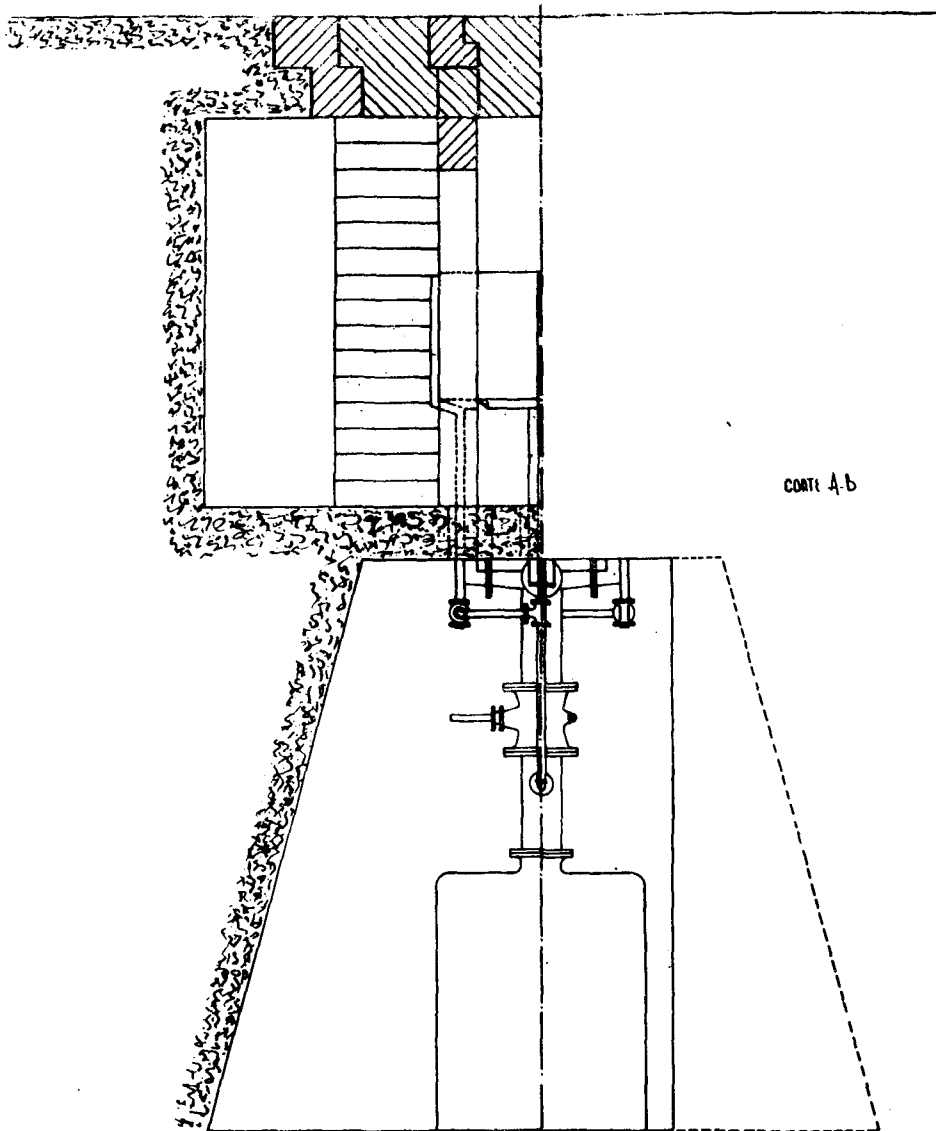


Fig. 4

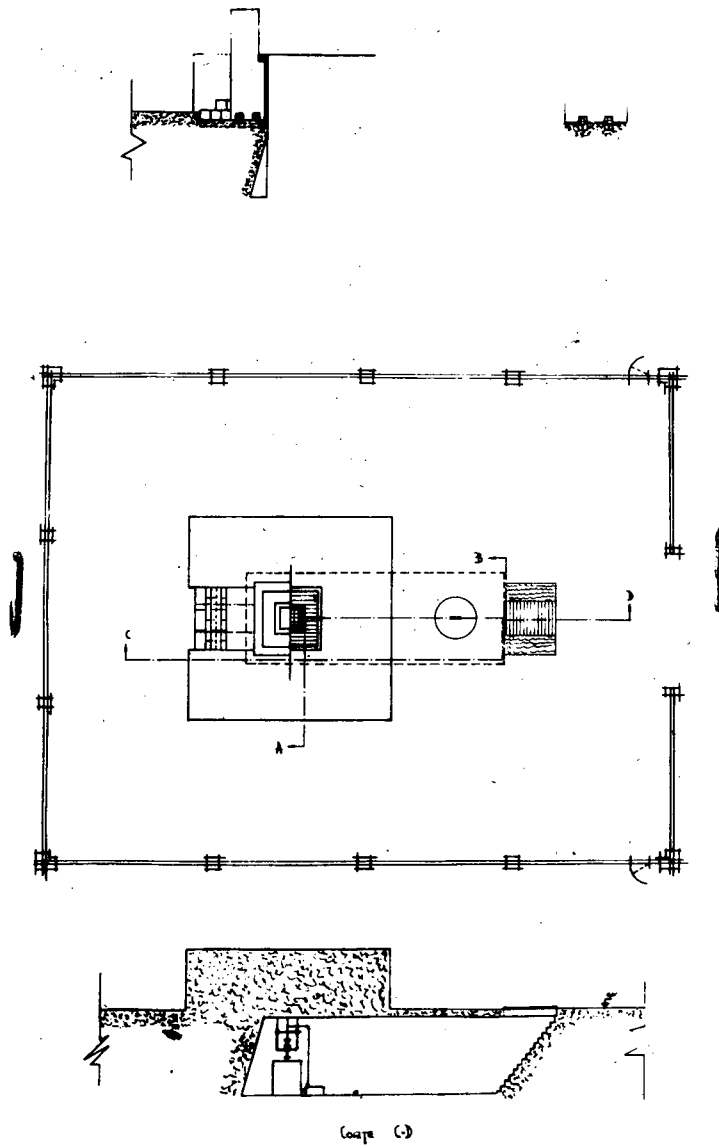


Fig. 5 -