

DIRECCION GENERAL DE GANADERIA

Concurso de proyectos de construcción de silos

PROYECTO DE SILO PARA 110 m³

MEMORIA

De una gran oportunidad nos parece este concurso en los momentos en que puede decirse está naciendo en España esta conquista de la ciencia agronómica; de oportunidad, porque los fracasos a que conduce la falta de conocimientos de nuestros más decididos ganaderos puede paralizar durante algunos años nuevas construcciones.

Por esta razón, entiendo que las consecuencias que se deduzcan de este concurso deben servir de normas a los correspondientes centros oficiales de cada provincia para que no se construya ni un solo silo sin que dichos centros controlen "gratuitamente" los proyectos a realizar, modificándoles cuando se lo crea necesario.

EVOLUCION Y CONCEPTO DEL ENSILADO

La principal dificultad con que la ganadería ha luchado siempre ha sido la discontinuidad; tanto en la clase como en la cantidad de alimento con que el agricultor disponía para sus ganados.

De épocas, no muy remotas, en que el hombre, o menos previsor o con menos medios para almacenar productos mantenía sus ganados en régimen de trashumancia, movilizándole por las grandes vías pecuarias entonces mantenidas, se pasó al tipo fijista que pudiéramos llamar, es decir, aquel en que el agricultor no posee más ganado que el que normalmente puede mantener con los piensos que almacena, y para establecer ese equilibrio necesario entre las posibilidades alimenticias y el ganado que sostiene, utiliza los mercados.

En invierno, época en que no hay pastos, los granos aumentan de valor, el ganado pierde precio, ya que al aumentar el valor de la primera ma-

teria de la industria ganadera el negocio se hace ruinoso, y, en consecuencia, se incrementa la oferta del ganado, con el consiguiente deprecio.

La necesidad de obtener en invierno piensos baratos hizo transformar los cultivos en el sentido de tener verde todo el año, aumentando la superficie destinada a remolacha forajera, coles forrajeras, nabos, zanahorias, etcétera.

Con la misma finalidad se incrementaron las praderas artificiales, alfalfa y trébol, etc., este último en los climas de ambiente más húmedo, para henificar y ser utilizados en invierno. Modernamente, hace escasamente cincuenta años, en Norteamérica se inicia la conservación de forrajes por medio del ensilado. La casi exclusiva finalidad de estos primeros ensilados es poder incrementar la superficie destinada al cultivo de maíz forrajero, porque no pudiendo darse este forraje en verde más que durante treinta o cuarenta días, y consumiendo un animal de seis a ocho kilogramos de forraje por 100 de peso vivo, la superficie que se podía sembrar de maíz forrajero era escasa.

Asimismo en los países nórdicos de Europa se inicia el ensilado tratando de evitar la pérdida que por enmohecimiento se producen en los forrajes una vez segadas las praderas, como consecuencia de una lluvia inoportuna.

Tres fases podemos distinguir en la evolución del ensilado de forrajes: en la primera no se produce una fermentación única porque la carga y prensado no se efectuaban de una manera fija, ni la forma de los silos, ni material de construcción atendían a normas regulares, que por entonces no se conocían; en estas condiciones, cargando de continuo y sin un prensado esmerado, se producía la fermentación ácida o acética, y se calentaba la masa del silo entre los 20 y 30 grados.

En estas condiciones el silo resultaba ácido y consumido en grandes cantidades, 20 a 25 kilogramos por animal grande, antihigiénico, por producir diarreas.

Las continuas observaciones que sobre el ensilado se hacían, llevaron a la conclusión de que cargado intermitentemente y prensado hasta alcanzar temperaturas de 50° centígrados, se producía una fermentación fundamentalmente láctica, aunque sin exclusión de la acética, deduciendo que a temperaturas de 35° centígrados se inicia la fermentación láctica, teniendo su óptimo entre 50 y 55°; cuidando de que la temperatura no pase de 65 grados, a la cual se quema el silo.

El ácido láctico así producido, no sólo no resulta perjudicial, sino que facilita la digestión.

Tiene un doble origen el ácido láctico producido en esta fermentación:

- 1.° Consecuencia de la respiración intracelular, se transforma el azúcar del protoplasma celular, dando ácido láctico y ácido acético en la proporción de 3 a 1; asimismo el ácido láctico tiene un origen bacterico; tanto más abundante cuanto mayor es la humedad con que se ensiló el forraje.

Hasta este momento, pues, se creía que la fermentación de los forrajes

en los silos era inevitable, y por eso todos los ensayos se dirigían en el sentido de orientar dichas fermentaciones.

Hoy, no; el problema que se trata de resolver es el de atenuar al mínimo dichas fermentaciones, conservando el forraje en las mismas condiciones en que se introdujo en el silo.

Los americanos consiguen esto en parte, casi inconscientemente, al construir silos circulares, estrechos y altos, en los que trataban de producir la autopresión de forrajes, para evitar mano de obra, ya que por entonces se conocían los ensiladores neumáticos y la carga del silo no constituía problema para ellos.

En estas condiciones, ensilando continuamente y con máquinas de gran rendimiento, repartiendo el forraje uniformemente y prensando al propio tiempo, en la masa del silo se eleva escasamente la temperatura, sobre todo cuando la humedad del forraje no pasa del 30 al 35 por 100 y el aire se desaloja casi por completo. Además, las fermentaciones iniciadas se paralizan porque la atmósfera que se produce de anhídrido carbónico las contiene.

En la parte superior del forraje de estos silos, llamado estilo americano, no se suele poner más que una capa de paja de 10 a 15 centímetros de espesor, por lo cual, en el metro o metro y medio superiores, por defecto de prensado, hay oxidación del forraje, con las consiguientes fermentaciones, láctica y acética.

Las características fundamentales del silo de tipo americano son, pues:

- 1.º Silos tubulares, altos y estrechos.
- 2.º Ensilan exclusivamente maíz forrajero cuando éste tiene su panocha casi madura.
- 3.º Trituran mucho el maíz, trozos de dos a tres centímetros, y lo cortan y elevan con máquina.

Una modificación de este tipo de silos es la conseguida en la Estación Experimental de Bacteriología Agraria de Crema (Italia), que, orientada en el mismo sentido de conservar el forraje en las mismas condiciones en que se carga, trata de evitar la fermentación de la masa superior del americano, al mismo tiempo que consigue ensilar otros forrajes, veza, alfalfa, etcétera, con los mismos resultados que el maíz ensilado por los americanos.

Para ello, convencidos de que la paralización de las fermentaciones tiene su causa en la atmósfera de anhídrido carbónico que en los mismos se produce, suprimen la superficie libre entre el forraje y la coronación del silo por medio de una cubierta o sombrero, generalmente rígido, pesado y que se mueve por un mecanismo diferencial manejado desde el exterior. Otras veces esta cubierta o sombrero es más sencillo, pero se carga con bloques de cemento colocados sobre el mismo. Para que el cierre sea lo más hermético posible se suele rodear esta cubierta de un anillo de tierra prensada que se carga con bloques.

Las pérdidas de materias secas no suelen pasar en estos dos últimos ti-

pos de silo del 5 por 100. El forraje obtenido tienen un olor agradable y el color verde claro característico de los silos poco fermentados.

Las pérdidas de humedad, cuando el forraje se carga con un 30, 35 por 100, son escasas.

En los silos americanos más modernos se suele emplear una doble cubierta de goma que se llena de agua.

TIPO DE ENSILADO QUE PROPONEMOS

Siendo el forraje típico para ensilado de las provincias del litoral septentrional de España el maíz forrajero, que además se produce en la provincia de Santander con extraordinario rendimiento, entendemos que el silo que debe tomarse como base es el americano, introduciendo en él las mejoras conducentes a evitar las fermentaciones de los dos últimos metros, así como posibilitar en el mismo el ensilado circunstancial de otras forrajes.

El silo Cremasco es más caro, por la cubierta y su mecanismo elevador; además, la atmósfera que rodea el sombrero se renueva constantemente, ya que el cierre no puede ser hermético en los que la cubierta se maneja desde el exterior.

Por otra parte, a excepción de los silos que se terminan en terraza y algo en éstos, hay pérdida en la capacidad del silo por no ser utilizable la parte comprendida entre el sombrero y la coronación del silo, cono o semiesfera.

Nuestra primera preocupación ha sido producir un cierre hermético, tanto en las ventanas como en la tronera, huecos descuidados en la mayoría de los casos por donde se facilita la renovación de la atmósfera terminal; creemos haberlo conseguido con el modelo de ventanas que proponemos para todos los huecos en los que el cierre se efectúa por compresión de hierro sobre tira de goma.

Si además de esto el agricultor procura cargar totalmente el silo, el espacio que quede libre se saturará rápidamente de anhídrido carbónico, con lo que las fermentaciones se atenúan.

El momento más indicado para ensilar varía con la clase de plantas y condiciones en que ésta se encuentre.

En las plantas rebrotantes, que se pueden dar varios cortes en un año, trébol, alfalfa, etc., se debe ensilar cuando está iniciada la floración. En aquellos otros forrajes que sólo puede darse un corte, maíz, veza, etcétera, debe retrasarse hasta que la humedad disminuya al 25-30 por 100.

Este año he visto una maíz forrajero que con una cosecha de 68.000 kilogramos por hectárea al iniciarse la fecundación hacia el 10 de septiembre, llegó a producir 82.000 kilogramos por hectárea a mediados de octubre, cuando tenía una tercera parte de las hojas amarillas. Hay que tener en cuenta que las condiciones climatológicas de este mes de octubre han sido excepcionales.

Así, pues, dos efectos contrarios, vegetación avanzada y humedad suficiente, son los que hay que manejar con gran cuidado para acertar el momento oportuno de ensilado.

La máquina que se debe emplear para ensilar debe ser la de más rendimiento posible, dentro de los límites económicos y capacidad de carga en cada caso particular, con objeto de ensilar rápidamente y disminuir la aireación.

Para la adquisición de dicha máquina deben asociarse varios ganaderos, los que se encuentren más próximos y en número de ocho a doce, porque de otra forma los gastos de conservación, amortización y entretenimiento gravarían mucho el precio del forraje ensilado.

El número de personas dentro del silo para distribuir y prensar el forraje dependerá de la cantidad introducida por hora y será de una por cada 2.500 kilogramos hora.

Caso de que el forraje a ensilar no fuera exclusivamente maíz forrajero, aconsejamos que el silo se termine con una capa de uno a dos metros de maíz.

La plataforma que en el silo proyectamos tiene por objeto colocar en ella, mientras se carga, descarga o esté vacío el silo, los bloques de hormigón con que se prensa (a 300 kilogramos cúbicos) una vez terminado.

Para repartir más uniformemente la presión de los bloques se colocará primeramente tabloncillos sobre toda la masa.

El silo no se debe abrir hasta que el forraje no haya formado una masa, en cuyo caso, aun cuando se abra el silo, la masa no se esponja.

El moho que se cría en la primera capa del maíz ensilado no es un peligro para el ganado.

Cuando la planta que se ensila no sea maíz, cubrimos el silo con una lona impermeable, que, sencilla y económicamente, se puede preparar con sacos de nitrato.

El silo debe darse frío al ganado.

La tubería de carga y descarga es de rasilla y tiene 0,70 metros, por un metro de hueco; es decir, suficiente para movilizarse dentro de ella; por la misma tubería se introduce la del elevador, que no suele tener más de 20 ó 25 centímetros de diámetro.

La tubería de rasilla tiene por objeto facilitar la descarga, operación que se efectúa abriendo la ventana libre más próxima a la superficie del ensilado, que en el caso más desfavorable, la masa de forraje se encontrará rasando el dintel de la ventana inferior, es decir, a dos metros de la ventana abierta.

Una vez dentro del silo el operario, sacará por la ventana abierta, por medio de una horca, el ensilado que precise para alimentación del ganado en el día.

El ensilado conducido por la tubería se depositará bajo la misma en un espacio reducido, del que fácilmente se puede recoger.

Si la tubería de descarga no se hiciese, el ensilado, al ser lanzado por

la ventana, se extendería dificultando la recogida y perdiéndose en parte.

Una modificación puede introducirse, que es: colocar a la salida de la tubería de descarga una tolva de chapa, con objeto de introducir el ensilado directamente en sacos o cestos, desde los que se reparte en los pesebres del ganado.

La tubería de rasilla tiene dos ventanas de cristales con alambrado, con objeto de darla luz; asimismo tiene dos puertas que comunican con la plataforma.

CARACTERISTICAS DE LA CONSTRUCCION Y CALCULO DEL SILO

La forma adoptada es la cilíndrica, ya que cubica más a igualdad de superficie que cualquier forma prismática; además, el prensado se hace más homogéneo y fácil por no existir ángulos.

El material empleado es el hormigón armado, por ser el más impermeable y económico.

El silo lo suponemos emplazado en una media ladera con el 6 por 100 de pendiente, ya que de esa forma no se modifican las características si el terreno fuera llano, y si la pendiente aumenta, facilitaremos el descargo y la carga.

La presión a que resulta cargado el terreno es de 0,65 kilos por centímetro cuadrado.

La base del silo tiene una pendiente del 20 por 100, con objeto de que escurra fácilmente el agua sobrante, para facilitar asimismo el desagüe.

Hemos visto en algunos silos que el sifón del tubo de desagüe colocado inmediato a la salida del silo y debajo del cimientó se obtura, a consecuencia de lo cual, si el forraje destila agua, se pudre en parte el silo. Por esta razón proyectamos una doble rejilla y aconsejamos echar sobre la misma una ligera capa de paja larga o maíz sin picar, que facilitarán el drenaje. Asimismo el sifón de agua le proyectamos en el depósito de desagüe producido por la rejilla que colocamos en la parte inferior de dicho depósito, que impedirá sacar totalmente el agua.

El espesor del silo le deducimos de la fórmula $e = 3 (D + 0,7)$. Podíamos haber obtenido menor espesor aplicando otra fórmula, teniendo en cuenta el empotramiento, pero entendemos que no es precisamente en el espesor del silo donde deben hacerse economías, ya que puede observarse en todos los silos de paredes delgadas el aumento de temperatura del centro a la periferia, debido, en parte, a que el prensado se efectúa más deficientemente en los bordes del silo, pero más principalmente por la permeabilidad de las paredes, que conduce a obtener un silo de peores condiciones.

Estas mínimas dimensiones que nosotros hemos visto en algunos silos en los que, aplicando los coeficientes de fractura del hormigón, así como los de frotamiento interno y con la pared, densidad del ensilado, etcétera, era imposible justificar el equilibrio, nos indujo a deducir prácticamente

el coeficiente que a simple vista no tenía justificación: el talud aplicado al maíz.

En todos los textos y manuales consultados que tratan estas cuestiones, aplican al maíz forrajero un talud de 27 grados 30 minutos. Este ángulo puede estar justificado si se trata de talud natural, pero el ángulo que debe aplicarse en la fórmula, a nuestro modo de ver, no es el del talud natural del silo, sino el que formaría el maíz prensado. Para reducirle, armamos el encofrado exterior de un silo y lo llenamos de maíz picado, prensándolo y dejándolo de esta forma durante unas horas. Abierto el encofrado, el talud formado por el silo varió en cuatro experiencias entre 40 y 45 grados.

Por esta razón en los cálculos de las varillas de hierro, a las que hacemos resistir todos los esfuerzos de extensión, aplicamos las fórmulas:

$$p = d. h. \tan^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right), F = 1/2 p D, \text{ sustituyendo } \varphi \text{ por su valor } 40^\circ,$$

resulta $p = \infty h = 155,44 \times h$.

Y aplicando el anterior valor de $\varphi = 27^\circ 30'$, resultaba $p = \infty h = 263 \times h$.

Hemos dividido la altura del silo en nueve tramos iguales, en los que suponemos que la presión es uniforme.

Las varillas verticales para la repartición de presiones se calculan como sometidas a un esfuerzo igual a la mitad de las horizontales correspondientes.

Para simplificar la construcción dividimos las generatrices del cilindro en tres tramos, calculando la sección de cada tramo con arreglo al esfuerzo a que está sometido el plano inferior.

Las dimensiones de las ventanas son de 55×65 centímetros de luz, formado el marco por un hierro de ángulo de 6 cm. de lado.

La ventana es de madera, y su borde revestido de un ángulo de hierro de 5 cm. de lado, que apoya en una tira de goma dura, sujeta en el marco.

Al ángulo de hierro del marco se amarran las varillas del hormigón por medio de taladros, en los que se ha calculado la distancia al borde.

La armadura de la cúpula está constituida por ocho hierros en simple T, y el empotrado con el cilindro se ha hecho por medio de una patilla vertical de 15 centímetros.

Como puede apreciarse en los planos que se acompañan, las ventanas son curvas para formar una sola superficie con el paramento interior del silo, porque los entrantes y salientes que pudiera tener producirían bolsas de aire que estropearían parte del ensilado.

La tubería de descarga es de rasilla y está sostenida por cinco ángulos de hierro empotrados en el hormigón.

DETALLES DE CONSTRUCCION

Tanto para marcar los cimientos, como para marcar la base del silo, así como también para simplificar la colocación del encofrado, se debe colocar verticalmente en el centro del silo una varilla de 20 a 25 milímetros de diámetro y de 5 a 6 metros de larga. Un triángulo de tabla al que se dan dos barrenos en dos de sus lados, por los que se pasa el eje anterior nos señalará al girar una de las circunferencias interiores del silo; al mismo tiempo que el lado inferior nos marca la pendiente de la base del mismo.

El precio de los andamios de los silos representa un tanto por ciento del valor de la obra superior, en general, al de cualquier otra. Por esta razón hemos sustituido los andamios por palomillas cuyos catetos tienen 90 centímetros y que se fijan al silo por dos tornillos pasantes.

De seis a ocho palomillas en el paramento exterior y de tres a cuatro en el interior son suficientes para trabajar cómodamente en la obra.

El encofrado debe estar construido de 12 a 18 trozos en total, igual número para el paramento interior y el exterior; está formado por tablas verticales machihembradas y cogidas por tres a cuatro nervios horizontales de tablón.

Los nervios tienen que sobresalir de las tablas unos 15 centímetros para unir uno con otro por medio de tornillos; en consecuencia el plano horizontal de dos nervios contiguos debe diferenciarse el espesor de los mismos.

Para desencofrar la parte exterior no hay dificultades, y bastará con soltar los tornillos de los nervios. En el interior, uno de los trozos del encofrado debe estar serrado en cuña, con la parte más gruesa hacia el eje del silo; una vez suelta esta cuña el desencofrado es idéntico que para el exterior.

Aunque el contacto del hierro de las ventanas con los ácidos es casi nulo, para impedir su ataque le daremos un barniz hecho por la siguiente fórmula:

	Kilos
Colofonia	2,5
Aceite de lino	2,5
Hirviéndolo con trementina	5
Y negro de humo	3

Valladolid, octubre de 1934.

DIONISIO MARTIN

ANEJO NUMERO 1

Silo para 110 m³

CALCULO DEL SILO

DIMENSIONES:

Diámetro interior: 3,90 metros.

Radio interior: 1,95 metros.

Superficie interna: 11,94 metros.

Volumen del cono de la base: $11,94 \times 0,37 \times 1/3 = 1,47 \text{ m}^3$

Altura del cilindro: 8,50 metros.

Volumen del cilindro = 101,49 metros.

Volumen de la semiesfera = $4/6 \pi r^3 = 4/6 \times 3,14 \times 7,41 = 15,48 \text{ m}^3$

Volumen total = 118,44 m³

Volumen útil: 110 m³

ESPESOR:

De la fórmula $e = 3 (D + 0,7) \text{ cm.} = 3 (3,90 + 0,7) = 13,8 \text{ cm.}$

Le damos 14 cm.

El coeficiente de trabajo para el hierro que empleamos es de 800 kg. cm.²

Para el cálculo de las varillas horizontales, dividimos al cilindro en 9 tramos, es primero de medio metro y los demás de un metro.

FORMULAS INICIALES

$p = \delta h \tan^2 (45 - \phi/2)$,, $F = 1/2 p D$,, $\Omega = F/800$.

En la que δ = densidad y ϕ = talud del ensilado, = 40°.

1.º tramo: $p = 155,44 \times 8,5 = 1.321,2$.

$F = 1/2 \times 1/2 \times 1.321,2 \times 3,9 = 1.288,1$.

$\Omega = \frac{1.288,1}{800} = 1,61 \text{ cm.}^2$

4 barras de 7 mm. dan 1,54 cm.²

Separación entre barras: 12,5 cm.

2.º tramo: $p = 155,44 \times 8 = 1.243,52$
 $F = 1/2 \ 1.243,52 \times 3,9 = 2.424,8$

$$\Omega = \frac{2.424,8}{800} = 3,03 \text{ cm.}^3$$

 8 barras de 7 mm. dan 3,03 cm.³
 Separación entre barras: 12,5 cm.

3.º tramo: $p = 155,44 \times 7 = 1.087,8$
 $F = 1/2 \ 1.087,8 \times 3,9 = 2.121$

$$\Omega = \frac{2.121}{800} = 2,65 \text{ cm.}^3$$

 7 barras de 7 mm. dan 2,69 cm.³
 Separación entre barras: 14,2 cm.

4.º tramo: $p = 155,44 \times 6 = 932,4$
 $F = 1/2 \ 932,4 \times 3,9 = 1.818,1$

$$\Omega = \frac{1.818,1}{800} = 2,27 \text{ cm.}^3$$

 6 barras de 7 mm. dan 2,31 cm.³
 Separación entre barras: 13,6 cm.

5.º tramo: $p = 155,44 \times 5 = 777,2$
 $F = 1/2 \ 777,2 \times 3,9 = 1.515,5$

$$\Omega = \frac{1.515,5}{800} = 1,89 \text{ cm.}^3$$

 7 barras de 6 mm. dan 1,98 cm.³
 Separación entre barras: 14,2 cm.

6.º tramo: $p = 155,44 \times 4 = 621,76$
 $F = 1/2 \ 621,76 \times 3,9 = 1.212,4$

$$\Omega = \frac{1.212,4}{800} = 1,51 \text{ cm.}^3$$

 6 barras de 6 mm. dan 1,70 cm.³
 Separación entre barras: 13,6 cm.

7.º tramo: $p = 155,44 \times 3 = 466,32$
 $F = 1/2 \ 466,32 \times 3,9 = 909$

$$\Omega = \frac{909}{800} = 1,12 \text{ cm.}^3$$

 6 barras de 5 mm. dan 1,18 cm.³
 Separación entre barras: 13,6 cm.

8.º tramo: $p = 155,44 \times 2 = 310,88$
 $F = 1/2 \ 310,88 \times 3,9 = 605,7$

$$\Omega = \frac{605,7}{800} = 0,75 \text{ cm.}^3$$

 4 barras de 5 mm. dan 0,78 cm.³
 Separación entre barras: 25 cm.

9.º tramo; $p = 155,44 \times 1 = 155,44$.
 $F = 1/2 \ 155,44 \times 3,9 = 202,9$.
 $302,9$
 $\Omega = \frac{\quad}{800} = 0,37 \text{ cm.}^2$
 3 barras de 4 mm. dan 0,38 cm.²
 Separación entre barras: 33,3 cm.

BARRAS VERTICALES

Dividimos el silo en tres tramos, para simplificar su construcción, calculando la sección de cada tramo, con arreglo al esfuerzo a que esté sometido el plano inferior, que es el de máximo esfuerzo.

FORMULA

$$\Omega' = 1/2 \ \Omega \times \frac{1'}{1}$$

$$1' = 12 \text{ m.}$$

$$1 = 1 \text{ m.}$$

1.º tramo: $\Omega' = 1/2 \ 3,22 \times 12 = 19,32 \text{ cm.}^2$
 50 barras de 7 mm. dan 19,25 cm.²
 Separación entre barras: 24 cm.
 Altura de barras: 3 m.

2.º tramo: $\Omega' = 1/2 \times 2,27 \times 12 = 13,62 \text{ cm.}^2$
 45 barras de 6 mm. dan 12,73 cm.²
 5 barras de 5 mm. dan 0,98 cm.²
 Total: 50 barras dan 13,71 cm.²
 Separación entre barras: 24 cm.
 Altura de barras: 3 m.

3.º tramo: $\Omega' = 1/2 \times 1,12 \times 12 = 6,72 \text{ cm.}^2$
 22 barras de 6 mm. dan 6,22 cm.²
 3 barras de 5 mm. dan 0,59 cm.²
 Total: 25 barras que dan 6,81 cm.²
 Separación entre barras: 48 cm.
 Altura de barras: 3 m.

No hay peligro de desgarramiento en los rectángulos de hormigón comprendidos entre 4 barras.

Fórmula: $2(a + b) \times Rd \geq p \times a \times b$
 en que a y b son los lados del rectángulo, ϵ el espesor del silo, Rd la resistencia del hormigón al desgarramiento, y p la presión ejercida por la masa del silo por centímetro cuadrado.

Rectángulos del primer metro.

$$2(24 + 12,5) \ 14 \times 5, \ b = 5.723,2$$

$$0,13 \times 24 \times 12,5 = 39.$$

Rectángulos del último metro.

$$2(48 + 33) \ 14 \times 5,8 = 12.700,8$$

$$0,015 \times 48 \times 33 = 23,76.$$

CALCULO DEL MARCO DE LA VENTANA

El marco sometido a mayor esfuerzo cortante es el de la ventana inferior, situado en el tercer tramo.

La tensión de cada una de las barras de dicho tramo es:

$$= \frac{F}{7} = \frac{2.121}{7} = 303$$

ya que son siete las barras colocadas en dicho metro.

La sección necesaria de hierro para que en el amarre de cada barra no se produzca desgarramiento es 1,15 cm.²; tomando como coeficiente de seguridad 250 kg. por centímetro cuadrado.

Empleamos en el marco de la ventana ángulo de hierro de 6 × 6 cm. y 0,8 cm. de espesor, y puesto que de la pletina exterior que sujeta la goma del cierre al borde del marco quedan 2 cm., damos taladros de 1 cm., separados otro centímetro del borde, con lo que la estabilidad está asegurada, pues nos deja una sección útil de 1,80 cm.²

Las demás ventanas con el mismo marco tienen resistencia sobrada.

CALCULO DE LOS ANGULOS DE HIERRO QUE SÓSTIENEN LA RASILLA DE LA TUBERIA

Las calculamos como piezas empotradas en un extremo y libres en el otro, cargados uniformemente en toda su longitud y con una sobrecarga en el extremo libre.

$$\text{Fórmula: } Z K = 1/2 P L + Q L = 1/2 1.020 \times 75 + 637 \times 75 \\ 33.250 + 47.775 = 83.025$$

poniendo cinco ángulos equidistantes, el momento de cada uno será:

$$Z R = \frac{83.025}{5} = 17.205. \\ Z = \frac{17.205}{800} = 21,5.$$

Empleamos hierro en escuadra de material para ferrocarriles y construcciones (Barcelona) núm. 5 de ramas desiguales, de dimensiones h = 10 cm.

b = 6 cm. y c = 1 cm. y de peso por metro lineal = 7 kg.

Módulo de flexión: Z = 23,28.

CIMENTOS

Peso del silo cargado:

$$110 \text{ m.}^3 \text{ a } 715 = 78.750 \text{ kg.}$$

Peso del hormigón armado 8,127 m.³:

$$8,127 \times 2.000 = 16.254 \text{ kg.}$$

Peso de la rasilla 33,45 m.³:

$$= 4,022 \text{ m.}^3 \quad 4,022 \times 1.700 = 6.837 \text{ kg.}$$

Peso del hormigón en masa 7,677 m.³:

$$7,677 \times 2.000 = 15.354 \text{ kg.}$$

Sobrecarga de nieve y viento:

$$100 \text{ kg. } 1 \text{ m.}^2 = 1.256 \text{ kg.}$$

Superficie de la base del cimientó:

18.095 m.²

Peso total sobre dicha superficie:

118.351 kg.

Presión por centímetro cuadrado del terreno:

= 118.351 : 180.950 = 0,85 kg. cm.²

Inferior a lo que normalmente debe resistir el terreno — 1,5 kg. 1 cm.²

CUPULA

Siendo el peso de la cúpula de 4.270 kg., correspondientes a 2.512 m.³ de rasilla, y supuesto como anteriormente una sobrecarga por nieve y viento de 1.256 kg.

Cada uno de los 8 hierros de la armadura del silo tendrá que resistir un peso límite de 690 kg.

Por ser una pieza empotrada en un extremo y libre en el otro $M = Z K = \frac{1}{2} P L$
 = 690 kg. por ser $L = 2$.

$Z = 0,88$.

Emplearemos simple T de Altos Hornos (Bilbao).

Número 3 de dimensiones.

$h = 3,5$ cm.

$b = 3,5$ cm.

$e = 0,45$ cm.

Peso metro lineal: 2,3 kg.

y módulo de flexión: $Z = 1,38$.

Esta misma armadura nos sirve para sostener el voladizo.

El peso de la rasilla 0,422 m.³ es de 717,4 kg.; el peso de los 129 bloques, 3.096 kg.; valorada la sobrecarga, nieve, tránsito en 100 kg. por metro cuadrado, son 844 kg. en total el peso que deben soportar es de 4.657,4 kg., y cada uno de los 8 hierros, 582 kg.

Es decir: $M = Z K = 1/2 P L = 1/2 532 \times 0,60 = 174,6$.

Y, $Z = 0,21$, hemos visto que el módulo de flexión para esta pieza es:

$Z = 1,38$.

I

CUBICACION DE LAS OBRAS

DIMENSIONES

Designación de cada obra	INDICACION de sus partes y de la clase de fábrica	Número de partes iguales	LINEALES				SUPERFICIALES				CUBICAS		PESO -- Kilo- gramos
			Longi- tud	Latitud	Altura, grueso o espesor	Metros	Metros cuadros	Metros cuadros	Metros cúbicos	Metros cúbicos	Totales o auxiliares definitivos	Totales o auxiliares definitivos	
Excavación	Planta	1	D = 4,88		1,50		18,09		27,135				
	Zanja tubería de desagüe bajo el silo	1	2,45	0,40	0,30				0,294				
	Zanja tubería de desagüe fuera del silo	1	1,30	0,60	1,70				1,323				
	Pocillo	1	D = 1,30		1,90		1,327		2,521			31,276	
	Planta		D = 4,80		0,60		18,09		10,854				
Hormigón en masa.	Anillo de la base	1	De = 3,65	Di 2,15	0,25		6,83		1,707				
A deducir	Cono	1	D = 3,90		0,37				1,470				
					Total a deducir.....				3,177			7,677	
					Total definitivo.....								
Hormigón armado...	Muros bajo el terreno	1	Di = 3,99	0,25	1,20		1,591		1,897				
	Muros sobre el terreno	1	Di = 3,9	0,14	3,70		0,874		6,390				
					Total provisional.....				8,277				
A deducir	Por ventanas	3	0,65	0,55	0,14				0,150			8,127	
					Total definitivo.....								
Fábrica de ladrillo.	Pocillos, muros laterales	1	D in = 1	0,15	1,90		0,542		1,029				
	Fondo	1	D = 1,30	0,15			1,327		0,199			1,228	
					Total definitivo.....								
Fábrica de rasilla...	Voladizo (doble panderete)...	1	De = 4,73	0,60	0,10		8,44						
	Tubería de desagüe	1	2,50		9,70		24,25						
	Cúpula (doble panderete)...	1	Di = 4				50,24						
					Total provisional.....		82,93						
A deducir	Por ventana de la cúpula...	1	0,65	0,55			0,71						
	Por ventana en la tubería de descarga	2											

de descargue
Por ventana en la tubería

2
Por puertas de salida a la
plataforma

Mallado de cemento

Interior del silo
Cilindro
Cono
Cúpula
Exterior del silo, tubería de
descargue
Interior de la cúpula
Plataforma

Por ventanas herméticas del
silo
Por ventanas de la tubería
de descargue
Por puertas de salida a la
plataforma

Ventanas de cierre hermético
Ventanas de la tubería de
descargue
Puertas de salida a la plataforma
Barandilla de la plataforma.
Escalera de base de 22 mm.
30 cm. de ancho y 17 cm.
de contrahuella
Sifón con doble rejilla
Tubería del sifón
Tapa del pocillo
Bloques de hormigón
Hierros en T para la cúpula.
Hierros en T para la tubería
de descargue
Varillas de 7 mm.
Idem de 6 mm.
Idem de 5 mm.
Idem de 4 mm.

Armadura de hierro.

2	0,90	0,55	9,90
2	Total a deducir.....		2,45
	Total definitivo.....		80,45
1	12,24	8,00	104,0
1	12,24	2,00	24,48
1			25,12
1	5,00	9,70	48,50
	De = 2,10		27,63
			8,44
	Total provisional.....		238,23
4			1,42
2			0,78
2			0,99
	Total a deducir.....		3,19
	Total definitivo.....		235,04
4	0,65	0,55	
2			0,78
2			0,99
1	25,63		
1	5,00		
1			
1	0,20	0,20	0,30
129			
8			
6	480		
	352,2		
	86		
	37,2		
			24
			70
			62,60
			138,92
			80,40
			13,24
			3,64
			236,20

CUADRO NUM. I

Precios que se asignan a las unidades de obra en los diferentes trozos en que se ha dividido el proyecto

TROZO

Núm. de orden	PRECIOS EN LETRA		Precios en letra — Pesetas
1	Metro cúbico de excavación	Tres pesetas, diez céntimos...	3,10
2	Metro cúbico de hormigón en masa...	Cuarenta y cinco pesetas y cuarenta céntimos	45,40
3	Metro cúbico de hormigón armado....	Ochenta y siete pesetas y quince céntimos	87,15
4	Metro cuadrado de enlucido de cemento	Dos pesetas, cincuenta y cinco céntimos	2,55
5	Metro cuadrado de panderete de rasilla	Cinco pesetas, sesenta céntimos	5,60
6	Metro cúbico de fábrica de ladrillo...	Sesenta y cinco pesetas y noventa y siete céntimos	65,97
7	Metro lineal de tubería de gres	Cuatro pesetas y diez céntimos	4,10
8	Ventana de madera con ángulos de hierro y goma	Cincuenta y dos pesetas	52,00
9	Rejilla y sumidero de desagüe	Veintiuna pesetas, ochenta céntimos	21,80
10	Metro lineal de escalera de hierro...	Siete pesetas con ochenta y seis céntimos	7,86
11	Tapa de madera del pocillo	Once pesetas y setenta céntimos	11,70
12	Metro lineal de barandilla	Cinco pesetas con setenta céntimos	5,70
13	Metro cuadrado de ventana de descarga	Treinta y seis pesetas	36,00
14	Metro cuadrado de puerta sencilla de madera	Treinta y dos pesetas	32,00
15	Bloques de hormigón para carga del sillo	Seis pesetas, sesenta y siete céntimos	6,67
18	Hierros en T para la cúpula	Una peseta, veinte céntimos.	1,20
17	Hierros de L para sujeción tubería descarga	Una peseta y diez céntimos...	1,10
18	Kilogramo varilla hierro	Sesenta y siete céntimos	0,67

CUADRO NUM. 2

DETALLES DE LOS PRECIOS

TROZO

	Pesetas
1. METRO CUBICO DE EXCAVACION:	
Picado	1,90
Extracción	0,80
Afinado	0,30
Medios auxiliares	0,10
	3,10
2. METRO CUBICO DE HORMIGON EN MASA:	
Cemento: 250 kg.	30,00
Arena: 0,400 m. ³	1,80
Gravilla: 0,800 m. ³	5,60
Manipulación y asiento	8,00
	45,40
3. METRO CUBICO DE HORMIGON ARMADO:	
Cemento: 350 kg.	42,00
Arena: 0,400 m. ³	1,80
Gravilla: 0,800 m. ³	5,60
Manipulación y asiento	10,00
Cortado, colocación y atado de varillas	12,00
Madera para encofrado y palomillas	15,00
Medios auxiliares	0,75
	87,15
4. METRO CUADRADO DE ENLUCIDO DE CEMENTO:	
Mortero de cemento: 0,01 m. ³	0,95
Mano de obra	1,40
Medios auxiliares	0,20
	2,55
5. METRO CUADRADO DE PANDERETE DE RASILLA:	
23 rasillas	1,96
Mortero de cemento: 0,015 m. ³	1,44
Medios auxiliares	0,20
Mano de obra	2,00
	5,60

	Pesetas
6. METRO CUADRADO DE FABRICA DE LADRILLO:	
580 ladrillos a pie de obra	40,60
0,24 m. ³ de mortero hidráulico	14,37
Mano de obra	10,00
Medios auxiliares	1,00
	65,97
7. METRO LINEAL DE TUBERIA DE GRES:	
Tubo de 10 cm., incluido codo	2,50
Mano de obra	1,40
Medios auxiliares	0,20
	4,10
8. VENTANA DE MADERA CON ANGULOS DE HIERRO Y TIRA DE GOMA:	
De 0,55 × 0,65 cm. (Sin descomposición.)	52,00
9. REJILLA Y SUMIDERO DE DESAGUE DEL SILO:	
De 0,30 m. de luz. (Sin descomposición.)	21,80
10. METRO LINEAL DE ESCALERA DE HIERRO:	
2,70 m. varilla de 22 mm. y 8,10 kg.	4,86
Mano de obra	3,00
	7,86
11. TAPA DE MADERA DEL POCILLO 0,73 m.²:	
A 15 pesetas metro cuadrado. (Sin descomposición.)	11,70
12. METRO LINEAL DE BARANDILLA:	
3,60 kg. de tubo de 50 mm.	3,96
Mano de obra	1,74
	5,70
13. VENTANA TUBO DESCARGA, METRO CUADRADO:	
(Sin descomposición.)	33,00
14. METRO CUADRADO DE PUERTA SENCILLA DE SALIDA:	
A la plataforma. (Sin descomposición.)	32,00
15. BLOQUES HORMIGON PARA CARGA SILO:	
0,012 m. ³ hormigón	0,54
Mano de obra	0,10
Medios auxiliares	0,03
	0,67

	<u>Pescetas</u>
16. HIERROS EN T PARA CUPULA:	
Kilogramo trabajado. (Sin descomposición.)	<u>1,20</u>
17. HIERROS EN L PARA SUJECION:	
De la tubería de descarga. (Sin descomposición.)	<u>1,10</u>
18. KILOGRAMO DE VARILLA DE HIERRO:	
Para la armadura. (Precio medio.)	<u>0,87</u>

III

PRESUPUESTOS PARCIALES

Número de unidades	DESIGNACION DE LAS OBRAS Y CLASE DE FABRICA	Precio de la unidad	Importe
		Pesetas	Pesetas
31,276	Excavación	3,10	96,95
7,677	Hormigón en masa	45,40	348,53
8,127	Hormigón armado	87,15	708,26
1,228	Fábrica de ladrillo	65,97	81,01
80,45	Fábrica de rasilla	5,80	460,52
235,04	Enlucido de cemento	2,55	599,35
4	Ventanas de cierre hermético	52,00	208,00
0,78	Ventanas sencillas de la tubería de descarga	35,00	28,08
0,99	Puertas de salida a la plataforma	32,00	31,68
23,5	Barandilla de la plataforma	5,70	133,95
5,00	Escalera de barras de 22 mm. 30 cm. de ancha y 17 cm. de contrahuella	7,86	39,30
1	Sifón con doble rejilla de 30 cm.	21,80	21,80
3,50	Tubería de gres del sifón	4,10	14,35
1,00	Tapa de madera del pocillo	11,70	11,70
129,00	Bloques de hormigón	0,87	86,43
70,00	Hierro en T para la cúpula	1,20	84,00
62,80	Hierros en L para la tubería de descarga	1,10	69,08
236,20	Kilogramo de varilla de hierro	0,67	158,25
TOTAL			3.171,02

IV

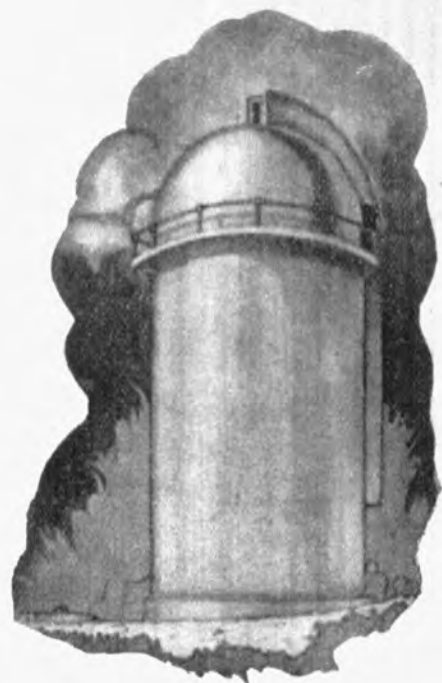
PRESUPUESTO GENERAL

	Pesetas
Ejecución material del silo	3.151,02
Imprevistos: 5 por 100	158,55
Dirección y administración: 5 por 100	153,55
TOTAL	3.488,12

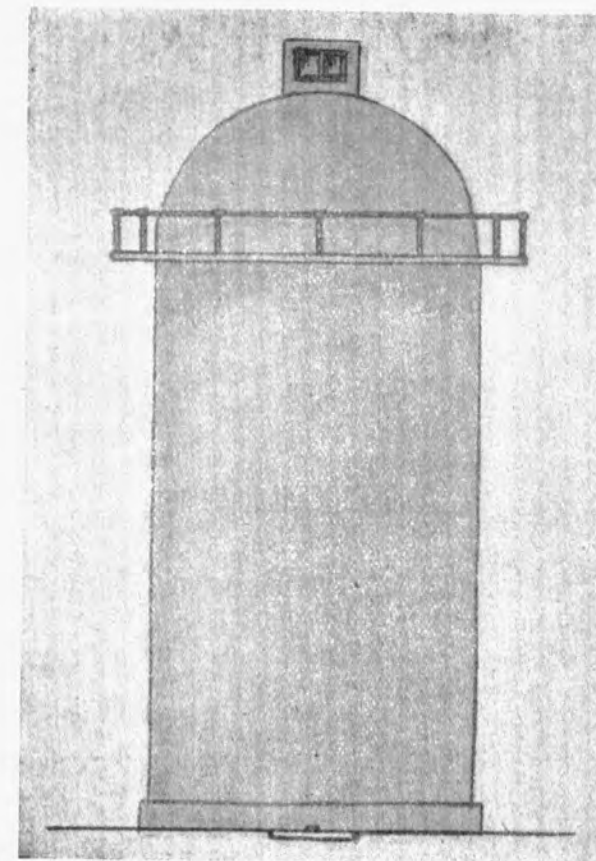
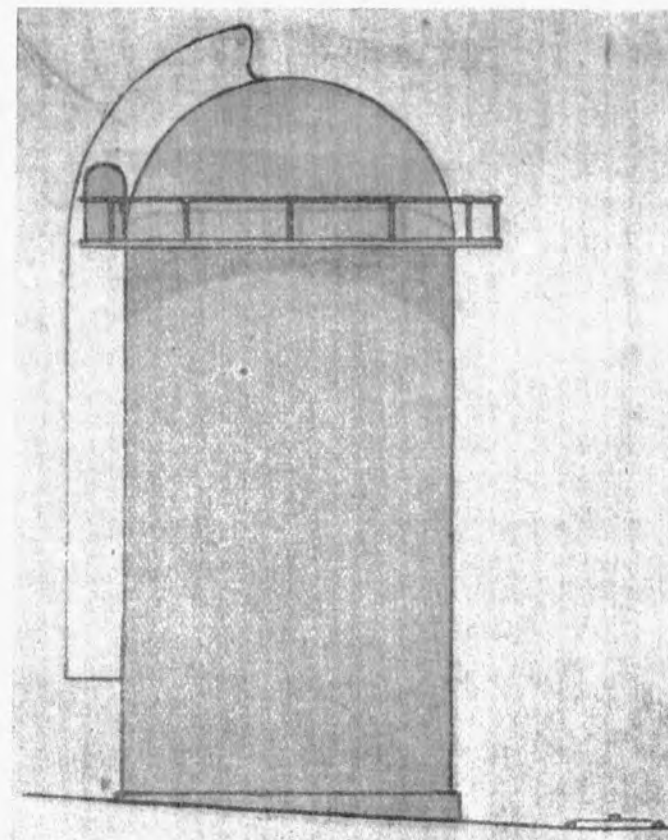
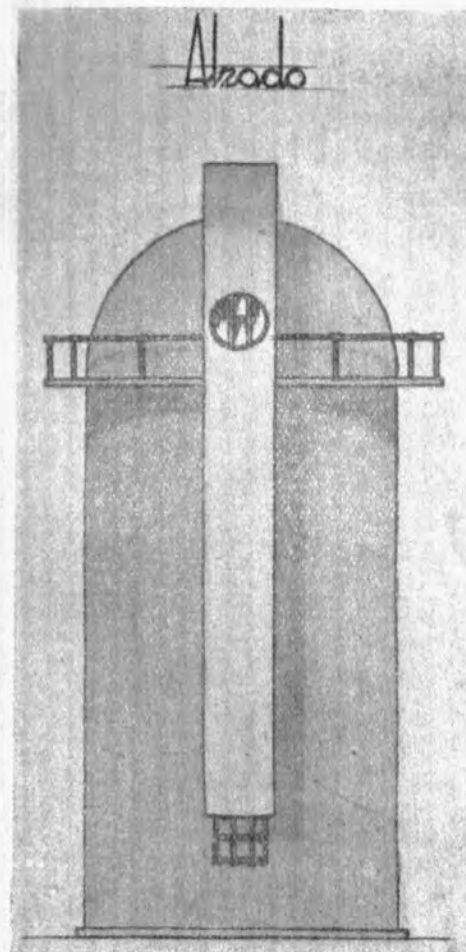
Asciende el presente presupuesto de ejecución a la cantidad de tres mil cuatrocientas ochenta y ocho pesetas con doce céntimos.

Valladolid, octubre de 1934.

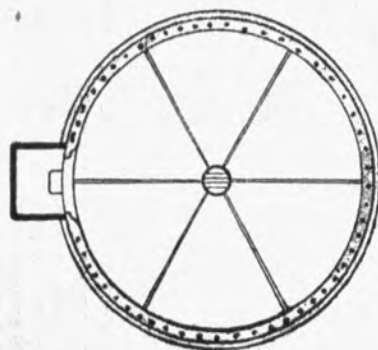
EL INGENIERO AGRONOMO,
Dionisio Martín.



Perspectiva del proyecto de construcción de silo para 110 m.³



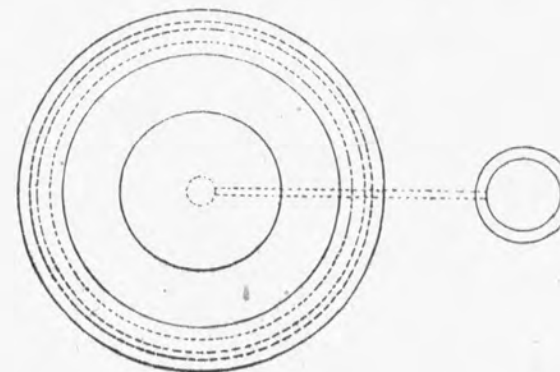
Sección horizontal



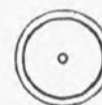
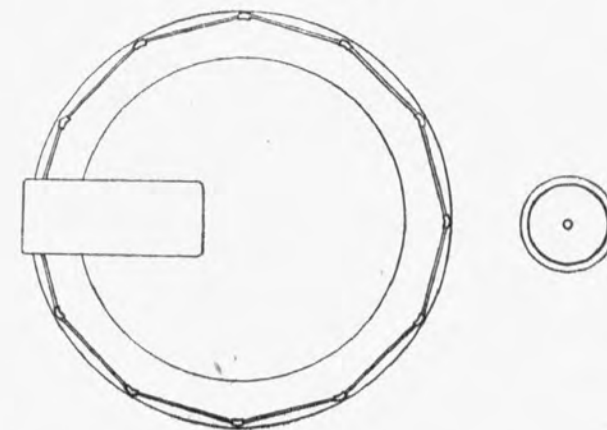
- 1er tramo 50 barras de 7mm
2 " 50 " " 6 y 5mm
3 " 25 " " 6 y 5mm.

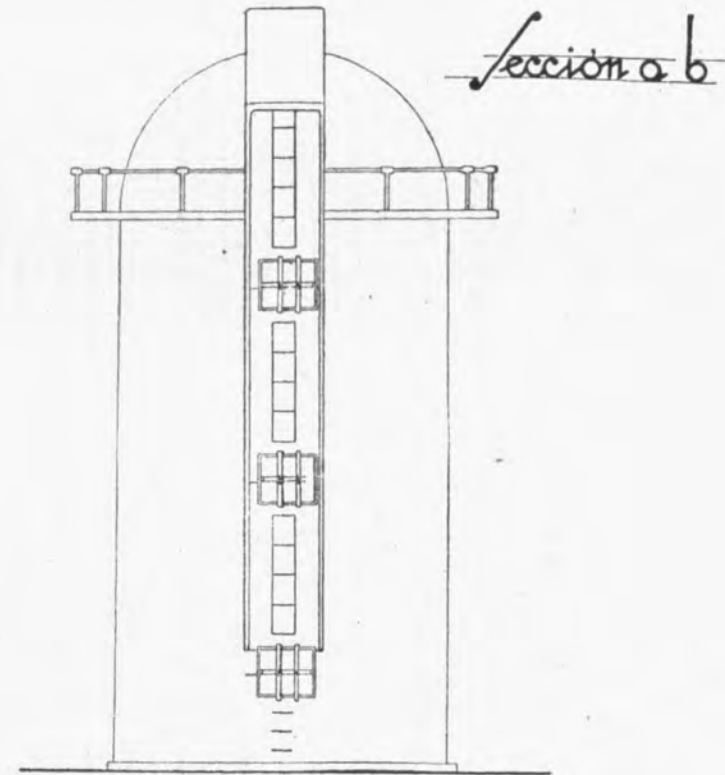
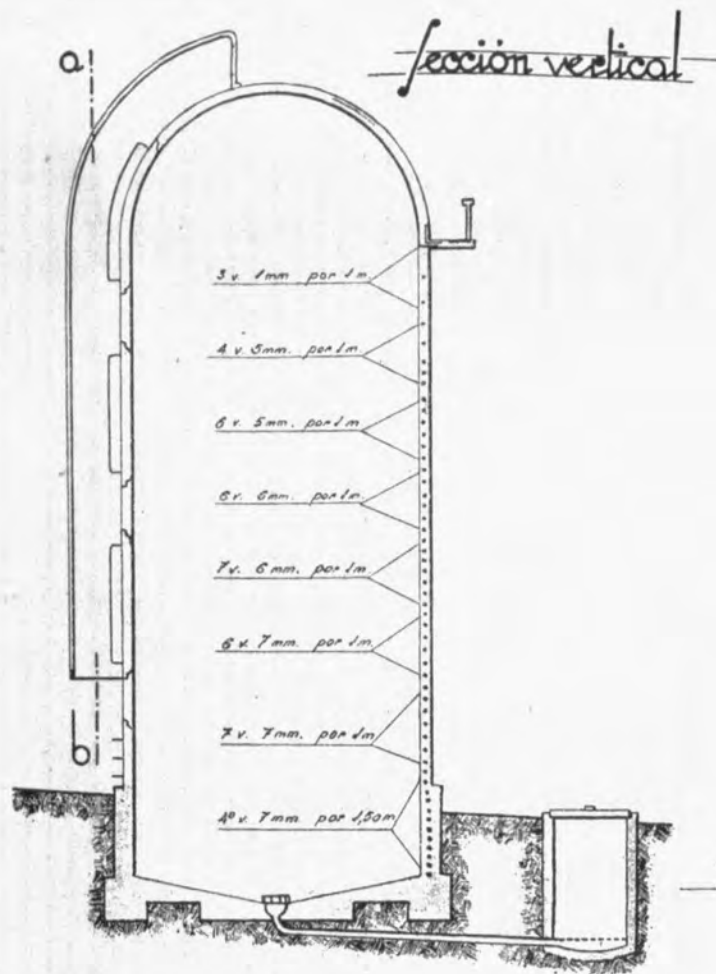
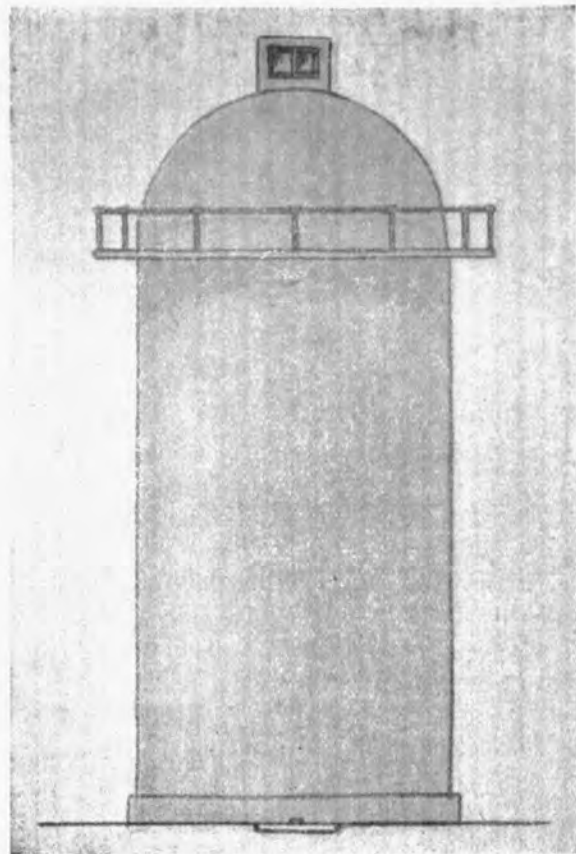


Planta de cimiento



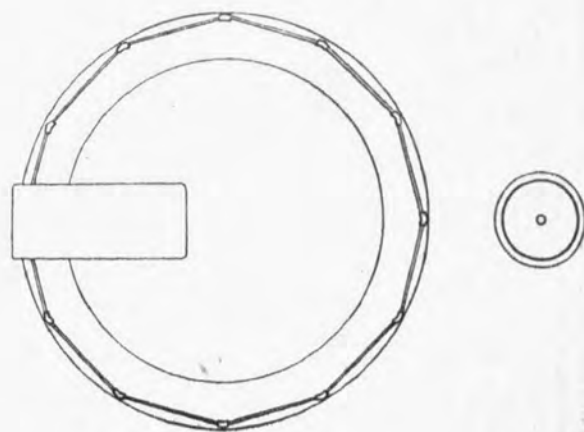
Planta





mientos

Planta



Detalle de ventana
Escala 1:10

