

PROYECTOS DE APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS DE LOS RÍOS ZADORRA Y BAYAS

Por ANTONIO DEL AGUILA, Profesor de Obras Hidráulicas de la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Presenta el autor una descripción completa del Proyecto de construcción de los importantes aprovechamientos que se reseñan en el epígrafe y da cuenta, al final, de las contrataciones que ya se han ultimado para la ejecución de tan interesantes obras hidráulicas.

I. ANTECEDENTES

1. Concesiones y proyectos primitivos del Zadorra.

Con fecha 17 de julio de 1934 fué otorgada por el Ministerio de Obras Públicas una concesión de aprovechamiento de las aguas del río Zadorra y sus afluentes Zayas, Anguelu y Arlabán, para utilizarlas, en la vertiente cantábrica, en la producción de energía eléctrica y en el abastecimiento de poblaciones.

El proyecto presentado como base de la petición está suscrito en 1926 por nuestros compañeros los Ingenieros de Caminos D. José G. de Langarica y D. Joaquín Guinea.

Se preveía el establecimiento de sendos embalses en los ríos Zadorra y Anguelu o Santa Engracia, de una capacidad total de 86 Hm.³, unidos por una conducción forzada de 5 510 m., con sección de medio punto. El aprovechamiento energético se realizaba en tres saltos de 295, 105 y 100 m. de desniveles brutos, con conducciones hidráulicas de nivel libre y longitudes de 22 167, 4 360 y 9 170 m., para capacidades de 9 y 18 m.³/seg. Las potencias aprovechables eran de 53 000, 19 000 y 9 000 CV., respectivamente, o sean 81 000 CV. en total.

En cumplimiento de una de las condiciones de la concesión, se presentó proyecto constructivo de los aprovechamientos energéticos de las aguas, suscrito el 19 de julio de 1935 por el Ingeniero de Caminos D. Juan Eguidazu.

Amplía aquél la capacidad de los embalses a 104 Hm.³, uniéndoles por canal de sección trapezoidal, profundidad de 12,25 m. y 5 030 m. de longitud. El desnivel se aprovecha en dos saltos de 471 y 56 m. de altura bruta. La conducción del primero es de nivel libre en 5 628 m. y forzada en 17 500 m., sin incluir

las tuberías. La del segundo, forzada, tiene 10 498 metros de largo. Ambas son de sección circular, con capacidades para 24 y 16 m.³/seg., respectivamente. Las potencias máximas son 120 000 y 8 000 CV.

Los regímenes de explotación de los saltos, previstos en ambos proyectos, son uniformes en el transcurso del año.

2. Nuevo proyecto constructivo del Zadorra.

Adquirida por Altos Hornos de Vizcaya, S. A., la concesión indicada, fundó ésta en 28 de marzo de 1947 la Sociedad "Aguas y Saltos del Zadorra, S. A.", para la ejecución de las obras correspondientes. El capital inicial de 50 000 000 de pesetas, en acciones, ha sido suscrito, y simultáneamente, un primer paquete de 50 millones de pesetas en obligaciones, asegurado por los Bancos de Bilbao, Vizcaya y Urquijo.

Honrado el que suscribe con el encargo de estudiar los aprovechamientos de referencia, y después de una cuidada investigación de las condiciones del caso, consideramos necesaria la redacción de un nuevo proyecto.

3. Aprovechamiento de las aguas del Bayas.

Para reforzar los recursos hidráulicos disponibles, procedentes de la concesión dicha, estudiamos la utilización de las aguas del río Bayas.

Es interesante consignar que la Sociedad Aguas y Saltos del Zadorra ha adquirido recientemente los derechos de una concesión otorgada a D. Francisco Villota, de aprovechamiento de las aguas de dicho río Bayas.

La presente nota tiene por objeto dar cuenta de las líneas principales de nuestros proyectos, para lo cual interesa destacar, desde luego, las características de los terrenos, corrientes y mercado.

II. CARACTERÍSTICAS NATURALES Y ECONÓMICAS

4. Características naturales.

a) *Recursos hidráulicos relativamente importantes.* Las precipitaciones considerables, dentro de la escala española, caídas en la vertiente cantábrica, se extienden a las cuencas alimentadoras de nuestros saltos, lindantes con aquella y separadas por una divisoria de escasa altura, en muchos puntos.

b) *Posibilidades de construir grandes embalses.* — El Zadorra, el Santa Engracia y el Bayas discurren, en sus cursos medios, por la gran meseta alavesa, lo que ofrece, dada su topografía, vasos de gran capacidad con alturas pequeñas.

Son también favorables las condiciones de impermeabilidad de aquéllos y la resistencia de las rocas en los emplazamientos de las presas.

Da idea de este resultado la relación entre el volumen de embalse y el cubo de presa que, para los del Zadorra y Santa Engracia, es de 1 110, y de 1 406, para el Bayas, o sea 1 210 para el conjunto.

Estos embalses pueden, pues, reputarse en este aspecto como de los mejores de tipo medio de España.

c) *Gran desnivel.* — Pero si se tiene en cuenta la posibilidad de aprovechar un desnivel de 546 m., con conducciones relativamente cortas, adquieren lugar preeminente.

Ello es debido a encontrarse ubicados al borde mismo de la meseta alavesa, la cual presenta un descenso rapidísimo hacia la vertiente cantábrica; especialmente en un primer escalón de cerca de 350 m.

Las condiciones a), b) y c) pueden resumirse diciendo que los saltos de que se trata suman las condiciones más favorables vascoastellanas; extraen de las primeras la elevada pluviosidad, y de las segundas, vasos amplios a gran altitud.

d) *Gran capacidad de los embalses en relación a la aportación fluvial.* — La capacidad de los embalses que proyectamos, de unos 300 Hm.³, es, aproximadamente, el 70 por 100 de la aportación anual media.

Una capacidad relativa tan considerable tiene las ventajas siguientes:

1.^a Produce una regulación interanual muy importante. El caudal disponible para los aprovechamientos lo incrementa en el año mínimo en un 41 por 100 de la aportación natural en dicho año.

2.^a La explotación del salto adquiere gran libertad, pudiendo reservar íntegramente, o en su mayor parte, la aportación fluvial de las épocas lluviosas del año para desaguarlo en estiaje.

e) *Proximidad al centro de consumo.* — El salto primero, que denominamos de Barázar, tiene su central a unos 30 Km. de Bilbao, centro industrial de Vizcaya. La central del salto siguiente, que se halla en estudio, estará mucho más próxima.

f) *Pureza de las aguas.* — Sobre las condiciones anteriores debe destacarse también, como de gran valor e interés, la pureza relativa de las aguas que resultan apropiadas para el abastecimiento de poblaciones.

5. Características del mercado eléctrico.

a) *Mercado de gran consumo.* — La región vasca es, por su condición industrial, una de las zonas españolas de mayor consumo de energía, zona que amplía las conexiones eléctricas con otras regiones.

b) *Insuficiencia de producción estival.* — Sin recurrir a demostraciones estadísticas, se comprueba la insuficiencia de la producción de energía estival española con las restricciones que ha sido necesario implantar, en mayor o menor escala, durante los veranos u otoños de los últimos años en casi toda España.

El sistema energético de la zona centroseptentrional, a pesar de la mejora con la unión de los saltos del Duero y del Cinca, resulta insuficiente en estío, lo que no remediará la construcción de los sucesivos saltos en aquel río. Aun siendo éstos magníficos como saltos de agua corriente, y aun estando muy mejorados por los desagües del pantano del Esla, no quedan regulados, y el problema de la producción estival irá agravándose con el aumento de consumo, especialmente después de absorbida la energía invernal de cada nuevo salto, a menos de encontrar colocación remuneradora a la energía invernal no regulada.

El problema es importante y grave, no sólo en España sino en otros países, incluso en los de mayor riqueza hidráulica.

c) *Gran distancia a los medios productores.* — Los principales aprovechamientos hidroeléctricos que abastecen dicha zona centroseptentrional están situados a centenares de kilómetros, de lo que se deriva, no obstante la calidad excelente de las instalaciones, un defectuoso aprovechamiento de las líneas de transporte en las horas de puntas o con amplias oscilaciones del voltaje y una mayor exposición del sistema eléctrico a averías e interrupciones del servicio.

III. DIRECTRICES DE NUESTRO PROYECTO

6. Características funcionales de los saltos.

Las características naturales y económicas que acabamos de destacar permiten marcar las directrices de nuestro proyecto y, en consecuencia, la estructuración de sus obras.

a) *Los saltos de agua pueden ser fuentes importantísimas de energía estival.* — La gran capacidad de los embalses en relación a las aportaciones fluviales permite, como hemos dicho, la máxima libertad del desagüe utilizable, anulándolo en las épocas lluviosas para su desembalse en las secas.

Deseamos destacar esta cualidad funcional de los saltos porque es, sin duda, la que marca de manera más destacada su interés para la economía energética española.

En nuestra Patria existen, como es sabido, escasas fuentes de energía hidráulica estival propiamente tales, y muchas de las disponibles deben asociarse a aprovechamientos de otro tipo, especialmente riegos.

Nos ha parecido de la máxima utilidad nacional tratar de convertir estos aprovechamientos en fuentes de energía estival o, cuando menos, habilitarlos para que puedan serlo.

b) *Salto de puntas y de socorro.* — La gran proximidad de estos saltos a su centro natural de consumo, la región vasca, y los grandes desniveles de aquéllos los faculta para que sean en invierno saltos de puntas y socorro.

En un sistema energético bien establecido, las líneas eléctricas largas deben transportar la base del diagrama de carga diaria, dando las puntas los saltos especialmente dotados y situados.

Por otra parte, la gran potencia instalada en nuestros saltos puede también habilitarlos como saltos del socorro para momentos de avería de otras fuentes o de las líneas de transporte.

Como las puntas requieren una cantidad de energía relativamente pequeña, quiere decirse que la superposición de este funcionamiento como salto invernal de puntas y socorro y el estival de reserva, producirá desagües invernales mucho más pequeños que en verano.

c) *Gran flexibilidad interna de explotación.* — Los saltos pueden explotarse como reservas estivales con gran desagüe en verano y muy reducido en invierno, para puntas, o también para producción uniforme de energía durante el año.

d) *Aprovechamiento para abasto de aguas.* — Con el doble funcionamiento indicado, cabe una utilización subyuntiva del agua, en el escalón del salto II, para captación de energía o abasto de agua.

7. El abastecimiento de aguas y necesidad de las del río Bayas.

Las necesidades del abastecimiento se estiman, según datos oficiales, en relación a una población de un millón de habitantes a que se supone llegará la de Bilbao y su comarca en un período de sesenta años.

La puesta en servicio del Ordiunte, hermosa obra de nuestro compañero D. Estanislao Herranz, con un suministro de 25 Hm.³ de agua al año, ha puesto de manifiesto, en opinión de las autoridades municipales bilbaínas, la necesidad de alcanzar la dotación de 500 l./habitante/día, lo que, habida cuenta de las pérdidas, exige un suplemento de unos 200 Hm.³/año.

Las disponibilidades hidráulicas con las aguas del Zadorra, Santa Engracia y Zayas en el año más seco,

aun teniendo en cuenta el efecto regulador de los grandes embalses proyectados, es de 178 Hm.³.

Pero si, como es del mayor interés, los saltos del Zadorra funcionan como fuente de energía estival y productores invernales de puntas o socorro, el volumen de agua utilizable para abastecimiento se reduce al 46 por 100, aproximadamente, del desagüe anual. En año seco, los recursos para abasto serían, pues, de 82 Hm.³/año, notoriamente inferiores a las necesidades.

Para remediarlo, en parte, hemos planeado la utilización de las aguas del río Bayas, que aumentan el agua y la energía disponible en un 45 por 100 aproximadamente.

8. La siderurgia bilbaína.

La factoría bilbaína de Altos Hornos precisa energía regulada durante el año y de factor de carga muy elevado.

Ya se aprecia, por tanto, que la solución que propugnamos con nuestros proyectos no está inspirada, aunque sería legítimo, en el interés de aquella empresa por procurarse una fuente de energía hidráulica amoldada a sus necesidades.

Con esta orientación las obras serían de coste mucho más reducido; bastaría un embalse, tercera parte del que proyectamos, con conducción de menor sección y una potencia instalada menor de la mitad de la que proponemos.

Conviene, pues, destacar que nuestro proyecto mira un interés más general, y sin prejuzgar la forma de explotación futura, hemos considerado que convenía proyectar las obras para que pudieran rendir los beneficios más dilatados al interés nacional.

Y justo es consignar que, no obstante el importante sobrecoste de las obras, esta orientación ha encontrado en todo momento apoyo y beneplácito en los gestores del asunto.

IV. LOS ELEMENTOS NATURALES

9. Cuencas alimentadoras.

A continuación transcribimos las superficies de las cuencas alimentadoras, distinguiendo las reguladas por embalses y las de captación libre (fig. 1.^a):

SUPERFICIE DE CUENCAS

a) Cuencas reguladas:	Parciales.	Totales.
Cuenca del Zadorra, Km. ²	273,6	
" " Santa Engracia, id.	132,4	
" " Bayas, id.	97,0	
		503,0

b) Cuencas libres:

	Parciales	Totales
Cuenca del Zayas, superior, Km. ²	60,0	
" " " inferior, id.	36,1	
		96,1
Totales Km. ²	599,1	599,1

LLUVIA ANUAL MEDIA

	Parciales.	Totales.
Cuenca del Zadorra	1,071 mm.	
" " Santa Engracia	1,378 "	
" " Bayas	1,369 "	
" " Zayas, superior	1,410 "	
" " " inferior	1,171 "	
Media ponderada.....	1,227 mm.	

10. Lluvias.

La riqueza de lluvias de estas cuencas puede apreciarse por los datos siguientes:

Estas lluvias se han deducido, en parte, de estaciones pluviométricas sitas en las mismas cuencas, y en

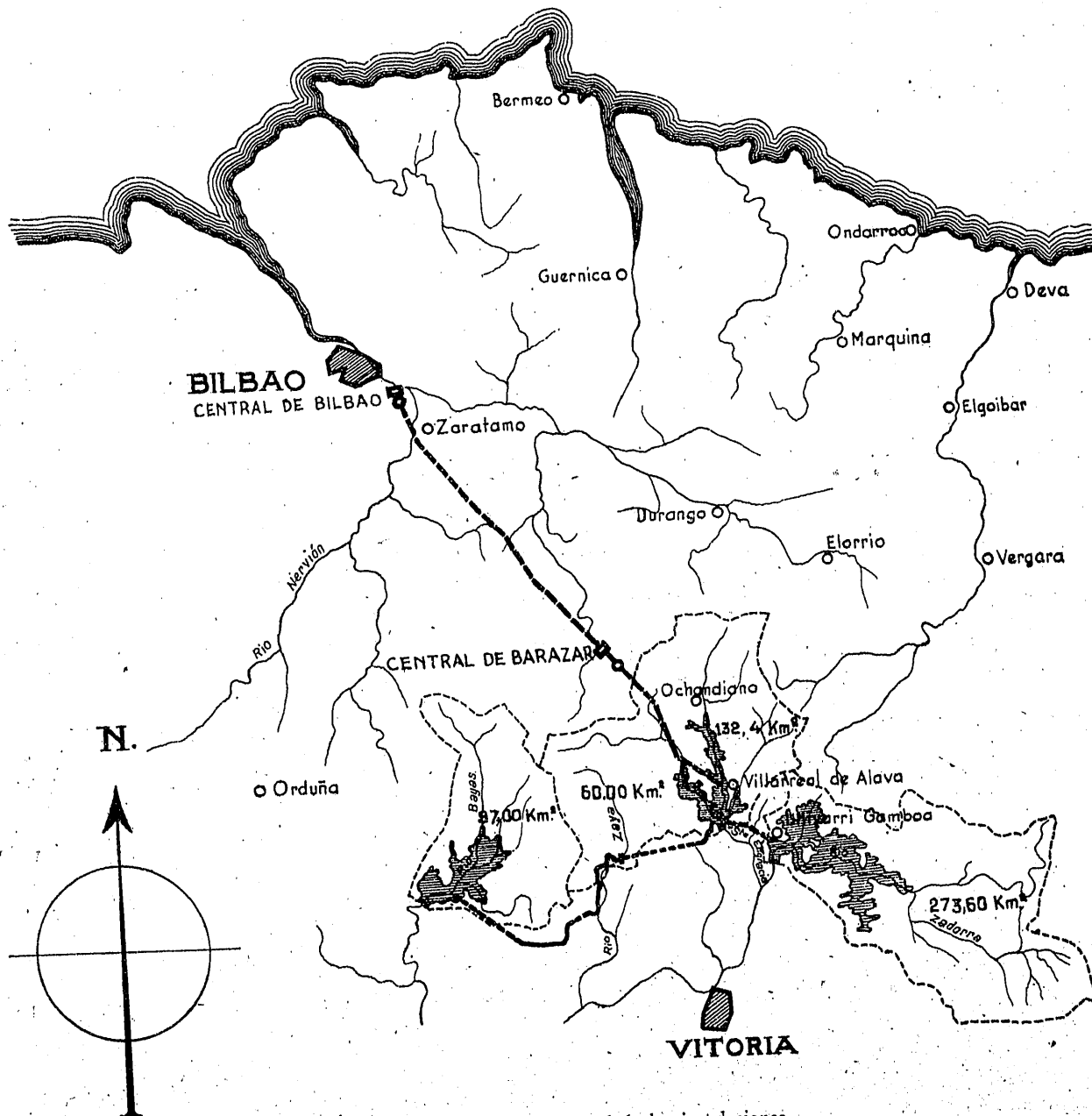


Fig. 1.ª — Plano general de las instalaciones.

parte, por correlaciones con las series pluviométricas largas del país vasco, de las cuales, la más interesante es la de Bilbao, que, completada por nosotros, abarca de 1895 a 1945.

La lluvia, en el año mínimo, es 0,581 de la media, y en el año máximo, 1,656 de aquélla.

Interesa especialmente al año hidráulico, y dentro de éste al período de octubre a mayo, ya que durante los cuatro meses restantes la aportación fluvial es muy reducida. La altura relativa mínima del octomestre invernal es 0,519, y la máxima, 1,598 de la media en dicho octomestre.

La oscilación de las alturas de lluvias en los octomestres de los diversos años, es de 2,85, y en los cuatrimestres, de 5,94.

11. Aportaciones fluviales.

Para el estudio de las aportaciones fluviales hemos utilizado los aforos practicados en sendos vertederos de aforo construídos en los ríos Zadorra y Santa Engracia, correlaciones con las aportaciones del río Ebro en Arroyo y con las lluvias de la serie larga bilbaína.

Como resumen del estado actual de nuestros estudios, presentamos el cuadro siguiente:

APORTACIONES NATURALES

	Año medio	Año mínimo	Año máximo
a) <i>Cuencas reguladas:</i>			
Zadorra y Santa Engracia, Hm. ³	245,5	138,1	472,5
Bayas, id.	94,7	53,2	182,2
<i>Sumas parciales, Hm.³ ...</i>	<i>340,2</i>	<i>191,3</i>	<i>654,7</i>
b) <i>Cuencas libres:</i>			
Zayas superior, Hm. ³	61,1	34,4	117,5
" inferior, id.	22,0	12,4	42,2
<i>Sumas parciales, Hm.³....</i>	<i>83,1</i>	<i>46,8</i>	<i>159,7</i>
TOTALES GENERALES, Hm. ³	423,3	238,1	814,4

Como puede apreciarse, las aportaciones mínimas y máximas son 0,561 y 1,92 de la media.

Las aportaciones captables de las cuencas libres están limitadas por la capacidad de las conducciones hidráulicas. Suponemos que la del Zayas superior utiliza el 0,80, 0,70 y 0,60 de las aportaciones anuales mínima, media y máxima, respectivamente, y la del Zayas inferior, 0,95, 0,85 y 0,65.

En consecuencia, resultan las siguientes:

APORTACIONES CAPTABLES

	Año medio	Año mínimo	Año máximo
a) <i>Cuencas reguladas:</i>			
Zadorra y Santa Engracia, Hm. ³	245,5	138,1	472,5
Bayas, id.	94,7	53,2	182,2
b) <i>Cuencas libres:</i>			
Zayas superior, Hm. ³	42,8	26,1	70,5
" inferior, id.	18,7	11,8	27,4
TOTALES, Hm. ³	401,7	229,2	752,6

En resumen, las corrientes de que se trata, como consecuencia de la elevada pluviosidad en sus cuencas, tienen coeficientes de escorrentía grandes y notable regularidad interanual, dentro de la escala española, lo que avalora su aprovechamiento hidroeléctrico.

12. Esquema geológico.

a) *Embalse del Zadorra y Santa Engracia.* — Los terrenos de estos embalses corresponden al infracretácico, el cual constituye la osatura general en que se apoyan las obras proyectadas.

Estos vasos se desarrollan, en general, en las margas arcillosas inferiores turónicocenomanense.

Afectada por la orilla norte de los embalses están las areniscas, psamitas y cayuelas, y nada debe temerse de ellas, y menos con el buzamiento meridional que poseen. Las margas arcillosas del núcleo de los vasos forma un recipiente completamente estanco, según informe de nuestro compañero, profesor de Geología de la Escuela de Caminos, D. Clemente Sáenz.

Del informe que ha emitido el Ingeniero de Caminos Sr. Abollado, de la Jefatura de Sondeos, la cual ha realizado éstos, también se deduce que los emplazamientos de las presas proyectadas son margas calcáreas del Turonense, tableadas en capas de poco espesor, con marga interpuesta y de magníficas condiciones de impermeabilidad, en todo caso, y de resistencia, para presas de las características de las proyectadas.

b) *El embalse del Bayas.* — El vaso está en terreno triásico y cretáceo, existiendo no pocos asomos ofíticos que aseguran una impermeabilidad perfecta.

El emplazamiento de la presa es estrecho y está constituido por bancos calizos de suficiente potencia e importancia. Son del cenomanense y se presentan casi verticales en el estribo derecho, y cada vez más inclinados en el izquierdo, con evidente resistencia mecánica.

La entrada de filtraciones posibles queda limitada a una estrecha faja inmediata al paramento de aguas arriba, que, en último extremo, sería fácil de inyectar.

El vaso, sin otras salidas posibles, es impermeable. También es de nuestro compañero D. Clemente Sáenz el informe geológico sobre este embalse.

c) *Conducción principal.* — La conducción principal comienza en margas calizas del cenomanense superior con alguna veta pizarrosa intercalada. En las proximidades del pozo 4.º se localizó, perfectamente, mediante sondeos, el contacto de la zona arenisca con la caliza.

En sentido de la corriente, se pasa luego al aptense, con alternativas de caliza, psamitas y margas, volviendo a terrenos de este tipo en la chimenea de equilibrio.

La extensión de la zona caliza es de pequeña importancia, y de notar, que los sondeos no han acusado afloje ni oquedades que indiquen paso importante de agua.

V. LAS OBRAS DEL SALTO DE BARÁZAR

13. Obras de captación y embalse.

El embalse del Santa Engracia, del que toma la conducción principal, está unido al del Zadorra mediante una conducción forzada, de sección circular, de 2,50 metros de luz y 3,551 m. de longitud, más corta y profunda que la de los proyectos anteriores. Al del Bayas se enlaza por una conducción de nivel libre de 6 m.³/s. de capacidad. Su trazado esquiva el asomo triásico de Vitoriano, contorneándolo. Para compensar y aprovechar el aumento de longitud que resulta, efectuamos en ruta las captaciones del Zayas superior e inferior (fig. 2.ª).

De este modo esa conducción se utiliza tanto en invierno con tales captaciones, como en verano con los desagües del embalse del Bayas.

14. Estudio dimensional de los embalses.

La capacidad de los embalses se ha fijado previo su estudio dimensional, analizando en una amplia serie de años diversas capacidades y los desagües regulados correspondientes, ya uniformes, ya de preponderancia estival.

Así resultan para capacidad útil conjunta de los embalses del Zadorra y del Santa Engracia, 200 Hm.³, y para el del Bayas, 95 Hm.³, o sea, en total, 295 Hm.³. Para lograrlo hemos procurado aprovechar lo mejor posible los vasos disponibles, eligiendo emplazamientos bajos para las presas, tomas profundas y aliviaderos con cierres móviles.

Los niveles máximos de dichos embalses están a las cotas 546 y 610, respectivamente.

15. Presas.

Para las presas del Zadorra y del Santa Engracia, que tienen longitudes algo mayores de 450 m. y alturas de 36 y 31 m., proponemos el tipo de contrafuerte de cabeza redonda (figs. 3.ª, 4.ª y 5.ª).

Este ofrece gran facilidad de evacuación del calor de fraguado y es menos propenso que el de gravedad a la formación de las temibles grietas longitudinales. Tampoco es sensible a la subpresión; resulta sumamente resistente a las heladas y presentan mejores condiciones de estabilidad al deslizamiento, talón de Aquiles de las presas de gravedad.

Se obtiene, además, una economía en el cubo de obra, pues los 264 000 m.³ del conjunto de ambas, con tipos de gravedad, queda reducido a 183 000 m.³ con el de contrafuertes, de modo que se ahorra el 31 por 100.

La presa del Bayas, más corta que las anteriores, se proyecta de gravedad con planta recta. Tiene 36 m. de altura y un cubo de fábrica de 73 000 m.³ (figuras 6.ª y 7.ª).

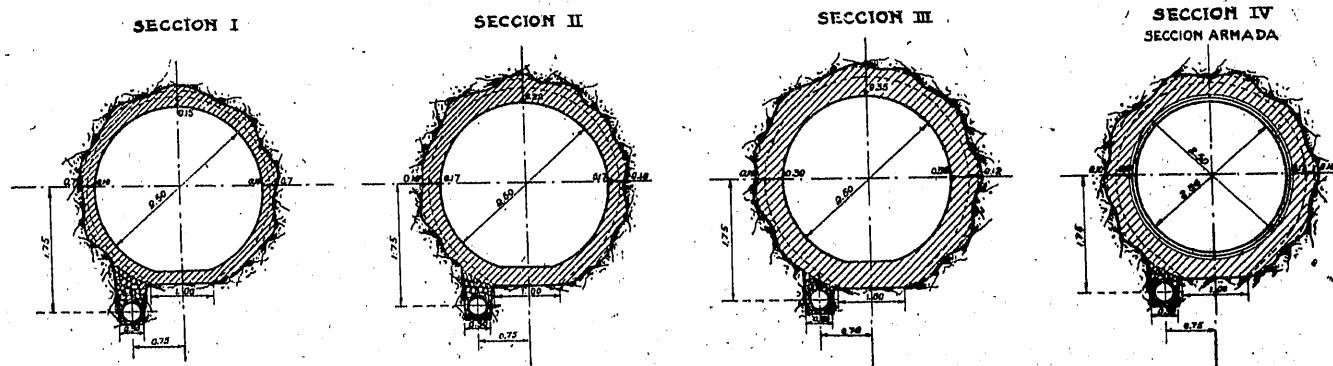


Fig. 2.ª — Galería de comunicación de los embalses del Zadorra y Santa Engracia. Secciones tipo.

16. Aliviaderos y cuencos amortiguadores.

La gran amplitud de los valles en los emplazamientos de las presas y la situación y resistencia de la roca de cimiento, hacen sumamente adecuado disponer verederos en la parte central de aquéllas.

Para elevar el nivel de la corriente lenta al pie y asegurar la formación del resalto, hemos adoptado el seguro método del contraazud.

El pie de las presas lo protegemos con solera corta de bordillo curvado, ya que nuestro propósito es simplemente lograr un dispositivo eficaz y duradero.

Los cuencos quedan limitados lateralmente por muros de fábrica, que arrancan normales a la presa y se prolongan con planta abocinada.

Los caudales de avenida que podrán evacuarse por las presas de Zadorra, Santa Engracia y Bayas son de 570, 406 y 350 m.³/s., respectivamente, sin rebasar los niveles normales máximos de los embalses.

17. Conducción hidráulica principal.

Los saltos de puntas y de socorro exigen una rápida puesta en marcha. Para lograrlo, la conducción hidráulica debe ser forzada, que da la máxima libertad de explotación con pérdidas mínimas de carga y de caudales.

De los reconocimientos geológicos practicados, de los sondeos efectuados, incluso de la parte ya abierta

de pozos y galerías, parece deducirse que el terreno tendrá la resistencia necesaria e impermeabilidad su-

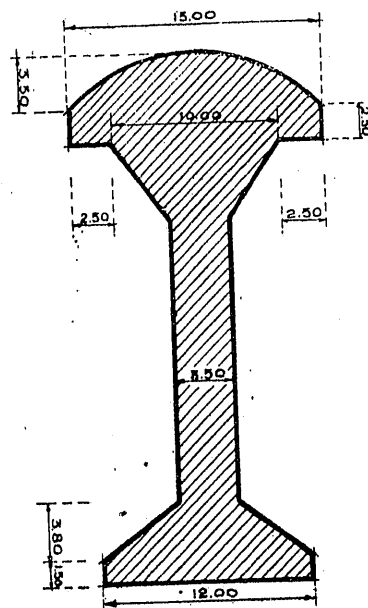


Fig. 4.ª — Presa de Ullivarri. Planta de un contrafuerte.

ficiente para apoyar una obra de esta naturaleza, no obstante su longitud considerable de 12 502 m.

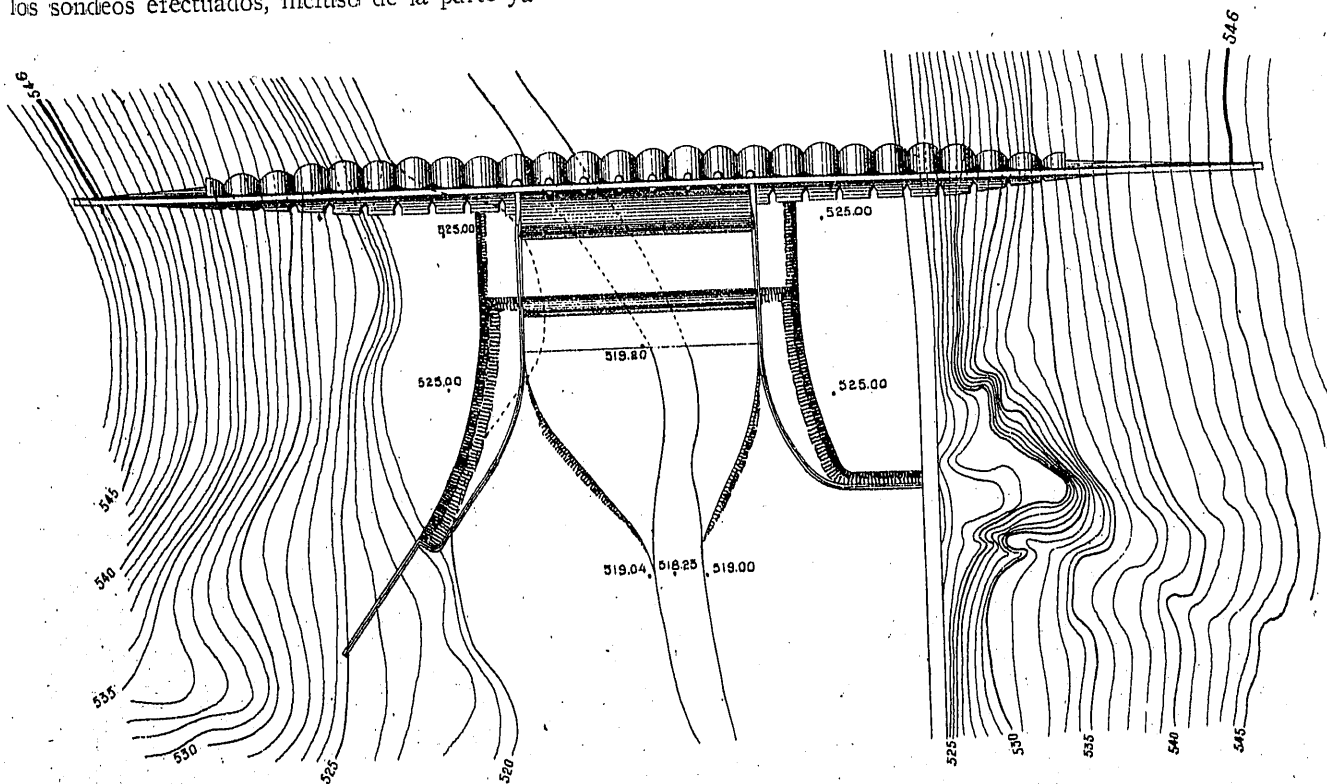
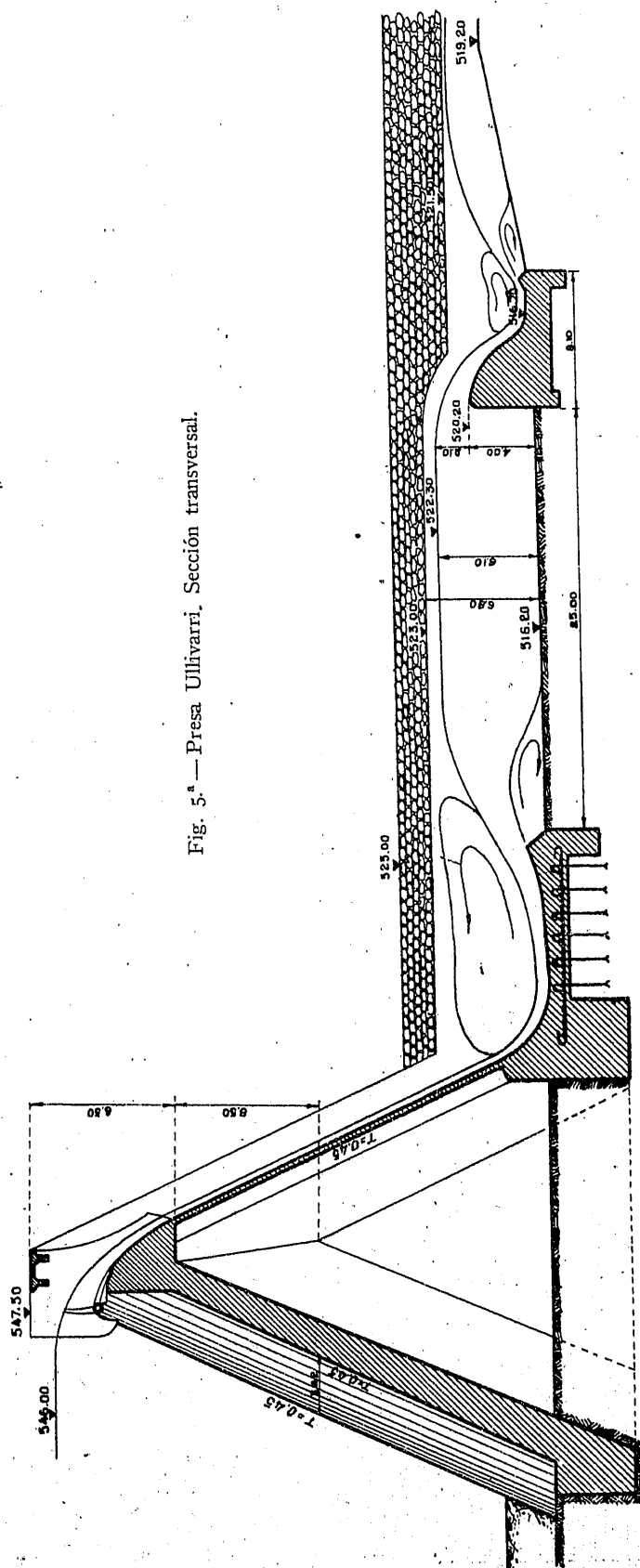


Fig. 3.ª — Presa de Ullivarri. Planta general.

Fig. 5.ª — Presa Ullivarri. Sección transversal.



Su capacidad la hemos fijado, tras numerosos tanteos, en $54 \text{ m}^3/\text{s}$, lo que exige, con sección circular y diámetro de 4,25 m. de luz, una pendiente de 2,786 por 1 000. El cálculo de la pérdida de carga se ha hecho por la fórmula de Strickler con un coeficiente de 77 (fig. 8.ª).

Las presiones máximas en el eje de la galería son 14 m. en la toma y 50 m. en la chimenea de equilibrio.

Se trata, pues, de una conducción forzada de presiones medias bajas.

Para amoldarse a las distintas clases previsibles de terrenos, hemos proyectado seis secciones-tipos: la I, II, II bis y III, tienen revestimientos de hormigón con espesores de 0,20, 0,32, 0,37 y 0,55 m., y se emplearán para rocas prácticamente impermeables. La sección IV tiene camisa de hormigón armado colocada después de ejecutado el revestimiento de hormigón, y es aconsejable para rocas de cierta permeabilidad o escaso recubrimiento de terreno (fig. 9.ª).

Por último, la sección V, con coraza de palastro, deberá emplearse en zonas en que sea preciso evitar toda filtración, necesidad poco probable en nuestro caso.

El bocal de toma consiste en un abocinamiento de la galería que termina en una sección muy amplia con rejilla. La toma será obturable mediante una válvula de mariposa, de 4,25 m. de diámetro, accesible y accionable desde un pozo seco.

Para reducir el plazo de construcción se proyectan once pozos de ataque, que, con las bocas extremas, producirán 24 frentes. Su profundidad varía de 30 m. a 96 m.

Ya se comprende que esta galería es la parte más delicada del proyecto, y su construcción exigirá gran atención.

18. Chimenea de equilibrio.

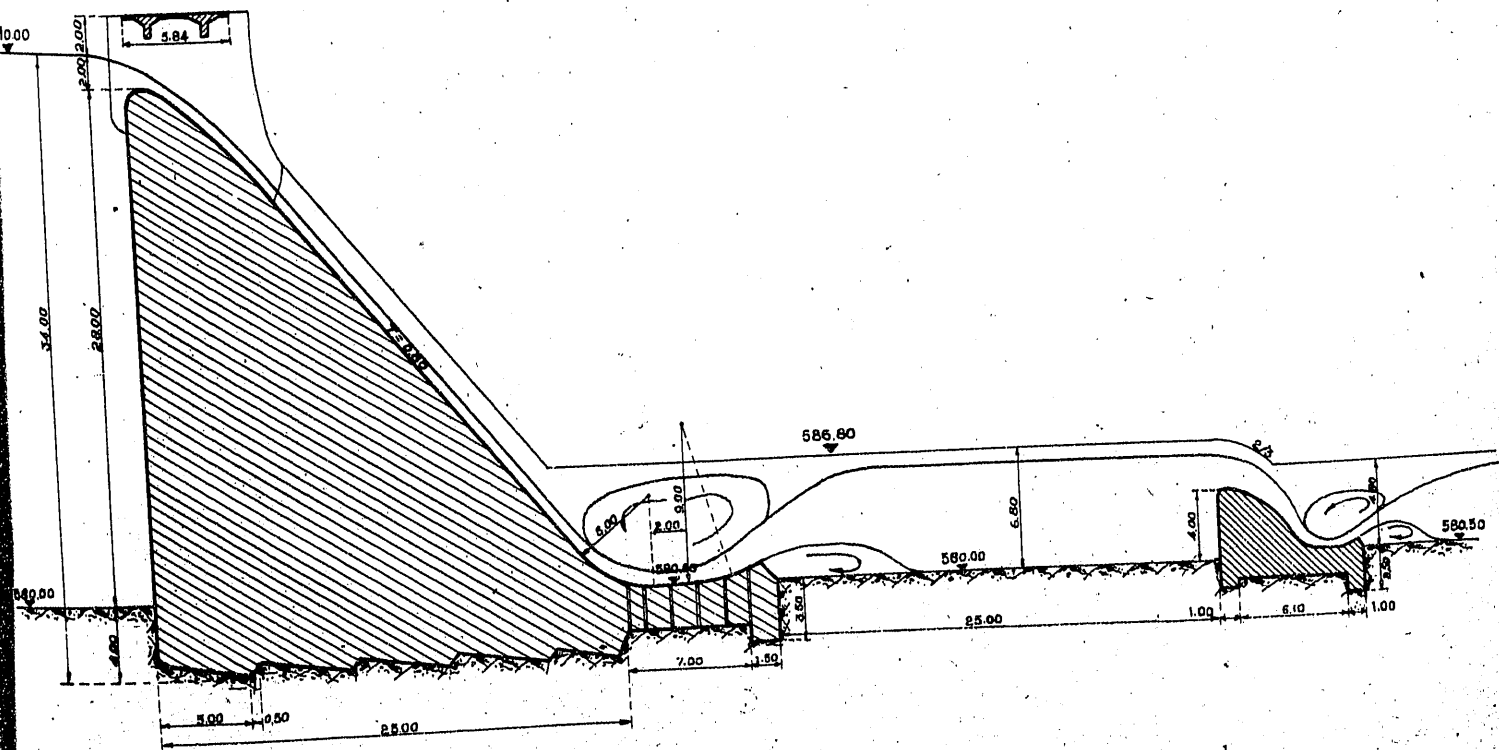
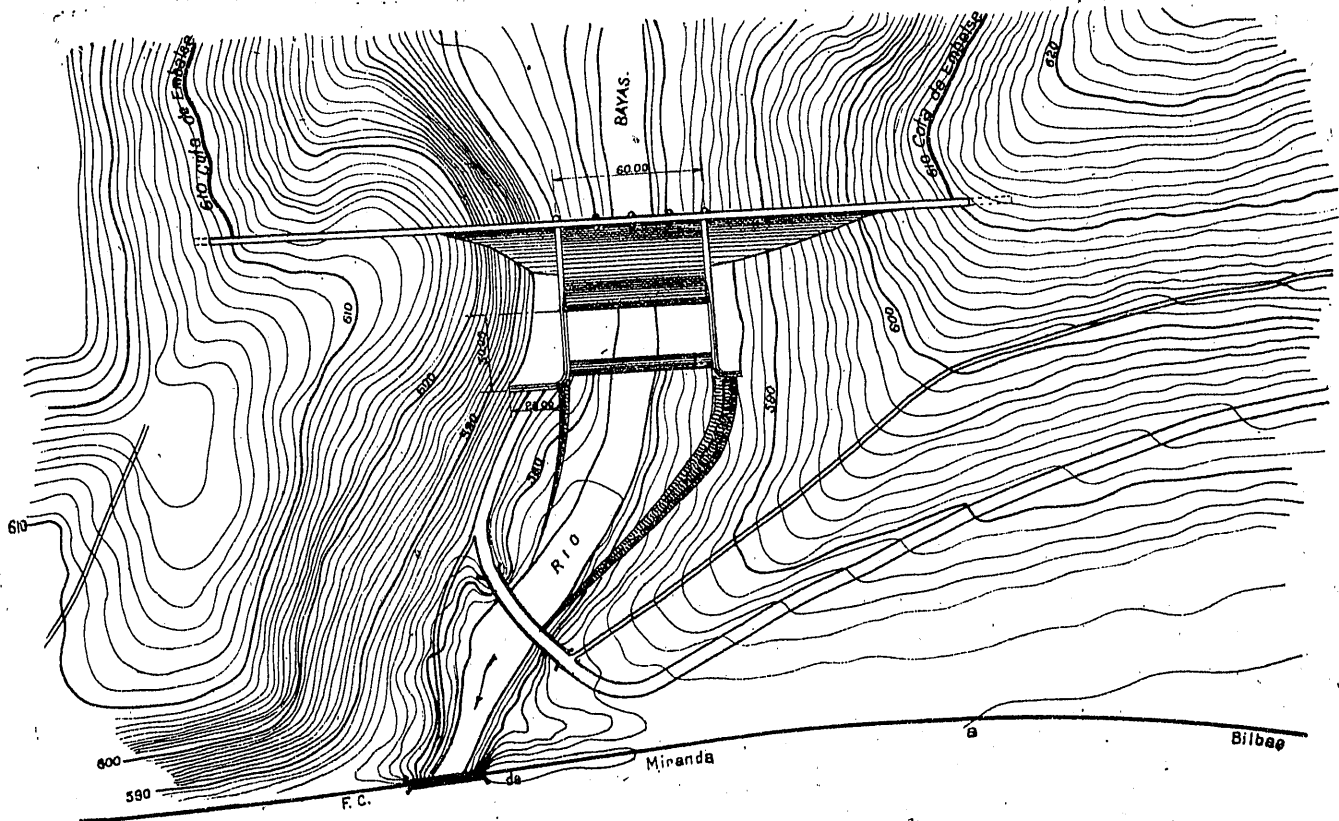
La chimenea de equilibrio se ha calculado para cierres y aperturas instantáneas de la totalidad de la carga.

Se compone de un pozo vertical de 9 m. de diámetro que llena la condición de regulación con un coeficiente de seguridad de 4.

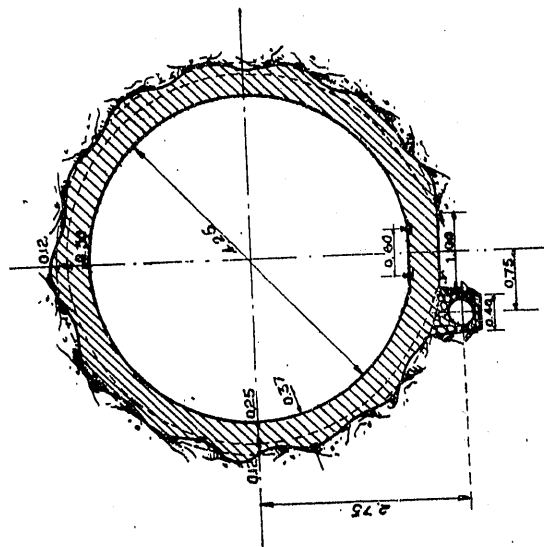
La cámara superior tendrá un volumen de 3 000 metros cúbicos repartidos en dos cámaras radiales de 100 m. de longitud cada una, 6 m. de anchura y 2,50 metros de profundidad. El aliviadero está al nivel 546 m. de embalse máximo.

Para la apertura instantánea se dispone una cámara inferior, circular, de 5,82 m. de diámetro, de 186 m. de longitud y con su eje a la cota 502,08 m.

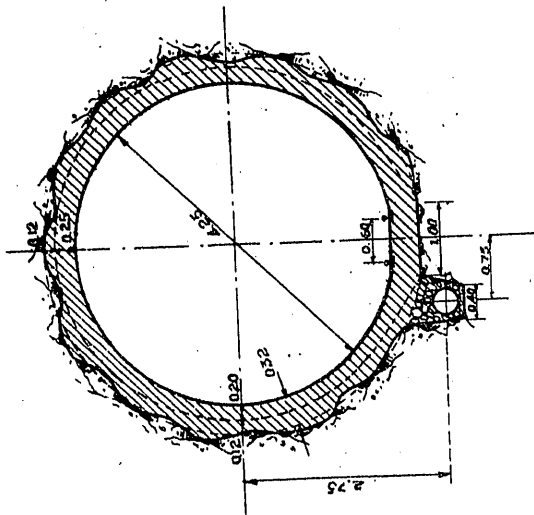
Esta cámara queda siempre debajo del nivel mini-



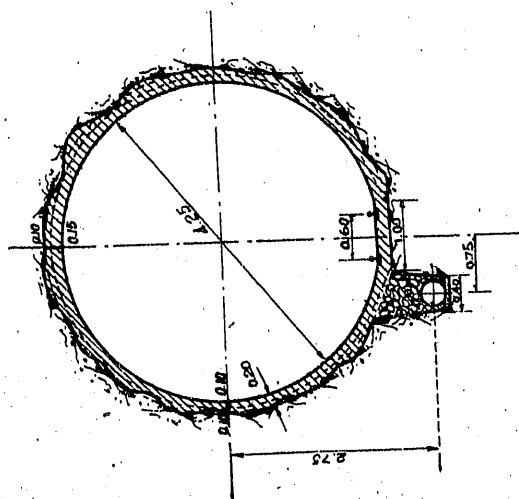
SECCION II^{ta}
REFORZADA
ROCA BLANDA SANA.



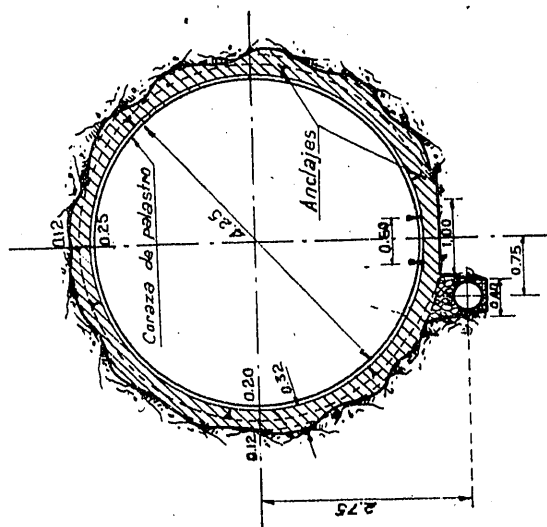
SECCION I
ROCA BLANDA SANA.



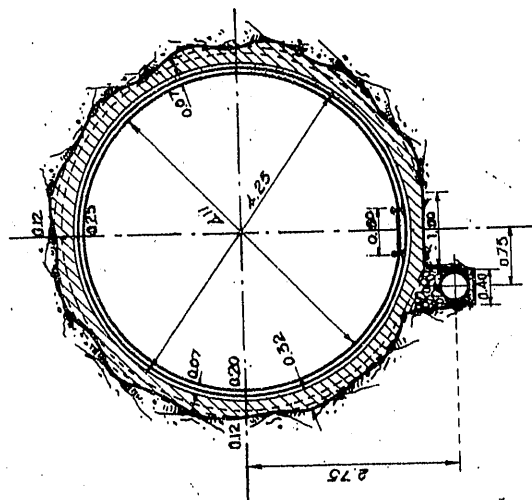
SECCION I
ROCA DURA.



SECCION V
SECCION CON CORAZA
INTERIOR DE PALASTRO



SECCION IV
SECCION ARMADA



SECCION III
ROCA BLANDA FISURADA

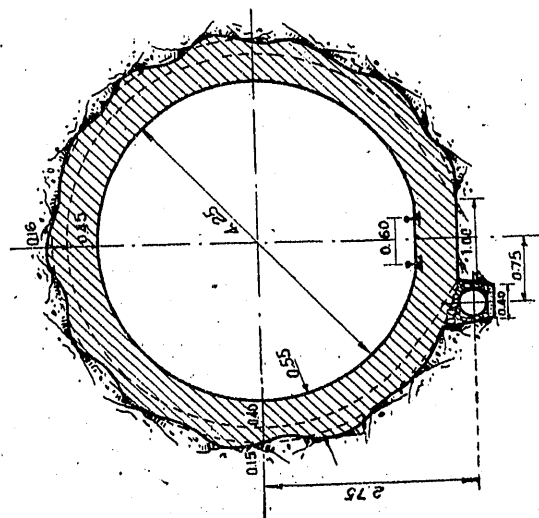


Fig. 9.^a — Secciones tipo de la galería forzada principal.

mo del agua en la chimenea, aun para el inferior del embalse y la total descarga instantánea.

En el cálculo de la chimenea se ha utilizado un coeficiente de Strickler de 75.

19. Tubería forzada.

El caudal de 54 m.³/s. que puede conducir la galería forzada se distribuye en dos tuberías iguales, de palastro, montadas al exterior con diámetros decrecientes de 2,60 m. a 1,80 m., y espesores crecientes de 10 a 36 mm.

La longitud total de la tubería es de 1 374 m.

Cerca de la central cada tubo se bifurca de modo que alimente a dos grupos.

20. Central hidroeléctrica.

En la central hidroeléctrica se montarán cuatro grupos iguales, enlazados cada uno a su correspondiente transformador elevador.

Las turbinas serán de tipo Francis para trabajar con saltos de 266 m. a 340 m., caudal máximo de 13,33 m.³/s. y potencia de 47 000 a 56 000 CV. La potencia total máxima de la central en servicio será, en números redondos, de 175 000 CV. Habida cuenta de la forma de funcionamiento del salto, no se prevé grupo especial de reserva.

Los alternadores, directamente acoplados a las turbinas, tendrán cada uno una capacidad de 42 000 KVA.

Los transformadores elevarán la tensión a 132 KV.

Para emplazamiento de la central se ha elegido el ángulo de confluencia del arroyo de Barázar con el río Arratia.

21. Línea eléctrica.

Se prevé la construcción de una línea eléctrica a Baracaldo, pasando por Larrasquitu, de 33,8 Km. de longitud a 132 KV.

Se construirá sobre postes de acero en celosía, de 16,65 m. de altura, con vano normal de 250 m. y máximo de 480 m.

Se prevén conductores de cobre de 160 mm.² de sección, lográndose una regulación de voltaje ± 5 por 100.

Los aisladores serán de cadena, con ocho elementos en el poste normal y diez en los de anclaje.

VI. EXPLOTACIÓN

22. Caudales utilizables.

Habida cuenta del efecto regulador de los embalses, de los volúmenes reservables para los usuarios de la cuenca del Ebro y de las pérdidas, resultan en el salto de Barázar, según el estado actual de nuestros estudios, los siguientes:

CAUDALES UTILIZABLES

	Año medio	Año normal	Año mínimo
Zadorra y Santa Engracia, Hm. ³ /año	189,0	202,2	152,2
Zayas superior, id.	39,0	40,6	26,1
Bayas y Zayas inferior, id. ...	94,2	99,4	79,0
Totales Hm. ³ /año.....	332,2	342,2	257,3

Deseamos advertir que no hemos considerado utilizable los caudales que exceden de la aportación correspondiente al año medio, suponiéndolos vertidos por los aliviaderos.

23. Desniveles del salto de Barázar.

El nivel superior del salto de Barázar varía con el del embalse del Santa Engracia, desde el máximo de explotación a la cota 546, al 533,15 mínimo utilizable de plena carga, siendo el nivel medio correspondiente al centro de gravedad del embalse el 540,35.

Previsto un contraembalse, que afecta al desagüe de la central, el nivel inferior del salto tiene las variaciones correspondientes entre el 212 y el 206.

Los saltos brutos son, pues: el máximo, de 340 m.; el medio, de 330,35 m., y el mínimo, de 321,15 m.

Las pérdidas de carga en la conducción total, desde el bocal de entrada en la galería forzada hasta la entrada en las turbinas, para diversos caudales, son las siguientes:

Caudal . .	0	10	20	30	40	54 m. ³ /s.
Pérdida de carga . .	0	1,874	7,502	16,881	30,012	54,699 m.

Resulta, en consecuencia, que los saltos netos variarán entre 340 m., como máximo, y 266,45 m., como mínimo. El salto global medio neto es de 305,80 m.

En la figura 10 representamos la variación de saltos netos para diversos caudales y niveles del embalse.

24. Potencia normal máxima.

Es la que corresponde al caudal normal máximo de $54 \text{ m}^3/\text{s}$, habida cuenta de los rendimientos de las máquinas (0,85, turbinas; 0,95, generadores, y 0,97, transformadores).

En la figura 11 representamos las potencias efectivas en eje de turbinas para diversos niveles en el embalse y contraembalse, y caudal máximo de $54 \text{ metros cúbicos por segundo}$.

Como puede apreciarse, la variación de potencias

de la instalación es relativamente reducida, por serlo también la oscilación del embalse en relación a la altura del salto, lo que representa una nueva cualidad preciosa para éste.

25. Energía anual aprovechable.

La consideramos, como es habitual, medida en el cuadro de central, o sea en bornas de generadores.

Teniendo en cuenta los rendimientos dichos, un

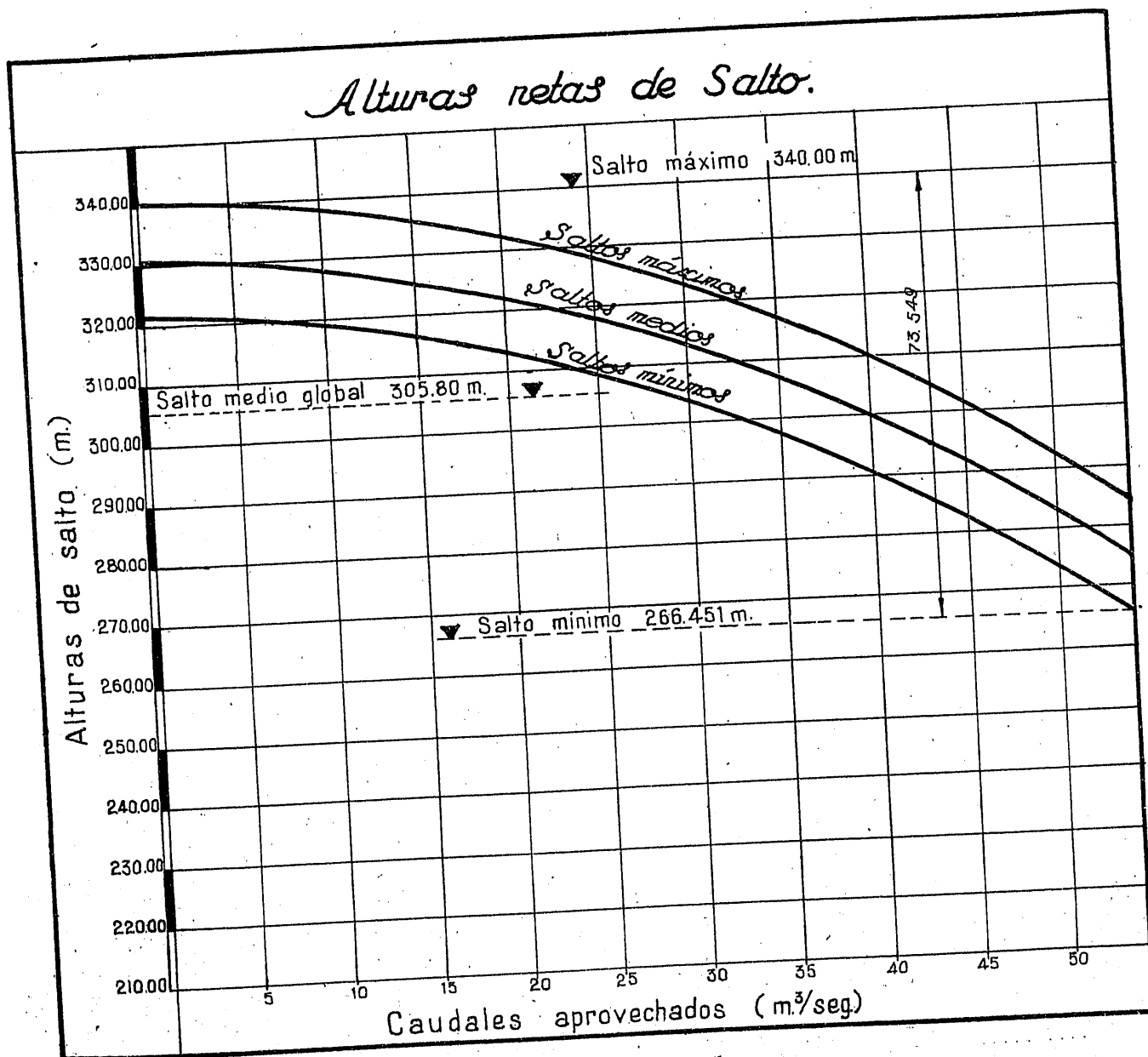


Figura 10.

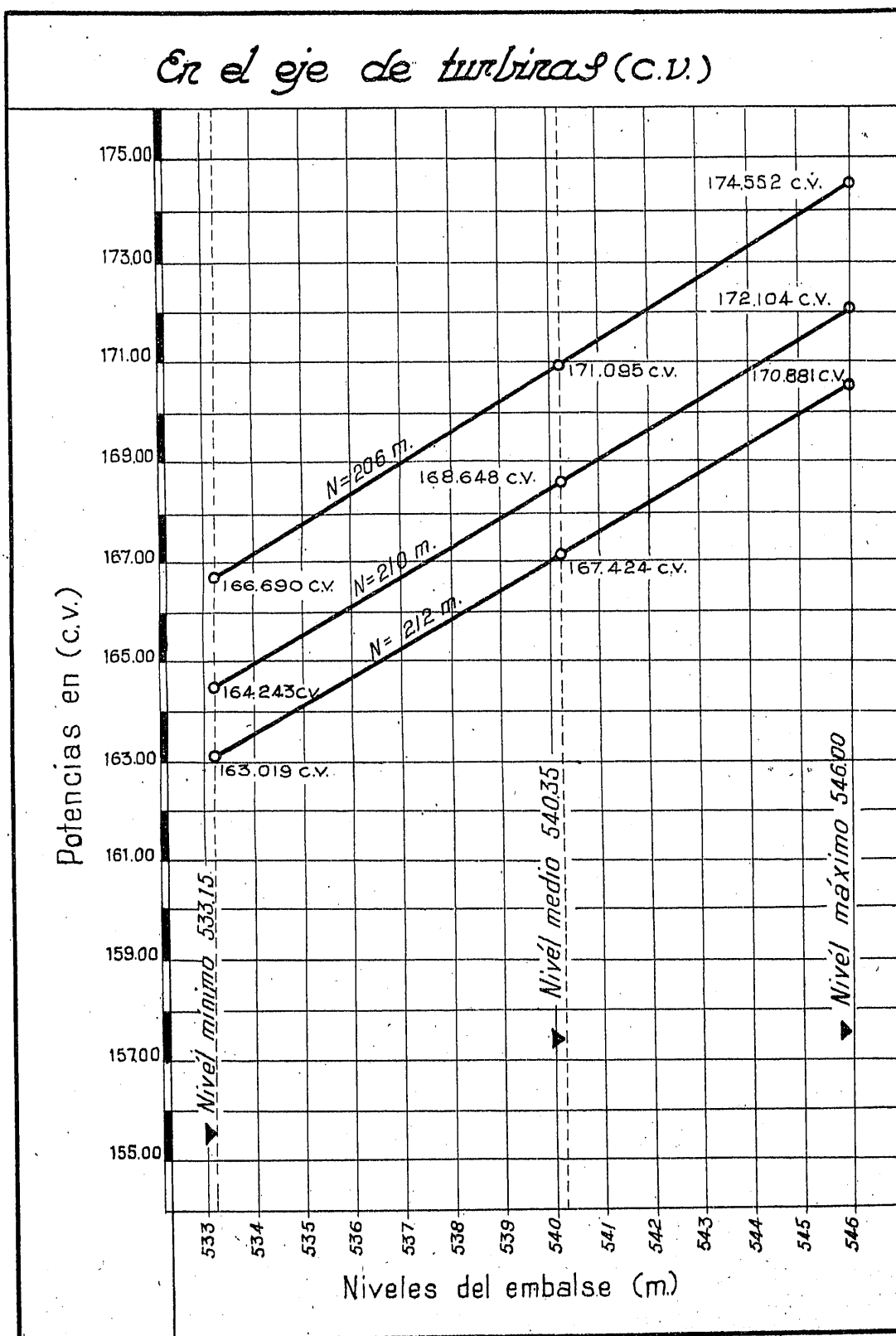


Figura 11.

KW.-h. efectivo equivale a 454,5 Tm., obteniéndose, redondeando cifras, las siguientes masas de:

a) Energía anual del salto de Barázar:

Año medio	=	220	$\times 10^6$ KW.-h.
" normal	=	230	" "
" mínimo	=	170	" "

b) Energía anual del salto II.

Año medio	=	130	$\times 10^6$ KW.-h.
" normal	=	135	" "
" mínimo	=	100	" "

c) Energía estival del conjunto de ambos saltos.

Dada la forma de explotación supuesta, la energía estival, 80 por 100 de la anual, será:

Año medio	=	280	$\times 10^6$ KW.-h.
" normal	=	300	" "
" mínimo	=	220	" "

apreciándose la considerable capacidad productora de energía estival de estos aprovechamientos si se compara con fuentes españolas.

26. Horas de utilización del salto de Barázar.

La potencia correspondiente al salto medio global neto es de 85 000 KW.

En relación a ésta, las horas de utilización anual en los años medio, normal y mínimo, son de 2 590; 2 706 y 2 000 horas, y para el servicio estival, durante el semestre correspondiente, de 2 070, 2 160 y 1 600 horas, lo que está sensiblemente de acuerdo con el tipo de 1 800 a 2 000 horas que se adopta ordinariamente para este género de saltos.

Si el cálculo se repite respecto a la potencia máxima o, lo que es equivalente, se relacionan los caudales anuales utilizables (22) con el normal máximo del salto, resultan en los años indicados las duraciones de 1 710, 1 760 y 1 320 horas, y en los semestres estivales, las de 1 370, 1 410 y 1 060 horas, en números redondos.

27. El abasto urbano.

La calidad de las aguas ha sido estudiada por el Dr. Manzanete, Jefe del Laboratorio de Técnica Sanitaria de la Escuela de Caminos, que las califica de "esencialmente potables".

Respecto a cantidad, supuesto la explotación dicha, es decir, con desagüe del 80 por 100 en verano y del 20 por 100 en invierno, y estimada la variación estacional de consumo en verano sobre la de invierno en un 30 por 100, el volumen anual aprovechable para abastecimiento sería de 120 Hm.³ en el año mínimo.

Para el millón de habitantes imaginado dentro de

sesenta años, resulta una dotación, por habitante y día, de 330 litros, que, sumada a la que proporciona el Ordunte, de 69 litros, da un total de 400 litros por habitante y día, sin contar pérdidas en la distribución, cuyo total es, como se aprecia, inferior a la pretendida, no obstante el importante refuerzo que procura el Bayas.

VII. VARIOS

28. Disposiciones administrativas.

Las obras correspondientes a la concesión del Zadorra, Zayas, Anguelu y Arlabán han sido declaradas de absoluta necesidad nacional por Orden del Ministerio de Industria y Comercio de 26 de noviembre de 1946.

El proyecto de Instalaciones Auxiliares, de nuestro proyecto constructivo, ha sido aprobado por el Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Obras Hidráulicas, por Decreto de 26 de diciembre de 1947, en el que se le otorgan también los beneficios del procedimiento de urgencia para la expropiación forzosa.

El proyecto de desviación de las carreteras afectadas por los embalses del Zadorra y del Santa Engracia ha sido aprobado con fecha 24 de julio de 1947 por la Excm. Diputación Foral de Álava.

29. Ejecución de las obras.

Las obras del salto de Barázar han sido contratadas con las Empresas siguientes:

Las desviaciones de caminos, con Construcciones Uriarte, S. A. (Vitoria), y con Obras y Construcciones, S. A. (Madrid).

Las galerías forzadas, tanto la principal como la de comunicación de los embalses del Zadorra y Santa Engracia, con Construcciones Civiles, S. A. (Madrid).

La ejecución de ambas presas se ha concertado con Arregui Constructores, S. A. (Bilbao).

30. Personal.

En la redacción de estos proyectos han trabajado con inteligencia y celo nuestros compañeros D. Jerónimo Sanz y D. José Álvarez Cienfuegos, así como los jóvenes y también Ingenieros de Caminos, señores Cariñena, Fernández Castanys, Fernández Renau, Corro, Llansó y Olivares.

Es Ingeniero Jefe de Obras, el de Caminos don Emeterio Cuadrado, prestando igualmente su colaboración en ellas los de la misma especialidad D. Francisco Ruiz de Velasco y D. José Antonio García-Diego.