

LAS GRANDES PRESAS EN ESPAÑA

SINTESIS 1967

Dr. Ing. C. C. P. J. TORAN
M.I.C.E., F.A.S.C.E., C.I.C.F., I.E.U.
Presidente del Comité Español y Vicepresidente
de la Comisión Internacional de Grandes Presas.

Por tercera vez, la centenaria REVISTA DE OBRAS PUBLICAS, órgano de los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de España, pone a disposición de nuestro Comité Nacional la edición de un número extraordinario dedicado esta vez al IX Congreso Internacional de Grandes Presas, que tendrá lugar en Estambul a primeros de septiembre. Con ello, el Comité español dispone de una nueva oportunidad para presentar ante la técnica interesada del mundo entero, un sumario de la actividad nacional moderna en el campo de las grandes presas; es ésta demasiado importante para poderla concentrar en el estrecho marco que nos brinda la cuota oficial de informes de la Comisión Internacional, pese a correspondernos cuota máxima en función del número de presas ya construidas.

El contraste de las versiones anteriores de estos informes extraordinarios con el actual, pone de manifiesto la permanente preocupación del Comité de ceñir su índice a los temas de interés actual. En esta ocasión se ha efectuado un cribado cuidadoso de la gran cantidad de material recogido, para publicar solamente aquellos trabajos en los que realmente se refleja la técnica española de grandes presas durante los tres últimos años.

Conforme decíamos al presentar el número extraordinario de la REVISTA DE OBRAS PUBLICAS, correspondiente al Congreso de Edimburgo, es el conjunto de la edición lo que debe considerarse como el informe de síntesis que la Comisión Internacional solicita y recomienda para presentar las experiencias nacionales y analizar las tendencias vigentes en cada país. En estas circunstancias, la Síntesis 67 que ofrecemos, puede liberarse de la reiterativa exposición de sumarias descripciones de las realizaciones más importantes; este cometido se confía a los artículos monográficos que sobre ellas se incluyen en el volumen conjunto.

Por otra parte, en esta ocasión disponemos de dos publicaciones extraordinarias también, dedicadas al Congreso de Estambul, una del "Boletín de Información del Ministerio de Obras Públicas" y otra del "Boletín del Servicio Geológico" del propio Ministerio; la primera dedicada a describir los aspectos más característicos de las presas actualmente en construcción, y la segunda, en relación con los problemas geológicos planteados por aquéllas. En consecuencia, nos es posible extendernos en una revisión de los factores que solicitan en España la construcción de grandes presas. La conclusión general es altamente optimista para los ingenieros que centran su vocación en esta especialidad. En nuestro país se refleja con especial acento, cual corresponde a su posición entre los países monitores de la construcción de grandes presas, una tendencia creciente en todos los aspectos. El número de presas en construcción aumenta, y también los requerimientos que las solicitan. El mundo está empeñado en la gran batalla del agua, cuya victoria ha de satisfacer las necesidades crecientes en todas sus funciones clásicas, y también la demanda de nuevas utilizaciones, que cada día inciden con mayor fuerza sobre el problema; es suficiente, como prueba, recordar que el Ocio y la Guerra han de considerarse como nuevos grandes clientes del agua.

La comparación entre las cifras que incluíamos en la Síntesis 64 [1], proveniente del Registro Mundial, y las actuales, fruto de un recuento directo efectuado por el Comité [2], es la siguiente:

	1964	1967	Δ
Presas terminadas	287	323	36
Presas en construcción	57	107	50
	344	430	86

No cabe atribuir todas las presas que aparecen como terminadas a resultados del trienio pasado; algunas son meras omisiones en los datos del Registro Mundial 63. Por otra parte, el concepto "presa terminada" es un tanto vago, sobre todo en relación con obras construidas por el Estado, en las que la terminación tiene un reflejo administrativo. Muchas de las presas que oficialmente figuran en construcción, por no haberse cerrado todavía su expediente, se encuentran, realmente, en explotación. También existen presas previstas para la explotación hidroeléctrica que, aunque ultimadas y útiles a efectos hidráulicos, están pendientes del montaje de la central. De ello se deduce que el número de presas en explotación queda supeditado al criterio de quien lo formule. Por nuestra parte, entendiendo que una presa está terminada cuando puede embalsar el agua a su nivel máximo, nos pronunciamos sobre la cifra de 375 como número de presas en explotación en España, en el momento de escribir estas líneas, a mediados del año 1967.

Comparar esta cifra con la de 344 presas que dábamos en la síntesis anterior, nos lleva a la conclusión de que se han venido terminando en el último trienio 10 presas por año. Esta cifra, en relación con la de presas que quedan en construcción, después de haber extraído de la cifra básica las que están en explotación real, permite calcular un plazo de cinco años, como media, para la construcción de una presa. Este plazo puede parecer excesivo, pero hay que entenderlo en relación al importante colectivo del cual se desprende.

La construcción de presas en España corresponde a un auténtico empeño nacional, que alcanza desde las grandes empresas hidroeléctricas, para las cuales el plazo de construcción es decisivo en la viabilidad económica de la obra, a los organismos locales con exiguas disponibilidades financieras, que también contribuyen, con cadencia mucho más lenta, en la construcción de presas de interés a largo plazo, normalmente agronómico.

Los resultados que nos presentan las presas españolas son los siguientes:

- a) 8 millones de kW de potencia hidroeléctrica ya instalada, que se convertirán en 10 millones cuando se remate el programa en curso (la tasa de crecimiento registrada en el año 66 ha sido de 500 000 kW, y mantiene una tendencia creciente). Potencia termoeléctrica: 3 500 000 kW instalados. Producción total de energía hidráulica y térmica, en 1966: 38 000 GWh [2].
- b) 28 000 Hm³ de capacidad de embalse (900 m³/habitante).
- c) Aproximadamente dos millones y medio de hectáreas en regadío.

Es lógico que esta cosecha, fruto de las grandes presas, impregne la conciencia nacional y, en consecuencia, España dedique a las obras hidráulicas una inversión que, integrada por los sectores oficial y privado, se acerque al 2,5 por 100 de la renta nacional y supere el 20 por 100 del presupuesto del Estado.

Si comparamos las presas absolutamente terminadas con las presas en construcción, en relación con su capacidad de embalse, encontramos que la cifra media, la eficacia volumétrica, ha pasado de 70 a 160 Hm³.

	Número de presas	Capacidad — Hm ³	Hm ³ /presa
Terminadas	323	22.300	70
En construcción	107 100 (*)	16.080	160

(*) Datos disponibles.

Esta cifra es altamente significativa en cuanto a la eficacia volumétrica de las presas modernas, y cobra todo su valor si se tiene en cuenta que las cerradas que actualmente se equipan son, en principio, "más difíciles" que las antiguas; además, hoy se construyen más presas con preocupación estrictamente hidroeléctrica, en las cuales, en muchos casos, la capacidad del embalse tiene interés secundario. Merece un comentario la calificación entrecomillada de "más difíciles"; sería conceder un crédito excesivo a nuestros predecesores el aceptar que las "buenas" ubicaciones ya fueron aprovechadas; tal preposición conduciría a la conclusión de que las presas, hoy todavía potenciales, habría que construirlas en cerradas "difíciles" y, por consiguiente, antieconómicas. La realidad no es ésta; por el contrario, hay que subrayar que la técnica moderna permite construir presas en cerradas que no fueran accesibles a la pobre instrumentación de nuestros mayores. En el panorama español se debe acentuar con énfasis de optimismo este aspecto; lo prueban las presas de Almendra y Alcántara, con sus embalses por encima de los 2 500 Hm³ (el de Alcántara, 3 333 Hm³) que superan a los mayores existentes en España y que, a su vez, son los mayores de la Europa Occidental. Con ellas no se agotan las posibilidades; existen todavía ubicaciones propicias para grandes presas, incluso enormes; conocemos un caso en el que con 250 m de altura se alcanzaría un embalse de 5 000 Hm³ a cota de gran interés para la regulación y obvio a efectos hidroenergéticos.

Sin perjuicio del mantenimiento de una tradicional tendencia, que en España favorece el desarrollo *multi-purpose* de los recursos hidráulicos, hay que subrayar que las más importantes realizaciones actuales corresponden a fines energéticos [4]. El caso de España corrobora una vez más la ley que vincula el desarrollo económico a las disponibilidades de energía; en el momento en que la renta nacional traspuso la línea de los 650 US \$ *per cápita*, simultáneamente se produjo el cruce de la frontera de los 1 000 kWh por habitante y año.

La solicitud hidroeléctrica en el desarrollo de grandes presas se manifiesta incluso en su tipología. De los dos objetivos que una presa puede perseguir: creación de un salto-H, o de un volumen de embalse-V, la producción de energía en términos generales apetece H; en principio, V compete a una política estatal de ordenación hidrográfica y de regulación fluvial. El tipo de presa que permite alcanzar H con mayor eficacia económica es la bóveda. Observemos en el cuadro (figura 1.^a), en el que se ha calculado la altura y capacidad medias de embalse, correspondientes a las presas hoy día en construcción en España, cómo las 18 bóvedas en realización — la mayor parte de ellas dedicadas a la producción de energía —, tienen una altura media de 96 m (la más alta de Almendra, 202 m), contra 54 m de altura media que dan las presas de gravedad.

CARACTERISTICAS MEDIAS DE LAS PRESAS EN CONSTRUCCION

TIPO	Número de presas	V medio del embalse — Hm ³	H media de la estructura — m	Superan 100 m — m
Gravedad	65 (64)	98	54	4
Bóveda	18 (15) "	363	96	7
Materiales sueltos	14 (11)	68	45	
Contrafuertes	10 (10)	362	49	1
	107 (100) (*)			

(*) Datos disponibles.

Figura 1.^a

Los objetivos V, para el aprovechamiento general *multi-purpose*, y H, producción energética, se combinan hoy con la aparición de un nuevo elemento que llamaremos V_B, correspondiente a la capacidad de embalse accesible por bombeo para el abastecimiento circunstancial de la energía acumulada, esto es, de potencia; también este aspecto se refleja en la tipología de las presas que se construyen en la actualidad. De ello resulta que la eficacia volumétrica de embalse de las 64 presas de gravedad es exclusivamente de 98 Hm³ por unidad, mientras que las presas bóveda orientadas a la producción eléctrica arrojan un embalse unitario de 363 Hm³. Más adelante nos extenderemos en esta tendencia hidroeléctrica hacia las instalaciones de bombeo, que en España acusa peculiar ímpetu.

Destaquemos ahora, para concluir nuestro análisis sobre tipología de las presas en construcción, el contraste entre las cifras medias de presas de gravedad y presas bóveda:

		H media — m	V medio — Hm ³
Gravedad	65 (64) *	54	98
Bóveda	18 (15) *	96	363

* Datos disponibles.

Sería imprudente dejar que el lector se sugestionara con cifras tan rotundamente favorables a las bóvedas sin añadir algún comentario. Es evidente que los resultados vienen influidos por la preocupación económica que dirige la construcción de presas bóveda, en su mayor parte dedicadas a la producción hidroeléctrica, y, por consiguiente, ubicadas en cerradas meticulosamente seleccionadas, mientras que las de gravedad corresponden, en su mayor parte, a una política general de regulación hidrográfica, que por ser necesariamente de ámbito nacional ha de pechar con toda suerte de cerradas. Sin embargo, hemos de destacar que entre las presas de escollera y de contrafuertes también orientadas a la producción hidroeléctrica, algunas, como la de Alcántara, ya citada, hubieran inclinado todavía más la balanza a favor de las presas de interés hidroeléctrico.

Los recursos hidráulicos españoles pendientes de equipar son todavía muy importantes; con un concepto integral de los mismos, en el cual cuenten tanto los caudales como los vasos reguladores de la demanda y de la oferta, las posibilidades españolas son todavía ilimitadas. Pero no cabe por ello confiarse y reducir el ritmo de construcción; además, de todas las consideraciones económicas que lo aconsejan, hay que tener en cuenta una razón decisiva: la presión demográfica se

manifiesta creciente, especialmente en los valles. Cerradas que hoy podrían equiparse para crear vasos serán mañana prohibitivas por la densidad de población concentrada en el valle. Ya empiezan a manifestarse ejemplos de este problema en España; sería suficiente recordar el caso suizo a quien dudara sobre la recomendación que formulamos.

Echamos de menos, para valorar las posibilidades hidráulicas, un sistema que permitiera integrar las fuentes de energía y los dispositivos de su transformación en potencia. Necesitaríamos este índice para evaluar los recursos naturales españoles pendientes de desarrollo. Existen numerosos estudios que cifran su capacidad para la producción energética; falta todavía evaluar las posibilidades de arbitrar potencia hidroeléctrica a base de energía hidráulica u otra. El gran problema, cuya solución solicita la civilización moderna, es el de la transformación de energía en potencia para satisfacer las puntas de la demanda; hay que concentrar la energía de cualquier origen para poder suplir las potencias de punta requeridas por la industria, al fin y al cabo supeditada al ciclo intermitente que impone la vida misma. La humanidad se mecaniza progresivamente; la entrada en el trabajo implica la puesta en marcha de un número cada día mayor de motores, pero el hombre sigue sujeto a un ritmo biológico y... por la noche, duerme; de aquí la discontinuidad aguda en la demanda de energía. El agua es el único elemento intrínsecamente preparado para movilizarse con instantaneidad; la falta de resistencia al esfuerzo cortante, su naturaleza misma, justifica el que, sin perjuicio de que cada día se descubran nuevas fuentes de energía, prevalezca el agua, al menos como insustituible agente intermedio, para suplir las puntas de la demanda.

La técnica del bombeo que viene desarrollándose en los últimos años con horizontes cada día más prometedores, es el instrumento que España necesitaba para actualizar la extraordinaria capacidad de sus recursos hidráulicos que, si bien aceptan incluso menosprecio en orden a caudales, son muy importantes en cuanto a posibles vasos altos accesibles por bombeo. España se lanza hoy, consecuente con un programa ya establecido hace años [5], a una prospección sistemática de sus vasos con altitud suficiente y que, nutridos por bombeo, serán origen del mejor sistema hidráulico de Europa para obtener potencia de punta.

Conviene justificar que esta aptitud nacional española para la producción de energía de punta, de potencia en última instancia, no es fortuita ni circunstancial; corresponde ecológicamente a las propias razones geológicas que originaron sus ríos; frutos de altas cordilleras, discurren por la altiplanicie prácticamente impermeable que sostiene el mapa nacional. Los antiguos lagos, limitados por cordilleras primitivas y parcelados por fenómenos orogénicos que atravesaron la estratificación marítimo-lacustre de su fondo, se vaciaron a través de estos ríos, cruzando después de anécdotas de erosión local y regresión marina las barreras que frenaban su acceso al océano.

Resulta por consiguiente fácil cerrar los cañones que mediaron en el proceso endorreico y crear nuevos lagos artificiales desde los que se puede bombear y reciclar el agua a vasos fáciles de encontrar en las cuencas altas, asuso de la principal y frecuentemente próximas al cierre bajo.

La estructura geológica del país permite, con carácter general, encontrar vasos a cotas suficientemente altas con respecto a las corrientes y organizar, en condiciones económicas, sistemas de reciclaje de agua entre dos presas con vistas a la obtención de potencias, reguladoras de una demanda cada día más acusadamente discontinua. El conocimiento de la capacidad de embalse de una cuenca y su localiza-

ción altimétrica y planimétrica es tan importante como el estudio hidráulico de sus aportaciones.

Es fácil demostrar [6] que, cuando el objetivo es H, altura, la cascada es fórmula más económica que la gran presa única — solución recomendable cuando lo que se pretende es el rendimiento volumétrico del sistema —. Este principio general, remitido estrictamente a la obra de fábrica de la presa, suele perder vigencia al enfrentarse con los costes del equipo electromecánico. Por otra parte, la nueva técnica del bombeo y la ordenación general del desarrollo de una cuenca, aconsejan situar al pie de la cascada un gran emba'se que conserve las aguas del aliviadero, que atravesaron el sistema para su reciclaje circunstancial.

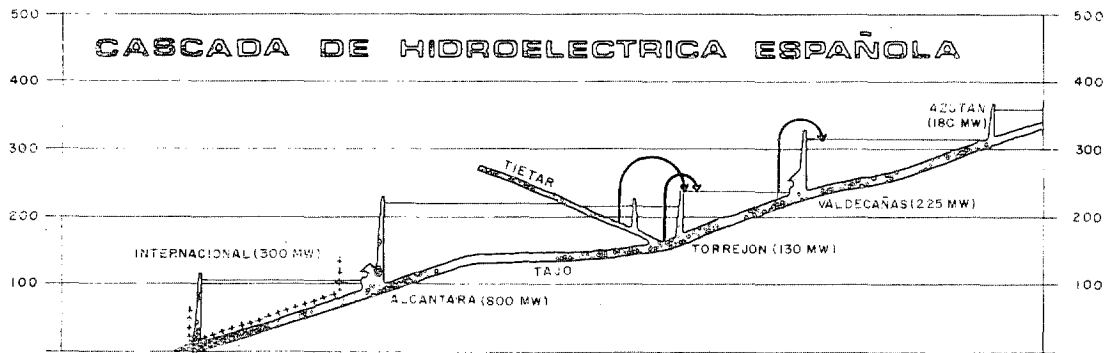


Figura 2.

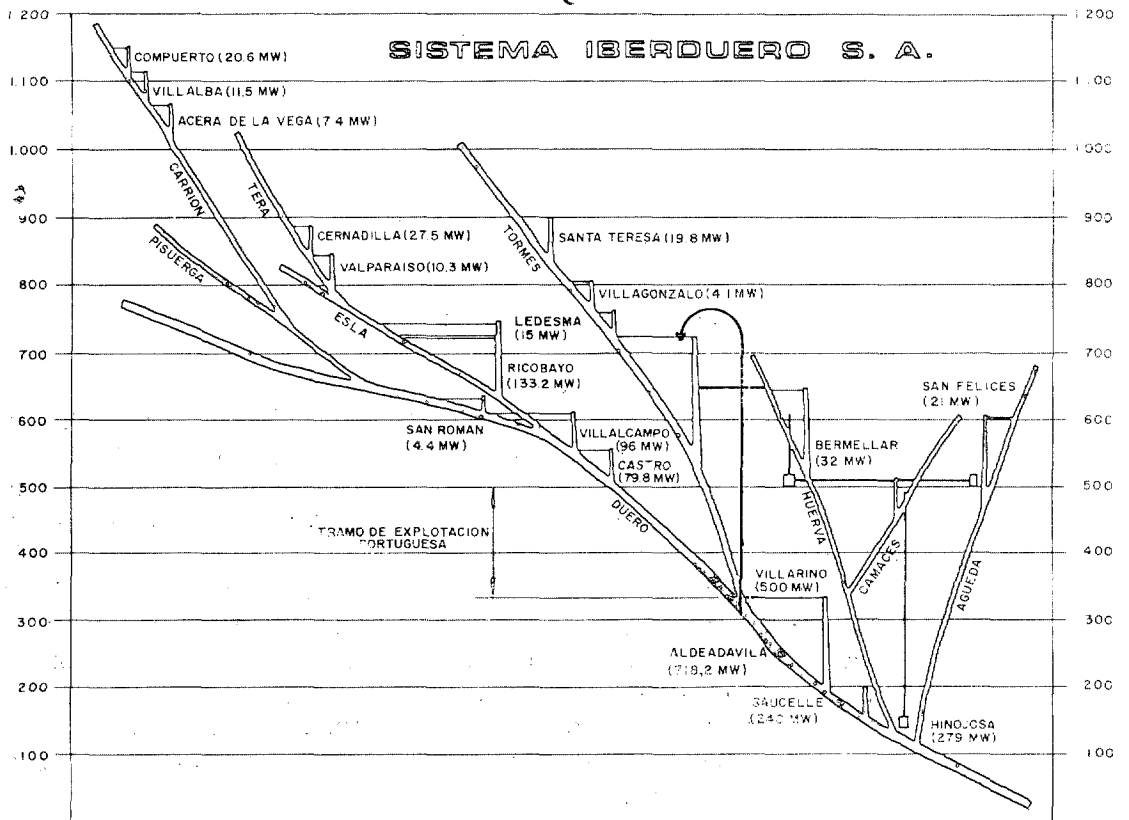


Figura 3.

único, por ejemplo el energético, tiene su solución en la cascada y sus extensiones por bombeo, sino del aprovechamiento comprehensivo que integre y coordine las distintas posibles utilizaciones y que tome en cuenta las nuevas solicitudes que cada día aparecen con presión creciente; habremos de referirnos concretamente a los requerimientos allende la cuenca y también a los nuevos clientes del agua, en particular ocio y turismo.

Durante el último trienio transcurrido han aparecido las primeras disposiciones oficiales españolas regulando la utilización de embalses para la navegación y usos deportivos. Esta tendencia que se inicia todavía se manifiesta con carácter casuístico, pero es de esperar que continúe en la ordenación general del aprovechamiento exhaustivo e integral de las cuencas.

En España, la costa interior, aquella que corresponde al perímetro de los embalses artificiales ya construidos, es de mayor longitud que la línea de costa marítima, pese al carácter peninsular de nuestro país. Estas costas interiores presentan un enorme atractivo para una sociedad nueva que ve en el ocio una primera necesidad. Se trata de costas sin "marea negra", próximas a los centros de población; su urbanización, su adecuación para recoger las masas turísticas que apetecen agua, sol y naturaleza, puede ser una fuente de recursos que influya no sólo en la explotación de la presa, sino que incluso decisivamente pueda determinar la construcción de otras. Se registran ya muchos casos en que los ingresos fiscales, provenientes de las transacciones de terrenos en el perímetro de una presa, son suficientes para amortizar su coste, pese a que este elemento no fuera tomado en cuenta en los estudios económicos que precedieron a la construcción.

Hay que superar el concepto de presa como entidad singular y entender el conjunto del sistema de presas conducente a la explotación total multivalente de los recursos naturales de una cuenca, incluso en conexión con otra. Orientados hacia este fin, se han iniciado últimamente estudios de gran interés para la ordenación de los recursos hidráulicos del país, que lleva adelante el Centro de Estudios Hidrográficos. Se trata en primer término de establecer un inventario general de vasos, valederos por sus condiciones geológicas y fisiográficas propicias, con independencia de la importancia de las aportaciones hidráulicas directamente afluentes. A estos efectos resulta muy interesante establecer un conjunto de índices calificadores de las condiciones generales de una presa, con vistas a la comparación de distintas soluciones en la planificación general del aprovechamiento de una cuenca. Estos índices deben conjugar el rendimiento de la cerrada en relación con el embalse y también el rendimiento de la estructura relacionando la cerrada con el volumen de fábrica de la presa posible; por último, conviene poner de manifiesto la valencia de una presa, para ser integrada en un sistema, relacionando su capacidad reguladora con las posibilidades hidrológicas de la ubicación.

En las comunicaciones presentadas al Congreso [8] y en algún artículo incluido en este número extraordinario, se pueden observar los ensayos efectuados para establecer este sistema de índices calificativos que preconizamos.

La técnica moderna permite, gracias al desarrollo de la construcción de túneles y de los dispositivos de bombeo, acceder a cualquier embalse utilizable. Es necesario almacenar agua para regular su existencia contingente, por mor de la meteorología variable, pero también para suplir la demanda discontinua; los embalses y las presas que los crean se requieren con ritmo creciente. Es amplio el campo que se abre para las grandes presas por las posibilidades del bombeo, pero igualmente importante es el proveniente de las necesidades de transvases inter-cuencas.

Se acometen hoy en España obras de transvase de amplia envergadura, orientadas a compensar el desequilibrio entre los recursos hidráulicos de vertientes pobres en población y potenciales agronómicos, y zonas de extraordinarios recursos en el trinomio suelo-clima y hombre, que cabe actualizar supliendo su carencia hidráulica. Este tipo de transvases, inaccesibles a la técnica hace pocos años, puede hoy afrontarse, en el plano económico, gracias al bombeo y a los rendimientos hidroeléctricos de su explotación, y, técnicamente, por la nueva capacidad para construir presas, prácticamente en toda suerte de cerradas, y por el desarrollo de la tunelería.

Uno de los problemas más agudos de nuestra época es el abastecimiento de poblaciones. El crecimiento demográfico, especialmente en las grandes capitales, es simultáneo a los aumentos del consumo unitario que nadie hubiera podido prever hace unos años. La construcción de presas para ampliar los dispositivos de abastecimiento se manifiesta con creciente actividad. Citemos como ejemplo notorio el de Madrid; las primeras presas de su sistema de abastecimiento tienen más de cien años, y en la actualidad se lleva adelante una campaña de gran envergadura, como puede observarse en el esquema, que incluimos, del dispositivo total (figura 5.^a). En el año pasado se han terminado dos presas, Pinilla y El Vellón; progresa la construcción de la gran presa de Atazar (130 m). Con ellas se ultima el aprovechamiento exhaustivo de la cuenca del Lozoya. La ampliación del sistema con recursos de la zona occidental da lugar a la construcción de otro conjunto de presas actualmente en estado de proyecto.

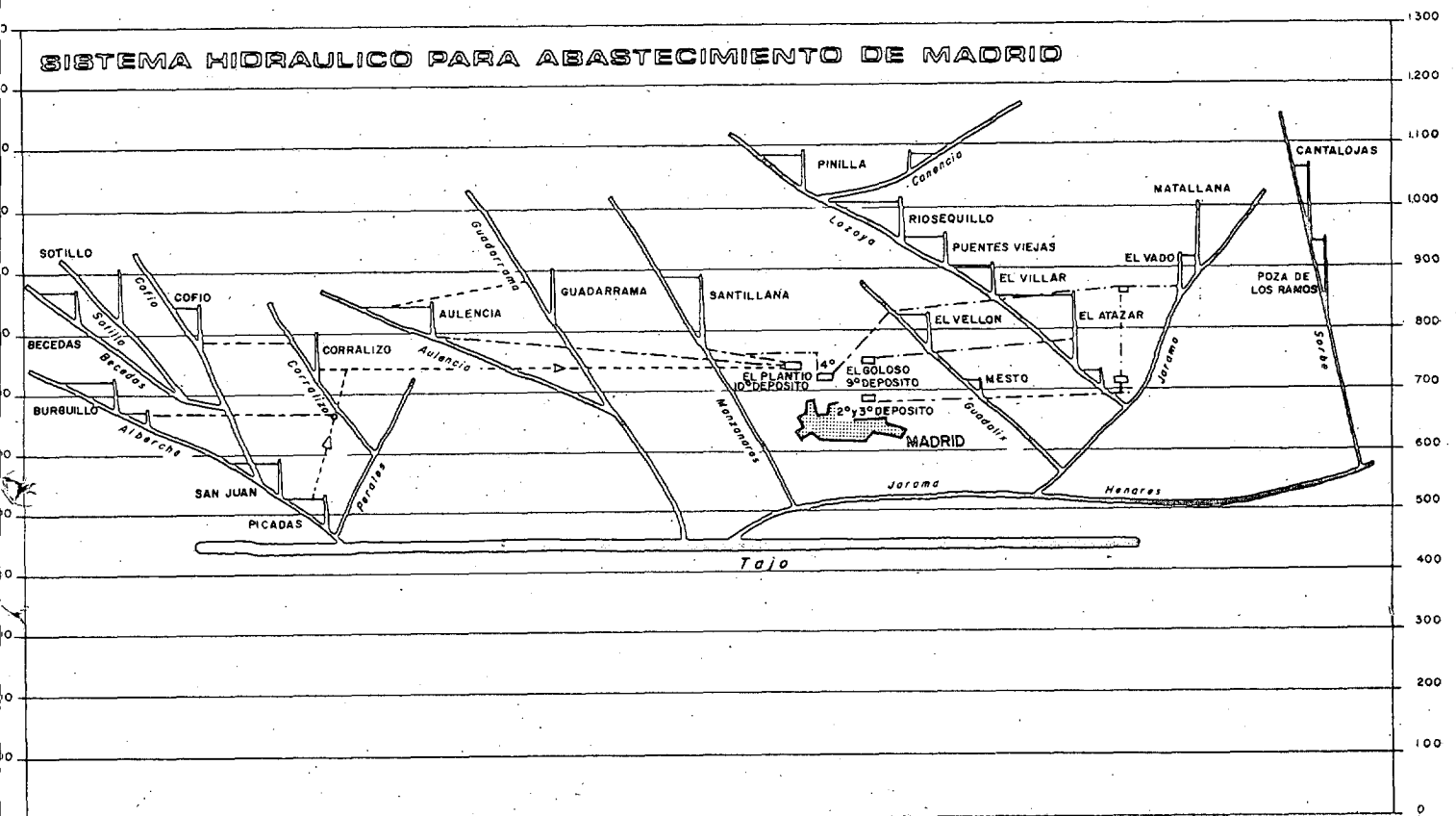


Figura 5.

El aprovechamiento exhaustivo de los recursos de una cuenca con carácter integral, esto es, aceptando y coordinando las demandas de las diversas utilidades de agua, exige de técnicas muy depuradas. La red española de embalses y el programa en curso son lo suficientemente importantes para justificar una atención científica a la explotación coordinada del dispositivo. Hemos encontrado que los modelos matemáticos de simulación pueden proveer adecuada instrumentación a los fines de incrementar marginalmente los recursos hidráulicos utilizables, como consecuencia de la explotación coordinada del conjunto de embalses de una cuenca. Dos tipos de modelos matemáticos se están aplicando con éxito:

i) los estrictamente foronómicos, esto es, aquellos previstos para anunciar los niveles de crecida a lo largo del río, en función de la precipitación pluvial medida en puntos significativos de la cuenca:

ii) los modelos operatorios establecidos para determinar las cuotas de los distintos usuarios del agua, en función de las reservas conocidas en el sistema de embalses y la previsión meteorológica a una fecha determinada.

Pese al carácter radical que queremos dar a esta Síntesis 67, cuyo valor informativo se remite a los artículos monográficos que la acompañan, no procedé el terminarla sin pasar revista a los aspectos técnicos más destacados y a las realizaciones más significativas registradas en España en la construcción de grandes presas durante el último trienio. Las cifras que se incluyen en uno de los cuadros son suficientes para poner de manifiesto la trascendencia de la actividad española en el campo de las grandes presas; 107 grandes presas en construcción, y entre ellas 11 de más de 100 metros de altura, son exponente rotundo de la campaña en curso (fig. 6.^a).

A modo de tendencias, estilos y políticas que tipifican la acción española en la realización de grandes presas, cabe referirse a:

a) Versatilidad. Desde las supergrandes presas, hasta las presas de minuto ámbito local, todas merecen la atención de la técnica española. El auténtico gigantismo de algunas realizaciones — Almendra (200 m), una de las mayores bóvedas en construcción del mundo; Alcántara (130 m), presa de gravedad aligerada, tipo Marcello; Atazar (130 m), bóveda gruesa sobre terreno de gran complejidad; las modernas escolleras de más de 90 m: Portodemouros, Guadalhorce, Guadalteba; las grandes masas que son Grado e Iznajar, y las finas bóvedas como Susqueda, Soria, Santa Eulalia y La Barca — no impide dedicar grandes inversiones e igual celo creador a las presas modestas, pequeñas, que, repartidas por todo el país, modifican su economía e incluso el aspecto de nuestro paisaje. España insiste en presentar su caso como ejemplo de adecuación de una técnica a las condiciones locales, sean éstas fisiográficas, económicas o humanas. Lo hace endosando su vocación de contribuir al desarrollo de los pueblos todavía en precarias condiciones económicas que pueden encontrar en el amplio espectro de nuestras posibilidades ingenieriles el caso que se identifique exactamente con sus necesidades.

Las grandes realizaciones españolas están equipadas y abastecidas, tanto en lo técnico como en lo económico, con la fina instrumentación que corresponde a la problemática de su dimensión y de su trascendencia económica. Simultáneamente, presas de menor importancia surgen en toda la extensión del territorio, cual se puede ver en el mapa que se incluye en este número, como resultado ecológico de las posibilidades locales movilizadas por una técnica que considera la adaptabilidad como su primera virtud.

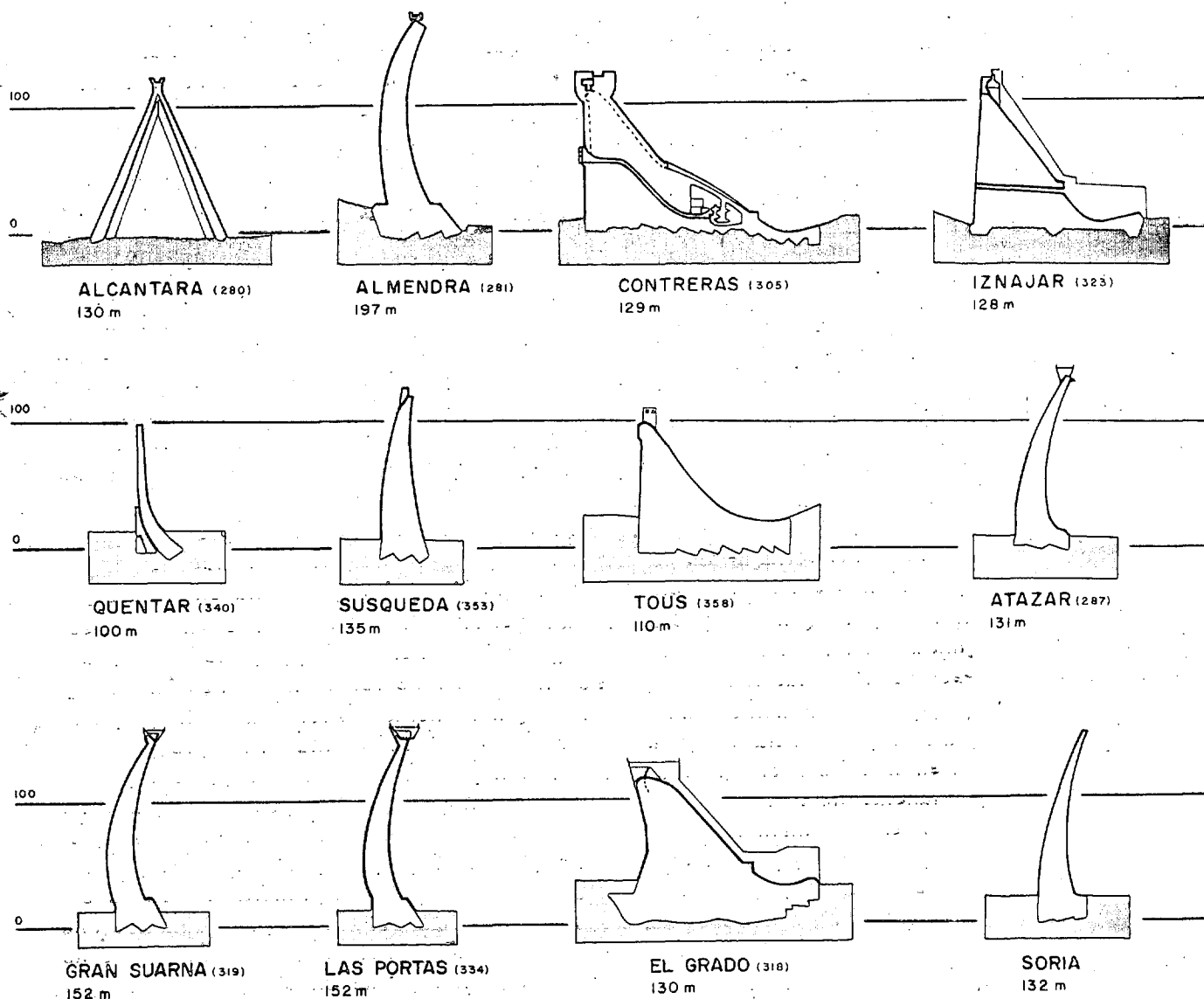


Figura 6.

- b) Reconocimiento del binomio presa-terreno como origen de la problemática general de la presa. El número especial del "Boletín de la Asesoría Geológica del Ministerio de Obras Públicas", que dedicado al Congreso de Estambul se publica simultáneamente con este informe, puede ilustrar al lector sobre la atención que la técnica española dedica, incluso desde sus sectores oficiales, al estudio del terreno desde los primeros estadios del proyecto. Esta dedicación, junto con la observación mediante servicios especiales, nutridos por técnicos de alta especialización, durante los procesos de construcción y explotación, permite no sólo garantizar la seguridad pública de las obras construidas, sino también plantear la utilización de ubicaciones que hubieran sido desechadas por técnicas convencionales.
- c) Tratamiento del terreno; la auténtica reconstrucción del terreno mediante inyecciones o técnicas de pretensión y bulonado se va extendiendo cada día con

más vigor hasta poderla considerar como habitual en el país. El caso de Alcántara, cuyos detalles y la preconsolidación llevada a efecto con carácter masivo en la totalidad de sus cimientos pueden estudiarse en el artículo correspondiente, o el de Atazar, en el que las técnicas de bulonado han dominado, son notorios ejemplos de una técnica moderna que permite utilizar ubicaciones en las que las buenas condiciones fisiográficas no se presentan acompañadas de las condiciones mecánicas mínimas que requeriría una presa de tipo más económico.

- d) Inyecciones en circuito cerrado. Se vienen empleando con creciente éxito. Recientemente, las campañas de la presa bóveda de La Barca, 75 m, y de la presa de contrafuertes de San Sebastián, 63 m, han corroborado definitivamente la eficacia del sistema. Consiste en términos generales en la inclusión de un tubo a lo largo del taladro, con lo cual se dispone de dos circuitos: uno de llegada de la pasta y otro de retorno de los excesos o del agua utilizada para limpiar el taladro. En la boca se dispone un adminículo con tres aberturas dedicadas a las inyecciones de pasta o agua y su retorno, y la tercera, a modo de grifo de carga.

El sistema, extendido muy ampliamente en la construcción de presas españolas, tiene las ventajas de su simplicidad y de no requerir válvulas de ningún tipo. No nos extendemos en los detalles tecnológicos, que no hacen al caso [9].

- e) Normas para grandes presas. Durante el año en curso se ha terminado la segunda edición de las *Normas para proyecto, construcción y explotación de grandes presas*. Estas normas, que tienen carácter de recomendaciones oficiales y que, por consiguiente, han de ser obligatoriamente observadas sin perjuicio para el proyectista de poder justificar soluciones distintas a las preconizadas en su texto, son el fruto de una comisión permanente y mixta que agrupa especialistas destacados de la Administración y del sector privado y que tiene por misión el mantenimiento al día de las citadas normas y el informe de aquellas presas que, por su destacada importancia o por plantear discrepancias con el texto oficial, justifican un estudio casuístico. La primera versión de estas normas se aprobó oficialmente el año 1962. Con ello España continúa una tradición iniciada con la llamada "Instrucción para Redacción de Proyectos de Pantanos", que preparada por una Comisión especial en 1903, entró en vigor el 30 de octubre de 1905. Recordamos esta disposición que es, en nuestro conocimiento, la primera recomendación general del mundo específicamente dedicada al proyecto de grandes presas, ya que pese a nuestra insistencia sobre este tema, echamos de menos que en la bibliografía del folleto recientemente publicado por la Unesco, *Recommendations concerning reservoirs*, no se recoja este dato que tan rotundamente subraya el adelantamiento español sobre un problema en el que hoy se manifiesta un creciente interés por muchos países y por las organizaciones internacionales. Es evidente que siempre que las normas o recomendaciones no restrinjan la capacidad creadora del proyectista, y se limiten a cerner la técnica consolidando aquello que tiene carácter definitivo, pueden ser un instrumento eficaz para el control de la construcción de grandes presas y la defensa de la seguridad y el bien públicos.

- f) Planificación. Es imposible sostener el principio básico defendido en el cuerpo de este informe: la explotación integral, comprehensiva, para usos múltiples de los recursos hidráulicos, sin plantear previamente una planificación de amplio alcance que comprenda en cualquier caso la totalidad de la cuenca y que con-

sidere también las posibles conexiones inter-cuencas, esto es, los transvases. En España este problema mantiene constantemente la atención no sólo de las autoridades competentes en la materia, sino también de los usuarios privados. La organización muy liberal del aprovechamiento de los recursos hidráulicos, en la que sostenidos por disposiciones legales de gran tradición y alto rango: *i)* los regantes mantienen autonomía e independencia frente al Estado en relación con la administración de las aguas concedidas; *ii)* la producción de energía hidroeléctrica está en mayor proporción en manos de la industria privada, y *iii)* el abastecimiento de poblaciones depende de las municipalidades o entidades mixtas autónomas, obliga a una planificación cuidadosa en la que los distintos intereses en juego, a veces encontrados, han de ser tomados en cuenta. De aquí resulta, conforme hemos comentado en páginas anteriores, que una presa no pueda plantearse como entidad independiente y aislada; constituye en todo caso una pieza parcial de un sistema que ha de influir en el proyecto de la obra y en la programación de su construcción.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Síntesis 1964. VIII Congreso. *Revista de Obras Públicas*, p. XIII, abril 1964.
2. *Boletín de Información del Ministerio de Obras Públicas*. Separata IX Congreso.
3. *Servicios Eléctricos de Obras Públicas*. Marzo 1967.
4. W. G. BOWMAN: "Spanish dambuilders turn from storage dams to hydro projects". E.N.R. 13 octubre 1966.
5. Ver [1], pág. XIV.
- 6 y 7. J. TORAN: IX Congreso: Q.33, R.52.
8. A. PEREA y J. R. TEMEZ: IX Congreso, C.18.
9. L. F. FERNANDEZ CASADO: *Boletín del Servicio Geológico*, Ministerio de Obras Públicas, números 2, 3, 5.

Large dams in Spain

Synthesis, 1967

Dr.-Ing. C. C. P. J. TORAN
M. I. C. E.; F. A. S. C. E.; C. I. C. F.; I. E. U.
President of the Spanish Committee and
Vice-President of the International
Commission on Large Dams

It is the third time that the more than one hundred year old "Revista de Obras Públicas", the official publication of the Civil Engineers of Spain, offers to our National Committee an extraordinary issue devoted this time to the Ninth International Congress on Large Dams that shall take place in Istanbul at the beginning of September. As a result, the National Spanish Committee has a new opportunity to present to the world dams technicians a summary of the modern Spanish activity in the field of large dams. This activity is too important to permit being concentrated within the narrow quota of the official papers to which we are entitled by the International Commission, in spite of the fact that our quota is the maximum available as corresponding to the number of dams already existing in our country.

The checking of the former versions of this extraordinary report with this one may show the persistent concern of the Committee to restrain its index to the matters of present interest. This time the great amount of material that was collected has been meticulously screened in order to publish only the papers that really reflect Spanish large dam techniques during the past three years.

Insisting on what we said when introducing the extraordinary issue of the "Revista de Obras Públicas" corresponding to the Edinburgh Congress, it is the complete publication that has to be understood as the synthesis report which the International Commission requests and recommends be established in order to show national experience and prevailing trends in each country. Under the aforesaid circumstances, the Synthesis 67 that we offer may be relieved from the reiteration of abstracts of the outstanding work under process, this task being left to the monographic papers about them, which are included within the body of this issue.

Besides, this time we have the benefit of two other extraordinary publications dedicated to the Istanbul Congress, one from the "Boletín de Información del Ministerio de Obras Públicas", and the other from the "Boletín del Servicio Geológico" of the said Ministry, the former dedicated to the description of the main features of the dams nowadays under construction and the latter related with the geological problems aroused by them. Consequently, we may entertain ourselves into a review of the general factors that demand dam construction in Spain. General conclusion is highly optimistic for the engineers that devote their abilities to this speciality. Our country reflects, with special accents as corresponds to its position amid the dam construction leading countries, an increasing trend in all aspects related with dams. The number of dams under construction increases and the requirements for them also keep augmenting. The world is engaged in a great struggle for water; victory in this battle shall come to satisfy not only the augmenting demand from all its conventional uses, but also new requirements that everyday press more strongly into the problem. Let us conclude by recalling that both War and Leisure have to be acknowledged as big new clients for water.

During the three years elapsed since the last Congress, Spain has kept her step on her well known effort on dam construction. The comparison between the figures that were delivered in Synthesis 64 [1] that were obtained from the World Register and the ones today available, which are the result of a direct survey effected by our National Committee [2], is as follows:

	1964	1967	Δ
Completed Dams	287	323	36
Dams under Construction	57	107	50
	344	430	86

Not all the dams that appear as finished should be attributed to the result of the last three years campaign; some of them are merely omissions of the World Register 63. Furthermore, the concept "finished dam" is vague, especially when related to State built dams in which the finishing refers to an administrative process. Many of the dams which keep figuring as under construction because their bureaucratic dossier has not been closed as yet, are actually in operation. Besides, there are dams that, being built for hydropower purposes, are completely finished and in complete working condition for hydraulic purposes, but still pending the installation of the power plant. From the above considerations, it may be deduced that the number of dams in operation is a relative figure, depending upon the criteria from the one who delivers it. On our side, and understanding that a dam is finished when it may retain water at its maximum level, we advocate for a figure of 375 dams in operation in Spain when this paper is written, mid-67.

To compare this figure with the 344 that we gave on the previous Synthesis 64, leads to the conclusion that during the last three years 10 dams per year have been completed. This figure, related with the 52 that remain under construction after having screened from the basic figure the ones that are in actual operation, permits the deduction of a five year period as an average for the construction of a dam. This delay may be found excessive, but it has to be understood in relation with the large group from which it is obtained.

Dam construction in Spain corresponds to an authentic national aim that involves not only the big power utilities corporations for which construction delays are a decisive factor on the economic feasibility of the project, but also local agencies with minute financial possibilities that also contribute on a slow rhythm to the construction of dams of large term agronomic interest.

The yield of Spanish dams is:

- a) 8 million kW of already installed hydropower that shall become 10 million at the end of the program under progress (the rate of increase registered in 1966 has been 500 000 kW, and the trend keeps increasing). Thermoelectric power, 3 500 000 kW installed. Over-all energy production, both hydro and thermo, in 1966, 38 000 GWh [2].
- b) 28 billion m³ of reservoir capacity (900 m³ per inhabitant).
- c) Approximately two and a half million hectares on artificial irrigation.

It is logical that this result from the large dams may move the national conscience and consequently, that Spain devotes to hydraulic works an investment that, integrating official and private shares, is near 2.5 % of the national income and goes beyond 20 % of the State budget.

If we compare the dams completed with the dams under construction, from the point of view of their reservoir capacity, we find that the average figure for their volumetric efficacy has moved from 70 to 160 Hm³.

	Number of Dams	Dam Capacity — Hm ³	Hm ³ /Dam
Completed	323	22.300	70
Under Construction	107 (100) *	16.080	160

* Available data

This figure, which is highly significant with respect to the volumetric efficacy of modern reservoirs, becomes relevant when we consider that the sites that are being harnessed nowadays are, by principle, "more difficult" than the old ones; besides, today more dams are built with a strict hydropower concern for which, in many cases, the impounding capacity of the reservoir has a secondary interest. The concept of "more difficult" with which we conventionally qualify the sites being harnessed today, and the ones still pending to be developed, deserves some comments. It would imply an excessive credit to our predecessors to grant them with the wisdom to have selected the "good sites" leaving the bad ones for us; this proposition would lead to the conclusion that potential dams today would have to be built on "difficult" sites, and therefore on precarious economic conditions. This is not the case; on the contrary, the fact is that modern technique admits building dams in sites that were inaccessible to the undeveloped construction methods of our seniors. The Spanish panorama merits emphatic optimism in this respect; proofs are the dams of Almendra and Alcántara, whose reservoirs may impound beyond 2 500 Hm³ (Alcántara, 3 333 Hm³), which is more than the largest in Spain, which on their side are by far the largest in Western Europe. With them, Spanish possibilities are not exhausted. There are still sites adequate for large dams, even enormous; we know of a case in which a 250 m high dam would permit a reservoir of 5 000 Hm³ at an altitude of great interest for regulation, the power appeal being obvious.

With no prejudice to the upkeep of a traditional trend that in Spain favors the multi-purpose development of hydraulic resources, it has to be underlined that the most significant present undertakings correspond to energy aims [4]. Spain is one more case to check the law that links economic development to energy availability. The crossing of the line of U.S. \$ 650 per capita on terms of national rent was simultaneous with the crossing of the frontier of 1 000 kWh per inhabitant per year.

Hydroelectric requirements on large dams are manifested even on their typology. Out of the two goals that a dam may pursue, the creation of H, or of reservoir capacity V, energy production in general terms looks after H; V concern corresponds in principle to the government policy related with river regulation and over-all hydrographic strategy. The type of dam that permits attaining H on best economic terms is the arch. Let us check on chart 1, in which the average height and reservoir capacity of Spanish dams under construction have been recorded, how the 18 arch dams in progress, most of them dedicated to energy production, have an average height of 96 m (the highest, Almendra, 202 m), against 52 meters of average height corresponding to the gravity dams:

AVERAGE CHARACTERISTICS OF DAMS UNDER CONSTRUCTION

TYPE	Number of dams	Average V of reservoir <i>Hm³</i>	Average H of structure m	Over 100 m
GRAVITY	65 (64)	98	54	4
ARCH	18 (15)	363	96	7
EARTH AND ROCKFILL	14 (11)	68	45	
BUTTRESS	10 (10)	362	49	1
	107 (100) *			

* Available data.

The two goals, V for the general multi-purpose development and H for energy production, are somehow tangled today with the appearance of a new objective that we may call V_B , corresponding to the pump storage capacity, dedicated to energy production at a certain time, otherwise power accumulators. This aspect also reflects itself in the typology of dams under construction nowadays. Its consequence is that the average reservoir capacity of 65 gravity dams is exclusively 98 Hm^3 , while the arch dams devoted to electric production give a reservoir capacity per unit of 363 Hm^3 . Further along we shall extend ourselves on this hydroelectric trend to pump storage plants which in Spain shows at the present time with specific accents.

To finish our analysis of the typology of dams under construction let us focus the comparison between average figures corresponding to gravity and arch dams.

		Average H <u>m</u>	Average V <u><i>Hm³</i></u>
Gravity	65 (64) *	54	98
Arch	18 (15) *	96	363

* Available data.

It would not be wise to let the reader be influenced by these figures so utterly favoring the arch dams without some pertinent comments. It is obvious that the results obtained are affected by the underlying economic concern that directs the construction of large dams, most of them anticipated for electric production, and consistently located in sites meticulously selected, while most of the gravity dams serve the general policy of hydrographic regulation of national scope and therefore cannot indulge in site discrimination. However, it has to be pointed out that within the fill and buttress dams, also on the hydroelectric side, we may find some, as Alcántara, already quoted, that would have inclined still more the balance in favor of the efficiency of the hydroelectric dams.

Spanish water resources pending to be harnessed are still very important. Within a comprehensive understanding of water resources, in which not only run of flow may count, but also the reservoirs capacity to regulate supply and demand would have to appear, the Spanish potentials as per today seem to be unlimited. We should not however relax and refrain construction rhythms as besides all economic

considerations advising to proceed there is a decisive rhythm to be taken into account: demographic pressure shows with increasing rate within the valley areas. Sites that could be harnessed today shall become prohibitive tomorrow because of the population concentrated in the valley. Examples of these problems start to appear in Spain; it would only be necessary to recall the Swiss case for anyone doubting with respect to our recommendation.

We miss a method that could permit integrating, in order to evaluate water resources potentials, the sources of energy with those of power. We would need it to figure out the value of Spanish natural resources pending development. There are different studies directed to establish our national capacity to produce energy; however, we have not as yet found the way to evaluate the natural resources, "ad hoc" sites to create hydropower obtained from hydroenergy or other. The great problem challenging modern civilization is to transform basic energy into power to satisfy demand peaks. We must concentrate energy, no matter how it is originated, to supply peak power required by industry, after all dependent upon the disrupted cycle imposed by life itself. Life is progressively becoming mechanized; work starts every day more motors into operation but Man keeps submitted to the biological status and... sleeps at night. This is the basic reason for the acute discontinuity in energy demand. Water is the only element intrinsically prepared for instantaneous mobilization; its yield to shearing stresses, its very nature justifies that, with no prejudice to new sources of energy which keep being developed, water may prevail at least as the unavoidable intermediate agent to supply demand peaks.

Pump storage technique which has developed during the last years and which faces a most promising horizon is the tool that Spain was needing to actualize its extraordinary "hydraulic" resources, which in spite of being even disregarded, are very important when pump storage is considered. High altitude sites, adequate for water storage, are numerous all over the country. Spain is engaged in the enterprise, already anticipated years ago [5], of the systematic survey of prospective high reservoir sites. They are accessible to water by pumping and they shall become the basis of the best hydraulic system in Europe dedicated to power production.

It is convenient to justify that this Spanish natural aptitude for peak energy production, intrinsically power production, is not the result of fortuity or ephemeral circumstances. On the contrary, it corresponds ecologically to the geological reasons that created our rivers; born in high mountains, they flow through the high plain, practically impervious, that holds the national map. The ancient lakes, contained by their boundaries of primitive mountain chains and plotted by orogenic processes that pierced their way through lake-born horizontal strata, emptied through these rivers, crossing by means of local erosion the barriers that restrained their access to the sea.

Consequently, it is easy to close the gorges resulting from this process and create new artificial lakes from which water may be pumped to other lakes that may be easily found in the upper basins of the upstream reaches.

The geological structure of the country permits in general terms to find reservoir sites at sufficiently high levels permitting the economically feasible organization of recycling systems between two reservoirs in order to obtain regulating power for the everyday increasingly discontinuous demand. The knowledge of the impounding capacity of a basin and the location, both altimetric and planimetric, of its reservoirs is as important as the hydrological appraisal of surface runoffs.

Simple considerations (6) permit the justification that when the goal is H the cascade is a more economic formula than the unique dam, which on its side becomes recommendable when the aim is the impounding capacity of the system; this principle related strictly to the civil work of the dam may reverse depending upon the cost of the electromechanic equipment. Besides, new pump storage techniques and also the over-all development of the basin potentials lead to locate at the cascade toe a large enough reservoir to collect spillway water that could have traversed the system for its recycling at due time.

(See figures 2 and 3 in the Spanish version.)

In pump storage it would be convenient to distinguish between reservoirs located in the high zones of the cascade, bound to act with little water but big head (figure 4), which may strictly satisfy power peaks, and those other that permit the utilization of surplus water depending upon the different costs of a "spillway energy" and peak energy. The latter are normally located at the foot of the cascade and volume accounts decisively for their interest; notorious examples of these kinds of reservoirs are Alcántara and Almendra, already mentioned.

We have to underline the general interest of this type of reservoir, as they may prove efficient safety devices to protect the downstream valley. In the case of a hydroelectric cascade, gate closed spillways are often compulsory for the sake of the maximum benefit head-wise of the site or because of inalienable economic reasons. Contingent failures or even the inopportune opening of the gates may provoke discharges equal to the design flood of the dam, whose statistical occurrence is much more remote than the contemplated accidental opening. The reservoir may digest such discharges and rout these emergency peaks (7).

The rigorous theory of the hydropower cascade and the effect of it into its setup of pump storage being still pending, it seems, however, more pressing the necessity to apply comprehensively the multi-purpose principle to the entire basin. The case is not only to develop exhaustively the basin resources, which, for a single purpose, i. e. power, has a clearcut solution, the cascade and its pump storage extensions, but it is the comprehensive development leading to integrate and coordinate the various possible uses of water taking into account the new requirements that keep appearing with increasing pressure; we have to refer specifically to the eventual demand beyond the basin limits, and also to new clients for water, particularly Tourism and Leisure.

During the past three years appeared the first Spanish official regulations related to the use of artificial reservoirs for boating or sport practice. This tendency, which has started to show, has manifested itself on local cases, but it is to be expected that it shall keep progressing and influencing the master planning of the integrated and exhaustive development of river basins.

In Spain, the inner shore, the one that corresponds to the periphery of the artificial lakes due to our dams, is longer than our seashore in spite of the peninsular character of the country. This inner shore offers an enormous appeal for the affluent society that finds in leisure a prime necessity. They are shores with no "marée noire" contingencies and near the population centers; their urbanistic development and adecuation to take care of vacationing masses that wish water, sand and communion with nature, may become a source of economic yields that will influence not only dam operation but also may decisively determine the actual construction of new dams. Many cases have already been registered in which the fiscal income from real estate operations around the lake of a dam has been enough

to amortize the cost of the structure in spite of the fact that this issue was not even considered at the stage of the economic feasibility study of the project.

We are obliged to overcome the concept of the dam as a singular entity and we have to consider a system of dams as the device leading to the multi-purpose and total development of a river basin even in connexion with other river basins potentials. Important studies have been lately undertaken on such aims for the master planning of the country's water resources development by the Centro de Estudios Hidrográficos. The goal is, in the first instance, to establish a general inventory of reservoir sites valid for that purpose because of their geologic and physiographic adequacy, with no prejudice for the water runoff directly interested. For this purpose it would be very interesting to standardize a set of qualifying indexes on the general conditions of the prospective dam in order to compare different alternatives at the planning stage of the over-all basin development. Such indexes should contemplate the efficiency of the site closing in relation with impounding capacity attained and also the structural efficiency by means of relating the site cross section to the volume of the prospective feasible dam; furthermore, it would be convenient to summarize by indexes the dam aptitude to be integrated into the system, i. e. relating its regulation possibilities with the hydrological appraisal of the site.

Some communications presented to the Congress (8) and even an article of this publication, deal with actual cogitations that have been developed, looking forward to establishing the system of qualifying indexes that we advocate.

Modern techniques permit, thanks to the development of tunnel construction and the achievements on pumping plants, the access to any convenient reservoir. The aim has to be to store water, not only to regulate its contingent availability due to variable meteorological causes, but also to provide for a discontinuous demand; the reservoirs and the dams creating them are increasingly requested. The field opened to large dams by pump storage possibilities is great, but equally important is the future opened by the acknowledged necessity of inter-basin transfers. Important aqueducts are in vogue.

Spain engages nowadays in the attack of water transfers of very large scope with a view to compensating the imbalance between large versant zones well gifted with hydraulic resources in spite of their poor agronomic potentials and areas where the trinome soil — climate — man displays its best and only water is needed for a full breath wealth development. This kind of aqueduct, unfeasible by the technique of only a few years ago, may today be faced economically, thanks to pump storage and its hydropower yield stemming from coordinated operation, and technically because of our new ability to build dams and create reservoirs in practically all sorts of sites, added to modern achievements on tunneling.

One of the most acute problems of our time is water supply. The rate of increase of population, especially in large cities, is simultaneous with the increase of consumption per capita to a point that nobody could have anticipated a few years ago. Dam construction to extend water supply systems manifests itself with ever growing tendencies. Let us quote a notorious example, Madrid itself; the first dams of its water supply scheme are more than 100 years old, and today they keep rendering their services, which are becoming integrated into a much larger scope system as may be seen by the sketch fig. 5 (see Spanish version). During the past year two large dams were finished, Pinilla and El Vellón; the very large Atazar dam (130 m) construction keeps progressing. With these dams the water re-

sources of the Lozoya basin shall be ultimately exhausted. The extension of the over-all system is feasible by means of incorporating the western area potentials, which will require the construction of a new ensemble of dams.

The exhaustive development of a river basin with integral aims, that is accepting and coordinating the demands from different users, calls for fine modern techniques. The Spanish network of reservoirs and the program under progress are important enough to justify scientific attention to the coordinated operation of the system. We have found that the simulation mathematical models may provide the right tool for increasing the marginal availability of water resources. The coordinated operation of the reservoirs of one basin may result in an important yield of available water. Two mathematical types of models are being successfully used:

- i) the strictly foronomical models established to anticipate flood levels along the river in function of the water fall measured in significant points of the basin;
- ii) operational models to determine the quotas for the different users of water as per the known reserves accumulated in the various reservoirs and the weather forecast at a given date.

In spite of the radical flavour that we are willing to project on this Synthesis 67, the informative value of which is to be found in the monographic articles adjoining it, it should not be closed without reviewing the more relevant technical facets and the more significant achievements recorded in Spanish dam construction during the last three years. The figures which are included in the aforementioned plate are enough to show the importance of Spanish large dams activity: 107 large dams under construction and among them 11 over 100 m high are the best exponents of the undergoing campaign (fig. 6 of Spanish version).

On the search of trends and policies that may typify Spanish action on large dams, we may refer to:

- a) Versatility. From the super-large dam to the small dams of minute local interest, all dams deserve the attention of Spanish technique. The actual gigantism of some projects—Almendra, one of the biggest arch dams under construction in the world; Alcántara, a Marcello type dam over 130 m; Atazar (130 m), thick arch dam on challenging foundation; the modern rockfill dams beyond 90 m, Portodemouros, Guadalhorce, Guadalteba; the large masses as Grado or Iznajar, and the thin arches as Susqueda, Soria, Santa Eulalia and La Barca—does not prejudice the dedication of huge investments and creative attention to small modest dams that are spread all over the country and that contribute to improve the national economy and even to modify the landscape. Spain insists on presenting its case as an example of the adequacy of its technique to local conditions, these being physiographic, economic or human. This attitude has to be understood as a testimony of its will to contribute to the development of people that still remain under precarious economical conditions and that may find in the large spectrum of our engineering possibilities, the case that identifies exactly with their needs. The large Spanish projects are equipped and supplied, both from the technical or financial sides, with the ways and means that correspond to their size and economical importance. Simultaneously, small dams keep emerging all over the territory, as may be appraised from the map included in this publication, as an ecological result of local possibilities moved by a technique that always considers adaptability as its first virtue.

- b) The acknowledgment of the dam-ground mating as the main general problem of the dam. The special issue of the "Boletín del Servicio Geológico del MOP" dedicated to the Istanbul Congress which is published simultaneously with this report, may convey to the reader the attention that Spanish technique devotes, even from official sectors, to the study of foundation conditions from the very first stages of pre-design. This preliminary analysis altogether with the permanent observation by special agencies staffed with highly specialized technicians, during the progress of construction and operation, permits not only to guarantee public safety of the already built dams, but also to contemplate the utilization of problematic sites that would be disregarded by conventional techniques.
- c) Foundation treatment. The actual regeneration of the rock by means of grouting or special methods including pre-stressing and bolting, extends every day more vigorously to the point that it may be considered as customary. The case of Alcántara, details of which, including the preconsolidation massively performed on its complete foundation, may be studied in the corresponding article, or the case of Atazar, in which bolting techniques have prevailed, are outstanding examples of modern construction methods that permit to get benefit out of sites in which the over-all good physiographic conditions don't come together with the minimum mechanical requirements of the rock to support a structure economically convenient.
- d) Closed circuit grouting. It is being employed with increasing success. In recent times, the works carried out at La Barca arch dam, 75 m, and San Sebastián buttress dam, 63 m, have without doubt proved the efficiency of the system. Generally speaking it consists of the insertion of a pipe along the length of hole, thus making two circuits available: one for the injection of the grout and the other for the return of the excess grout or the water used for washing the hole. An auxiliary device is installed at the mouth with three openings, for the injection of grout or water and their return, the third one acting as a bleeder cock. The system, which has been widely used in the construction of Spanish dams, has the advantages of being simple and not needing valves of any kind. Technological details are not given here as they are beyond the scope of this paper.
- e) Regulations for large dams. During the course of the present year the second edition has been printed of the "Regulations for the Design, Construction and Exploitation of Large Dams". These regulations which are official recommendations must therefore be complied with, although the designer may justify different solutions from those stipulated, and they are established by a permanent joint commission of outstanding official and non-official specialists whose mission it is to keep up to date the regulations mentioned and to report on those dams which, because of their outstanding importance or because they differ from the official text, require a casuistic study. The first version of these regulations was officially approved in 1962. Spain thus continues a tradition started with the so called "Regulations for the Presentation of Reservoir Projects" which having been prepared by a special commission in 1903, came into force on the 30th October 1905. These stipulations are brought to memory as they are to our knowledge the first general recommendations in the world specially devoted to the design of large dams, and since, in spite of our insisting on this subject, we missed in the bibliography of the recently published Unesco brochure, "Recommendations Concerning Reservoirs", this information which strongly underlines the progress made by Spain in an issue for which

many countries and international organizations are nowadays showing increasing interest. It is evident that so long as the regulations or recommendations do not restrict the creative capacity of the designer, but keep to the improvement of the technique by consolidating its definitive elements, they can be an efficient means of control for the construction of large dams and the protection of public security and property.

- f) Planning. It is impossible to sustain the basic principles set forth in this report, i.e. the integral, comprehensive exploitation for multiple uses of the hydraulic resources, without an ample prior planning which comprises, in any case, the whole of the basin, and which also considers the possible inter-basin connections, i.e. the passage of water between different basins. In Spain, this a problem which is constantly in the mind not only of the competent authority but also of private users. The very liberal organization of the utilization of hydraulic resources, under which, backed by high ranking legal dispositions of great tradition, i) the irrigators keep autonomy and independence vis-à-vis the State as far as concerns the administration of water allotted; ii) the production of hydroelectric power is mostly in the hands of private industry; iii) the supply of water to towns depends on their municipalities or on autonomous joint bodies, requires a careful planning in which the different interests implied, sometimes clashing, have to be taken into account. Hence, according to our comments in previous pages, a dam cannot be considered as an independent and isolated body; it is in all cases part of a system which necessarily influences the design of the work and the programming of its construction.

Presas en España

Mapa	Núm.	Nombre de la presa	Año de terminación	Río	Tipo (1)	Altura sobre cimientos — mts.	Capacidad embalse — Hm. ³
EN EXPLOTACION							
3-D	0	Cornalvo.	E. Romana.	Albarregas.	T	24,00	10,000
3-D	1	Proserpina.	E. Romana.	A.º Albuhera.	T	18,70	3,500
5-D	2	Almansa.	XV S.	Vega de Belén.	P	25,00	1,600
6-D	3	Tibi.	XVI S.	Monegre.	P	45,65	2,700
6-D	4	Elche.	XVII S.	Vinalopó.	P	24,00	0,400
6-D	5	Relleu.	XVII S.	Amadorio.	V	31,85	0,600
3-D	6	A. del Castellar.	1500	Alconera.	P	19,00	0,125
3-D	7	Albuhera de Feria.	1747	Rivera de Feria.	P	23,50	0,700
3-E	8	Viejo del Angel.	1850	A.º Chopo.	P	19,70	0,300
4-C	9	Pontón de la Oliva.	1855	Lozoya.	P	27,00	3,000
3-D	10	Marismilla.	1878	Tumbanales.	P	20,00	0,500
4-C	11	El Villar.	1882	Lozoya.	P	50,00	24,000
3-D	12	Campofrío.	1883	Campofrío.	P	35,00	4,300
5-D	13	Puentes.	1884	Guadalentín.	P	68,00	14,100
2-D	14	Puerto León.	1887	Naranjo.	P	21,00	1,100
2-D	15	La Joya.	1894	Cementación.	P	19,50	
3-D	16	Sur.	1895	El Valle.	T	17,50	0,500
6-C	17	Hijar (Escriña).	1896	Escriña.	P	45,00	6,000
5-D	18	Valdeinfierno.	1897	Alcaide.	P	50,70	25,000
3-E	19	Nuevo del Angel.	1900	A.º Chopo.	P	17,50	0,200
3-D	20	Alisal.	1900	Alisal.	P	24,60	1,000
3-D	21	Peña del Aguila.	1903	Zapatón.	P	25,00	15,000
5-B	22	Mazalocha.	1904	Huerta.	P	40,00	3,000
3-E	23	La Leche.	1905	A.º La Leche.	P	18,00	0,200
3-D	24	Tumbanales I.	1905	Tumbanales.	P	27,00	0,300
3-D	25	Calabazal.	1908	Calabazal.	P	23,90	2,400
4-D	26	Gasset.	1909	Becea.	T	19,00	22,200
5-D	27	Olvera.	1910	Guadalimar.	P	20,00	
3-D	28	Tumbanales II.	1910	Tumbanales.	P	27,00	
3-E	29	Campanario.	1911	Pajarrón.	P	20,00	0,700
3-C	30	Garguera.	1911	Garguera.	T	18,75	
5-D	31	Buseo.	1912	Sot.	P	50,00	8,000
6-B	32	La Peña (La Gorgocha).	1913	Gállego.	P	58,90	25,000
6-B	33	Colomina.	1914	Flamisell.	P	16,00	3,700
6-B	34	Cuvieso.	1914	Flamisell.	P	15,60	3,700
6-B	35	Estangento.	1914	Flamisell.	P	20,10	3,200
6-B	36	Salado.	1914	Flamisell.	P	19,40	1,100
6-B	37	Seca.	1915	Segre (canal de Serós).	T	18,00	4,500
6-B	38	Utrixá.	1915	Segre (canal de Serós).	T	25,00	4,500
5-B	39	Alfonso XIII (Quipar).	1916	Quipar.	P	47,00	31,300
5-B	40	La Hoz.	1916	B.º El Monte.	P	20,00	0,040
6-B	41	Tremp (Tarn).	1916	Noguera Pallaresa.	P	86,00	227,800
3-E	42	Guadalcacín.	1917	Majaceite.	P	43,00	76,400
6-B	43	Riudecañas.	1918	Riudecañas.	P	46,00	39,000
5-D	44	Talave.	1918	Mundo	P	38,00	39,000
5-C	45	Villora (Bugioso).	1918	Cabriel	P	18,00	0,100
3-C	46	La Maside.	1919	A.º Hornacinos.	T	16,50	0,300
6-C	47	María Cristina.	1920	Rambla de la Viuda.	P	51,00	25,000
4-C	48	Santillana (M. del Real).	1920	Manzanares.	P	30,00	45,600
5-C	49	Batarejo.	1921	Guadazaón.	P	17,00	0,100
4-A	50	Torina (Alsa).	1921	Torina.	P	42,00	12,600

(1) P = gravedad; V = bóveda; T = tierra; E = escollera; F = contrafuertes; D = cúpula.

(Continuación).

Mapa	Núm.	Nombre de la presa	Año de terminación	Río	Tipo (1)	Altura sobre cimientos — mts.	Capacidad embalse — Hm. ³
6-B	51	Camarasa (San José).	1922	Noguera Pallaresa.	P	95,00	163,400
4-D	52	El Carpio.	1922	Guadalquivir.	P	22,00	20,000
4-C	53	Puentes Viejas.	1922-1940 (1)	Lozoya.	P	65,50	52,000
4-A	54	Cervera (Ruesga).	1923	Ribera.	P	36,50	10,000
4-A	55	Zollo.	1923	A.º Cruceta.	P	40,00	0,400
4-E	56	Agujero.	1924	Guadalmedina.	P	33,00	5,200
3-E	57	Montejaque.	1924	Gaduares.	V	73,50	40,000
5-D	58	Almadenes.	1925	Segura.	P	40,00	0,200
6-C	59	Cueva Foradada.	1926	Martín.	P	45,00	28,000
3-E	60	Beas.	1927	A.º Castaño.	P	30,00	3,300
4-E	61	Gaitanejo.	1927	Guadalhorce.	P	34,50	4,000
6-C	62	Gallipué.	1927	Guadalopillo.	P	31,00	3,500
7-B	63	Foix.	1928	Foix.	P	38,00	6,200
4-D	64	Guadalmellato.	1928	Guadalmellato.	P	64,00	162,600
6-B	65	Las Navas.	1928	Astón.	T	18,00	2,200
2-B	66	Castadón.	1929	Loña.	P	23,70	0,200
5-D	67	La Cierva.	1929	Mula.	P	59,00	6,800
3-C	68	Moneva.	1929	Aguas Vivas.	P	33,00	8,000
3-D	69	Zumajo	1929	Zumajc.	P	27,50	0,200
5-B	70	Alloz.	1930	Salado.	V	86,00	84,300
4-A	71	Camporredondo.	1930	Carrión.	P	75,50	70,000
6-C	72	Pena.	1930	Pena.	P	41,00	18,500
6-B	73	San Lorenzo.	1930	Segre.	(X)	24,00	9,500
3-C	74	Agueda.	1931	Agueda.	P	35,80	15,700
4-C	75	Burguillo.	1931	Alberche.	P	90,00	208,000
3-B	76	Cala.	1931	Rivera de Cala.	P	53,00	60,300
4-C	77	Charco del Cura.	1931	Alberche.	P	29,00	3,000
6-B	78	Santa María de Belsué.	1931	Flumen.	P	50,00	13,000
5-B	79	Valbornedo.	1931	Legucho.	T	23,70	0,400
6-B	80	Ardisa.	1932	Gállego.	P	34,60	5,000
6-B	81	Barasona.	1932	Esera.	P	51,00	61,200
6-B	82	Cienfuens.	1932	Flumen.	P	35,00	1,000
4-D	83	Encinarejo.	1932	Jándula.	P	30,20	16,000
4-D	84	Jándula (La Lancha).	1932	Jándula.	P	87,50	342,000
3-D	85	Riscoso.	1932	A.º Riscoso.	P	20,00	0,500
6-C	86	Santolea.	1932	Guadalope.	P	45,00	40,000
4-B	87	Arlanzón.	1933	Arlanzón.	P	47,20	20,000
5-D	88	Fuensanta.	1933	Segura.	P	32,60	230,000
7-B	89	Santa Fe.	1933	Gualaiba.	P	20,00	0,800
5-A	90	Usoz.	1933	Irati.	P	17,00	0,900
6-B	91	Argüis.	1934	Isuela.	P	28,70	3,100
3-A	92	Doiras.	1934	Navia.	P	94,40	118,900
4-A	93	Ordunte.	1934	Ordunte.	P	55,50	22,200
5-B	94	Ricobayo.	1934	Esla.	P	99,40	1,200
3-D	95	La Breña.	1935	Guadiato.	P	56,00	115,000
6-D	96	Millares.	1935	Júcar.	F	34,90	1,000
6-B	97	Terradets (Sellés).	1935	Noguera Pallaresa.	P	47,00	33,200
5-C	98	La Toba.	1935	Júcar.	P	54,50	11,100
6-B	99	Urdiceto.	1939	Urdiceto.	E	23,70	5,700
4-A	100	Requejada.	1940	Pisuerga.	P	57,00	65,000
5-B	101	Cuerda del Pozo.	1941	Duero.	P	40,25	178,000
4-D	102	Rumblar (La Lóbrégá).	1941	Rumblar.	P	66,50	126,000
3-B	103	San José.	1941	Duero.	P	16,00	6,000
5-C	104	Bolarque.	1944	Tajo.	P	45,50	30,700
3-E	105	Torre del Aguila.	1944	Salado de Morón.	T	42,00	70,000
5-A	106	Albiña.	1945	Albiña.	P	29,50	5,500
4-A	107	Ebro.	1945	Ebro.	P	31,00	540,000
6-D	108	Isbert.	1945	Girona.	(X')	26,00	0,600

(1) Fechas de reconstrucción de la antigua presa, construida a fines de 1800.

(x) Dique de tierra y presa de compuertas.

(x') Anillos independientes sistema Peña.

(Continuación).

Mapa	Núm.	Nombre de la presa	Año de terminación	Río	Tipo (I)	Altura sobre cimientos — mts.	Capacidad embalse — Hm. ³
5-D	109	El Tranco de Beas.	1945	Guadaluquivir.	P	93,00	500,000
4-A	110	Gorostiza.	1945	Castaños.	P	24,00	1,300
5-B	111	Las Torcas.	1946	Huerva.	P	31,00	7,500
4-C	112	Almoguera.	1947	Tajo.	P	25,50	6,600
4-A	113	Cereceda (Trespaderne).	1947	Ebro.	P	17,50	1,200
5-C	114	Molino de Chíncha.	1947	Guadiela.	V	37,00	6,000
6-B	115	Flix.	1947	Ebro.	P	30,00	11,400
4-E	116	Guadalhorce (Chorro).	1947	Turón.	P	74,10	86,000
5-A	117	Irabia.	1947	Irati.	P	39,80	13,500
4-C	118	La Portiña.	1947	La Portiña.	P	24,00	5,200
3-B	119	Villameca.	1947	Tuerto.	P	41,40	20,000
4-C	120	Zorita.	1947	Tajo.	P	19,00	2,600
3-D	121	El Pintado.	1948	Viar.	P	86,30	202,500
4-C	122	Torcón.	1948	Torcón.	P	22,00	4,400
2-B	123	Las Conchas.	1949	Limia.	P	48,00	80,100
3-A	124	Puente del Azufre.	1949	Sil.	P	38,00	3,000
2-B	125	Mao (Leboreiro).	1949	Mao.	P	36,00	3,700
3-B	126	Villalcampo.	1949	Duero.	P	50,00	61,000
2-A	127	Barrié de la Maza.	1950	Tambre.	P	48,00	30,000
4-A	128	La Cohilla.	1950	Nansa.	V	115,00	12,000
4-D	129	Montoro.	1951	Montoro.	P	36,70	28,000
4-A	130	La Lastra.	1951	Nansa.	P	32,00	0,100
4-B	131	Linares del Arroyo.	1951	Riaza.	P	35,60	58,100
4-E	132	Malpasillo (Jauja).	1951	Genil.	P.F.	27,00	3,500
2-B	133	Sequeiros.	1951	Sil.	P	22,20	10,600
6-B	134	Bachimaña.	1951	Alto Caldarés.	P	36,00	6,800
3-B	135	Castro.	1952	Duero.	P	56,00	38,000
3-B	136	Guístolas.	1952	Navea.	P	32,00	4,700
6-A	137	Lasarra.	1952	Aguas Limpias.	T	32,30	0,700
4-C	138	Picadas.	1952	Alberche.	P	58,00	15,000
4-B	139	Burgomilodo.	1953	Duratón.	P	43,70	14,500
5-D	140	Cofrentes (El Molinar).	1953	Júcar.	T	28,00	4,300
4-E	141	Cordobilla.	1953	Genil.	P	39,50	21,500
2-3-B	142	Chandreja.	1953	Navea.	F	85,00	60,700
3-D	143	La Minilla.	1953	Rivera de Huelva.	P	61,50	60,000
5-B	144	Niño Jesús (Aniñón).	1953	El Arroyo el Fresno.	P	23,00	0,200
4-A	145	Palombera.	1953	Nansa.	P	25,30	1,900
3-A	146	Priañes.	1953	Nora.	P	25,00	0,800
3-B	147	Puente Porto.	1953	Segundera.	F	32,00	23,000
4-C	148	Revenga (Puente Alto Río-frío).	1953	Riofrío.	F	47,00	2,500
6-B	149	San Mauricio.	1953	Espot.	P	19,00	2,300
3-C	150	Borbollón.	1954	Arrago.	P	31,00	86,500
2-B	151	Cachamuiña.	1954	Loña.	P	16,00	1,800
4-D	152	Charco Manzano.	1954	Guadalén.	P	56,00	173,000
5-D	153	Embarcadero.	1954	Júcar.	F	30,90	11,000
3-B	154	Montefurado.	1954	Bibey.	P	42,00	10,500
6-C	155	Onda.	1954	Veo.	P	38,00	1,100
4-B	156	Pálmaces.	1954	Cañamares.	P	35,20	32,200
4-D	157	Pedro Marín.	1954	Guadaquivir.	P	32,00	19,000
4-C	158	El Vado.	1954	Jarama.	P	70,00	57,300
5-C	159	Alarcón.	1955	Júcar.	P	77,00	1.112,000
4-D	160	Aldonza.	1955	Guadaquivir.	P	32,00	23,000
6-B	161	Escales.	1955	Noguera Ribagorzana.	P	125,00	157,800
6-B	162	Escarrá.	1955	Escarrá.	T	43,00	4,600
6-B	163	Gállego.	1955	Gállego.	P	19,00	0,100
5-C	164	Generalísimo.	1955	Turia.	P	110,00	228,000
2-B	165	Los Peares.	1955	Miño.	P	99,50	182,000

(Continuación).

Mapa	Núm.	Nombre de la presa	Año de terminación	Río	Tipo (1)	Altura sobre cimientos — mts.	Capacidad embalse — Hm. ³
5-C	166	El Picazo (Henchidero).	1955	Júcar.	P	26,00	0,500
6-B	167	Restanca.	1955	Valarties.	P	20,20	0,800
4-C	168	El Romeral.	1955	El Romeral.	P	31,00	0,300
2-B	169	San Esteban.	1955	Sil.	P	115,00	213,200
4-C	170	San Juan.	1955	Alberche.	P	78,00	148,000
3-B	171	La Torrasa.	1955	Noguera Pallaresa.	P	20,50	2,100
3-A	172	Barrios de Luna.	1956	Luna.	P	90,20	308,000
3-D	173	Cantillana.	1956	Guadalquivir.	P	18,75	20,600
4-C	174	Cijara.	1956	Guadiana.	P	80,50	1.676,800
4-E	175	Cubillas.	1956	Cubillas.	T	52,00	22,000
5-C	176	Entrepeñas.	1956	Tajo.	P	85,25	891,000
3-A	177	Granda.	1956	Granda y Gozón.	T	23,00	3,600
5-A	178	Patricio Echevarría.	1956	Urtatza	P	42,50	0,700
2-D	179	Piedra Aguda.	1956	Olivenza.	P	30,45	16,300
2-B	180	Pontillón del Castro (Acibal).	1956	Loural y S. Vicente.	P	23,00	1,400
6-A	181	Responmuso.	1956	Aguas Limpias.	F	55,00	17,200
4-C	182	Ríosequillo.	1956	Lozoya.	P	56,00	50,000
3-A	183	Salime.	1956	Navia.	P	134,00	266,000
3-B	184	San Martín.	1956	Sil.	P	28,50	9,600
3-B	185	Saucelle.	1956	Duero.	P	92,00	169,300
3-B	186	Balagueras.	1957	Palomajeras.	P	21,00	0,100
5-C	187	Buendía.	1957	Guadiana.	P	80,25	1.571,000
5-D	188	Miller.	1957	Segura.	F	52,50	6,500
7-B	189	San Pons.	1957	Cardoner.	P	60,00	24,700
6-B	190	Sopeira (Puente Montañana).	1957	Noguera Ribagorzana.	P	27,50	0,500
3-A	191	Trasona.	1957	Corvera.	P	20,50	4,100
5-A	192	Ullivarri.	1957	Zadorra.	F	37,00	138,900
5-A	193	Urrúnaga.	1957	Santa Engracia.	F	33,00	67,700
6-C	194	Alcora.	1958	Lucena.	P	33,00	2,200
6-D	195	Beniarrés.	1958	Serpis.	P	41,75	7,400
4-E	196	Bermejales.	1958	Cacín.	P	62,00	104,000
5-D	197	Cenajo.	1958	Segura.	P	95,00	472,000
6-B	198	Esterri.	1958	Noguera Pallaresa.	P	33,50	0,900
3-D	199	Montijo.	1958	Guadiana.	P	15,00	8,000
3-B	200	Prada.	1958	Jares.	F	85,00	121,100
3-C	201	Rosario.	1958	Tiétar.	P	37,10	84,200
6-C	202	Los Toranes.	1958	Mijares.	P	16,50	0,600
3-C	203	Araya de Arriba.	1958	A.º Ancianes.	(X)	16,25	1,200
2-A	204	Eume.	1959	Eume.	D	103,00	123,000
5-D	205	La Novia.	1959	Zumeta.	P	34,50	0,800
5-D	206	Peñarroya.	1959	Alto Guadiana.	P	50,00	47,500
6-C	207	Regajo.	1959	Palancia.	P	23,83	6,600
4-C	208	El Tobar.	1959	El Tobar.	F	34,00	0,900
3-D	209	Valuengo.	1959	Ardila.	P	36,00	15,200
5-B	210	Yesa.	1959	Aragón.	P	74,00	470,700
4-C	211	El Espinar.	1959	Moros.	F	35,70	0,400
3-C	212	Vid.	1959	A.º de la Vid.	P	16,20	0,500
6-D	213	Amadorio.	1960	Amadorio.	P	60,00	14,800
5-C	214	Arquillo San Blas.	1960	Guadalaviar.	P	54,00	22,000
3-B	215	Bao.	1960	Bibey.	P	107,00	283,300
—	216	Bárcena.	1960	Sil.	P	108,00	341,500
3-D	217	Brovales.	1960	Brovales.	F	23,80	7,000
5-D	218	Camarillas.	1960	Mundo.	P	44,00	39,900
6-B	219	Canelles.	1960	Noguera Ribagorzana.	V	150,00	678,000
6-B	220	Cavallers.	1960	Noguera de Tor.	F	71,00	15,800
4-B	221	Compuerto.	1960	Carrión.	P	80,00	95,000

(Continuación).

Mapa	Núm.	Nombre de la presa	Año de terminación	Río	Tipo (I)	Altura sobre cimientos — mts.	Capacidad embalse — Hm. ³
5-B	222	González Lacasa.	1960	Alberccs.	P	71,60	31,000
5-B	223	Mansilla.	1960	Najerilla.	P	76,50	67,700
6-B	224	Mendiano.	1960	Cinca.	P	83,90	313,000
6-B	225	Oliana.	1960	Segre.	P	90,00	101,000
3-C	226	Santa Teresa.	1960	Tormes.	P	58,50	496,000
6-C	227	Sichar (Ribesalbes).	1960	Mijares.	P	57,50	52,300
4-B	228	Sobrón	1960	Ebro.	P	41,80	20,100
5-B	229	La Tranquera.	1960	Piedra.	P	80,45	84,000
3-E	230	Bornos.	1961	Guadalete.	P	52,10	260,000
3-B	231	Eiros (Quereño).	1961	Eirós.	P	21,00	0,200
3-C	232	Gabriel y Galán.	1961	Alagón	P	73,00	924,000
2-A	233	Meicende.	1961	Pastoriza.	V.M.	28,00	0,500
3-D	234	Orellana.	1961	Guadiana.	P	63,45	476,000
2-A	235	La Ribeira.	1961	Eume.	P	53,55	28,500
2-B	236	San Agustín (Pías).	1961	Bibey.	E.T.	47,00	9,800
2-B	237	San Justo.	1961	Ulla.	P	23,75	3,000
3-B	238	Peñarrubia.	1961	Sil.	P	35,80	11,900
2-B	239	San Pedro.	1961	Sil.	P	34,50	5,700
2-B	240	San Sebastián.	1961	Bibey.	F	61,25	45,400
6-B	241	Santa Ana.	1961	Noguera Ribagorzana.	P	101,30	236,600
3-B	242	Selga.	1961	Luna.	F	14,40	6,000
6-B	243	Sotonera.	1961	Astón y Sotón.	T	31,50	189,000
6-A	244	Torán (Pont de Rey).	1961	Torán.	P	39,00	0,200
2-B	245	Zamames (Alcalde Pérez Lorente).	1961	Villaza.	P	29,00	1,900
3-D	246	Bembezar.	1961	Bembezar.	P	93,00	352,000
3-D	247	Bembezar (derivación).	1961	Bembezar.	P	40,00	80,000
4-D	248	Marmolejo.	1963	Guadalquivir.	V	15,30	2,500
6-B	249	Mayor Colomás.	1963	Aiguamoix.	P	23,50	1,700
3-B	250.	Aldeadávila.	1963	Duero.	P	139,50	114,800
4-C	251	El Batán.	1963	A.º del Batán.	P	27,30	0,300
2-B	252	Belesar.	1963	Miño.	V.C	132,00	645,000
6-B	253	Caspe.	1963	Guadalope.	P	35,00	—
6-C	254	Cirat.	1963	Mijares.	P	16,00	0,100
3-D	255	García de Sola.	1963	Guadiana.	P	64,90	555,000
6-B	256	Los Moros.	1963	Guadalope.	P	24,00	0,500
5-B	257	Los Rábanos.	1963	Duero.	P	22,70	7,600
4-B	258	Villalba.	1963	Carrión.	P	20,00	0,200
3-A	259	La Jocica.	1964	Dobra.	V	86,70	0,700
6-B	260	Línsoles.	1964	Esera.	P	37,50	2,600
6-B	261	Mequinenza.	1964	Ebro.	P	79,00	1.530,000
4-A	262	Nocedal.	1964	Nocedal.	P	39,20	0,400
3-C	263	Salor.	1964	Salor.	P	20,75	13,600
6-A	264	San Juan (Torán).	1964	Torán.	P	34,00	0,100
3-E	265	Arcos.	1965	Guadalete.	P	24,15	6,000
6-B	266	Laspuña.	1965	Cinca.	P	15,50	0,400
4-A	267	Oyola.	1965	Oyola.	P	40,40	0,800
4-C	268	Cañares.	1965	A.º Cañares.	P	21,00	0,860
6-B	269	Tabescán.	1965	N. Cardós.	P	29,50	0,600
3-C	270	Valdecañas.	1965	Tajo.	C	98,00	1.446,000
3-C	271	Valdeobispo.	1965	Alagón.	P	57,00	52,000
4-C	272	El Carpio.	1965	Arroyo Carpio.	P	30,00	1,550
6-C	273	Loriguilla.	1965	Turia	G	78,65	70,900
3-B	274	Matalavilla.	1966	Valseco.	B	114,50	64,900
3-E	275	Guadarranque.	1966	Guadarranque.	T	71,10	100,100
2-B	276	Velle.	1966	Miño.	G	27,00	17,000

(Continuación).

Mapa	Núm.	Nombre de la presa	Año de terminación	Río	Tipo (1)	Altura sobre cimientos — mts.	Capacidad embalse — Hm. ³
EN CONSTRUCCION							
5-D	277	Aguadero Hondo (Aguascebas).		Aguascebas.	P	50,00	4,250
6-B	278	Aiguamoix.		Aiguamoix.	T	21,60	0,600
5-C	279	Los Alcamines.		Alfamora.	P	69,70	31,400
3-C	280	Alcántara.		Tajo.	F	130,00	3.333,000
3-B	281	Almendra.		Tormes.	V	202,00	2.475,000
3-E	282	Almodóvar.		Almodóvar.	P	42,00	4,970
3-D	283	Aracena.		Rivera de Huelva.	F	64,50	115,000
3-A	284	Arbón.		Navia.	E	38,50	32,000
4-A	285	Artiba.		Arroyo Artiba.	P	39,85	0,600
5-A	286	Articutza.		Eurbieta.	P	33,50	3,000
4-C	287	El Atazar.		Lozoya.	V	131,40	465,000
3-C	288	Azután.		Tajo.	F	54,00	85,000
6-B	289	Barasona (Joaquín Costa)		Esera.	P	56,00	92,200
						+ 5,00	+ 31,000
3-A	290	La Barca.		Narcea.	C	73,50	41,400
7-B	291	Boadella.		Muga.	P	63,00	61,900
5-D	292	La Bolera.		Guadañentín.	P	53,00	50,000
6-B	293	Bubal.		Gállego.	P	93,00	66,300
6-A	294	Campoplano.		Lago Campoplano.	V	—	—
6-B	295	Canfranc (1).		Aragón.	F	29,50	0,400
3-B	296	Casoyo.		Casoyo.	Arco	25,50	0,400
3-4-C	297	Castrejón.		Tajo.	T	26,00	41,000
2-B	298	Castreló.		Miño.	P	35,00	33,500
3-E	299	Celemín.		Celemín.	T	33,00	40,000
3-B	300	Cernadilla.		Tera.	P	67,00	255,000
4-D	301	Cerro Muriano.		Guadenuño.	P	26,00	1,710
6-B	302	Ciurana.		Ciurana.	P	60,40	9,000
6-A	303	Cola.		Unarre	T	14,00	—
3-E	304	Concepción.		Verde.	P	84,50	—
5-C	305	Contreras.		Cabriel.	P	129,00	872,000
5-C	306	Contreras (II).		Cabriel.		43,00	—
5-C	307	La Chorrera.		Tajo.	P	15,80	0,400
6-B	308	Estós.		Estós.	V	28,50	—
5-A	309	Eugui.		Arga.	P	45,00	21,350
2-A	310	Fervenza.		Jallás.	P	32,00	104,000
6-4	311	Forata.		Magro.	P	67,50	38,500
2-A	312	Fórcadas.		Forcadas.	P	21,00	7,700
2-B	313	Frieira.		Miño.	P	38,00	44,000
6-D	314	Guadalest.		Guadalest.	P	74,45	15,300
4-E	315	Guadalhorce (Guadalteba)		Guadalhorce-Guadalteba.	E	70,80	328,000
5-D	316	Guadalmena (Cerrada de Valdeinfierno).		Guadalmena.	P	95,67	307,500
6-B	317	Grado II.		Barranco Grado.	P	30,00	0,100
6-B	318	El Grado.		Cinca.	P	130,00	400,000
3-A	319	Gran Suarna.		Navia.	V	152,00	700,000
6-B	320	Guara.		Calcón.	V	70,00	3,600
6-B	321	Guiamets.		Asmat.	P	52,00	10,000
6-A	322	Ip.		Lago Ip.	T	29,00	5,300
4-E	323	Iznájar.		Genil.	P	128,00	980,000
4-C	324	La Jarosa.		Arroyo La Jarosa.	P	54,00	7,180
6-B	325	Mediano (2).		Cinca.	P	91,60	442,000

(1) Contraembalse. Bombeo al lago de Ip. — (2) Recrecimiento.

(Continuación).

Mapa	Núm.	Nombre de la presa	Año de terminación	Río	Tipo (1)	Altura sobre cimientos — mts.	Capacidad embalse — Hm. ³
3-B	326	Montearenas.		Boeza.	P	33,00	—
4-C	327	Navacerrada.		Navacerrada.	P	46,00	11,100
4-C	328	Navalmedio.		Navalmedio.	P	41,00	0,700
2-A	329	Padrón.		Ulla.	P	42,00	39,600
6-B	330	Paso Nuevo.		Esera.	P	74,60	3,400
2-E	331	Piedras.		Piedras.	E	37,60	—
4-C	332	Pinilla.		Lozoya.	P	32,00	40,000
3-A	333	Porma.		Porma.	P	75,00	294,000
3-B	334	Las Portas.		Camba	V	152,00	752,400
2-A	335	Portodemouros.		Ulla.	T.E.	91,00	297,000
4-D	336	Puente de la Cerrada.		Guadalquivir.	P	18,50	4,800
4-D	337	Puente Nuevo.		Guadiato.	P	52,60	287,000
3-B	338	Pumares.		Sil.	P	21,00	4,300
3-A	339	Proaza-Valdemurio.		Quirós	P	38,00	1,500
4-E	340	Quentar.		Aguas Blancas.	V	100,00	11,000
—	341	El Renegado.		El Renegado.	P	57,33	1,200
3-D	342	Retortillo.		Retortillo.	P	43,00	72,900
3-D	343	Retortillo (derivación).		Retortillo.	P	35,45	12,000
4-B	344	Retuerta.		Arlanza.	P	54,00	117,000
4-A	345	Riaño (La Remolina).		Esla.	V	96,30	664,000
6-B	346	Ribarroja.		Ebro.	P	70,00	490,800
3-B	347	Las Rozas.		Sil.	P	71,00	27,700
3-D	348	Sancho.		Meco.	P	45,00	39,500
3-B	349	Santa Eulalia.		Jares.	V	74,00	10,100
3-B	350	Santiago.		Sil.	P	20,50	1,700
5-D	351	Santomera.		Rambla Salada.	P	49,50	36,000
2-B	352	Salas.		Salas	F	49,00	87,000
7-B	353	Susqueda.		Ter.	V	135,00	235,000
4-C	354	Torre de Abraham,		Bullaque.	P	49,00	191,500
4-C	355	El Tiemblo.		Yedro.	V		1,200
3-C	356	Torrejón.		Tajo	P	68,00	166,000
3-C	357	Torrejón.		Tiétar.	P	34,00	14,200
6-D	358	Tous.		Júcar.	P	110,50	380,000
6-B	359	Vadiello.		Guatizalema.	P	75,50	15,540
3-A	360	Valdemurio.		(Proaza).	P	40,00	1,500
3-B	361	Valdesirgas.		Veldesirgas.	T.E.	42,00	1,800
3-B	362	Valparaíso.		Tera.	P	31,00	26,200
4-C	363	El Vellón.		Guadalix.	V	61,00	45,000
3-A	364	Vigaña.		Vigaña.	T.E.	37,00	0,500
2-B	365	Vilasouto.		Mao.	P	58,00	20,000
6-C	366	Villamarchante.		Turia.	P	48,50	58,400
3-D	367	Villaviciosa (derivación).		Guadiato.	P	21,00	0,200
4-D	368	Villaviciosa (acumulación)		Guadiato.	P	51,00	1,900
3-D	369	Villaviciosa (contraembalse).		Guadiato.	P	17,50	1,900
2-A	370	Zarzo.		Zarzo.	P	24,50	5,700

ESPAÑA INSULAR (En explotación)

371	Arucas	1910	B.º Pinto.	P	27,00	0,500
372	Los Cocos.	1912	B.º Juan Vera.	P	18,20	0,025
373	Antoncojo.	1920.	B.º Los Cocos.	P	19,40	0,050
374	El Conde.	1923	B.º del Conde.	P	24,00	0,130
375	Charca de Ascanio.	1925	B.º Tahodio.	P	32,00	0,250
376	Tahodio.	1928	B.º Rosales.	P	40,00	0,400
377	Casas Blancas.	1933	B.º Hoya de Ponce.	P	19,40	0,170
378	Hoya de Ponce.	1933		P	19,00	0,500

(Conclusión).

Mapa	Núm.	Nombre de la presa	Año de terminación	Río	Tipo (1)	Altura sobre cimientos — mts.	Capacidad embalse — Hm. ³
	379	Mondragones.	1933	B.º S. Francisco.	P	34,00	0,500
	380	Palmito.	1933	B.º Palmito.	P	32,00	0,350
	381	Pinto	1933	B.º Pinto.	P	27,50	0,400
	382	Tapahuga.	1933	B.º Tapahuga.	P	15,50	0,125
	383	S. Lorenzo Tenoya.	1937	B.º Afluente Tenoya.	P	20,50	0,100
	384	El Callejón.	1940	B.º del Callejón.	P	24,00	0,200
	385	El Cortijo.	1944	B.º Firgas.	P	20,00	0,200
	386	La Dama.	1944	B.º La Dama.	P	17,00	0,045
	387	Las Garzas.	1944	B.º Las Garzas.	P	32,00	0,600
	388	La Siberia.	1944	B.º La Siberia.	P	17,00	0,175
	389	Los Calderillos.	1945	B.º Los Calderillos.	P	21,00	0,090
	390	Cuevas Blancas.	1945	B.º Cuevas Blancas.	P	16,00	0,425
	391	La Vistilla.	1945	B.º Rosales.	P	24,00	0,030
	392	Benchijigua.	1947	B.º Los Castaños.	P	15,50	0,040
	393	Cascajo.	1947	El Junquillo.	P	15,50	0,040
	394	Ayaguares.	1952	B.º Fataga.	P	40,00	1,700
	395	Calabozo.	1952	B.º Calabozo.	P	28,00	0,300
	396	Piletas.	1952	B.º Piletas.	P	24,00	0,340
	397	Cardones.	1953	B.º Los Cocos.	P	25,00	0,135
	398	Ntra. Sra. del Rosario.	1953	B.º La Laja.	P	22,00	—
	399	Vallehermoso.	1953	B.º El Garabato.	P	30,00	0,135
	400	Palacios.	1954	B.º La Laja.	P	21,00	0,130
	401	Tamadaba.	1954	Los Ancones.	P	15,00	0,100
	402	Ciguaña.	1956		P	15,00	0,160
	403	Hondo.	1956	B.º Hondo.	P	25,00	0,195
	404	El Pintor.	1956	B.º El Pintor.	P	30,00	0,500
	405	Tamaide.	1956	B.º Tamaide.	P	25,00	0,140
	406	Dolores.	1957	B.º Casas Blancas.	P	32,00	0,160
	407	Gañanías.	1957	B.º Gañanías.	P	28,00	0,370
	408	Izagüe.	1957	B.º La Laja e Izcagüe.	P	21,50	0,125
	409	Agulo.	1958	B.º La Palmita.	P	25,00	0,400
	410	Los Hornos.	1958	B.º Los Hornos.	P	27,00	0,700
	411	Caldero de la Niña.	1959	B.º La Aldea.	P	40,00	2,450
	412	Cuevas de las Niñas.	1959	B.º Majada Alta.	P	32,00	5,200
	413	Mocán (La Fuente).	1960	B.º Mocán.	P	27,00	0,300
	414	La Quintana y La Merica.	1962.	B.º La Quinta-Arureba.	P	18,00	0,080
	415	Garcés.	1962	B.º San Juan Guía Isora.	P	21,00	0,150
	416	Chira.	1963	B.º Chira.	F	40,00	4,000
	417	Los Molinos.	1965	Los Molinos.	F	25,00	2,000
EN CONSTRUCCION							
	418	Barranco Hondo y Jaques		B.º Hondo.	F	25,00	0,150
	419	La Candelaria.		B.º Acusa.	F	25,00	0,300
	420	Chejelipes.		B.º Laja.	P	42,00	0,700
	421	Fagata.		B.º Fagata.	F	32,00	0,400
	422	La Gambuesa.		B.º Ayaguares.	F	44,00	1,200
	423	Hermigua.		B.º Liria.	P	37,00	0,160
	424	Las Hoyas.		La Coruña.	F	41,00	0,900
	425	Hoya de Ponce.		B.º Hoya de Ponce.	F	24,00	0,500
	426	El Parralillo.		B.º La Aldea.	V	60,00	6,100
	427	Las Pinas.		Las Pinas.	P	28,00	0,260
	428	Soria.		Soria.	V	130,00	32,000