

# Desarrollo histórico, tipología, inventario y técnica de las presas y embalses en el Perú

Historical development, typology, inventory and technique  
of dams and impoundments in Peru

**César Adolfo Alvarado Ancieta.** Ingeniero Civil, M.Sc., Jefe de Proyecto  
*Hydropower Development Engineering Division - River Engineering*  
*FICHTNER GmbH & Co. KG, Stuttgart, Germany. alvaradoc@fichtner.de. www.freewebs.com/alvarado-ancieta/*

**Resumen:** Se presenta la evolución histórica de las presas en el Perú, su tipología, con un particular énfasis en las tendencias de los últimos 130 años. Queda claro el rol que juegan en la sociedad los embalses creados por las presas para el desarrollo del país. Además, el autor efectúa una revisión de los importantes hechos, cambios y alcances de la ingeniería de presas peruana a la fecha, incluyendo el primer inventario de 128 presas y embalses con sus principales características entre presas de almacenamiento, regulación y cola, y barrajes - presas derivadoras, y su presencia en la costa, Cordillera de Los Andes y ceja de selva peruana. Se presenta un análisis estadístico de la evolución de las presas y capacidad de los embalses creados en el territorio peruano en el período 1870-2007.

**Palabras Clave:** Perú; Historia de presas y evolución; Inventario de presas y embalses, registro de presas y embalses; Tipo de presas, tipología de presas; Análisis estadístico de presas y embalses

**Abstract:** The article describes the historical evolution of dams in Peru and their typology, with particular emphasis on the trends over the last 130 years. Impoundments created by dams have clearly played an important part in the country's development and the author reviews some of the main issues, challenges and achievements of Peruvian dam engineering today. The author makes the first inventory of 128 dams and reservoir impoundments together with their main characteristics from among storage, regulating and tailing dams, barrages or diversion dam spillways, located on the Peruvian seaboard, the Andes and the Peruvian high jungle. The article also presents a statistical analysis of dam evolution and reservoir capacity created in the Peruvian territory over the period from 1870 to 2007.

**Keywords:** Peru; Dam history and evolution; Inventory of dams and impoundments, dam and reservoir register; Type of dams, dam typology; Statistical analysis of dams and impoundments

## Objetivo

Análisis estadístico de presas y embalses, investigando el tipo de presas construidas a lo largo de los últimos 130 años, así como también analizando el incremento de la capacidad de almacenamiento disponible de los embalses creados. Desarrollo histórico, tipología, rol, inventario, perspectivas y actualidades de las más importantes presas de almacenamiento, regulación y cola, y barrajes - presas derivadoras - ubicados en la costa, cordillera de los Andes y ceja de selva del Perú.

## Objective

*The statistical analysis of dams and impoundments based on the investigation of dams built over the last 130 years, together with the analysis of the increased storage capacity available in man-made reservoirs. Historical development, typology, role, inventory, perspective and current issues of the most important storage, regulating and tailing dams, and barrages - diversion dams - located on the Peruvian seaboard, the Andes and the Peruvian high jungle.*

## Introducción

Las obras hidráulicas tienen una milenaria y admirable presencia en el Perú, a través de muchas culturas pre-Incas y posteriormente con el Imperio Incaico. Antes que arribaran los españoles a América, ningún tipo de infraestructura hidráulica fue implementado en otra región sudamericana más que en el Perú, siendo estas obras desarrolladas con propósitos de irrigación.

## Desarrollo histórico

En la parte norte del Perú, en la Cordillera de los Andes hasta alcanzar los 3500 m snm, donde se encuentra ubicado la divisoria continental, alrededor de los 1500 años A.C. fue construido en formaciones naturales de roca el acueducto de Cumbemayo, ver Figura 1 [3,6] de una longitud aproximada de 9 km. La obra de conducción colectaba las aguas de la Cuenca del Atlántico y las redireccionaba en su camino hacia la cuenca del Océano Pacífico hasta alcanzar un reservorio excavado en roca de 25 m x 35 m. De hecho, el primer almacenamiento hídrico en el nuevo continente construido por los antiguos peruanos, sin utilizar una presa.

En la costa norte la cultura Sicán entre los años 1000 a 1400 construyó un canal de conducción el cual permitió derivar las aguas del río Huarmaca hacia La Rita, cerca de Malanguitas en Piura, también se tiene la presencia de canales aguas abajo de la actual presa de Poechos. El paso de canales de derivación de una cuenca hacia otra vecina justo en la cota más baja de la línea divisoria continental de aguas fue una solución de alta ingeniería desarrollada por los Incas, lo cual dejó a los españoles asombrados. Una tradición de Ricardo Palma dice que el Inca Pachacutec ante la petición de una mujer proveniente del valle de Ica, el Inca da la orden de construir con cuarenta mil guerreros a su disposición el "Canal de La Achirana" en el año de 1412, el cual se encuentra hasta la fecha en servicio. Un sin número de estructuras hidráulicas efectuadas por los Incas tales como Tipón, Piquillakta, etc, ver Figura 1 [1,2,4,5], comprendieron acueductos, canales de conducción y vertederos. Sin embargo, los Incas no construyeron obras de almacenamiento de agua. En vez de construir presas, los Incas llevaron a cabo un aprovecha-

## Introduction

*Hydraulic works have a millenary and admirable presence in Peru, passing on from many pre-Inca cultures and throughout the Inca Empire. Prior to the arrival of the Spanish in America, no water works had been constructed in any South America region other than Peru, these works being developed for irrigation purposes.*

## Historical development

*The approximately 9 km long Cumbemayo Aqueduct, see Figure 1 [3,6], was built out of natural rock in around 1500 B.C. in the north Peruvian Andes at the continental divide and at an elevation of 3500 m above sea level. A channel collected water from the Atlantic watershed and redirected it on its way to the Pacific Ocean to a reservoir excavated in rock of 25 m x 35 m. This was in fact the first water impoundment in the new continent made by ancient Peruvians without using a dam.*

*On the north coast and sometime between 1000 to 1400, the Sicán culture built a conveyance channel, diverting the water releases from the Huarmaca River to La Rita, near Malanguitas in Piura, and there are also canals downstream of the current Poechos dam. The passing of diversion canals from one basin to another at the lowest point of the continental divide was a highly advanced engineering solution developed by the Incas and one which astounded the Spanish. One of the historical prose tales written by Ricardo Palma tells the story of the Inca Pachacutec who at the request of a woman from the valley of Ica, ordered the construction by forty thousand warriors of the "La Achirana Canal" in 1412, which is still in use to this very day. Many hydraulic structures made by the Incas such as Tipón, Piquillakta, etc, see Figure 1 [1,2,4,5], consisted of aqueducts, conveyance channels and weirs. However, the Incas did not build water impoundment works and instead of building dams the Incas regulated the water development of lakes by means of stepped openings in the natural dikes closing the lakes in order to allow controlled water releases according to the water demands in the agricultural valleys set downstream. The level of organization reached by the ancient Peruvians was truly amazing*



Fig. 1. Obras hidráulicas prehispánicas: [1,4] Acueducto de Tipun construido en mampostería, Cuzco; [2] Vertedero de Tipun hecho en mampostería Cuzco; [3,6] Acueducto de Cumbemayo excavado en roca Cajamarca; [5] Acueducto de Piquillakta / Prehispanic hydraulic structures: 1-4 Aque duct of Tipun, constructed of masonry, Cuzco; (2) weir of Tipun, made of masonry, Cuzco; (3,6) Aque duct of Cumbemayo excavated in rock, Cajamarca; (5) Aque duct of Piquillakta.

miento regulado de las aguas de lagos mediante ventanas o aperturas en cascadas sobre los diques naturales que cierran los lagos para el control de las descargas conforme a las demandas en los valles agrícolas ubicados aguas abajo. Es realmente increíble la organización alcanzada por los antiguos peruanos que con una población estimada por unos y otros entre 10 a 20 millones de habitantes hayan contado con una satisfacción efectiva de las demandas de agua sin la disposición de embalses, para un país que hoy en día con aproximadamente 27 millones de habitantes no logra satisfacer.

Los españoles describen que a su llegada al Perú el panorama era completamente distinto al actual. Grandes áreas de la costa estuvieron totalmente irrigadas. Pocas décadas después del arribo de los europeos fueron suficientes para dejar las tierras secas.

*and with a population that according to different estimates varied between 10 to 20 million inhabitants they effectively covered water demands without the need for impoundments or reservoirs, in a country that cannot presently cover the water requirements of a population of around 27 million inhabitants.*

*According to descriptions given by the Spanish on their arrival in Peru, the landscape was completely different from that seen today. Large areas of the coast were totally irrigated, but these lands were left to dry within just a few decades of the arrival of the Europeans. At the beginning of colonization and with an indigenous population that had been drastically reduced by disease, water diversion and the impoundment of water were not considered necessary and the Spanish did not construct important hydraulic works until these were seen to be*

Con el inicio de la colonia y con una población indígena reducida drásticamente debido a las enfermedades, la derivación y almacenamiento de aguas no fue considerado una actividad importante. Por lo tanto, parece ser que los españoles no construyeron estructuras hidráulicas importantes hasta que fue considerado un requerimiento. El autor estuvo investigando información con respecto a la construcción o erección de almacenamientos de relativa importancia en la colonia, durante el Virreynato del Perú. Sin embargo, esta no fue tarea fácil de encontrar. Se supone que los españoles construyeron muchas presas hechas de cal y gravas grandes principalmente con propósitos mineros, a pesar de ello, no se han encontrado muchas referencias y detalles al respecto. Un pequeño almacenamiento ejecutado de ese tipo de materiales construido en la cercanía de La Atarjea, en Lima, para derivar las aguas del río Rimac a la ciudad de Lima, "La Ciudad de Los Reyes", fue construida en 1568. En el siglo XVII se construyó sobre la margen izquierda del río Rimac, la Real Fábrica de Pólvora de Lima, comprendiendo una estructura de derivación hacia tres molinos hidráulicos y protegidos contra inundaciones mediante muros diques, ver Figura 2.

En 1588, en la costa norte del Perú, en Piura, en la cuenca baja del río Piura, el capitán español Alfonso Forrero de Ureña mandó construir aguas arriba de la ciudad de Catacaos la presa de Tacala, la cual derivaba las aguas hacia la margen izquierda del río. Esta presa fue destruida y rehabilitada muchas veces hasta el año de 1721, cuando esta colapsa debido al Fenómeno de El Niño de aquel año.

En 1789 empezó con propósitos de irrigación la construcción de una pequeña presa en el origen del río Sumbay, en Arequipa, la llamada "Dique de Los Españoles". Esta fue concebida inicialmente de cal y grandes gravas. El dique no pudo ser culminado hasta 1992 debido a problemas relacionados al derecho de aguas, y fue concluida finalmente hecha de materiales sueltos o relleno de tierra. De hecho la historia de las presas en el Perú antes del año de 1875 no ha sido todavía investigada en detalle.

Las presas en el Perú empiezan a ser implementadas en las décadas de 1860 y 1870. Durante éste período alrededor de seis presas de gravedad de albañilería son construidas en la serranía de Lima, en el valle del río Santa Eulalia, un tributario del río Rimac, tal década es la más importante de las grandes obras del siglo XIX del Perú en conjunto con la construcción de

*essential. The author has tried to uncover information regarding the construction of dams or impoundments of relative importance in the colony, during the Viceroyalty of Peru, though this has not been easy to find. It is presumed that the Spanish built many lime and gravel dams, mainly for mining purposes, though not many references or details have been unearthed. A small impoundment made of such materials was constructed in 1858 near La Atarjea, Lima, for diverting water from the Rimac River to the city of Lima, "La Ciudad de Los Reyes". In the sixteenth century the Real Fábrica de Pólvora de Lima (Royal Gunpowder Factory) was built on the left bank of Rimac River, containing a diversion structure to three watermills and protection against floods in the form of dike walls, see Figure 2.*

*In 1588, the Spanish Captain Alfonso Forrero de Ureña ordered the construction of the Tacala Dam, upstream of the city of Catacaos, on the north coast of Peru, in Piura, in the Lower Piura River Basin, and diverting water to the left bank of the river. This dam was destroyed and rebuilt on many occasions up to 1721, when it finally collapsed as a result of the El Niño Phenomenon.*

*In 1789, construction started on a small dam, the "Dique de los Españoles", at the source of the Sumbay River in Arequipa. This dam was to be used for irrigation purposes and was initially conceived as a lime and large gravel dam. The dike was not completed until 1992 due to problems with water rights, and was eventually finished in the form of a loose soil or earthfill dam. In fact the history of dams in Peru before the year 1875 has yet to be investigated in a thorough fashion.*

*Dams in Peru began to be constructed in the 1860's and 70's. In this period around six masonry gravity dams were constructed in the Lima mountain range within the valley of the Santa Eulalia River, a tributary of the Rimac River. This period saw the building of many of the most important nineteenth century works in Peru, in combination with the construction of railways and the arrival of many professionals from Europe and North America, due to increased trade and the development of the country. The highest of these six dams was the Carpa dam, a 16 metre high masonry arch gravity dam.*

*It would appear that no important dams were constructed in the country throughout the period from the start of the Pacific War in 1879 to the beginning of*

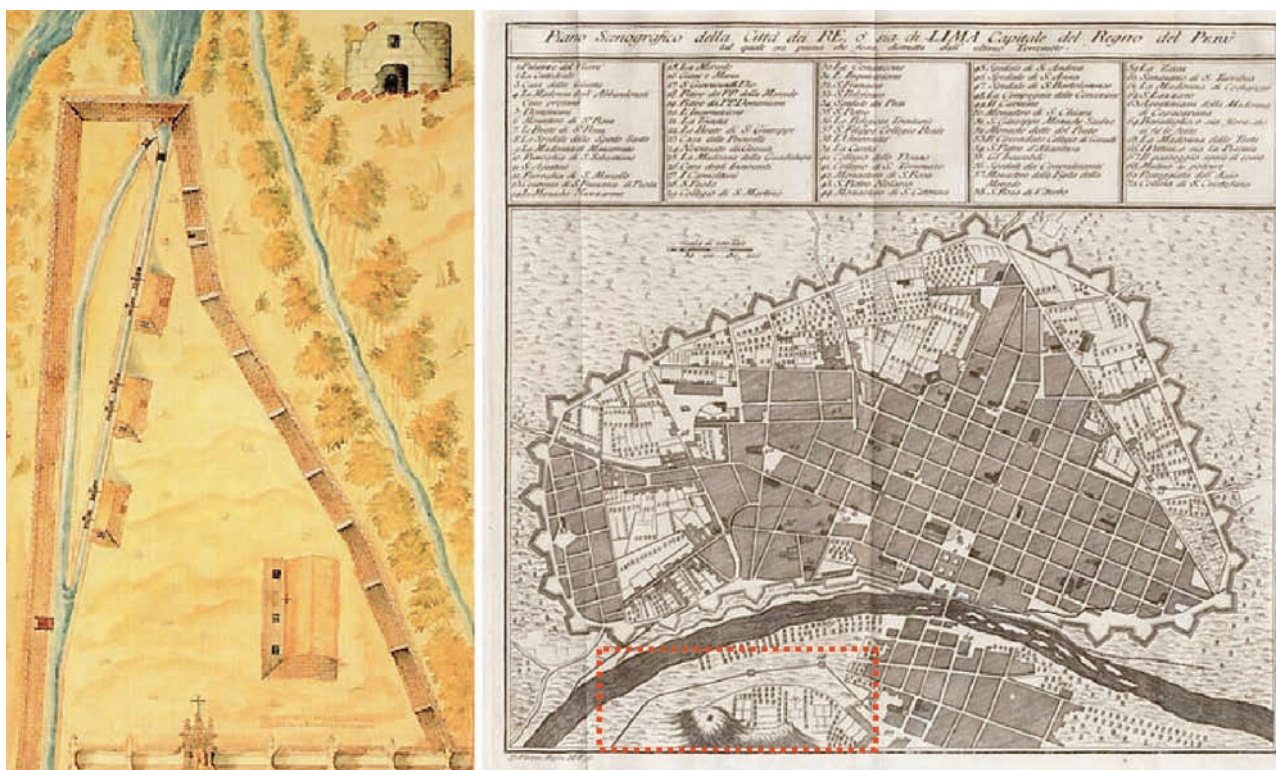


Fig. 2. Planta de la Real Fábrica de Pólvora de Lima, que contiene tres molinos hidráulicos. cada uno de ellos de dos ruedas. Siglo XVII. Obsérvese el río Rimac, margen izquierda superior / Plan view of, Real Fábrica de Pólvora de Lima containing three hydraulic mills each one with two wheels. Century XVII. Rimac River on top left margin. (Fuente / Source: Obras Hidráulicas en América Colonial, Biblioteca de Cataluña, Ms. 400, lám. 36; derecha / right, Plano scenografico della Cita de Re, O' sia di Lima Capiatale del Regno del Peru, 1763, Biblioteca Universidad Mayor de San Marcos, Lima, Perú).

los ferrocarriles y la llegada de muchos profesionales venidos de Europa y Norte América, como resultado del incremento del comercio y para el desarrollo del país. La más alta de todas estas presas fue la presa de Carpa, una presa de arco de gravedad de 16 m de altura.

En el período comprendido entre el inicio de la Guerra del Pacífico, 1879, y el principio del siglo XX, parece ser que ninguna presa de importancia relativa fuera construida en el país. Las referencias históricas indican que entre 1910 y 1930 algunas importantes presas empiezan nuevamente a ser construidas en la cordillera andina de Lima y Junín como consecuencia del incremento de la presencia de actividades mineras y el requerimiento de abastecimiento de energía a la ciudad de Lima, así como también a los centros de operación minera. Entre tales presas la más grande de las construidas fue la presa de Pomacocha de 22 m de altura, ver Figura 3, completada en 1914, una presa de tierra homogénea sobre el río Yauli. En la década de 1910, en la costa norte del Perú, en el valle del río Piura, son construidos muchos diques

the twentieth century. Historical references indicate that between 1910 and 1930 some important dams were once again being constructed in the Lima and Junin mountain ranges as a result of the increasing presence of mining activities and the need for power supplies to Lima and the mining operation centres. The largest of these dams was the 22 m high Pomacocha Dam, see Figure 3, constructed in 1914 as a homogeneous earthfill dam on the Yauli River. In the 1910's, a large number of medium-sized dikes were built in the valley of the Piura River on the north coast of Peru, for flood control purposes and the channelling of the river in order to protect irrigation areas following the flashfloods of El Niño. In 1936 the 76-m-high Malpaso rockfill dam, the then seventh highest dam of the world, was constructed on the Mantaro River for hydropower development. The nineteen-thirties saw a decline in the construction of masonry gravity dams and the advance of earthfill dams as shown in Figure 6. The first diversion dam spillway or concrete barrage "La Achirana" was completed in 1935 by Sutton in the valley of Ica River for irrigation purposes.

de regular tamaño para el control de inundaciones y encauzamiento del río, para protección de las áreas de irrigación después de la avenida del Fenómeno de El Niño. En 1936 fue construida sobre el río Mantaro con fines de aprovechamiento hidroeléctrico la séptima presa más alta del mundo en los años 30, la presa de enrocado de Malpaso de 76 m de altura. La década de 1930 marca la declinación en la construcción de presas de albañilería de gravedad y el avance de las presas de tierra, tal como se muestra en la Figura 6. La primera presa derivadora o barraje de concreto es culminada en 1935 en el valle del río Ica con propósitos de irrigación.

El pique y la declinación en la construcción de presas de tierra y de albañilería se ubican entre los años de 1960 y 1970, ver Figura 8. Sin embargo, la última presa de gravedad de albañilería, la presa de Viconga de 27 m de altura es construida en 1982. Algunas altas y grandes presas de tierra son construidas en las décadas de 1950 y 1960 tales como las presas de Poechos (ver Figura 4) y Tinajones. Una presa de arco de gravedad, de gran altura, la presa de El Frayle, de 74 m de altura es culminada sobre el río Blanco en 1958. Presas de enrocado son también construidas, pero no en gran cantidad en comparación con las presas de tierra, especialmente bajo consideración de las condiciones geológicas de los Andes Peruanos. Así mismo se implementan nuevas técnicas en la construcción de presas, para poner un ejemplo, para el control de filtraciones; éste es el caso de la presa de Aguada Blanca, una presa de enrocado culminada en 1972, con una protección o pantalla impermeabilizante de acero sobre el espaldón de aguas arriba, ver Figura 5.

En los años 70 se construye en el Perú una de las presas más alta de arco, de gravedad, de concreto, la presa de Tablachaca de 77 m de altura, ver Figura 7, es construida sobre el río Mantaro en 1973. La presa de tierra más alta en Sudamérica en la década de los 80, es culminada en 1987, la presa de Gallito Ciego de 114 m de altura sobre el río Jequetupeque, ver Figura 6. Dos años antes una presa grande de enrocado es finalizada, la presa de Condorama sobre el río Colca de 101 m de altura. También en las décadas 1980-1990 muchas presas derivadoras entran en operación tales como Los Ejidos, Chavimochic (o también llamada 452) y Sullana. Los últimos 40 años es una etapa muy desarrollada en la construcción de presas bajo la diligencia de los gobiernos para incrementar las irrigaciones, el abastecimiento de agua para el habitante, así como el poten-



Fig. 3. Superior izquierda / Above left, presa / dam Yuracmayo. Abajo / Below, presa / dam Pomacocha, construida en 1914 y proyectada a ser sobre elevada a una altura total de 40 m como parte del proyecto de aprovechamiento de recursos hídricos Marca II para satisfacer la demanda de agua de la ciudad de Lima / constructed in 1914 and projected to be heightened for a total height of 40 m as part of the Marca II Water Resources Development Project in order to satisfy the water demand of Lima City. (Foto superior derecha / photo above right. Fuente / source: Google Earth 2007).

*The rise and fall of earthfill and masonry dams may be set between 1960 and 1970, see Figure 8, though the last masonry gravity dam to be constructed was the 27 m high Viconga Dam built in 1982. Several large, high earthfill dams were built in the nineteen-fifties and sixties, such as the Poechos (see Figure 4) and Tinajones Dams. A high concrete arch gravity dam, the 74 m high El Frayle Dam, was completed on the Blanco River in 1958. Rockfill dams were also constructed, but not on the scale of earthfill dams and particularly when considering the geological conditions of the Peruvian Andes. New techniques*

cial hidroeléctrico; sin embargo los almacenamientos, los embalses y capacidad de agua creados no alcanzan para satisfacer las demandas poblacionales. A pesar de ello se crea una cultura de ingeniería hidráulica peruana en la construcción de presas, siendo esta reconocida en el extranjero como resultado del trabajo que se complementa en los múltiples proyectos con ingenieros foráneos.

Con el desarrollo de esta cultura, las nuevas tecnologías son también aplicadas en la construcción de presas, las cuales son observadas en la presa de CCR de Antacoto (presa de concreto compactado rodado), la primera de tales características y finalizada en 1999; la presa de enrocado con pantalla impermeabilizante de concreto sobre el espaldón de aguas arriba de Antamina de 135 m de altura en Ancash o la presa de Torata de similares características de 130 m de altura, siendo estas dos últimas presas construidas para propósitos mineros y concluidas en los años 2002 y 2001 respectivamente.

La presa de gravedad de concreto de Huallamayo de 70 m de altura es concluida sobre el río Paucartambo en el año 2003 con fines de aprovechamiento hidroeléctrico. Hoy en día una presa de tierra zonificada de grandes dimensiones esta siendo construida con fines de irrigación y aprovechamiento hidroeléctrico en Olmos, la presa Limón de 43 m de altura en su primera etapa y que alcanzará en su segunda etapa una altura máxima de 85 m, y capacidades de almacenamiento de volumen útil de 40 y 160 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. También, la primera presa de arena ciclónica sobre el espaldón de aguas abajo, la presa de Quebrada Honda, ha sido culminada en el año 2000. Definitivamente, presas de muchos tipos y altura han sido construidas en el Perú basados en las nuevas tecnologías que han sido desarrolladas.

### **Evolución y desarrollo de las presas y embalses en el Perú**

Figura 8 muestra como el número presas y la capacidad de almacenamiento de reservorios o embalses ha evolucionado a través del período comprendido entre los años 1870 y 2007. Al final del siglo XX había en el Perú menos de 10 presas construidas, de las cuales aun muchas se encuentran en operación hasta la actualidad. El almacenamiento creado por éste pequeño número de presas fue de 80 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. En los inicios del si-

Fig. 4. Presa Poechos, concluida en / completed in 1976, permite una capacidad de almacenamiento de / allow an available storage volume of 885 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. (Fotos fuente / Photos source: Energoprojekt, DEPECHP).



were also introduced in the construction of dams, such as that used to control seepage in the case of the Aguada Blanca Dam, a rockfill dam completed in 1972, with a steel face set on the upstream shoulder, see Figure 5.

One of the highest concrete arch gravity dam to be constructed in Peru in the seventies was the 77m high



Fig. 5. Aguada Blanca. Presa de enrocado con pantalla de impermeabilización de acero / Steel face rockfill dam. (Fotos fuente / Photos source: Google Earth 2007, OSINERG, Electroconsult).



Fig. 6.1. Presa de tierra / Earth Dam Gallito Ciego, concluida en / completed in 1987, la cual con su altura de / which with a height of 114 m, fue la presa más alta de Sudamérica en los años 80 / was the highest dam in South America during the 80's. (Fotos fuente / Photos source: Google Earth 2007).

glo XX el gobierno peruano lleva a cabo muchos planes de desarrollo con propósitos de irrigación y aprovechamiento hidroeléctrico. De esta manera al final de 1960 fueron construidas alrededor de 28 nuevas presas y la capacidad de almacenamiento había sido incrementada a  $810 \times 10^6 \text{ m}^3$  en 60 años. Conforme al inventario efectuado por ONERN, hoy en día llamado INRENA, en su segunda aproximación del año 1980, hacia 1975 se disponían alrededor de  $2000 \times 10^6 \text{ m}^3$  de total de capacidad de volumen de almacenamiento en los embalses del Perú, correspondiente a 23 reservorios (sin incluir presas derivadoras y/o barrajes). Oficialmente, éste fue el primer y último inventario detallado con respecto a volúmenes de almacenamiento de los embalses llevado a cabo en el Perú, sin considerar información referente a las presas, tipología, obras conexas, etc. A pesar de éste lento incremento en la capacidad de almacenamiento artificial y el aumento de la tasa de nacimiento de habitantes, las demandas de agua

Tablachaca Dam, see Figure 7, built on the Mantaro River in 1973. The highest South American earthfill dam to be built in the 80's was the 114 m high Gallito Ciego Dam on the Jequetepeque River which was completed in 1987, see Figure 6. Two years earlier the 101 m high rockfill dam, the Condorama Dam, was completed on the Colca River. The 1980's and 1990's saw the introduction of many diversion dam spillways such as Los Ejidos, Chavimochic (also called 452) and Sullana. The last 40 years have seen ongoing development in dam construction under the auspices of the authorities and with the aim of increasing irrigation, human water supply and hydropower, though in spite of all the impoundments, reservoirs and water capacity that has been created, this has still failed to meet demand. However, this has led to the creation of an engineering culture in dam construction in Peru and one readily acknowledged abroad through the collaboration of local engineers with their foreign counterparts on all manner of projects.

On the development of this culture, new technologies have also been applied in dam construction such as the Antacoto RCC Dam (roller compacted concrete dam), the first of its type and completed in 1999; the 135 m high Antamina CFRD - concrete face rockfill dam - in Ancash or the 130 m high Torata CFRD, these two latter being built for mining purposes and completed in 2002 and 2001 respectively. The Huallamayo Dam, a 70 m high concrete gravity dam, on the Paucartambo River was



Fig. 6.2. Presa / Dam Gallito Ciego, con aliviadero de demasías operando / with flood spillway under operation.



Fig. 7.  
Tablachaca  
(1973). Presa de  
arco de  
gravedad /  
Arch gravity  
dam, de 77 m  
de altura / of 77-  
m-high, 2697 m  
snm / m asl.  
(Fotos fuente /  
Photos source:  
Google Earth  
2007,  
ELECTROPERU).

habían sido controladas y satisfechas hasta el principio de los años 60. El incremento acelerado de la tasa de habitantes por km<sup>2</sup> viviendo en las principales ciudades obliga a los gobiernos a reforzar las capacidades de almacenamiento y en consecuencia se produce un rápido incremento en la construcción de presas en el período

complete in 2003 and is employed for hydropower purposes. Today a large zoned-earth dam, the Limon Dam, is under constructed for irrigation and hydropower development purposes in Olmos. This dam is due to be 43 m high in its first phase and will reach a maximum height of 85 m in its second phase

do comprendido entre los años 1960 y 1990. Al final de los años 80, el número de presas se ve incrementado por un factor de 2.2 y la capacidad de almacenamiento se incrementa en cinco veces. Actualmente, después de 17 años el incremento en el número de presas construidas ha pasado de 65 al final de la década de 1990 a 94 al final del siglo XX y en la actualidad se llega a 128, y la capacidad total de almacenamiento se ha visto incrementada en  $1770 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Este inventario efectuado por el autor del número de presas y capacidad de almacenamiento de los embalses ha dado como resultado un número total de presas de alrededor de 128 obras de retención y un volumen de almacenamiento actual en los embalses de aproximadamente  $6120 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

La Tabla 1, describe la evolución de las presas peruanas comprendida entre los años de 1870 y 2007 con indicación del número de presas construidas y capacidad de almacenamiento de los embalses creados por década, la cual da como resultado que cada año en el Perú se concluye en promedio una presa y se incrementa la capacidad de almacenamiento anualmente en  $51 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

### Tipología de las presas peruanas

La mayoría de las presas peruanas, el 44% de ellas son presas de tierra (E), el 14% son barrajes de concreto o presas derivadoras (CB-DS), el 14% son presas de concreto de gravedad (CG) y el 13% son presas de albañilería de gravedad (MG). Sin embargo estas tres últimas clasificaciones pueden ser agrupadas en una, es decir presas de concreto o albañilería, que en conjunto hacen un 41% del total de las presas construidas e inventariadas en ésta investigación. En menor escala continúan las presas de enrocado que en conjunto son el 10% de las presas construidas, de las cuales el 5% son presas de enrocado propiamente dicho (R); el 4% son presas de enrocado con pantalla de impermeabilización de concreto (CFR) y de las cuales 3 han sido construidas en los últimos 5 años, estas son las presas de Torata (año 2001, h = 130 m), de Antamina (año 2002, h = 135 m) y Pillones (año 2006, h = 25 m); y el 1% presa de enrocado con pantalla de impermeabilización de acero (SFR), la presa de Aguada Blanca (año 1972, h = 45 m). Cabe aquí mencionar, que éstas presas de enrocado con pantalla de impermeabilización de concreto en el espaldón de aguas arriba están marcando una nueva

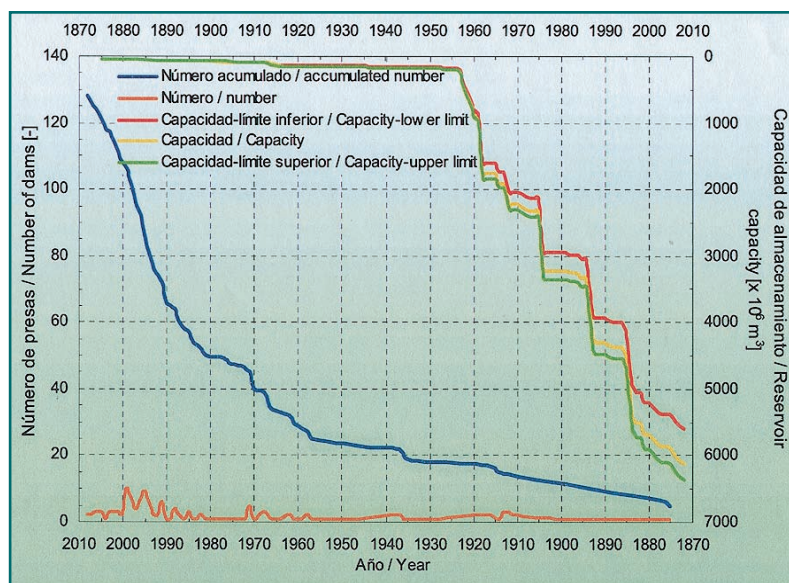


Fig. 8. Evolución del número de presas / Evolution of the number of dams (128) y capacidad de almacenamiento de los embalses and impoundment capacity of reservoirs ( $6120 \times 10^6 \text{ m}^3$ ) en el Perú, durante el período / during the period 1875-2007.

Nota / Note:

1. Curvas capacidad / Reservoir capacity curves: Límite superior e inferior estimados utilizan factor error (límite superior) debido a la falta de registro actualizados de embalses existentes, y considerando pérdida de volumen (límite inferior) por sedimentación u otros factores de los principales embalses / Upper and lower limit have been estimated using a factor by error (upper limit) due to no collected records of existing reservoirs, and considering lose of capacity (lower limit) due to sedimentation or other factors of main reservoirs. Poechos, Tinajones, Gallito Ciego, Aricota, etc.
2. Las curvas de capacidad de almacenamiento sólo considera los embalses con fines / Capacity curves consider only reservoirs for I (irrigación / Irrigation), H (hidroelectricidad / hydropower), WS (abastecimiento de agua / water Supply), FC (control de avenidas / flood control).

and provide impoundment life capacities of 40 y  $160 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Also, the first DSS dam, downstream cycloned sand dam is completed in Quebrada Honda, Moquegua, in the year 2000. Definitively, a large type and height of dams has been constructed based in the new developed technologies in Peru.

### Peruvian dam and impoundment evolution and development

Figure 8 shows how the numbers of dams and reservoir or impoundment capacities have evolved throughout the period 1870-2007. At the end of the nineteenth century there were less than 10 dams in Peru, though many of these still in operation today. The total reservoir capacity created by this small number of dams was  $80 \times 10^6 \text{ m}^3$ . At the beginning of the twentieth century the Peruvian government carried out many development plans for irrigation and hydropower purposes. As a result by the end of 1960 around 28 dams had been constructed and the

**Tabla 1. Evolución de las presas peruanas (1870-2007) / Table 1. Evolution of Peruvian dams (1870-2007)**

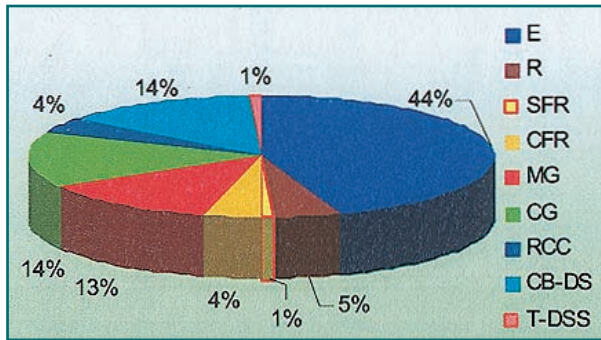
Período <i>Period</i>	nº de presas <i>N. of dams</i>	Acumulado nº de presas <i>Accumulated nº of dam</i>	Diferencia en el nº de presas entre década previa y siguiente <i>Difference in the nº of dams between previous and next decade</i>	Incremento en nº de presas promedio por año <i>Increase in average nº of dams per year</i>	Capacidad de almacenamiento <i>Reservoir capacity [10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>]</i>	Incremento en almacenamiento promedio por año <i>Increase in mean capacity per year [10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>]</i>
1870-1880	6	6		1	50	5
1900-1910	4	10	4	1	91	4
1910-1920	4	14	4	1	140	5
1920-1930	4	18	4	1	143	0
1930-1940	4	22	4	1	180	4
1940-1950	1	23	1	1	195	2
1950-1960	5	28	5	1	947	75
1960-1970	11	39	11	1	2265	132
1970-1980	10	49	10	1	3224	96
1980-1990	16	65	16	2	4350	113
1990-2000	41	106	41	3	5738	139
2000-2007	22	128	22	2	6117	38
<b>Promedio / Mean 1870-2007</b>				<b>1</b>		<b>51</b>

tendencia en la construcción de presas en el Perú, la cual se hace posible debido a la disponibilidad de material de roca de canteras, lo cual abarata el costo de construcción de dichas presas. Finalmente, se tiene un 4% con un grupo de 5 presas de concreto rolado compactado (RCC) existentes, habiendo sido construida la primera en el Perú en el año 1999, la presa de Antacoto con una altura de 17 m, siendo la presa de Río Grande (2004) la más alta de éste tipo construida en el país, que alcanza los 60 m de altura; y un 1% con una presa de cola y única hecha de arena ciclada en el espaldón de aguas abajo (T-DSS) (Quebrada Honda, año 2000, h = 85 m). El detalle de la tipología de las presas peruanas se presenta en la Figura 9.

Con respecto a la manera como la tipología de las presas peruanas ha evolucionado en los últimos 130 años, en la Figura 10 se aprecia que hasta inicios de la década de 1930 las presas de albañilería fueron el tipo más común en la construcción de presas y posteriormente se inicia su declive, pues súbitamente se ven alcanzadas en la tendencia por la mayor construcción de presas de tierra. A mediados de la década 1960-1970 la construcción de presas de tierra alcanza su cúspide, mientras que para las presas de albañilería significaría casi su completa desaparición en la implementación de éste tipo de presas, debido principalmente a que las presas de tierra eran mucho más económicas y más rápidas de implementar en el tiempo.

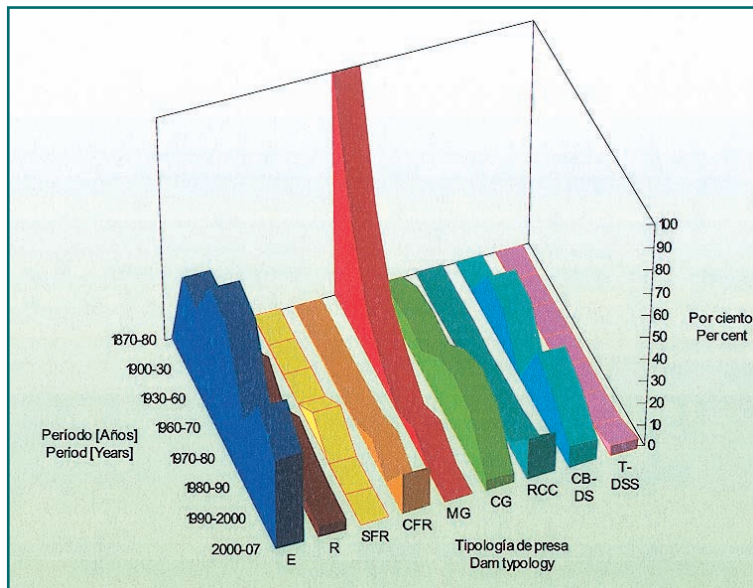
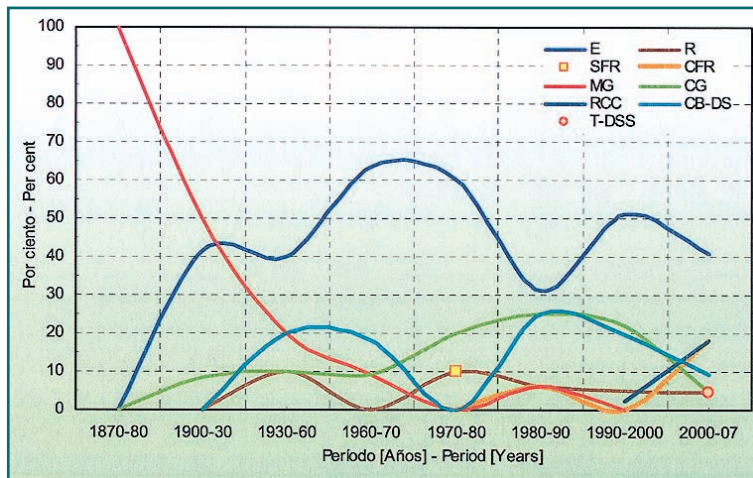
*reservoir capacity have been increased to a total capacity of 810 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> in 60 years. According to the inventory carried out by ONERN, (now INRENA), in their second evaluation carried out in 1980, by the end of 1975 there was a total available capacity of 2000 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> in Peruvian impoundments in the form of 23 reservoirs (not including diversion dam spillways or barrages). This was the first and last detailed official Peruvian inventory carried out regarding storage volumes, though no information was provided on dams, their typology, ancillary structures, etc. Despite this slow increase in artificial reservoir capacity and the increasing birth rate, water demands were being controlled and met by the beginning of the 60s. The sharp increase in the concentration of people in the main cities forced the authorities to increase reservoir capacities and a large ensuing increase in dam construction occurred over the period between 1960 and 1990. By the end of the 80's the number of dams has increased by a factor of 2.2 and the reservoir capacity had increased five-fold. Over the last 17 years the number of dams has increasingly risen from 65 at the end of the 90's to 94 at the turn of the century, before reaching its current total of 128 and where the total reservoir capacity has been increased by an additional volume of 1770 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. This inventory carried out by the author on the number of dams and available reservoir capacities gives a total number of*

Fig. 9. Tipos de presas en el Perú / Dam types in Peru.



Tipo de presas / Type of dams: E: Presas de tierra / Earthfill dams; R: Presas de enrocado / Rockfill dams; SFR: Presas de enrocado con espaldón de acero / Steel face rockfill dams; CFR: Presas de enrocado con espaldón de concreto / Concrete face rockfill dams; MG: Presas de albañilería de gravedad / Masonry gravity dams; CG: Presas de gravedad de concreto / Concrete gravity dams; RCC: Presas de gravedad de concreto rolado compactado / Roller gravity compacted concrete dams; CB-DS: Barrajes de concreto - Presas derivadoras / Concrete barrages - Diversion dam spillways; T-DSS: Presas de relaves, de espaldón de arena ciclonado / Tailing dams - downstream cycloned sand dams.

Fig. 10. Evolución de los tipos de presas en el Perú / Evolution of dam typology in Peru.



dams of around 128 retention works and a current impoundment volume of around  $6120 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

Table 1 shows the evolution of Peruvian dams between 1870 and 2007 with reference to the number of dams constructed and the storage capacity of the impoundments created per decade. It may then be seen that, on average, one dam is completed each year in Peru and the total storage capacity is increased by  $51 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

### Typology of Peruvian dams

Most Peruvian dams (44%) are earthfill dams (E), 14% are concrete barrages or diversion dam spillways (CB-DS), 14% are concrete gravity dams and 13% are masonry gravity dams (MG). However, these three latter classifications may be grouped in one, which then implies that concrete and masonry gravity dams jointly represent 41% of constructed and recorded dams in the present research.

At the other end of the scale, rockfill dams represent 10% of all constructed dams, and within this group 5% are rockfill dams (R) proper; 4% are concrete face rockfill dams (CFR) and including 3 dams built over the last 5 years and, namely, the Torata dam (year 2001,  $h = 130 \text{ m}$ ), Antamina Dam (year 2002,  $h = 135 \text{ m}$ ) and Pillones Dam (year 2006,  $h = 25 \text{ m}$ ); while the final 1% is represented by the steel face rockfill dam, the Aguada Blanca Dam (Year 1972,  $h = 45 \text{ m}$ ). It is significant that concrete faced rockfill dams are now pointing to a new trend in dam construction in Peru. 4% of all dams are represented by the group of five roller compacted concrete dams (RCC, the first of which being the 17 m high Antacoto Dam completed in 1999 and the largest being the 60 m high Rio Grande Dam (2004). The final 1% is composed of a tailing dam and the only one to be made in cycloned sand at the downstream shoulder (T-DSS) (Quebrada Honda, year 2000,  $h = 85 \text{ m}$ ). Figure 9 shows a chart of Peruvian dams according to type.

With regards to the way in which Peruvian dams have evolved over the last 130 years, Figure 10 shows that up to the beginning of the 1930's, masonry dams were the most common type of dam construction, though their use started to decline with the advent and subsequent development of earthfill dams. Earth dam construction reached its maximum development in the mid-sixties and saw the parallel demise in the

po. El período comprendido entre los años 1980 y 1995 va a significar la equiparidad de la construcción en el tipo de presas en el Perú, esto es presas de tierra con presas de gravedad de concreto y barrajes de concreto o presas de derivadoras. Sin embargo en éste punto es importante mencionar que tanto las presas de tierra como las presas de gravedad van a significar grandes volúmenes de almacenamiento, mientras que las presas derivadoras sólo dispondrán de un volumen mínimo de pondaje. Es en éste punto de equiparación que aparecen las presas de enrocado con pantalla de impermeabilización de concreto sobre el espaldón de aguas arriba como una alternativa importante a las presas de tierra y presas de gravedad, siempre teniendo en cuenta diversos factores como geológico, sísmico, disponibilidad de material de cantera, percolación, altura y longitud de coronación de la presa.

La tipología actual de las presas en el Perú en los últimos 12 años se encuentra determinada por las presas de tierra (E), presas de enrocado con pantalla de impermeabilización de concreto sobre el espaldón de aguas arriba (CFR), ver Figura 11, y presas de concreto rolado compactado (RCC).

### Altura de las presas en el Perú

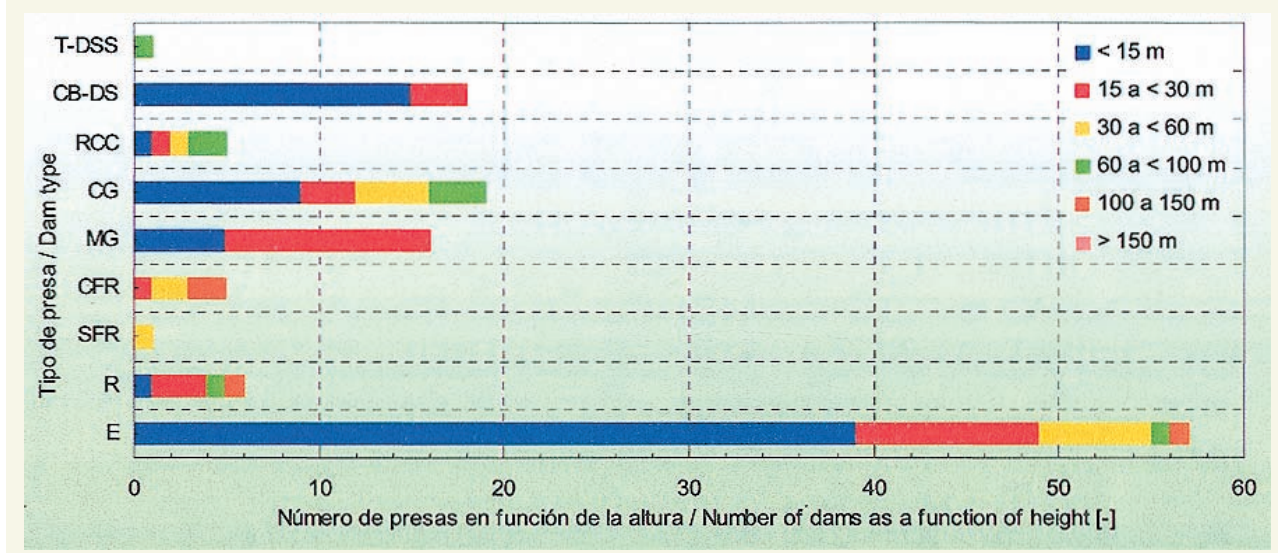
De acuerdo al inventario de presas efectuado por el autor, en el Perú existen 58 grandes presas, esto es presas mayores de 15 m de altura y conforme a la reglamentación del Comité Internacional de Grandes Presas (ICOLD), de las cuales 56 se encuentran en operación y sólo 2 están en etapa constructiva, siendo la más importante la presa de Limón del proyecto multipropósito irrigación y aprovechamiento hidroeléctrico Olmos. La altura promedio de las presas en el Perú es de aproximadamente 26 m, lo cual es un indicativo relativamente bajo. Del total de presas peruanas, 128 presas, el 55% son presas menores de 15 m de altura; el 25% tiene una altura media de entre 15 y 30 m; al 11% le corresponde una altura media de entre 30 y 60 m; el 6%, esto es 8 presas tienen una altura entre 60 y 100 m; y el 3%, esto es 4 presas tienen una altura entre 100 y 150 m. Cuando se concluya la presa de Antamina en su segunda etapa, se tendrá la primera presa superior a 200 m de altura, proyectada de 209 m de alto, y será la primera presa de enrocado con pantalla de impermeabilización de concreto más alta del mundo.



Fig. 11. Presas de tierra y enrocado / Earth (E) - and rockfill dams (R, CFR): [1] Poechos, 1976, E; [2] Huisca Huisca, E; [3] Torata, 2001, CFRD; [4] Rajucolta, 2005, E; [5] Condorama, 1985, R; [6] Aricota, 1962, E; [7] Pillones, 2006, CFRD; [8] Malpaso, 1936, E; [9] Pasto Grande, E. (Fotos fuente / Photos source: Google Earth 2007, Energoprojekt, AUTODEMA, ELECTROANDES, TRANSLEI).

*construction of masonry dams in the face of the cheaper and more rapidly built earth dams. The period from 1980 and 1985 saw a diversity in dam type construction, with equal emphasis being given to earth and gravity dams and concrete barrages or diversion dam spillways. However, it is important to mention that both earth and gravity dams provided larger volume of storage in comparison with the minimum pondage volume provided by diversion*

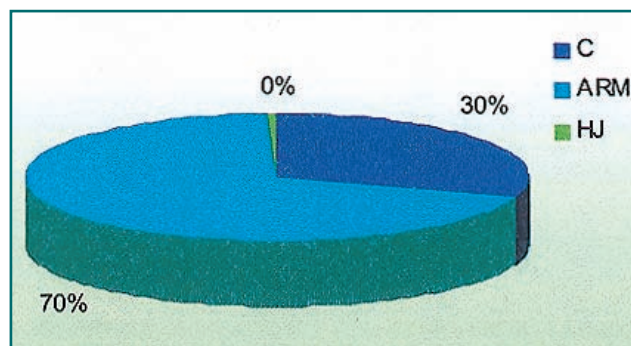
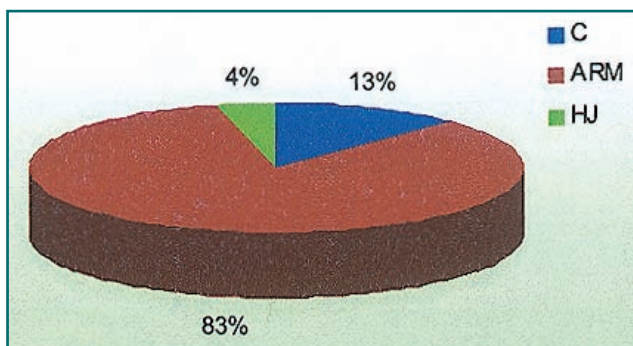
Tabla 2 . Tipología. Total de presas construidas entre 1875-2007 según tipo y altura Table 2. Typology. Total number of dams constructed for the period 1875-2007 by dam type and height							
Tipo / Type	< 15 m	15 a < 30 m	30 a < 60 m	60 a < 100 m	100 a 150 m	> 150 m	Total
E	39	10	6	1	1	0	57
R	1	3	0	1	1	0	6
SFR	0	0	1	0	0	0	1
CFR	0	1	2	0	2	0	5
MG	5	11	0	0	0	0	16
CG	9	3	4	3	0	0	19
RCC	1	1	1	2	0	0	5
CB-DS	15	3	0	0	0	0	18
T-DSS	0	0	0	1	0	0	1
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>32</b>	<b>14</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>128</b>



Las presas más altas del Perú mayores a 100 m de alto, son las presas de enrocado y de tierra, entre las primeras con pantalla de impermeabilización de concreto, las presas de Antamina de 135 m y Torata de 130 m, y la presa propiamente de enrocado Condoroma de 101 m. Entre las presas de tierra, la más alta es la presa de Gallito Ciego de 114 m. Con respecto a las presas de gravedad, la más alta es la presa de arco de Tabla-

dams. This scenario was soon changed by the advent of concrete face rockfill dams, rockfill dams provided with a concrete or impermeabilization face on the upstream shoulder as an important alternative to earth and gravity dams, but always when taking into account a range of factors such as the geology, seismology, quarry material availability, infiltration and the height and length of dam crest.

Fig. 12. Ubicación de presas (izquierda) y capacidades de almacenamiento de volumen útil (derecha) de embalses por regiones / Location of dams (left) and life storage capacity of impoundments (right) by geographical area.



chaca de 77 m. En la Tabla 2 se muestra la tipología de las presas construidas en el período 1875-2007 clasificadas en función de su altura, desde presas menores de 15 m de alto hasta presas de 150 m de altura.

### Ubicación de las presas y embalses peruanos por regiones

En la Figura 12 se presenta la distribución de las presas y embalses peruanos para una caracterización simple de regiones: costa, sierra o cordillera andina y selva alta. Como es evidente, disponiendo el Perú sus mayores nevados, lagunas y caídas, éste para el caso de aprovechamientos hidroeléctricos, en la cordillera andina, la mayor cantidad de presas y embalses se ubican en ésta región. El 83% de las presas y embalses se ubican en la sierra, y sólo el 13% y 4% se ubican en la costa y selva alta respectivamente. Sin embargo es importante mencionar que los cuatro principales embalses del Perú, con volúmenes útiles iniciales de vida, Poechos ( $885 \times 10^6 \text{ m}^3$ ), Gallito Ciego ( $400 \times 10^6 \text{ m}^3$ ), Tinajones ( $317 \times 10^6 \text{ m}^3$ ) y San Lorenzo ( $250 \times 10^6 \text{ m}^3$ ), que hacen un total de  $1860 \times 10^6 \text{ m}^3$  se encuentran localizados en la costa peruana y equivalen al 30% de la capacidad total de almacenamiento artificial disponible. El embalse más grande con volumen útil ubicado en la cordillera andina es Lagunillas ( $500 \times 10^6 \text{ m}^3$ ), seguido por Pasto Grande ( $145 \times 10^6 \text{ m}^3$ ), Aricota (actualmente con sólo  $140 \times 10^6 \text{ m}^3$ ), El Frayle ( $127 \times 10^6 \text{ m}^3$ ), Sibinacocha ( $116 \times 10^6 \text{ m}^3$ ), El Pañe ( $100 \times 10^6 \text{ m}^3$ ) y Pillones ( $80 \times 10^6 \text{ m}^3$ ), el resto son embalses con volúmenes útiles inferiores a  $50 \times 10^6 \text{ m}^3$ . El volumen de los embalses ubicados en la selva alta es muy inferior al 1% del total que ha sido estimado alrededor de  $6120 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

### Volumen del cuerpo de presa y relación altura/ longitud de coronación, (H/L)

En la Figura 13 se muestra el volumen del cuerpo y relación altura con longitud de coronación de algunas presas de tierra (E), enrocado (R), enrocado con pantalla de impermeabilización de concreto (CFR), enrocado con pantalla de impermeabilización de acero (SFR) y gravedad de concreto (CG), ver Figuras 14 y 15, construidas y en actual construcción en el Perú. Obsérvese la relación existente para las presas Tina-

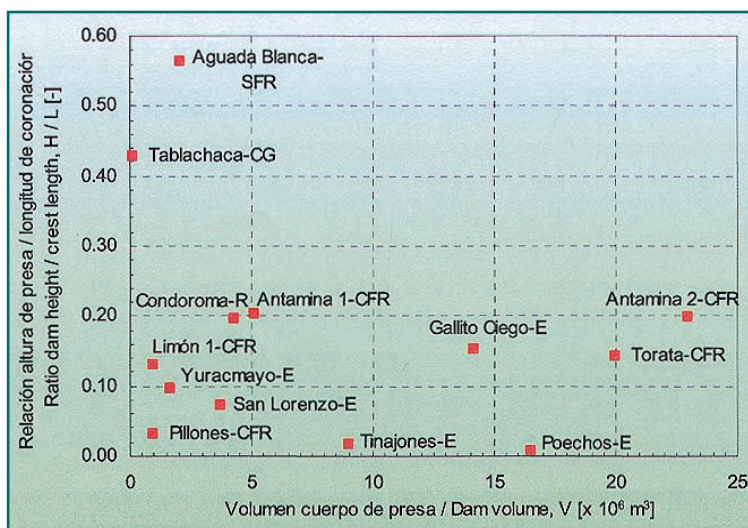


Fig. 13. Volumen del cuerpo de algunas presas de tierra, enrocado, enrocado con pantalla de impermeabilización de concreto, enrocado con pantalla de impermeabilización de acero y gravedad de concreto / Dam body volume for some earthfill, rockfill, concrete face rockfill, steel face rockfill and concrete gravity dams (E, R, CFR, SFR, CG), para relación altura de presa / longitud de coronación, for ratio dam height / crest length, H/L.

Recent additions to Peruvian dams over the last 12 years have been comprised of earth dams (E), concrete face rockfill dams (CFR), see Figure 11, and roller compacted concrete dams (RCC).

### Height of Peruvian dams:

In accordance with inventory of dams conducted by the author, there are 58 large dams in Peru, that is to say dams over 15 m high and evaluated according to the International Committee of Large Dams (ICOLD). Of these large dams, 56 are currently in operation and 2 are under construction, the most important of which being the Limon Dam for the Olmos multipurpose irrigation and hydropower development. The average height of Peruvian dams is 26 m, which is a relatively low index. Of the total 128 dams in Peru, 55% are below 15 m high; 25% have an average height between 15 and 30 m; 11% correspond to an average height of between 30 and 60 m; 6%, represented by 8 dams, have a height ranging from 60 to 100 m; and 3%, or 4 dams, have a height of between 100 and 150 m. It is expected that the Antamina Dam in its second stage will be heightened to reach the 209 m and making it the first dam over 200 m and the highest concrete face rockfill dam in the world.

**Tabla 3 / Parámetros principales de algunas presas tipo E, CFR, R, CG.**  
**Table 3. Main parameters of some dam types: E, CFR, R, CG.**

Nombre Name	Tipo de presa Dam type	Altura Height H [m]	Cresta / Crest		Volumen cuerpo de presa Dam volume V [x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]
			Ancho Width W [m]	Longitud Length L [m]	
Aguada Blanca	CFR	45	5	80	2,10
Antamina 1	CFR	135		662	5,17
Antamina 2	CFR	209		1050	23,00
Condorama	R	101	10	514	4,30
Gallito Ciego	E	114	15	750	14,20
Limón 1	CFR	43	10	332	0,99
Pillones	CFR	25	6	808	1,00
Poecho	E	55	8	9000	16,50
San Lorenzo	E	57	5	780	3,73
Tablachaca	CG	77		180	0,16
Tinajones	E	41	9	2382	9,00
Torata	CFR	130		915	20,00
Yuracmayo	E	56	8	585	1,67

The highest Peruvian dams over 100 m high are rock and earth-fill dams. This first group includes the 135 m high Antamina Dam and the 130 m high Torata Dam which are both concrete face rockfill dams, and the 101 m high Condorama Dam which is purely a rockfill dam. The highest of the earthfill dams is the 114 m high Gallito Ciego Dam. Within the area of gravity dams, the highest dam in the country is the 77 m Tablachaca Dam. Table 2 shows the typology of dams constructed between 1875 and 2007, and classified according to height, from dams below 15 m to those of 150 m.

**Location of Peruvian dams and impoundments by regions**

Figure 12 shows the distribution of Peruvian dams and reservoirs according to a simple regional classification: coast, the Andes and high jungle. In view of the major glacial peaks, lagoons and falls in the area, the Andes mountain range is ideally suited to hydropower development and hence the large amount of dams and reservoirs located in such region. 83% of dams and impoundments are located in the mountains, and only about 13% and 4% are situated on the coast and in the high jungle respectively. However, it is important to mention that the four main reservoirs in Peru with their initial reservoir volumes, Poecho (885 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>), Gallito Ciego (400 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>), Tinajones (317 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>) and San Lorenzo (250 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>) and making up a total of 1860 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, are all located on the Peruvian coast and represent 30% of the total manmade reservoirs. The largest impoundment in the Andes is the Lagunillas (500 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>), followed by Pasto Grande (145 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>), Aricota (currently with only 140 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>), El Frayle (127 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>), Sibinacocha (116 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>), El Pañe (100 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>) and Pillones (80 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>), and the remaining impoundments are made up of reservoirs with available volumes below 50 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. The volume of the reservoirs situated in the high jungle is far lower than 1% of the total and has been estimated at around 6120 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>.

**Dam body volume and height/crest length ratio, (H/L)**

Figure 13 shows the dam body volume and ratio height with crest length of some earth (E), rockfill (R), concrete face rockfill (CFR), steel face rockfill (SFR)



Fig. 14. Presas de gravedad / Gravity dams. [1,2,3] El Frayle, 1958, presa de arco / arch dam, 74 m de altura / 74-m-high, 4012 m snm / m asl; [4,5] Ancascocha, 1985, 40 m de altura / 40-m-high; [6] El Pañe, 1966, 13 m de altura / 13-m-high. (Fotos fuente / Photos source: Google Earth 2007, EGASA).



Fig. 15. Presas de gravedad de concreto / Concrete gravity dams: [1] Campanario, 1996; [2] Huallamayo, 2003; [3] Cirato, 1990; [4] Puente Cincel, 1997; [5] Chimay, 2000, presa de tierra en ceja de selva/earthfill dam in high jungle. [6] Lagunillas, 1996. [7] San Gabán II, 1999, presa derivadora / diversión dam spillway. (Fotos fuente / Photos source: OSINERG, EDEGEL, EGASA, EGENOR, EGEMSA, EGE San Gabán, PEILAVE, PELT).

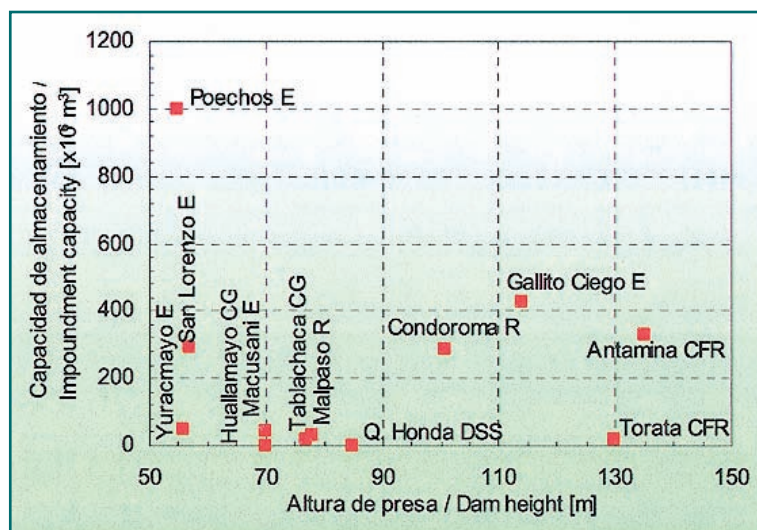


Fig. 16. Capacidad de almacenamiento en función de la altura de presa / Impoundment capacity as a function of dam height.

ones y Poehos donde la relación [H/L] es muy baja debido a la longitud de coronación que son muy extensas, véase Tabla 3, pero que sin embargo significan volúmenes de cuerpo de presa muy grandes.

### Capacidad de almacenamiento y altura de presa

La Figura 16 muestra el ploteo de la capacidad de almacenamiento del embalse en función de la altura de presa para un grupo de 12 presas más importantes seleccionadas.

### Inventario de presas y embalses

En las Tabla 4.1 a 4.3 se presenta el inventario de presas y embalses del Perú con sus principales características comprendido entre los años 1870 y 2008 inclusive.

and concrete gravity (CG) dams, (see Figures 14 and 15) constructed or currently under construction in Peru. It is important to note the low existing [H/L] ratio for the Tinajones and Poehos dams due to the large crest length (see Table 3), however in these cases the dam body volumes are high.

### Reservoir volume and dam height

Figure 16 shows the plotting of reservoir volume as a function of dam height for a selected group of 12 important dams.

### Inventory of dams and impoundments

Tables 4.1 to 4.3 shows the inventory of dams and impoundments in Peru with their main characteristics comprised between the years 1870 and 2008 inclusive.

### Characterization of important parameters of dams

Figure 17 shows the H-W-S rating curves for earth, rockfill and concrete face rockfill dams constructed in Peru, with reference to dam height, H; dam crest width, W; and upstream and downstream slopes, S. It is confirmed that at greater height the earth dams have more gentle slopes and the steeper slopes tend to correspond to rockfill dams. Regarding the dam crest width, which fulfills an important function in dam stability analysis, a large dam height requires a large crest width and in dam heights above 100 m, this width is equal for both dam types.

#### Abreviaciones usadas en las tablas y figuras / Abbreviations used in the tables and figures:

Tipo de presas / Type of dams: E: Presas de tierra / Earthfill dams; R: Presas de enrocado / Rockfill dams; SFR: Presas de enrocado con espaldón de acero / Steel face rockfill dams; CFR: Presas de enrocado con espaldón de concreto / Concrete face rockfill dams; MG: Presas de albañilería de gravedad / Masonry gravity dams; CG: Presas de gravedad de concreto / Concrete gravity dams; RCC: Presas de gravedad de concreto rodado compactado / Roller gravity compacted concrete dams; CB-DS: Barrajes de concreto-Pre-

sas derivadoras / Concrete barrajes-Diversion dam spillways; T-DSS: Presas de relaves, de espaldón de arena ciclónico / Tailing dams-downstream sand cycloned dams.

Sólo se mencionan las presas de cola más importantes con fines de relaves-desechos mineros / For mining purposes are only mentioned the more important tailing dams.

Región / Region: C: Costa / Coast area; ARM: Cordillera Andina / Andean Range Mountains; HJ: Ceja de selva / High jungle.

Propósito / Purpose: H: Energía hidroeléctrica / Hydropower; I: Irrigación / Irrigation; WS: Abaste-

cimiento humano de agua / Human water supply; M: Minería / Mining; S: Control de sedimentos / Sediment control.

Nota importante / Important Note: Los volúmenes de almacenamiento no consideran las capacidades perdidas debido a sedimentación de embalses (Gallito, Ciego, Poehos, Tinajones, etc.) y otros casos (como Aricota, disminución de capacidad hídrica) / The impounded volumes do not consider the loss volumen due to reservoir sedimentation (Gallito, Ciego, Poehos, Tinajones, etc.) and other cases (such as Aricota, decreasing water resources capacity).

Tabla / Table 4.1. Inventario de presas, barrajes o presas derivadoras y embalses / Inventory of dams, barrages or diversion dam spillways and impoundments.

No	Nombre / Name	Año de inicio de construcción / Year of start of construction	Año de conclusión / Year of completion	Cuenca / River basin	Área de cuenca / Basin Area [km <sup>2</sup> ]	Ubicación / Location	Región / Region	Tipo / Type	Detalle descripción / detail description	Altura máxima / Max. height [m]	Longitud de cresta / Crest length [m]	Longitud de concreto / Concrete length [m]	Longitud de tierra / Earth length [m]	Ancho de cresta / Width of crest [m]	Longitud de cresta / Crest length [m]	Longitud de máxima / Max. height [m]	Presas secundarias / Secondary dam	Elevación de la cresta / Crest elevation [m asl]	Nivel máximo de agua en el embalse / Max. water level [m asl]	Capacidad de almacenamiento / Total reservoir capacity [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	Capacidad de almacenamiento disponible / Initial available reservoir capacity [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	Morning glory	Vertederos / Weir	Con Compuertas / Spillway	Avenda de diseño / Design flood [m <sup>2</sup> /s]	Propósito del almacenamiento / Purpose reservoir
1	Aconococha	1957		Santa Ana		Huancavelica	ARM	E	Earthfill	19	147	-	-	5	147	-	-	> 4000.00	3666.50	43	30.5	X	X	560	I	
2	Agua Blanca	1972		Chili	3880	Arequipa	ARM	SFR	Steel face rockfill	4.5	80	-	-	5	80	-	-	> 3671.00	3666.50	43	30.5	X	X	560	I + H + WS	
3	Agushuacocha	1977		Rapay		Ancash	ARM	E	Earthfill	< 10	-	-	-	-	-	-	-	> 4000.00	4000.00	8	4.05	X	X		H	
4	Ahuashuaman	1917		Huaura		Lima	ARM	MG	Masonry gravity	15	243	-	-	-	243	-	-	> 4000.00	4000.00	8	4.05	X	X		I + WS	
5	Alfonso Alcedón La Cruz - La Alajaja	1968		Rimac		Lima	C	CB-DS	Concrete Barrage - Diversion Spillway	< 10	-	-	-	-	-	-	-	135.00				X	X		WS	
6	Allos Machay	1917		Talenga		Cerro de Pasco	ARM	CG	Concrete gravity	13	159	-	-	-	159	-	-	> 4000.00	4000.00	13.87	12.7	X	X		H + WS	
7	Ancascocha	1917		Yauca		Arequipa	ARM	MG	Masonry gravity	30	174	-	-	30	174	-	-	> 4000.00	3430.00	65	6.9	X	X		I + WS	
8	Ancascocha	1985		Marcopomacocha		Ayacucho	ARM	CG	Concrete gravity	40	10	-	-	10	10	-	-	3430.00	4444.00	120	65	X	X		I + WS	
9	Anticoto	1999		Marcopomacocha		Junin	ARM	RCC	Roller compacted concrete - RCC	17	4	-	-	4	4	-	-	4445.00	4444.00	120	65	X	X		WS + H	
10	Antamina (1st phase)	2002		San Marcos		Ancash	ARM	CFR	Concrete face rockfill	135	662	-	-	-	662	-	-	4045.00							M	
	Antamina (2nd phase)	2008		San Marcos		Ancash	ARM	CFR	Concrete face rockfill	209	1050	-	-	-	1050	-	-	4115.00							M	
11	Arcota	1962		Quishhuasi	1456	Tarma	ARM	E	Earthfill	< 10	-	-	-	-	-	-	-	2514.00	2770.80	804	140	X	X		I + H + WS	
12	Aurilla	1946		Santa Eulalia		Lima	ARM	MG	Masonry arch-gravity	25	30	-	-	-	30	-	-	> 4000.00			0.3	X	X		WS + H	
13	Azufrú	2005		Azufrú		Cajamarca	ARM	RCC	Roller compacted concrete - RCC	< 10	-	-	-	-	-	-	-	3000.00				X	X		S	
14	Azuilcocha	1986		Yauli		Junin	ARM	E	Earthfill	< 10	-	-	-	-	-	-	-	4000.00	4598.40	6	40	X	X		H + WS	
15	Barruputina	2007		Barruputina	84	Arequipa	ARM	E	Earthfill	16.5	6	-	-	6	615.35	-	-	4800.00				X	X		H + WS	
16	Barruputina No 2 sobre el Rio Barruputina	1993		Rimac		Lima	C	CB-DS	Concrete Barrage - Diversion Spillway	< 10	-	-	-	-	-	-	-	135.00				X	X		WS	
17	Campesano - Chilli I	1996		Chilli	4020	Arequipa	ARM	CG	Concrete gravity	20	34	-	-	34	34	-	-	2644.50	2643.00	0.09	0.9849	X	X	600	I + H + WS	
18	Capulaca	2008		Cajeta		Ica	ARM	RCC	Roller compacted concrete - RCC	70	-	-	-	-	-	-	-				1				H	
19	Casambá	1917		Cazamba-Virú		La Libertad	ARM	MG	Masonry gravity	21	103	-	-	-	103	-	-	4000.00			1.1	X	X		I	
20	Cathuaguero	1982		Chanay		Lambayeque	ARM	CG	Concrete gravity	33	28	-	-	-	28	-	-	4000.00			0.3	X	X		H + WS	
21	Cathuacocha	1995		Yauli		Junin	ARM	CG	Concrete gravity	< 10	-	-	-	-	-	-	-	> 4000.00				X	X		H + WS + H	
22	Carpa	1875		Santa Eulalia		Lima	ARM	MG	Masonry arch-gravity	16	50	-	-	-	50	-	-	4000.00			17.8	X	X		I + WS + H	
23	Cconococha	2000		Cayllungui		Huancavelica	ARM	E	Earthfill	12	725.5	-	-	-	725.5	-	-	4700.00			40		X	X		I + WS
24	Cconococha	1997		Cayllungui		Apurimac	ARM	E	Earthfill	< 10	-	-	-	-	-	-	-	4500.00			0.45	X	X		I	
25	Challhuanca	2006		Sumbay	270	Arequipa	ARM	R	Rockfill	19.1	7	-	-	7	201.6	-	-	4310.50	4307.80	26		X	X	3000	H + I	
26	Chavimochic (452)	1987		Santa		La Libertad	C	CB-DS	Concrete Barrage - Diversion Spillway	18	77	-	-	-	77	-	-	452.00				X	X		I + H	
27	Chicollirazo	1993		Cachi		Ayacucho	ARM	CB-DS	Concrete Barrage - Diversion Spillway	< 10	-	-	-	-	-	-	-	3280.00				X	X		I + WS + H	
28	Chilcocha	1999		Yauli		Junin	ARM	E	Earthfill	5	115	62	177	-	177	-	-	4000.00			42		X	X		I + H + WS
29	Chimay	2000		Tulumayo		Junin	HJ	E	Zonified earthfill	14.5	12	-	-	-	12	-	-	1331.50	1323.00	2.1	1.5	X	X	1400	H	
30	Chocococha	1959		Chichin-Chancay		Huancavelica	ARM	E	Earthfill	15	113	-	-	-	113	-	-	4000.00			180		X	X		I + WS
31	Chungar	1917		Chanay		Cajamarca	ARM	MG	Masonry gravity	12	29	-	-	-	29	-	-	874.00	872.00	14.25	0.3	X	X		I + WS	
32	Crato	1990		Chanay		Cajamarca	ARM	CG	Concrete gravity	33	29	-	-	-	29	-	-	4000.00			10		X	X		I + H
33	Collcocha	1977		Los Cedros		Ancash	ARM	E	Earthfill	< 10	-	-	-	-	-	-	-	4000.00			285		X	X		I + H
34	Condoroma	1987		Coica	1800	Arequipa	ARM	R	Rockfill	101	514.1	-	-	-	514.1	-	-	4158.00	4155.00	285	259	X	X	1300	I + WS	
35	Cunchoyoma	2000		Cachi		Ayacucho	ARM	E	Earthfill	< 15	-	-	-	-	-	-	-	3940.00			80		X	X		I + WS
36	Dique de Los Españoles	1789		Coica		Arequipa	ARM	E	Earthfill	8	5	-	-	-	5	-	-	4419.70	4419.00	11.934	9.088	X	X		I + H + WS	
37	El Frayle	1960		Blanco		Arequipa	ARM	CG	Concrete arch-gravity	74	2.5	-	-	-	2.5	-	-	4012.00	4011.30	208	127	X	X		I + H + WS	
38	El Pálio	1963		Negrito	737	Arequipa	ARM	CG	Concrete arch-gravity	13	-	-	-	-	-	-	-	4540.40	4539.40	139.4	99.6	X	X		I + H + WS	
39	Gallito Ciego	1987		Jequisapuquio		Cajamarca	C	E	Zonified earthfill	114	15	-	-	-	15	-	-	412.00			427		X	X		I + H
40	Gra	1986		Gra		Tarapoto	H	CG	Concrete gravity	16	-	-	-	-	-	-	-	4200.00			7.5		X	X		H
41	Huancococha	1989		Yauli		Junin	ARM	E	Earthfill	5.4	1.5	-	-	-	1.5	-	-	4200.00			400		X	X		H
42	Huancococha Bbo	1917		Yauli		Junin	ARM	E	Earthfill	7.6	3	-	-	-	3	-	-	4362.00			11.7		X	X		WS + H

Tabla / Table 4.2. Inventario de presas, barrajes o presas derivadoras y embalses / Inventory of dams, barrages or diversion dam spillways and impoundments.

No	Nombre / Name	Año de inicio de construcción / Year of start of construction	Año de conclusión / Year of completion	Cuenca / River basin	Área de cuenca / Basin Area [km <sup>2</sup> ]	Ubicación / Location	Región / Region	Tipo / Type	Tipo - descripción detallada / Type - detail description	Altura máxima / Max height [m]	Archo de cresta / Width of crest [m]	Longitud de cresta / Crest length [m]	Tierra / Earth	Concreto / Concrete	Longitud de cresta / Crest length [m]	Archo de cresta / Width of crest [m]	Presas secundarias / Secondary dam	Altura máxima / Max height [m]	Longitud de cresta / Crest length [m]	Elevación de la cresta / Elevation of crest [m asl]	Nivel máximo de agua en el almacenamiento / Max water level [m asl]	Capacidad total del almacenamiento / Total reservoir capacity [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	Capacidad inicial disponible / Initial available reservoir capacity [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	Veredero / Weir	Compuertas / Gated	Avenda de diseño / Design flood [m <sup>3</sup> /s]	Propósito del almacenamiento / Purpose reservoir
43	Hualibacocha Alto	1917	1917	Yauli	443.6	Junín	ARM	E	Earrhill	< 10	1.8	50	-	-	50	-	-	-	> 4400.00	2412.50	1.8	0.74	X	X	1000	WS+H	
44	Hualibacocha Bajo	1917	1917	Paucarbambo	443.6	Junín	ARM	CG	Concrete gravity	< 10	5	75	-	-	75	-	-	-	> 2417.00	2417.00	1.8	0.3	X	X	1000	H	
45	Hualimán (Taza Vieja)	1917	1917	Yauli	443.6	Junín	ARM	E	Earrhill	< 10	5	75	-	-	75	-	-	-	> 2417.00	2417.00	1.8	0.116	X	X	1000	H	
46	Huangsh Alto	1967	1967	Huangsh	443.6	Cerro de Pasco	ARM	E	Earrhill	< 10	10	202	-	-	202	-	-	-	> 4200.00	4200.00	24.87	0.692	X	X		H	
47	Huangsh Bajo	1967	1967	Huangsh	443.6	Cerro de Pasco	ARM	CG	Concrete gravity	< 10	2	202	-	-	202	-	-	-	> 4200.00	4200.00	12	9.3	X	X		WS+H	
48	Huacacocha	1937	1937	Santa Eulalia	443.6	Lima	ARM	MG	Masonry gravity	< 10	4	230	-	-	230	-	-	-	> 4000.00	4000.00	21	2.1	X	X		H+WS	
49	Huashua	1937	1937	Santa Eulalia	443.6	Lima	ARM	CG	Concrete gravity	< 10	11	71.7	-	-	71.7	-	-	-	> 4000.00	4000.00	56.9	22.35	X	X		H+WS	
50	Huaylacancha	1956	1956	Huaylacancha	443.6	Arequipa	ARM	CG	Concrete gravity	< 10	8.2	46	-	-	46	-	-	-	> 2500.00	2500.00	0.007	0.007	X	X		H	
51	Huayrondo	1959	1959	Huayrondo	443.6	Arequipa	ARM	MG	Masonry gravity	< 10	7	46	-	-	46	-	-	-	> 4000.00	4000.00	23	23	X	X		H+WS	
52	Huachipa	1953	1953	San Juan	443.6	Huancavelica	ARM	E	Earrhill	< 10	19	86	-	-	86	-	-	-	> 4000.00	4000.00	0.25	0.25	X	X		H+WS	
53	Huichinga	1953	1953	San Juan	443.6	Huancavelica	ARM	R	Rockfill	< 10	24	86	-	-	86	-	-	-	> 4000.00	4000.00	13	9.09	X	X		H+WS	
54	Huico	1970	1970	Santa Eulalia	443.6	Lima	ARM	R	Rockfill	< 10	15	86	-	-	86	-	-	-	> 4500.00	4500.00	13	9.09	X	X		H+WS	
55	Huisca Huisca	1997	1997	Arcata	443.6	Arequipa	ARM	E	Earrhill	< 10	15	86	-	-	86	-	-	-	> 4500.00	4500.00	13	9.09	X	X		H+WS	
56	Imata	1997	1997	Arcata	443.6	Arequipa	ARM	R	Rockfill	< 10	15	86	-	-	86	-	-	-	> 4500.00	4500.00	13	9.09	X	X		H+WS	
57	Ircim	1965	1965	Santa	443.6	Ancash	C	CB-DS	Concrete Barrage - Diversion Spillway	< 10	10	383	-	-	383	-	-	-	> 4065.00	4065.00	59	59	X	X		H	
58	Inro	1988	1988	Acani	443.6	Ayacucho	ARM	CFR	Concrete face rockfill	< 10	9	383	-	-	383	-	-	-	> 4065.00	4065.00	59	59	X	X		H	
59	Isillococha	1997	1997	Huama Lamay	443.6	Cusco	ARM	E	Zonified earthfill	< 10	10	180	-	-	180	-	-	-	> 4500.00	4500.00	13.87	0.4	X	X		H	
60	Jairo	1977	1977	Talanga	443.6	Cerro de Pasco	ARM	E	Zonified earthfill	< 10	10	180	-	-	180	-	-	-	> 4525.00	4525.00	9	0.608	X	X		H	
61	Jaramas	1984	1984	Tala	443.6	Tarma	ARM	E	Zonified earthfill	< 10	22	8	-	-	8	-	-	-	> 4500.00	4500.00	0.15	0.15	X	X		H	
62	Kapucocha	1997	1997	Lichuraco	443.6	Cusco	ARM	E	Earrhill	< 10	10	180	-	-	180	-	-	-	> 4500.00	4500.00	0.9	0.9	X	X		H	
63	Kelhucocha	1997	1997	Aensayacu Lucnus	443.6	Cusco	ARM	E	Earrhill	< 10	10	180	-	-	180	-	-	-	> 4500.00	4500.00	0.9	0.9	X	X		H	
64	Kiracocha	1997	1997	Aensayacu Lucnus	443.6	Cusco	ARM	E	Earrhill	< 10	10	180	-	-	180	-	-	-	> 4500.00	4500.00	0.9	0.9	X	X		H	
65	La Achirana	1935	1935	Ica	443.6	Ica	C	CB-DS	Concrete Barrage - Diversion Spillway	< 10	10	92	-	-	92	-	-	-	> 4500.00	4500.00	875	500	X	X		H	
66	Lagunillas	1986	1986	Ramis	443.6	Puno	ARM	CG	Concrete gravity	< 10	16.2	92	-	-	92	-	-	-	> 4500.00	4500.00	875	500	X	X		H	
67	Lai Huaca	1997	1997	Santa	443.6	Ancash	C	CB-DS	Concrete Barrage - Diversion Spillway	< 10	10	150	-	-	150	-	-	-	> 119.60	119.60	875	500	X	X		H	
68	La Punilla	1937	1937	Chircay	443.6	Lambayeque	C	CB-DS	Concrete Barrage - Diversion Spillway	< 10	10	150	-	-	150	-	-	-	> 119.60	119.60	875	500	X	X		H	
69	La Vibora	1966	1966	Santa	443.6	Ancash	C	CB-DS	Concrete Barrage - Diversion Spillway	< 10	10	150	-	-	150	-	-	-	> 119.60	119.60	875	500	X	X		H	
70	Limón (1st phase)	2006	2006	Huancabamba	443.6	Cajamarca	ARM	CFR	Concrete face rockfill	43	10	332	-	-	332	-	-	-	> 1123.00	1123.00	44	30	X	X	1740	I+H	
71	Los Ejidos	1980	1980	Huancabamba	443.6	Cajamarca	ARM	CFR	Concrete face rockfill	65	85	440	-	-	440	-	-	-	> 1162.00	1160.90	191	111	X	X	1740	I+H	
72	Macsuani	1997	1997	Piura	7742	Piura	C	CB-DS	Concrete Barrage - Diversion Spillway	20	5	220	-	-	220	-	-	-	> 35.00	30.70	5	1	X	X	3200	I	
73	Majpaso	1936	1936	Mantaro	7742	Puno	ARM	R	Rockfill	70	410	410	-	-	410	-	-	-	> 4240.00	4240.00	36.23	36.23	X	X		H	
74	Manca	1875	1875	Santa Eulalia	7742	Lima	ARM	MG	Masonry gravity	15	106	106	-	-	106	-	-	-	> 4000.00	4000.00	5	5	X	X		I+H	
75	Matacocha	1977	1977	Huangsh	7742	Cerro de Pasco	ARM	E	Earrhill	< 10	10	106	-	-	106	-	-	-	> 4000.00	4000.00	10.92	10.92	X	X		H	
76	Nahucocha	1995	1995	Yauli	7742	Cerro de Pasco	ARM	CG	Concrete gravity	< 10	1.35	106	-	-	106	-	-	-	> 4000.00	4000.00	1.37	1.37	X	X		H+WS	
77	Pachapata	1987	1987	Paucarbambo	7742	Cerro de Pasco	ARM	E	Earrhill	< 10	10	106	-	-	106	-	-	-	> 4000.00	4000.00	28	28	X	X		H	
78	Pampa de Vacca	2005	2005	Parón	7742	Tarma	ARM	E	Earrhill	< 10	10	180	-	-	180	-	-	-	> 4000.00	4000.00	145	145	X	X		I+H	
79	Parón	1987	1987	Parón	7742	Ancash	ARM	E	Earrhill	< 10	3.5	180	-	-	180	-	-	-	> 4525.00	4525.00	8.5	8.5	X	X		I	
80	Pisto Grande	1981	1981	Uchusuma	7742	Moquegua	ARM	E	Zonified earthfill	24	8	130	-	-	130	-	-	-	> 4543.00	4543.00	50	50	X	X		I	
81	Puacarani	2005	2005	Chile	7742	Tarma	ARM	E	Zonified earthfill	< 10	25	808	-	-	808	-	-	-	> 4000.00	4000.00	80	78.5	X	X		H+I	
82	Puacarcocha	2004	2004	Chile	7742	Lima	ARM	CFR	Concrete face rockfill	< 10	6	808	-	-	808	-	-	-	> 4375.00	4374.30	80	78.5	X	X		H+I	
83	Pillones	2006	2006	Chile	7742	Arequipa	ARM	CFR	Concrete face rockfill	< 10	25	808	-	-	808	-	-	-	> 4375.00	4374.30	80	78.5	X	X		H+I	
84	Pihua	1876	1876	Santa Eulalia	7742	Lima	ARM	MG	Masonry gravity	< 10	11	70	-	-	70	-	-	-	> 4000.00	4000.00	1.6	1.6	X	X		I+H	
85	Play	1997	1997	Siguas	7742	Arequipa	ARM	CB-DS	Concrete Barrage - Diversion Spillway	< 10	10	9000	-	-	9000	-	-	-	> 1665.00	1665.00	885	705	X	X		I	
86	Poehos	1972	1972	Chira	7742	Piura	C	E	Zonified earthfill	55	8	9000	-	-	9000	-	-	-	> 108.00	108.00	885	705	X	X		I	

Tabla / Table 4.3. Inventario de presas, barrajes o presas derivadoras y embalses / Inventory of dams, barrages or diversion dam spillways and impoundments.

No	Nombre / Name	Año de inicio de construcción / Year of start of construction	Cuenca / River basin	Ubicación / Location	Región / Region	Tipo / Type	Detalle / description	Altura máxima / Max. height [m]	Ancho de cresta / Width of crest [m]	Longitud de cresta / Crest length [m]	Terra / Earth	Longitud de cresta / Crest length [m]	Concreto / Concrete	Ancho de cresta / Width of crest [m]	Longitud de cresta / Crest length [m]	Presas secundarias / Secondary dam	Elevación de la cresta / Crest elevation [m asl]	Nivel máximo de agua en el almacenamiento / Max. water level [m asl]	Capacidad total del almacenamiento / Total reservoir capacity [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	Capacidad inicial de almacenamiento disponible / Initial available reservoir capacity [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	Veredero / Weir	Compuertas / Gates	Avanada de diseño / Design flood [m <sup>3</sup> /s]	Propósito del almacenamiento / Purpose reservoir
87	Pomacocha	1914	Yauli	Junin	ARM	E	Homogeneous earthenfill	22.1	8	427	-	-	-	-	-	-	4262.00	24.7	29	24.7	X	65	WS + H	
88	Puro	1875	Santa Eulalia	Lima	ARM	MG	Masonry gravity	10	-	22	-	-	-	-	-	-	2867.50	2	0.2038	X	X	600	I + H	
89	Puente Cinco - Chilli II	1986	Chilli	Arequipa	ARM	CG	Concrete gravity	31.1	3.5	26.5	-	-	-	-	-	-	> 4500.00	0.3	-	X	X	600	I + H	
90	Pumacocha	1997	Huaro	Cusco	ARM	E	Earthenfill	< 10	-	3900	-	-	-	-	-	-	> 4500.00	-	-	X	X	-	I	
91	Quebrada Honda	2000	Toquepala	Moquegua	ARM	T-DSS	Tailing - downstream cycloned sand	85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	M	
92	Quecocha	1997	Uchucarro	Cusco	ARM	E	Earthenfill	< 10	-	-	-	-	-	-	-	-	> 4500.00	1.03	-	X	X	-	I	
93	Quisha	1875	Huasca	Lima	ARM	MG	Masonry arch-gravity	20	-	51	-	-	-	-	-	-	> 4000.00	8.7	-	X	X	-	I + H	
94	Quisha	1917	Baños	Lima	ARM	MG	Masonry gravity	16	-	50	-	-	-	-	-	-	> 4000.00	13.7	-	X	X	-	I	
95	Rica Rumi	1967	Chancay	Lambayeque	C	CB-DS	Concrete Barrage - Diversion Spillway	7	-	170	-	-	-	-	-	-	284.00	-	-	X	X	-	I	
96	Rajucocha	2004	Rajucocha	Ancash	ARM	E	Earthenfill	< 15	-	200	-	-	-	-	-	-	> 30000.00	10	-	X	X	-	I + H	
97	Rio Chillón	2002	Chillón	Lima	C	CB-DS	Concrete Barrage - Diversion Spillway	7	-	200	-	-	-	-	-	-	> 4000.00	-	-	X	X	-	WS	
98	Rio Grande	2004	Grande	Callajinca	ARM	RCC	Roller-compacted concrete - RCC	60	-	-	-	-	-	-	-	-	> 30000.00	-	-	X	X	-	S	
99	Rio Rejo	2003	Rejo	Callajinca	ARM	RCC	Roller-compacted concrete - RCC	35	-	-	-	-	-	-	-	-	3400.00	-	-	X	X	-	S	
100	Sacsa	1875	Santa Eulalia	Lima	ARM	MG	Masonry gravity	13	-	140	-	-	-	-	-	-	> 4000.00	14.9	-	X	X	-	I + H	
101	San Diego	2001	Sana	Ancash	ARM	CB-DS	Concrete Barrage - Diversion Spillway	< 10	-	140	-	-	-	-	-	-	> 4000.00	0.665	-	X	X	-	H	
102	San Gabán II	1999	San Gabán	Puno	HU	CB-DS	Concrete Barrage - Diversion Spillway	26	3	50	-	-	-	-	-	-	2097.50	2096.55	-	X	X	630	H	
103	San Lorenzo	1954	Chigllico	Piura	C	E	Zonified earthenfill	57	5	780	-	-	-	-	-	-	295.00	280.00	258.4	X	X	-	I	
104	Sangar	1980	Santa Ana	Junin	ARM	MG	Masonry arch-gravity	24	-	68	-	-	-	-	-	-	> 4000.00	-	-	X	X	-	WS + H	
105	Shallap	1977	Shallap	Ancash	ARM	E	Earthenfill	< 5	-	-	-	-	-	-	-	-	> 4000.00	0.43	-	X	X	-	H	
106	Sheque	1966	Santa Eulalia	Lima	ARM	E	Earthenfill	38	-	142	-	-	-	-	-	-	> 4000.00	116.3	-	X	X	384	H	
107	Shinacocha	1995	Shina	Cusco	ARM	E	Homogeneous earthenfill	12	-	356.5	-	-	-	-	-	-	4870.00	-	-	X	X	-	H	
108	Sisa	1988	Sisa	San Martin	HU	CG	Concrete gravity	10	-	75	-	-	-	-	-	-	> 4503.00	2	-	X	X	5000	I	
109	Sociacocha	1997	Huancarama	Apurimac	ARM	E	Earthenfill	< 10	-	-	-	-	-	-	-	-	> 4500.00	-	-	X	X	-	I	
110	Sullana	1997	Chira	Piura	C	CB-DS	Concrete Barrage - Diversion Spillway	12	-	75	-	-	-	-	-	-	> 4500.00	0.7	-	X	X	-	I	
111	Suntococha	1987	Caica	Cusco	ARM	E	Earthenfill	< 10	-	190	-	-	-	-	-	-	> 4500.00	-	-	X	X	-	I	
112	Surasaca	1962	Surasaca	Lima	ARM	E	Earthenfill	27	-	190	-	-	-	-	-	-	> 4000.00	22.7	-	X	X	-	I + WS + H	
113	Sulunta	2003	Sulunta	Cusco	ARM	E	Earthenfill	50	-	-	-	-	-	-	-	-	> 4500.00	40	-	X	X	-	I	
114	Talambo - Zana	1988	Jaqetepaque	La Libertad	C	CB-DS	Concrete Barrage - Diversion Spillway	< 10	-	-	-	-	-	-	-	-	> 4500.00	-	-	X	X	-	I	
115	Tablechaca	1968	Maniara	Huancavelica	ARM	CG	Concrete arch-gravity	77	7.1	180	-	-	-	-	-	-	2697.00	2694.50	16	-	X	6000	H	
116	Tambledera	1996	Chancay	Junin	ARM	R	Rockfill	< 10	-	-	-	-	-	-	-	-	> 4000.00	5	-	X	X	-	H	
117	Tingones	1988	Chancay	Lambayeque	ARM	E	Zonified earthenfill	41	9	2392	-	-	-	-	-	-	216.50	317	-	X	X	-	I	
118	Tirococha	1997	Tirococha	Cusco	ARM	E	Zonified earthenfill	< 10	-	-	-	-	-	-	-	-	> 4500.00	-	-	X	X	-	I	
119	Torata	2001	Torata	Moquegua	ARM	CFR	Concrete face rockfill	130	-	-	-	-	-	-	-	-	> 4500.00	19	-	X	X	-	FC	
120	Tuli	1983	Cobca	Arequipa	ARM	CB-DS	Concrete Barrage - Diversion Spillway	7	-	45	-	-	-	-	-	-	3747.00	-	-	X	X	1300	I + H	
121	Ubanayo	1929	Chichaycocha	Junin	ARM	CG	Concrete gravity	< 10	-	-	-	-	-	-	-	-	> 4000.00	-	-	X	X	-	H + I	
122	Vichococha	1985	Maniara	Junin	ARM	CG	Concrete gravity	< 10	-	-	-	-	-	-	-	-	> 4000.00	10.6	-	X	X	-	H + WS	
123	Vitorga	1982	Rapay	Lima	ARM	MG	Masonry Gravity	< 10	-	32	-	-	-	-	-	-	> 4000.00	30	-	X	X	-	WS + H	
124	Vitorga	1982	Rapay	Lima	ARM	MG	Masonry Gravity	< 10	-	32	-	-	-	-	-	-	> 4000.00	-	-	X	X	-	I	
125	Vitorga	1982	Rapay	Lima	ARM	MG	Masonry Gravity	< 10	-	32	-	-	-	-	-	-	> 4000.00	-	-	X	X	-	I	
126	Yancococha	1999	Uchucarro	Cusco	ARM	E	Earthenfill	< 10	-	-	-	-	-	-	-	-	> 4500.00	0.5	-	X	X	-	I	
127	Yancococha Palcan	1999	Maniara	Junin	ARM	E	Earthenfill	< 7	-	-	-	-	-	-	-	-	> 4000.00	-	-	X	X	-	H + WS	
128	Yancococha	1995	Maniara	Junin	ARM	CG	Concrete gravity	< 10	-	-	-	-	-	-	-	-	> 4000.00	-	-	X	X	-	H + WS	
129	Yancococha	1995	Blanco	Lima	ARM	E	Homogeneous earthenfill	56	8	585	-	-	-	-	-	-	4319.00	4315.00	2.2	-	X	X	48	WS + H + I

### Caracterización de parámetros relevantes de las presas

La Figura 17 muestra curvas paramétricas H-W-S de las presas de tierra, enrocado, y enrocado con pantalla de impermeabilización de concreto construidas en el Perú con referencia a altura de presa, H; ancho de cresta o de coronación de presa, W; y taludes aguas arriba y abajo de la presa, S. Se confirma que a mayor altura las presas de tierra tienen taludes más suaves o echados y que las presas de enrocado más pronunciados o fuertes. Con respecto al ancho de coronación que también cumple su función en el análisis de estabilidad de las presas, a mayor altura de presa se requiere un mayor ancho de corona y que para alturas de presas encima de los 100 m, dicho ancho se hace similar para ambos tipos de presas.

### Presas derivadoras o barrajes

En el presente inventario de presas también se han incluido los más importantes barrajes o presas derivadoras construidas en el Perú. Figuras 18 muestra dos presas derivadoras con la disposición de reservorios de compensación paralelos al cauce del río, típico de proyectos hidroeléctricos, y Figura 19 muestra presas derivadoras de proyectos de irrigación y abastecimiento de agua, a las cuales se les ha extendido equivocadamente el ser llamadas en todo su complejo hidráulico como bocatomas.

Fig. 18. Presas derivadoras con reservorio paralelo al río / *Diversión dams with parallel reservoir to the river channel*. Izquierda / *Left*, presa / *dam* San Diego. Derecha / *Right*, presa / *dam* San Gabán II. (Fotos fuente / *Photos source*: OSINERG, EGENOR, EGE San Gabán).

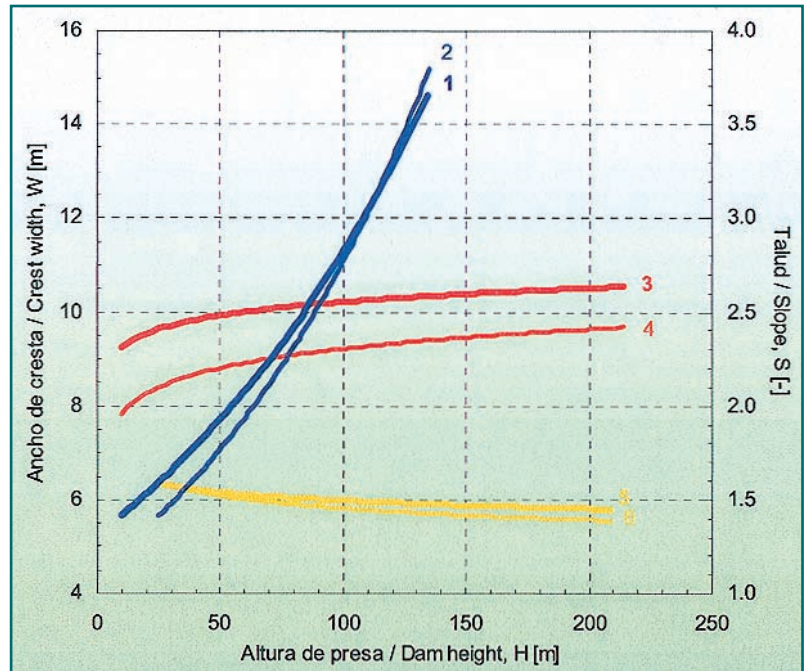


Fig. 17. Curvas paramétricas H-W-S de las principales presas de tierra, E, y enrocado, R + CFR / *Rating curves H-W-S of main earthfill, E, and rockfill dams, R + CFR*.

- [1] H-W, E;
- [2] H-W, R + CFR;
- [3] H-Saguas arriba / *upstream*, E;
- [4] H-Saguas abajo / *downstream*, E;
- [5] H-Saguas arriba / *upstream slope*, R + CFR;
- [6] H-Saguas abajo / *downstream slope*, R + CFR.

Elaborada con data de las consideradas 16 presas más representativas / *Performed with data of 16 representative dams*.

### Diversión dam spillways or barrages

*This register of dams includes the most important barrages or diversion dam spillways constructed in Peru. Figure 18 shows two diversion dams with compensation*



Fig. 19. Presas derivadoras / *Diversión dam spillways*. [1,2] Chavimochic, 1989; [3,4] Los Ejidos, 1985; [5,6] Sullana, 1997; [7] La Huaca, 1997; [8] Alfonso Alcedán La Cruz, 1968. (Fotos fuente / *Photos source*: [1,3,5,7,8] Google Earth 2007).

### Principales cuencas reguladas

Para el aprovechamiento y gestión de los recursos hídricos del país se disponen de aproximadamente 100 embalses importantes, de los cuales 45 regulan las 12 principales cuencas del país tal como se aprecia en la Figura 20. La cuenca del río Mantaro es regulada por 18 embalses importantes, que suman un volumen útil actual cercano a los  $500 \times 10^6 \text{ m}^3$ . La cuenca del río Rimac se encuentra regulada por 10 embalses importantes, los cuales hacen un volumen útil actual de aproximadamente  $140 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Finalmente, la cuenca del río Chili dispone de 8 embalses de regulación, que hacen un volumen útil actual de  $550 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Las otras 8 cuencas disponen cada una de un sólo embalse de regulación importante.

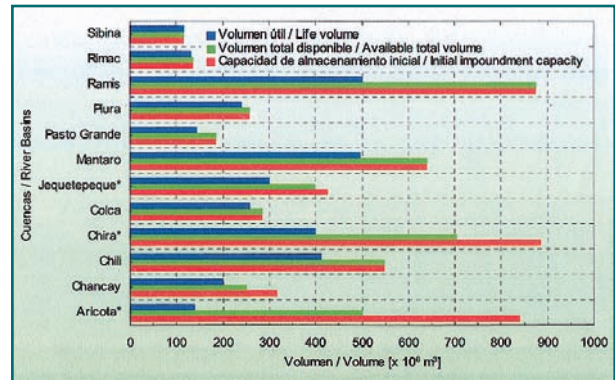


Fig. 20. Volúmenes útiles, total disponible y de almacenamiento inicial de los embalses en las principales cuencas reguladas / *Life, total available and impoundment volume of reservoirs in the main regulated river basins*.  
 Volumen útil / *Life volume* =  $3340 \times 10^6 \text{ m}^3$   
 Volumen total disponible / *Available total volume* =  $4900 \times 10^6 \text{ m}^3$   
 Capacidad de almacenamiento / *Impoundment capacity* =  $5500 \times 10^6 \text{ m}^3$   
 (\*) Para las cuencas de Aricota1, Chira2 y Jequetepeque3 se ha considerado los máximos volúmenes útiles actuales disponibles, considerando sedimentación (2 y 3) y detrimento de capacidad hídrica (1). Para los otros no se disponen datos / *Maximum current available volumes have been considered for Aricota1, Chira2 and Jequetepeque3, considering sedimentation (2 and 3) and decreasing of water resources capacity (1). For others data are not available.*

*reservoirs set parallel to the river bed, as is typical in hydropower projects, and Figure 19 shows diversion dams for irrigation and water supply projects.*

### Main regulated river basins

*The development and management of water resources in the country is regulated by around 100 important reservoirs and, of these, 45 regulate the 12 main river basins in the country as may be seen in Figure 20. The Mantaro River basin is regulated by 18 reservoirs, which together give an useful volume of around  $500 \times 10^6 \text{ m}^3$ . The Rimac River Basin is regulated by 10 important impoundments, which provide an available volume of approximately  $140 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Finally, the Chili Basin has 8 regulating impoundments, which give an available volume of approximately  $550 \times 10^6 \text{ m}^3$ . The remaining 8 river basins each have just one important regulating reservoir.*

*Of the 12 regulated river basins mentioned above, the Mantaro, Ramis, Chili and Chira Basins have an effective volume of approximately  $400 \times 10^6 \text{ m}^3$  and the remaining basins total an effective regulating volume in the range of 120 and  $300 \times 10^6 \text{ m}^3$ .*

*Figure 21 shows the geographical distribution of the main dams and impoundments in the country from  $25 \times 10^6 \text{ m}^3$ .*

Fig. 21.  
Distribución geográfica de las principales presas y embalses / Geographical distribution of the main dams and reservoirs (> 25 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>) en el / In Perú. (Foto fuente / Photo source: Google Earth 2007).



De las 12 cuencas que mencionadas, las cuencas de los ríos Mantaro, Ramis, Chili y Chira son las que disponen de embalses con volúmenes útiles de aproximadamente 400 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> y las cuencas restantes manejan

As shown in the figure above, the reservoirs with the largest regulating capacity are located in the north of the country, such as Poechos (400 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>), Tinajones (200 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>), see Figure 22, San Lorenzo (200 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>)

un volumen útil de regulación variable entre 120 y 300 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>.

En la Figura 21 se aprecia la distribución geográfica de las principales presas y por ende embalses en el país con capacidad de regulación desde 25 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>.

Como se aprecia de la figura 21, en el norte del país se disponen los embalses con mayor capacidad de regulación actual, tales como Poechos (400 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>), Tinajones (200 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>), ver Figura 22, San Lorenzo (200 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>) y Gallito Ciego (300 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>) a pesar de los problemas de sedimentación que estos atraviezan.

En el sur del país se dispone de una mayor cantidad de embalses, en donde cabe destacar lo bien regulado que se encuentra la cuenca del río Chili con 410 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, que supera en dos veces el conjunto del volumen embalsado de la cuenca del río Rimac más el caudal derivado parcial del río Mantaro, que se encuentra en alrededor de 250 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, que abastecen de agua a la ciudad de Lima.

Entre los embalses más grandes en el sur se disponen de Lagunillas (500 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>), Sibinacocha (120 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>), Condoroma (259 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>), Pasto Grande (145 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>) y Aricota (140 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>), ver Figura 23, esta última a pesar de sus problemas de detrimento de capacidad hídrica.

En todo el país se disponen de una gran cantidad de embalses pequeños, creados por pequeñas presas como se aprecia en la Figura 24.

### **Recientes presas construidas y en construcción**

La construcción de presas en el Perú tiene un auge en los últimos 10 años, especialmente para la implementación y afianzamientos de proyectos hidroeléctricos o por requerimientos en la rama minera, sectores en los cuales juega un papel muy importante la empresa privada. Sin embargo la implementación de estas grandes obras en el campo de la irrigación o de abastecimiento de agua poblacional aun se encuentra poco desarrollada después del auge de los años 80 y 90, pues tienen un objetivo mayormente social que económico.

Los últimos 10 años muestran un registro de construcción de 5 presas de enrocado con pantalla de impermeabilización de concreto y 5 presas



Fig. 22. Presas y embalses / Dams and reservoirs: [1] Poechos, [2] San Lorenzo, [3] Tinajones y [4] Parón. (Fotos fuente / Photos source: Google Earth 2007).

and Gallito Ciego (300 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>) in spite of the sedimentation problems of the same.

The largest concentration of reservoirs is found in the south of the country and where it is appropriate to underline the good water management of the Chili River Basin with its 410 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> capacity, this being twice the regulated capacity of the Rimac Basin, when including the diverted partial flow from Mantaro Basin, around 250 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, and which supplies water to the city of Lima.

Among the large impoundments situated in the south are Lagunillas (500 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>), Sibinacocha (120 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>), Condoroma (259 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>), Pasto Grande (145 x 110<sup>6</sup> m<sup>3</sup>) and Aricota (140 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>), see Figure 23, this latter in spite of its problems of decreasing water resources capacity.

Small impoundments created by small dams also abound in the country as may be seen in Figure 24.

### **New dams and dams under construction**

The construction of dams in Peru has increased over the last 10 years, particularly in relation to the implementation and development of hydropower projects or to meet the requirements of the mining sector, and where private companies have



Fig. 23. Presas y embalses / Dams and reservoirs: [1] Cuchoquesera, [2] El Paño, [3] Condoroma, [4] Sibinacocha, [5] Sibinacocha, [6] Aricota. (Fotos fuente / Photos source: Google Earth 2007).

de concreto rolado compactado, estando en el grupo de las primeras las presas más altas construidas en el Perú hasta la fecha, como las presas de Antamina y Torata de 135 y 130 m de altura respectivamente, previéndose que la primera, ver Figura 25, sea recrecida hasta alcanzar una altura total de 209 m.

Una presa muy importante en el marco de un proyecto de propósitos múltiples, hidroenergía e irrigación, se viene construyendo en el norte del Perú, la presa Limón, ver Figura 26, y ésta es también del tipo de presa de enrocado con pantalla de impermeabilización de concreto y se prevé que la presa este culminada para mediados del año 2008.

played an important role. However, the implementation of these large works for irrigation and water supply purposes has remained stationary after the boom in the 80's and 90's, largely as a result of its social rather than financial emphasis.

Over the last ten years 5 concrete face rockfill dams and 5 roller compacted concrete dams have been constructed. The first group includes the highest dams to be built to date in Peru, such as the 135 m high Antamina Dam and the 130 m high Torata Dams, and there are plans afoot to raise this first dam up to a total height of 209 m.

Within the framework of multipurpose projects for both hydropower and irrigation, a very important dam is currently under construction in the north of Peru, this being the concrete face rockfill Limon Dam, see Figure 26, which is expected to be completed by mid-2008.

A series of dams employing roller compacted concrete technology have also been constructed as we shall describe below.

### Roller Compacted Concrete Dams

Roller compacted concrete technology for dam construction began at the beginning of the 80's. This new technology was adopted almost 20 years later in Peru when the first RCC Dam, the Antacoto Dam (1998), see Figure 27, was built within the framework of the Marca III Water Resources Development Project in order to provide water supply to the capital city of Lima. This first RCC dam was constructed with mixes of high paste content (a cementitious material content of more than 150 kg/m<sup>3</sup> of cement). Further dams have been built since 2002 using the hardfill technique (with a lower cementitious material content), see Figure 28.

### Prospective dams and impoundments

The (24) dams listed in Table 5 are expected to be built in forthcoming years. This will imply the creation of impoundments with an additional available volume of approximately 3000 x 110<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, which together with the current registered volume of 6120 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> will give a total of 9100 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> and provide an additional 33%

**Desarrollo histórico, tipología y técnica de las presas y embalses en el Perú**  
*Historical development, typology, inventory and technique of dams and impoundments in Peru*

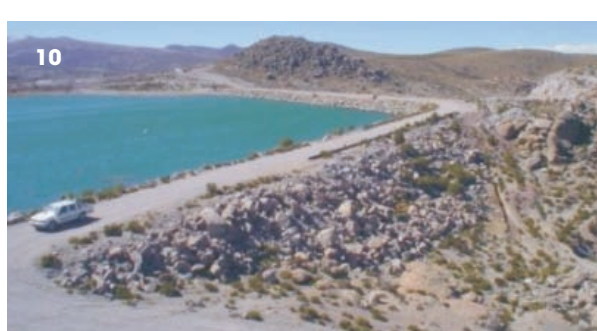


Fig. 24. Presas pequeñas / *Small dams.*  
[1] Azulcocha, 1996;  
[2] Carhuacocha, 1995;  
[3] Nahuincocha, 1995;  
[4] Huaylacancho, 1995;  
[5] Tembladera, 1996;  
[6] Vichcocha, 1995;  
[7] Yuracocha, 1995;  
[8] Chilicocha, 1999;  
[9] Huayrondo (nueva/new),  
[10] Pampa de Vaca.  
(Fotos fuente / *Photos source:* ELECTROPERU).

## 1. Normas generales

1.1. Los artículos que se presenten a la ROP deberán cubrir aspectos de **política sectorial, científicos, técnicos o históricos y culturales relacionados directamente con la ingeniería civil** presentando, además, la debida actualidad.

1.2. La ROP, siguiendo los criterios técnicos y científicos que corresponden a una publicación del prestigio de ésta, someterá a su **COMITÉ DE REDACCIÓN** cuantos artículos se reciban en su domicilio editorial. Este Comité trasladará dichos artículos a los expertos que se acuerden quienes serán los que decidan acerca de la idoneidad de su publicación. Los informes serán trasladados a los autores y las decisiones asumidas serán inapelables.

1.3. Los artículos deberán ser **totalmente inéditos**, y no podrán ser publicados en otra revista sin consentimiento del autor y de la dirección de la ROP, siendo en cualquier caso necesario hacer referencia a ésta.

1.4. La dirección de la ROP se compromete, en caso de aprobación del artículo, a publicarlo en su integridad, salvo que, por cualquier causa se acordase lo contrario con el autor.

1.5. Tendrán siempre preferencia aquellos artículos que versen sobre temas de interés para el mayor número posible de los lectores de la ROP, es decir, para el mundo de la ingeniería civil, evitando aquellos que caigan en una acusada especialización.

1.6. La ROP incorporará a su ROP DIGITAL todos los artículos que se publiquen en la misma. A tal fin, **los autores deberán autorizar expresamente, por escrito, a la Dirección la inserción de su colaboración en la correspondiente página web**. El modelo de esta autorización será suministrado por la ROP.

## 2. Estructuración del artículo

2.1. Los artículos principales serán publicados en uno de los siguientes apartados generales de la ROP:

**Política de Obras Públicas**  
**Ciencia y Técnica de la Ingeniería Civil**  
**La Actividad del Ingeniero**  
**Historia y Cultura de la Ingeniería Civil**

2.2. Como regla general, los originales de estos artículos principales no sobrepasarán las **12 páginas** escritas por una sola cara, incluyendo gráficos y bibliografía. Se recomienda para el tamaño de letra el **cuerpo 10 y espaciado simple**.

2.3. Tanto los gráficos como las fotografías deberán ser de la mayor calidad, **no aceptándose las fotocopias**, tanto en color como en blanco y negro. Se recomienda el uso de soportes magnéticos de alta resolución, admitiéndose asimismo el uso de diapositivas y de papel (en blanco y negro o color), tamaño mínimo de 13x18 mm.

2.4. Las características técnicas mínimas para gráficos y fotografías serán las siguientes:

Gráficos: resolución mínima de **300 p.p.p.**

Fotografías: resolución mínima de **300 p.p.p.**

2.5. Los comentarios a artículos publicados o las opiniones sobre temas de actualidad, serán publicados en una sección especial denominada "Debate y Opinión".

2.6. Los originales de estos comentarios tendrán una extensión máxima de 4 páginas, incluyendo gráficos y bibliografía.

2.7. La ROP publicará, periódicamente, las reseñas de las **Tesis Doctorales** presentadas en las distintas Escuelas de Ingenieros de Caminos, con su resultado. Se aceptará, asimismo, la publicación como artículo de aquellas que, a juicio de sus autores se consideren de interés adicional, previa aprobación del Comité de Redacción.

2.8. Se incluirá un **breve resumen del artículo**, de no más de ocho líneas, que será publicado al frente del mismo. Si es posible, se acompañará una traducción de dicho resumen al inglés, haciéndose cargo de la misma la ROP en caso de que no se acompañe.

2.9. Los artículos deberán presentarse en **soporte magnético**, especificando el tratamiento de textos empleado que será uno de los habituales en el mercado.

2.10. Se harán constar los siguientes datos:

**Título del artículo**, que deberá ser corto y enunciativo.

**Nombre del autor o autores, sus títulos profesionales y académicos y señas completas, incluso correo electrónico.**

**Cinco palabras clave** que permitan la localización del artículo

2.11. En la redacción del artículo se empleará una forma de expresión clara, evitando frases intrincadas, repeticiones y, especialmente, el uso de la primera persona y (salvo excepción en los artículos que así lo requieran) las anécdotas personales.

2.12. El texto se ordenará claramente, con titulares intermedios. A fin de hacer atractivo el esquema del artículo, se procurará que haya un titular intermedio, al menos, cada dos páginas del original, autorizándose a la Dirección de la ROP a intercalarlos, previo acuerdo con el autor, en los casos en que se considere necesario.

2.13. Se autorizará el uso de la letra cursiva.

2.14. Se procurará incluir toda serie de mapas, planos, dibujos y gráficos que se adjuntarán a los originales debiendo ser todos ellos de la mayor calidad posible para su correcta reproducción tal como se ha indicado en el párrafo 2.4. De manera excepcional, la ROP se reserva el derecho de repetir, a su costa, aquellos originales que lo justifiquen, mejorando así, si es preciso, la calidad de los remitidos.

2.15. Todas las ilustraciones deberán ir numeradas correlativamente y con pie de foto.

2.16. Será imprescindible incluir referencias bibliográficas, las cuales se ordenarán al final del artículo e irán numeradas correlativamente. Salvo excepciones justificadas, no se admitirán artículos que no incluyan dicha bibliografía.

2.17. Se evitarán, en lo posible, las notas a pie de página.

## 3. Artículos en lengua inglesa

La ROP publicará los artículos bilingües (español e inglés) que se refieran a asuntos que presenten interés para sus lectores de lengua inglesa.

## 4. Cartas del lector y contestación a artículos

La ROP aceptará, siempre, las cartas de los lectores y las contestaciones y réplicas a los artículos publicados.

A fin de mantener la actualidad debida, el plazo para remitir estos comentarios es de tres meses a partir de la fecha de publicación del artículo.

## 5. Plazo de publicación de los artículos

La Redacción de la ROP acordará con cada uno de los autores el plazo de presentación de los artículos remitidos, teniendo en cuenta no sólo el orden de entrada, sino la actualidad de los mismos, publicaciones de otras revistas, volumen limitado de la revista, orden temático, etc.

En el caso de no poder llegar a un acuerdo sobre su plazo de publicación, la ROP devolverá el original a su autor.

## 6. Ejemplares para los autores

La ROP entregará gratuitamente al autor del artículo cinco ejemplares del número de la Revista en que aparezca su colaboración.

Si el autor deseara mayor número de ejemplares, deberá ponerlo en conocimiento de la ROP antes de proceder a la tirada de la revista, pasándosele el cargo correspondiente.

También se han construido en los últimos años una serie de presas de concreto rolado compactado, tal como se verá más adelante.

### **Presas de Concreto Rolado Compactado**

La tecnología del concreto compactado rolado en la construcción de presas empieza al inicio de la década de los años 80. Esta nueva tecnología marca una tendencia en la construcción de presas en el Perú después de casi 20 años, siendo la presa de CCR de Antacoto (1998), ver Figura 27, la primera en implementarse en el marco del proyecto de aprovechamiento de recursos hídricos Marca III a fin de abastecer de agua a la ciudad capital, Lima. Esta primera presa de CCR fue construida con mezclas teniendo un alto contenido de pasta (un contenido de materia cementosa de más de  $150 \text{ kg/m}^3$  de cemento). Posteriormente se han implementado muchas más presas desde el año 2002 con la tecnología del hardfill (con un bajo contenido de material cementoso), ver Figura 28.

### **Presas y embalses en prospecto**

Las (24) presas listadas en la Tabla 5 tienen previstas ser implementadas próximamente, lo que significará la creación de embalses por un volumen útil total adicional de aproximadamente  $3000 \times 10^6 \text{ m}^3$ , lo que sumado al volumen actual inventariado de  $6120 \times 10^6 \text{ m}^3$ , dará un total de aproximadamente  $9100 \times 10^6 \text{ m}^3$ , es decir un 33% adicional de volumen de almacenamiento con respecto a la capacidad actual. En dicha tabla no se incluye la presa de Cazaderos del proyecto Binacional Puyango-Tumbes (Perú-Ecuador), proyectada como presa de gravedad de 138 m de altura, para crear un embalse con un volumen de almacenamiento de aproximadamente  $3200 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

Se puede apreciar de la misma tabla, que las presas proyectadas mantendrán en líneas generales las tendencias actuales en el tipo de construcción de presas en el Perú, el 50% de ellas serán presas de tierra, un 30% presas de enrocado propiamente dicho o presas de enrocado con espaldón de concreto y el 20% restante han sido previstas ser presas de gravedad de concreto o concreto rolado compactado, por lo tanto la tendencia descrita en la Figura 8 de evolución histórica de las presas en el Perú se mantiene.



Fig. 25. Presa / Dam Antamina, 2002, presa de enrocado con espaldón de concreto / concrete face rockfill dam - CFRD. (Fotos fuente / Photos source: Minera Antamina, 2005).

*of impounded volume over the current effective volume. This table does not include the Cazaderos Dam on the Puyango-Tumbes Binational Project (Peru-Ecuador), designed as a 138 m high gravity dam, in order to create a reservoir with an impoundment volume of around  $3200 \times 10^6 \text{ m}^3$ .*

*Table 5 also shows that the projected dams will maintain the current trend in dam construction type in Peru, and where 50% will be earth dams, 30% rockfill proper or concrete face rockfill dams and the remaining 20% gravity or roller compacted concrete dams. The trend described in Figure 8 regarding the historic evolution of dams in Peru should subsequently remain the same.*



Fig. 26. Presa Limón, presa de enrocado con espaldón de concreto / concrete face rockfill dam - CFRD (h = 43 m), en construcción y se espera culminar su primera etapa en el 2008 / in construction and it is expected to be concluded its first phase in 2008. (Fotos fuente / Photos source: Google Earth 2007; DEPOLTI, ODEBRECHT).

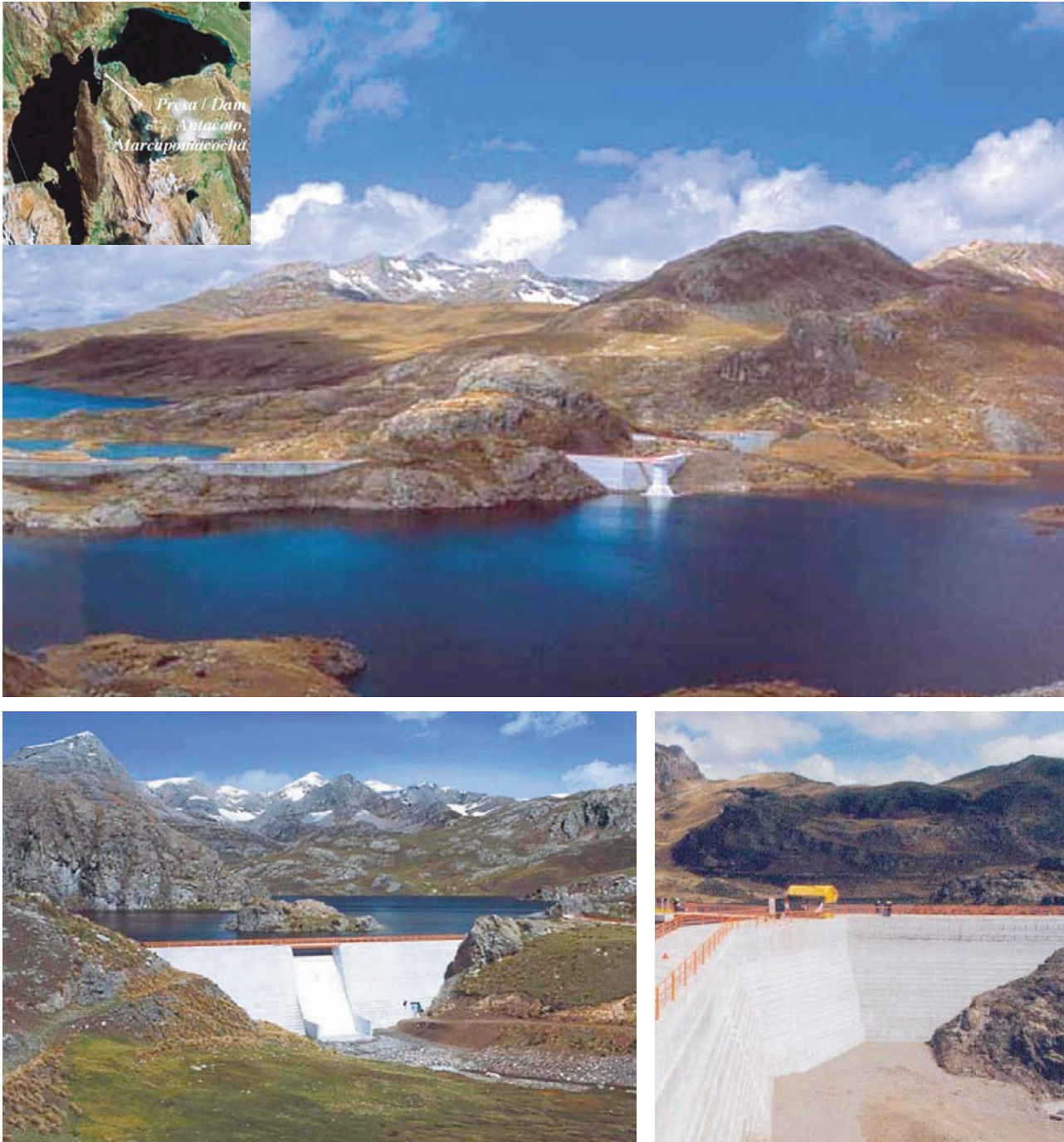


Fig. 27. Primera presa de concreto rolado compactado / First roller compacted concrete dam - RCCD, Antacoto, 1999, 4445 m snm / m asl. (Fotos fuente / Photos source: Google Earth 2007; SEDAPAL, 2003).

### **Conclusiones**

El inventario nacional de represamientos de 1975 indicaba que en el Perú existían a dicha fecha 261 sitios de embalse, de los cuales sólo 23 habían sido implementados y la diferencia, 238, tenían estudios efectuados, con una capacidad de regulación que

### **Conclusions**

*The national inventory of impoundments prepared in 1975 indicated that there were 261 reservoir sites in Peru. Of these potential sites, only 23 had been implemented and the remaining 238 have been subjected to study which revealed a*



Fig. 28. Presas de concreto rolado compactado / Roller compacted concrete dams, RCCD. Sediment trapping dams / presas de control de sedimentos: [1,2] Presa Río Grande / Río Grande Dam (2004), h = 60 m; [3,4,5] Presa Río Rejo / Rejo River Dam (2003), h = 35 m. (Fotos fuente / Photos source: Minera Yanacocha, 2006).

había sido estimada en  $44000 \times 10^6 \text{ m}^3$ . A la fecha se han implementado sin incluir presas derivadoras y/o barrajes la cantidad de 52 represamientos de los 238 contabilizados en los últimos 30 años, que han permiti-

*potential regulated capacity of around  $44000 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Some 30 years later, and when ignoring diversion dam spillways and barrages, 52 impoundments have been introduced out of the*

**Tabla 5. Presas y embalses proyectados / Table 5. Projected dams and impoundments**

Presas proyectadas a ser construidas, sobreelevadas* o decrecidas en volumen muerto** en el Perú / Projected dams to be constructed, heightened* or decreased in dead volume in Peru											
Nº	Nombre Name	Cuenca River basin	Ubicación Location	Tipo Type	Tipo - descripción detallada Type- detail description	Altura máxima Max height (m)	Ancho de cresta Width of crest [m]	Longitud de cresta Crest length [m snm] / (m asl)	Elevación de cresta Elevation of crest (m)	Capacidad de almacenamiento disponible Available reservoir capacity [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	Propósito del almacenamiento Purpose reservoir
1	Acarí	Acarí	Puno	E	Earthfill	20			> 3500,00	40	I
2	Acco	Saílca	Cuzco	RCC	Roller compacted concrete - RCC	115		310	4000,00	240	H + I
3	Angostura	Apurímac	Arequipa	RCC	Roller compacted concrete - RCC	105		330	4220,00	1140	I + H
4	Antamina*	San Marcos	Ancash	CFR	Concrete face rockfill - CFR	209		1050	4115,00	-	M
5	Arcata		Arequipa	E	Earthfill	35		396,5	> 4000,00	-	M
6	Chaglia		Huánuco	RCC	Roller compacted concrete - RCC	105			> 3500,00		H
7	Chihuane	Ilave	Puno	E	Earthfill	25	8	177	3880,00	237	I
8	Huallacocha Bajo**	Yauli	Junín	E	Earthfill	17,3		223	4362,34	18	H + WS
9	Humalso		Moquegua	R	Rockfill	49		262	> 4000,00	40	I + H
10	La Colmena	Llamas	Cajamarca	E	Earthfill				> 3000,00	3,6	I
11	Limón*	Huancabamba	Plura	CFR	Concrete face rockfill - CFR	85		440	1162,00	111	I + H
12	Palaco II	La Virgen	Junín	E	Earthfill	82			> 4000,00	61	H + I
13	Palo Redondo	Santa	La Libertad	CFR or RCC	Concrete face rockfill - CFR / Roller compacted concrete - RCC	95	12	770	345,00	370	I + H
14	Paltiture	Tambo	Moquegua	E	Earthfill	33,6		106	3822,00	15	I + H
15	Pishcapaccha		Ancash	E	Earthfill	50	8	425	4157,00	45	I
16	Pomacocha*	Yauli	Junín	E	Earthfill	40	6	513	4281,00	72	H + WS
17	Ravi	Ravi	Moquegua	CFR	Concrete face rockfill - CFR	39			> 4000,00	-	M
18	Recreta		Ancash	CFR	Concrete face rockfill - CFR	48	12	2900	4021,00	267	I + H
19	San José de Uzuña		Arequipa	E	Earthfill	10			> 3500,00		I
20	Tanserecocha		Huancavelica	E	Earthfill	18			> 4000,00	13	H
21	Tipicocha		Huancavelica	E	Earthfill	19			> 4000,00	10	H
22	Turmanya		Junín	R	Rockfill	92			> 4000,00	47	H
23	Yanacocha		Junín	R	Rockfill	71			> 4000,00	204	H
24	Yangas	Yangas	La Libertad	RCC	Roller compacted concrete - RCC	82			> 3500,00		H

\* Presas a ser sobreelevadas o recrecidas / Dams to be heightened or raised. \*\* Presa a ser decrecida en volumen muerto / Dam to be decreased in dead volume.

do incrementar la capacidad de almacenamiento total de embalses en alrededor de 4000 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> (con y sin contabilizar en 1975) es decir menos del 1% del volumen total factible.

Los números revelan que aun hay mucho que hacer para satisfacer las demandas básicas de agua, pero que la experiencia y capacidad técnica adquirida en el diseño, supervisión, construcción y operación & mantenimiento de presas en el Perú, en conjunto con las normas, regulaciones y leyes vigentes en el país y normas de uso extendido aplicadas en Latino América, esto es normas americanas y alemanas (DIN), son suficientes en el marco establecido para la

total available 238 sites and have increased the total storage capacity of the reservoirs by approximately 4000 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, that is to say by less than 1% of the total feasible volume.

The numbers show that there is still much to do to satisfy basic water demands, However, the accumulated experience and technical capacity in the design, supervision, construction and operation and maintenance of Peruvian dams, in combination with the standards, regulations and laws of the country and the American and German (DIN) standards widely employed in Latin America, are more than sufficient within the framework established

implementación de nuevas presas, y por ende la creación de embalses bajo el cumplimiento de criterios básicos de diseño.

Finalmente, es importante mencionar la necesidad de tener un inventario detallado y actualizado de presas y embalses que contribuirá a la elaboración de estadísticas a ser utilizados en los planes de desarrollo.

## Reconocimientos

El autor agradece especialmente a los colegas Dipl.- Ing. Björn Somdalen (FICHTNER), Ing. Rodolfo Rothgiesser (CES-Salzgitter), Ing. Carlos Herrera (COES-SINAC) por contribuciones a revisión el texto, información de data y fotos recopilada en los últimos 2 años residiendo en Stuttgart. ♦

*for the introduction of new dams and will subsequently serve to create new reservoir impoundments which readily fulfil basic design criteria.*

*Finally, it is important to mention the need to have a detailed and updated inventory of dams and reservoirs, which will contribute to the preparation of statistics to be applied in development plans.*

## Acknowledgements

*The author particularly wishes to acknowledge the engineers: Björn Somdalen (FICHTNER), Rodolfo Rothgiesser (CES-Salzgitter) and Carlos Herrera (COES-SINAC) for their contributions to the text, data information and photos collected over the last 2 years by the author, living in Stuttgart. ♦*

## Referencias/References:

- [1] ALVARADO ANCIETA, C.A. (2002). Preparing for El Niño - Los Ejidos Diversion Dam Spillway. International Water Power and Dam Construction Journal, ISSN 0306-400X, Volume 54, Number 12, pp. 24-29, Kent, UK.
- [2] CARTER, T. - AMAYA, F. - JEFFERIES, M. - ELDRIDGE, T. (2003). Curtain Grouting for the Antamina Dam, Peru: Part 1 - Design and Performance. Grouting and Ground Treatment (GSP No. 120) Grouting 2003 - 3rd International specialty Conference on Grouting and Ground Treatment - ASCE Conference Proceedings.
- [3] CES CONSULTING ENGINEERS SALZGITTER GmbH (1997). Estudio de Factibilidad del Traspase Pomacocha - Río Blanco. Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima - SEDAPAL. Lima, Perú.
- [4] CES CONSULTING ENGINEERS SALZGITTER GmbH (1999). Estudio Definitivo del Traspase Pomacocha - Río Blanco. Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima - SEDAPAL. Lima, Perú.
- [5] Consorcio CLASS - SALZGITTER (2000). Estudio de Evaluación y Afianzamiento de la Presa Derivadora Los Ejidos. Dirección Ejecutiva del Proyecto Especial Chira-Piura, INADE-World Bank. Piura, Perú.
- [6] Consorcio CLASS - SALZGITTER (2002). Estudio Definitivo de las Obras de Afianzamiento de la Presa Derivadora Los Ejidos. Dirección Ejecutiva del Proyecto Especial Chira-Piura, INADE-World Bank. Lima, Perú.

- [7] Consorcio LAHMEYER - SALZGITTER (1979). Evaluación del Potencial Hidroeléctrico Nacional. Ministerio de Energía y Minas del Perú - Dirección General de Electricidad, Sociedad Alemana de Cooperación Técnica - GTZ. Lima, Perú.
- [8] INTERNATIONAL WATER POWER & DAM CONSTRUCTION (2006). Yearbook 2006. Wilmington Media. ISBN 1 903077338. Kent, UK.
- [9] ONERN (1980). Inventario Nacional de Lagunas y Represamientos - Segunda Aproximación (1975) Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. Lima, Perú.
- [10] OSINERG (2005). Compendio de (11) Presas de Centrales Hidráulicas. Organismo Supervisor de la Inversión en Energía - OSINERG, Gerencia de Fiscalización Eléctrica. Lima, Perú.
- [11] RODRIGUEZ-MAREK, A. - REPETTO, P. - WARTMAN, J. - BAURES, D. - RONDINEL, E. - WILLIAMS, J. - ZEGARRA-PELLANNE, J. (2001). Geotechnical Earthquake Engineering Reconnaissance of the June 23, 2001, Southern Peru Earthquake. National Science Foundation, Washington State University, Drexel University, Catholic University of Peru and URS Corporation - Pacific Earthquake Engineering Research Center.
- [12] SALZGITTER Consult GmbH (1989). Presa Gallito Ciego y Obras Secundarias. Dirección Ejecutiva del Proyecto Especial Jequetepeque-Zaña. INADE-KfW. Lima, Perú.
- [13] SALZGITTER Industriebau GmbH (1965). Presa Tinajones. Dirección Ejecutiva del Proyecto Especial Tinajones. INADE-KfW. Lima, Perú.

- [14] SEDAPAL (2003). Historia del Abastecimiento del Agua Potable de Lima 1535/2003. Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima. 2da Edición. Partida Registral N° 0592 - 2001-del 2001-08-01. Asiento 01. Lima, Perú.
- [15] SHERARD, J. - WOODWARD, R. - GIZIENSKI, S. - CLEVINGER, W. (1963). Earth and Earth-Rock Dams - Engineering Problems of Design and Construction. John Wiley & Sons Inc.

(\*) Múltiple información obtenida de / Multiple information obtained from: INADE, INRENA, SIRA, DEJEZA, DEPECHP, DEPOLTI, PECHAVIMOCHIC, PECHINECAS, AUTODEMA, PEPASTOGRANDE, PERIOCACHI, PELT, PEILAVE, PLAN MERISS INKA, EGENOR, EDEGEL, EGASA, EGEMSA, EGESUR, EGE San Gabán, ELECTROPERU, ELECTROANDES, CENTROMINPERU, CENERGIA, FICHTNER GMBH & Co.KG, CES CONSULTING ENGINEERS SALZGITTER GmbH, S&Z CONSULTORES ASOCIADOS, CESEL INGENIEROS, BINNIE & PARTNERS, MOTORCOLUMBUS, MOTLIMA, ELECTROWATT, ELECTROCONSULT, PÖYRY, ENERGOPROJEKT, SEDAPAL, MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS DEL PERU, MINISTERIO DE AGRICULTURA DEL PERU, OSINERG, COES SINAC, ASOCEM, ACI-PERU, CONSTRUCCION, YANACOCCHA, ANTAMINA, SOUTHERN PERU, CERRO VERDE, GRAÑA Y MONTERO, COSAPI, ODEBRECHT, SKANSKA, TRANSLEI, etc.

(\*\*) Fotos sin nombre de fuente fueron hechas por el autor o colegas / Photos with out source were performed by the author or colleagues.