

SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA
XXI CONGRESO CHILENO DE INGENIERÍA HIDRÁULICA

**COLAPSO PREMATURO DE LAS GRANDES PRESAS EN PERÚ, CASO
EMBLEMÁTICO DE LA PRESA GALLITO CIEGO SOBRE EL RÍO
JEQUETEPEQUE-CAJAMARCA, PERÚ.**

OSWALDO ORTIZ V.¹

RESUMEN

Este estudio pretende evaluar la sedimentación de la presa Gallito Ciego, considerada referente de las cuencas reguladas de la vertiente del Pacífico norte de Perú; disponiendo para ello de caudales máximos (1920-21, 1978-88) de la estación hidrométrica Ventanillas (07°17'S, 79°17'W) y resultados batimétricos (Abril, 1999). Se usaron los modelos Gumbel y Meyer-Peter para predecir caudales líquidos y tasa sedimentaria, respectivamente. Se encontró concordancia entre las tasas pronóstico y de batimetría, ambas altamente discrepantes con la tasa de diseño, lo que evidencia debilidad en el estudio sedimentológico, agravado por ausencia de programas de manejo de cuenca y de control de sedimentos. El criterio de linealidad, partiendo de resultados batimétricos, da cuenta que la vida económica de la presa terminó en menos de una década y, consecuentemente, trunca la recuperación de la inversión (570 millones de Dólares), cuando se esperaba un mínimo de 50 años para retornar siquiera un 70% de dicha inversión (beneficio/costo=0.70). Este infeliz antecedente, pone de manifiesto lo dañino que significa usar criterios de asistencialismo social cuando de inversiones públicas se trata, y que no es razonable asentar grandes presas en cuencas bajas de alto potencial degradación hídrica, obviando los planes de manejo y control de sedimentos; incluso, el desmantelamiento de las presas.

¹Profesor principal, Departamento de Ingeniería de Recursos Hídricos, Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.

I.- INTRODUCCIÓN

Desde un inicio, las grandes presas del mundo se han construido con fines sociales, donde la generación de energía hidroeléctrica y la irrigación han sido casi siempre los objetivos primordiales. Sin embargo, en muchos casos, los altos índices de erosión y sedimentación han reducido ostensiblemente la vida útil de dichas estructuras, ocasionando pérdidas económicas importantes con mayores estragos en los países en vías de desarrollo (ICOLD, 2008). El Perú no escapa a esta realidad, sobre todo con las grandes presas ubicadas en las cuencas bajas de la Vertiente del Pacífico, donde las condiciones naturales altamente degradables conducen al colapso prematuro de dichos embalses (Rocha A., 2006).

El mayor problema que enfrentan las grandes presas es el acortamiento de su vida útil, fenómeno común en la mayoría de presas del mundo, causada por la acelerada erosión de las cuencas de captación, con lo cual las presas tienden a colmatarse rápidamente por la acumulación acelerada de sedimentos a tasas muy superiores a las previstas en los proyectos (Jiménez, O., Farías, H., 2005). Por ello, la sedimentación de embalses es un tema de mucho interés porque constituye un grave problema, sobre todo en los países expuestos a eventos hidrológicos extremos (Spalleti, P., Brea, J. 1998). En el Perú, son muy vulnerables las grandes presas ubicadas en las cuencas bajas de la Vertiente del Pacífico, cuencas caracterizadas por tener un relieve muy irregular, abrupto y escarpado, fuertes pendientes, suelos inestables, escasa cobertura vegetal y un régimen con intensas y recurrentes precipitaciones, problema que se agrava con los eventos de fenómenos periódicos de El Niño (Rocha A., 2006). Todo esto, unido a la falta de prácticas de manejo, acelera el proceso de sedimentación y colmatación temprana de las grandes presas allí asentadas, la presa Gallito Ciego constituye un buen referente de toda esta problemática y es la que se analiza en el presente trabajo.

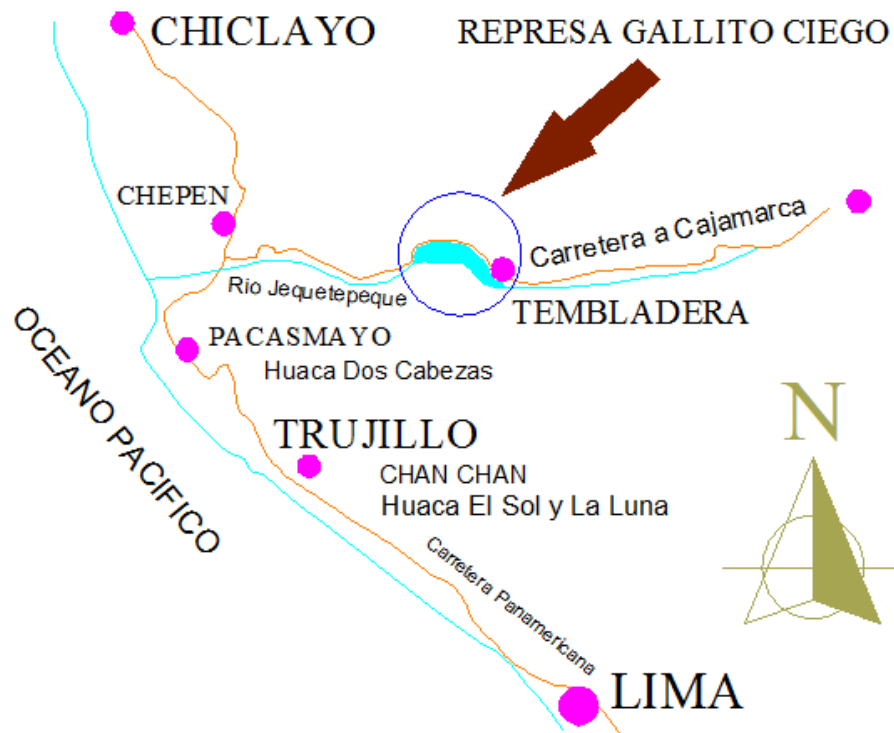


Fig.1.- Ubicación de la presa Gallito Ciego

El colapso o “muerte prematura” de las grandes presas no sólo representa pérdidas económicas, con mayor repercusión en los países pobres, sino también constituye un alto riesgo potencial de desastres aguas abajo cuando en los costos de estos proyectos no se incluye aquellos destinados a la demolición o desmantelamiento, tal como recomienda la Comisión Mundial de Represas-CMR (ICOLD, 2008). Obviamente, que el problema se torna más crítico cuando la conformación del dique es de tierra, como el caso de la presa Gallito Ciego. El objeto de este trabajo es determinar las causas de la colmatación prematura y proponer medidas correctivas.

II.- MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Área de Análisis

La presa Gallito Ciego, del Proyecto Especial Jequetepeque - Zaña. PEJEZA, se ubica en el norte de Perú, en el distrito de Yonán, provincia Contumazá, en el departamento de Cajamarca (Fig.1), a 320 m sobre el nivel del mar. Esta presa entró en operación en Abril de 1988, permitiendo regular las aguas del río Jequetepeque, destinándolas primero a la generación de energía hidroeléctrica (36 MV) y luego a la irrigación de tierras agrícolas en los departamentos de la Libertad y Lambayeque (Tabla 1).



Fig.2.- Cuenca del Río Jequetepeque

Tabla 1.- Características técnicas de la presa Gallito Ciego*

Descripción	Características
<ul style="list-style-type: none"> • Dique: <ul style="list-style-type: none"> ○ Naturaleza ○ Ancho de base (m) ○ Ancho de corona (m) ○ Altura (m) 1.5. Altitud (m.s.n.m.) ○ Tipo de regulación • Embalse: <ul style="list-style-type: none"> ○ Vida útil de proyecto (años) ○ Capacidad muerta (MMC) ○ Capacidad útil (MMC) ○ Capacidad de retención de crecidas (MMC) ○ Capacidad total (MMC) ○ Máximo espejo de aguas libres (Ha) • Indicadores económicos <ul style="list-style-type: none"> ○ Beneficio/costo ○ Costo de inversión (Millones de Dólares) • Batimetría <ul style="list-style-type: none"> ○ Abril, 1999 (MMC) • Operación <ul style="list-style-type: none"> ○ Puesta en funcionamiento 	<p>Tierra zonificada, simétrica, con núcleo central y pantalla de concreto.</p> <p>700</p> <p>12</p> <p>105</p> <p>320</p> <p>Plurianual</p> <p>50</p> <p>85</p> <p>400</p> <p>86</p> <p>571</p> <p>1 420</p> <p>0.70</p> <p>570</p> <p>97</p> <p>Abril, 1988</p>

*Fuente: Proyecto PEJEZA

MMC = Millones de metros cúbicos

Lo más relevante de este estudio lo constituye el volumen destinado a la recepción de sedimentos durante la vida útil de la presa, conocido como capacidad muerta, la misma que está supeditada a la tasa de ingreso de sedimentos proyectada en el diseño.

2.2. Pronóstico de máximos caudales líquidos

El pronóstico de máximos caudales líquidos del río Jequetepeque se determinó mediante el modelo probabilístico de mejor ajuste (Lai, J., 1999), el que en este caso recayó en modelo de Gumbel (Ec.1), calibrado a partir de una muestra de 67 años (1920-21, 1987-88) de observación de descargas máximas mensuales de la estación hidrométrica de Ventanillas (07°17' S, 79° 17' W.- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. SENAMHI, Perú).

$$F(x < X) = \exp[-\exp(-\alpha(x - \beta))] \quad (1)$$

$F(x < X)$ = Probabilidad acumulada que cualquier evento x será menor que X

x = Magnitud de la variable aleatoria

α = Parámetro de escala del modelo

β = Parámetro de posición del modelo

Los parámetros de este modelo se determinaron a partir de la muestra y el ajuste se verificó mediante el criterio de Smirnov - Kolmogorov para datos sin agrupar. Al modelo ajustado se introdujo una variable de incertidumbre, simulándose luego para diversas alternativas de probabilidades de dicha variable, de tal modo que cada valor del caudal está ligado íntimamente a cierto valor de probabilidad de ocurrencia. Algunos resultados de la simulación de este modelo se aprecian en el cuadro N°1.

Cuadro N° 1. Simulación del modelo Gumbel para descargas máximas anuales de Río Jequetepeque (estación hidrométrica Ventanillas)

Número de años consecutivos "N"	J (%)	Tr	CUADALES MÁXIMOS (m ³ /seg)
2	5	40	977.48
	15	13	726.16
	30	6	546.42
	50	3	371.91
	75	2	254.84
	90	1.5	154.28
5	5	98	1174.78
	15	31	921.02
	30	15	758.60
	50	8	614.42
	75	4	446.48
	90	3	371.91
10	5	196	1326.68
	15	62	1074.16
	30	29	906.21
	50	15	758.60
	75	8	614.42
	90	5	502.31
25	5	488	1526.18
	15	154	1273.87
	30	71	1103.98
	50	37	960.24
	75	19	811.83
	90	11	688.05
50	5	975	1677.41
	15	308	1425.57
	30	140	1252.99
	50	72	1107.06
	75	37	960.24
	90	22	844.65
100	5	1950	1828.81
	15	616	1577.09
	30	281	1405.50
	50	145	1260.68
	75	73	1110.09
	90	44	998.55

N= Número de años consecutivos
 J= Incertidumbre o probabilidad de acierto
 Tr= Tiempo de retorno

2.3. Producción de sedimentos

La estimación de la producción de sedimentos en la cuenca, dada por la tasa específica de sólidos (q_s : t ha⁻¹ año⁻¹), se determinó usando el modelo empírico (Ec.2) que involucra los aspectos más importantes de la cuenca relativos a la pluviosidad y relieve.

$$q_s = 2.65 \log(P/P_*) + 0.46 \log(C_o - 1.56) \quad (2)$$

Donde:

P = Módulo pluviométrico anual

P_* = Precipitación máxima del mes

C_o = Coeficiente orográfico

El perfil longitudinal del tramo de entrega del río sufre constantemente modificaciones a medida que la sedimentación en el embalse sube de nivel (Mattos, R., 1992), lo que trae consigo la disminución de la pendiente longitudinal inmediatamente aguas arriba; y con ello, la disminución también de la capacidad de transporte del río en dicho tramo.

Se seleccionó asimismo el modelo empírico unidimensional (Ec.3) de Meyer-Peter (Mattos, R., 1992) para la estimación de la capacidad específica de transporte de material sólido (Q_s : $\text{kg s}^{-1} \text{m}^{-1}$), por su simplicidad e incluir los parámetros hidráulicos más importantes de la sección representativa del tramo de entrega:

$$Q_s = 249.75 q^{2/3} S - 42.61 d_{sm} \quad (3)$$

Donde:

q = Caudal específico líquido de avenidas, $\text{m}^3 \text{s}^{-1} \text{m}^{-1}$

S = Gradiente hidráulico, adimensional

d_{sm} = Diámetro medio de sólidos, m.

El valor de la tasa pronóstico anual de sedimentación obtenida mediante este modelo, se contrasta con los valores de las tasas correspondientes a la batimetría y la del proyecto para explicar, en cierto modo, las causales de la colmatación prematura de la presa.

2.4. Sedimentación según modelo lineal basado en la batimetría

Asumiendo teóricamente un modelo lineal con base en el pasado histórico de los once primeros años de operación de la presa Gallito Ciego (Ec.4), tomando como origen el primer año de funcionamiento (Abril, 1988), permite estimar la evolución post batimetría del proceso de sedimentación en el embalse (Tabla 2).

$$V_s = 8.82 * 10^6 T \quad (4)$$

Donde:

V_s = Volumen sedimentado, $\text{m}^3 \text{año}^{-1}$

T = Tiempo, años.

III.- RESULTADOS

3.1. Predicción de la sedimentación mediante el modelo empírico de Meyer-Peter

Los resultados de la simulación de caudales líquidos, mediante el modelo de valor extremo de Gumbel, permitieron seleccionar un caudal de diseño de $1107 \text{ m}^3/\text{s}$, ligado al periodo de 50 años (vida útil proyectada) e incertidumbre de 50% (tiempo de retorno 72 años). Con esta información se determinó (Ec.2) la tasa de entrega total de $8.4 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$, habiendo

considerado el 80% de la capacidad de transporte del tramo de entrega. Para lo cual también, en base al régimen hidrológico de esta región, se consideró aquí un periodo de avenidas de 90 días efectivos de transporte de sedimentos por año hidrológico, promedio en donde se trata de compensar, además, los efectos severos de los probables fenómenos periódicos de El Niño ocurridos durante el funcionamiento de la presa.

3.2. Sedimentación según resultados de la batimetría

Los resultados de la única batimetría realizada (Abril, 1999), luego de 11 años de operación de la presa Gallito Ciego, da testimonio que se tiene acumulado en el embalse un volumen total de sedimentos $97 \times 10^6 \text{ m}^3$ (Tabla 1), lo que representa una tasa real promedio de entrada al embalse de $8.82 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$; valor que concuerda muy bien con la cifra de pronóstico obtenido mediante el criterio de Meyer-Peter. Este volumen de sedimentos supera la capacidad muerta de la presa, lo cual indica que la vida útil de este proyecto terminó antes de los 10 años de funcionamiento.

3.3. Sedimentación según predicción del proyecto

El proyecto considera una capacidad muerta de la presa Gallito Ciego de $85 \times 10^6 \text{ m}^3$, ligada a una vida útil proyectada de 50 años (Tabla 1); lo que representa una tasa promedio de sedimentación en el embalse equivalente a $1.7 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$. Valor que discrepa con los valores de pronóstico del modelo Meyer-Peter y de la batimetría, determinados anteriormente.

3.4. Sedimentación según modelo lineal basado en la batimetría

Los resultados de la simulación (Tabla 2) del modelo lineal post batimetría (Ec.4) permiten estimar que actualmente el volumen sedimentado en el embalse, además de cubrir la totalidad de la capacidad muerta, está ocupando aproximadamente $136 \times 10^6 \text{ m}^3$ de su capacidad útil, equivalente al 34% de dicho volumen.

Tabla2.- Proceso de sedimentación de la presa Gallito Ciego – Perú, según modelo lineal derivado de los resultados de la batimetría

AÑOS	Tiempo de vida (años)	Volumen de sedimentos (MMC)	Volumen Sedimentos Acumulado (MMC)	Volumen Muerto (MMC)	Observaciones
1988	-	-	-		Inicio de operación del embalse.
1990	2	17.64	17.64		
1992	4	17.64	35.28		
1994	6	17.64	52.92		
1996	8	17.64	70.56		
1998	10	17.64	88.20	> 85	Final de la vida útil real (muy prematuro).
2000	12	17.64	105.84		
2002	14	17.64	123.48		
2004	16	17.64	141.12		
2006	18	17.64	158.76		
2008	20	17.64	176.40		
2010	22	17.64	194.04		
2012	24	17.64	211.68		
2014	26	17.64	229.32		
2016	28	17.64	246.96		
2018	30	17.64	264.60		
2020	32	17.64	282.24		
2022	34	17.64	299.88		
2024	36	17.64	317.52		
2026	38	17.64	335.16		
2028	40	17.64	352.80		
2030	42	17.64	370.44		
2032	44	17.64	388.08		
2034	46	17.64	405.72		
2036	48	17.64	423.36		
2038	50	17.64	441.00		Final de la vida útil proyectada
2040	52	17.64	458.64		
2042	54	17.64	476.28		
2043	55	8.82	485.10		Final de la vida física

IV.- DISCUSIÓN

La tasa de sedimentación de diseño ($1.7 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$) del proyecto Gallito Ciego está muy por debajo de las tasas pronóstico ($8.40 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$) y de batimetría ($8.82 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$), lo cual es indicativo de subestimación de aquel importante parámetro de diseño [4]; con el agravante de haber prescindido de los programas de manejo y de control de sedimentos en la cuenca, recomendado para grandes presas asentadas en el cauce mismo de los ríos [10]. Si a todo ello sumamos la ausencia de información sedimentológica, alta vulnerabilidad erosiva de las cuencas de captación de esta vertiente, y los efectos de fenómenos periódicos extraordinarios impredecibles de El Niño de los años 90 (1991-93, 1997-98), todo en conjunto impactaron negativamente en la sedimentación de esta presa (Rocha A., 2006), conduciéndolo de pronto al colapso repentino.

La excesiva celeridad con que se produjo la sedimentación de esta presa, que terminó con la interrupción brusca de su vida útil o económica antes de los diez años de funcionamiento (“muerte económica prematura”), cortó de plano la recuperación de la gran inversión (570 millones de Dólares*) programada para el lapso de cinco décadas (50 años de vida útil); lo cual no sólo trae consigo cuantiosas pérdidas económicas para el país, sino que también su

colmatación total (“muerte física”) ocasionará un potencial de alto riesgo ambiental, al no haber considerado en el proyecto los costos para su desmantelamiento (ICOLD, 2008). Mientras tanto, durante el lapso de tiempo que queda hasta su colmatación total, que bien podría llamarse de “agonía” o de “post muerte económica”, con costos operativos desmedidamente crecientes y beneficios decrecientes, será cada vez más difícil el sostenimiento de dicho proyecto. Pérdidas económicas que se tornan más severas si se tiene en cuenta que en la decisión política de este proyecto primó el criterio social sobre el económico (Beneficio/Costo = 0.70); y el hecho mismo de haber asumido una durabilidad económica de 50 años (vida útil), constituye otra debilidad del proyecto, ya que no es un tiempo razonable como para recuperar la cuantiosa inversión (Rocha, A., 2006).

Este antecedente de colapso prematuro, consecuencia del alto potencial de degradación hídrica de las cuencas de la vertiente del Pacífico, aconseja no construir grandes presas en las cuencas bajas de dichos sistemas hidrológicos (Rocha, A., 2006), a no ser que se implementen programas agresivos de manejo de cuenca y de control de sedimentos; algunas de cuyas acciones (forestación, por ejemplo) se inicien un poco antes, o por lo menos al mismo tiempo, que la ejecución física del proyecto (ICOLD, 2008).

Además de las consideraciones anteriores, una medida de la que no se debe prescindir en proyectos de esta naturaleza, son los estudios batimétricos sistemáticos y periódicos (mínimo, cada cinco años), cuyos resultados ayudan mucho en la toma de decisiones para reorientar las actividades de los programas de manejo y de control de sedimentos; así como viabilizar cultivos más rentables que aceleren el retorno de las inversiones (ICOLD, 2008). Ninguna de las medidas antes mencionadas se implementó para el caso de la presa Gallito Ciego, y la única batimetría realizada después de once años de funcionamiento; sólo ha servido para confirmar la “muerte económica prematura” de este importante proyecto.

Lo acontecido con esta presa, no hace más que corroborar lo ya aseverado por la Comisión Mundial de Represas en su informe del año 2000, en el sentido que los proyectos de grandes presas no constituyen solución definitiva al problema del recurso hídrico, sobre todo en los países en vías de desarrollo, donde los gobiernos que usaron fondos públicos en la construcción de grandes presas quedarán al final más pobres al no poder recuperar las cuantiosas inversiones que ello representa (aproximadamente, de 1.5 a 2.5 millones de Dólares por cada millón de m³ de volumen útil) (ICOLD, 2008). Debe, además, quedar comprendido que el mantenimiento de las grandes presas, en materia de sedimentación (dragados), es demasiado costoso, tanto así, que resulta mucho más económico construir otra nueva.

Por lo antes explicado, se recomienda que antes de decidir la construcción de una gran presa, sobre todo en los países en vías de desarrollo, deben agotarse todas las alternativas de gestión del recurso hídrico, como son: construcción de pequeñas presas en las cuencas altas, utilización de tecnología de punta en la aplicación del agua de riego, reducción de pérdidas en todos los usos, reciclaje y reusos, previo tratamiento. Pues el costo de todo, en conjunto, resulta mucho menor que construir una gran presa (ICOLD, 2008). Si agotado todo esto, se decide finalmente por la construcción de una gran presa, el proyecto debe considerar los costos de los programas de manejo de cuenca y control de sedimentos y el desmantelamiento, así como garantizar el retorno del íntegro de la inversión.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. David Ramírez Collantes por su orientación y revisión del documento.

REFERENCIAS

Alam, S. (2001). *A critical evaluation of sedimentation management design practice*. Hydropower & Dams. 1, 54-59.

Aparicio M. (1992), *Fundamento de Hidrología de Superficie*. Edit. Limusa S.A.

Batuca, D., D.G. & Jordán, J. (2000). *Silting and Desilting of Reservoirs*. A.A. Balkema, Rotterdam.

Boix, F., Barberà, Lòpez F & Castillo V. (2007). *Effects of check dams, reforestation and land-use changes on river channel morphology: Case study of the Rogativa catchment (Murcia, Spain)*. Geomorphology, 91, 103-123.

Ekstrand, E. (2000). *Estimating economic consequences from dam failure in the safety dams program*. U.S. Department of the Interior. Bureau of Reclamation, EC-2001-01.

García R., White, S., Lasanta, T., Martí C., González C., Errea M., Valero B. y Ortigosa L. (1999). *Assessing the effect of land-use changes of sediment yield management and channel dynamics in the Central Spanish Pyrenees*. Human Impact on Erosion and Sedimentation. International Association Hydrological Sciences, 245, 151-158.

ICOLD (2008). *International Commission of Large Dams, ICOLD*, <http://www.icoldcigb.net>
<http://www.dams.org>

Jiménez, O. y Farías, H. (2005). *Problemática de la Sedimentación del Embalse Valdesia*, República Dominicana. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos de la República Dominicana (INDRHI). Santo Domingo, República Dominicana.

Lai, J. (1999). *Hydraulic Flushing for Reservoir Desiltation*. A dissertation submitted in partial satisfaction of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, University of California at Berkeley.

Mattos, R. (1992). *Pequeñas Obras Hidráulicas, Aplicación a Cuencas Andinas*.

Morris, G., & Fan, J. (1999). *Reservoir Sedimentation Handbook. Design and Management of Dams, Reservoirs and Watersheds of Sustainable Use*. McGraw-Hill Book.

Neitsch S., Arnold J., & Williams, J. (2001). *SWAT. Soil and Water Assessment Tool. Model Calibration*. USDA Agricultural Research Service. Soil and Water Research Laboratory. Temple, Texas. USA.

Palau, A. (2001). *Aspectos Ambientales de la Sedimentación de Embalses*. Jornadas sobre sedimentación de embalses, CEH-SEPTEM, Madrid.

Palau, A. (2002). *La Sedimentación de Embalses, Medidas preventivas y Correctoras*.

Dirección de Medio Ambiente y Calidad, Endesa servicios, Madrid. Primer Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente.

Palau, A. (2004). *La Sedimentación en Embalses*. La Nueva Revista de Ingeniería sobre Tecnología energética de Publicaciones Dyana. Consulte Dyana Energía y Sostenibilidad. Vol.79, pág. 26-30.

Rocha A. (2006). *La Problemática de la Sedimentación de Embalses en el Aprovechamiento de los ríos Peruanos, Aplicada al Embalse de Poechos*. I Congreso Internacional de Hidráulica, Hidrología, Saneamiento y Medio Ambiente. Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG). Lima, Perú.
[http:// www.imefen.uni.edu.pe](http://www.imefen.uni.edu.pe)

Serrano, L., Escuder, B., Membrillera, O. & Altarejos, L. (2010). *Methodology for the Calculation of Annualized Incremental Risks in Systems of Dams*. Risk Analysis Journald.

Silva, F., Lambe T., Marr, W. (2008). *Probability and risk of slope failure*. Journal Geotechnical & Geoenvironmental Engineering. Vol. 134, 1691-1838, November.

Siyam, A., Yeoh J., & Loveless, J. (2001). *Sustainable Reservoir Sedimentation Control*. Proc. IAHR Congress, Viena.

Spalletti, P. y Brea J. (1998). *Producción de Sedimentos en Cuencas de ríos de Montaña*. XVIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Oaxaca, México.

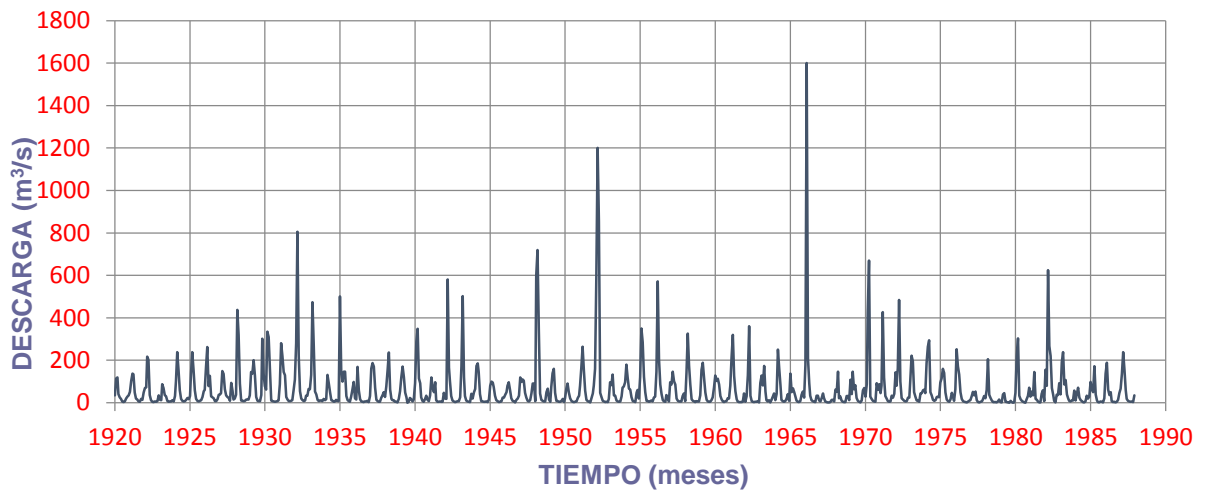
Spalletti, P y Brea, J. (1998). *Estudio Experimental en Lecho Vivo de la Estabilización del Perfil longitudinal de un Cauce de Gran Pendiente*, XVIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica de Hidráulico, Oaxaca, México.

White, R. (2001). *Evacuation of Sediments from Reservoirs*. Thomas Telford, London.

ANEXO: CUADROS

Tabla N° 03 SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA														
SENAMHI														
CUENCA	JEQUETEPEQUE	DESCARGAS MAXIMAS MENSUALES Y ANUALES									LATITUD	: 07 17' (S)	DEPARTAMENTO	: LA LIBERTAD
RIO	JEQUETEPEQUE										LONGITUD	: 79 17' (W)	PROVINCIA	: PACASMAYO
ESTACION	VENTANILLAS - 0201										ALTITUD	: 200 m.s.n.m.	DISTRITO	: CHEPEN
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MÁXIMA ANUAL	
1920-21	34.250	16.200	19.050	39.950	24.900	17.387	6.660	3.291	6.300	20.000	28.800	34.100	191.1	
1921-22	51.118	102.368	137.468	133.868	48.268	10.391	14.606	6.241	3.937	17.318	12.778	48.368	137.5	
1922-23	69.290	71.574	217.150	202.150	35.640	12.252	4.819	3.200	6.511	4.971	6.761	35.200	217.2	
1923-24	14.000	11.261	87.931	68.857	36.319	30.335	9.391	5.003	5.500	5.250	11.500	6.000	87.9	
1924-25	31.476	100.776	237.600	155.800	58.700	18.200	8.600	5.400	7.521	13.111	23.229	16.871	237.6	
1925-26	30.856	135.900	237.600	155.800	58.700	18.200	8.600	5.400	9.526	11.656	26.856	54.856	237.6	
1926-27	59.826	168.000	262.856	79.066	126.326	30.826	25.326	21.326	7.111	6.705	11.994	37.976	262.9	
1927-28	36.940	45.440	119.190	134.940	62.940	34.440	26.940	22.440	9.220	19.643	55.243	15.143	119.2	
1928-29	19.032	38.083	437.235	319.235	90.009	10.326	8.608	6.951	9.325	14.317	14.944	14.889	437.2	
1929-30	34.930	115.163	196.796	199.847	127.676	26.351	8.727	8.026	7.308	36.305	30.1695	198.033	301.7	
1930-31	78.558	61.000	334.235	309.235	157.316	9.969	6.969	5.592	3.761	6.137	6.753	10.670	334.2	
1931-32	86.804	280.440	220.140	115.140	130.140	27.784	5.136	6.927	6.710	9.000	12.450	58.079	280.4	
1932-33	138.855	280.140	806.000	221.000	53.689	19.590	11.413	7.623	10.655	32.846	32.486	65.103	806.0	
1933-34	63.015	131.000	473.500	271.500	53.193	38.718	13.297	7.522	9.709	9.986	7.475	11.832	473.5	
1934-35	12.015	16.444	131.000	191.320	49.056	12.301	8.925	4.885	5.657	13.246	8.923	6.978	131.0	
1935-36	500.000	116.356	100.027	116.356	116.356	319.79	11.598	6.797	3.687	28.569	61.671	197.711	500.0	
1936-37	20.635	11.304	169.521	59.160	16.841	5.925	3.825	2.193	6.269	6.262	9.154	3.510	169.5	
1937-38	31.175	116.186	187.170	170.366	70.916	13.664	7.698	4.086	4.248	22.201	35.174	50.174	187.2	
1938-39	26.390	76.551	152.930	237.178	61.486	17.859	12.115	12.118	5.080	4.569	2.137	18.009	237.2	
1939-40	53.577	120.123	170.820	120.123	47.936	25.233	0.515	4.985	22.869	16.243	6.326	16.876	170.8	
1940-41	116.622	288.750	349.055	114.425	92.500	25.785	8.313	4.824	16.042	33.469	13.292	7.775	349.1	
1941-42	34.964	18.485	70.737	50.123	96.145	12.032	4.852	3.853	6.134	3.783	4.611	46.614	18.5	
1942-43	19.901	11.573	580.137	115.314	102.325	32.024	9.802	5.486	3.325	5.118	8.058	8.189	580.1	
1943-44	25.102	170.695	502.137	120.341	30.836	9.807	5.699	4.123	3.059	42.123	11.957	48.755	502.1	
1944-45	65.501	172.800	185.050	114.126	40.126	7.666	5.768	4.403	4.004	6.402	2.200	15.102	185.1	
1945-46	80.123	100.201	95.042	74.325	32.370	113.16	7.423	3.357	4.538	5.657	24.143	24.201	100.2	
1946-47	38.142	49.753	80.341	96.927	60.995	21.089	9.015	6.536	17.35	13.336	20.176	32.346	96.9	
1947-48	119.254	98.242	109.600	103.548	46.185	23.347	8.563	12.132	44.125	10.542	10.146	19.3	119.3	
1948-49	7.841	600.396	720.000	350.142	44.253	13.837	9.517	5.550	5.569	50.117	66.242	15.037	720.0	
1949-50	4.011	74.317	138.245	159.872	46.274	9.215	7.456	3.840	4.014	9.218	11.260	2.384	159.9	
1950-51	20.640	64.217	90.199	48.142	20.918	9.052	4.975	2.392	3.680	6.201	22.113	33.520	90.1	
1951-52	80.119	154.353	264.400	152.614	56.648	14.149	7.416	5.025	2.096	22.185	43.128	80.100	264.4	
1952-53	160.142	593.396	1200.000	855.163	46.018	27.011	9.176	5.789	3.284	2.254	2.305	17.487	1200.0	
1953-54	96.123	82.131	132.851	34.257	33.151	110.69	5.478	3.916	6.640	30.549	70.649	76.718	132.9	
1954-55	96.111	180.127	117.167	66.139	61.123	26.115	8.135	5.390	2.403	48.065	60.147	20.105	180.1	
1955-56	120.112	350.126	285.154	122.356	49.016	9.511	7.348	4.861	7.831	9.758	5.198	24.076	350.1	
1956-57	28.575	116.531	572.048	205.670	85.302	40.203	11.978	6.158	4.780	35.800	27.183	5.677	572.0	
1957-58	96.127	86.126	116.301	110.170	86.133	20.150	9.395	5.629	6.372	6.529	33.015	43.511	116.3	
1958-59	7.589	141.057	325.108	175.172	84.875	16.018	9.102	5.307	3.625	7.699	6.394	6.606	325.1	
1959-60	35.120	154.617	188.103	116.251	48.016	13.611	6.489	4.560	4.019	12.590	26.019	70.356	188.1	
1960-61	128.517	102.107	112.978	85.973	31.099	16.603	5.645	2.514	6.553	7.169	21.082	19.016	128.5	
1961-62	80.516	214.160	320.108	126.108	54.480	16.011	5.731	3.392	2.241	2.346	4.346	43.563	320.1	
1962-63	4.720	30.190	129.218	360.462	32.718	8.160	4.309	3.570	4.102	3.779	7.417	15.76	360.5	
1963-64	93.180	127.518	118.930	173.025	52.507	12.460	6.016	11.984	1.781	12.956	28.290	43.800	173.0	
1964-65	11.724	41.626	250.179	133.042	80.841	11.006	6.919	3.814	6.878	19.948	41.234	9.266	250.2	
1965-66	137.805	50.102	68.304	50.203	32.565	10.842	4.083	2.119	7.063	38.120	52.560	24.142	137.8	
1966-67	177.278	160.000	210.000	92.000	33.700	12.400	7.646	4.705	2.372	33.344	33.272	10.989	160.0	
1967-68	5.571	21.933	44.280	23.138	6.096	3.644	1.956	12.17	3.206	13.936	13.930	6.458	44.3	
1968-69	62.000	50.560	116.000	21.000	29.600	10.685	3.815	2.539	2.904	31.025	31.500	12.511	116.0	
1969-70	119.000	41.100	116.000	63.600	83.000	22.547	9.113	4.355	15.13	10.084	58.000	69.000	119.0	
1970-71	28.015	88.013	428.624	669.013	29.001	18.200	8.600	5.400	5.175	12.015	60.115	87.018	669.0	
1971-72	45.865	80.608	427.453	18.540	32.212	18.832	7.622	3.737	6.300	33.000	24.200	41.800	427.5	
1972-73	113.954	79.821	162.620	483.630	98.997	21.454	5.613	9.556	6.315	6.712	23.702	23.660	483.6	
1973-74	103.387	22.1217	195.437	49.262	28.462	11.131	8.661	4.154	43.593	45.675	59.262	61.312	22.12	
1974-75	45.318	186.831	263.237	293.662	50.225	35.162	14.037	8.350	11.286	27.536	28.800	25.669	293.7	
1975-76	14.481	114.325	160.300	110.350	47.887	16.300	7.299	3.970	16.887	47.362	26.250	9.306	160.3	
1976-77	62.600	25.1450	171.725	132.956	49.790	18.301	6.844	3.714	2.606	17.86	3.826	8.532	25.15	
1977-78	12.294	29.610	51.112	34.337	53.075	11.561	3.120	14.28	4.424	5.304	15.346	32.178	53.1	
1978-79	20.630	59.862	205.200	37.725	22.370	9.715	2.675	3.260	2.543	14.90	5.775	15.497	205.2	
1979-80	2.769	14.05	38.787	45.530	3.870	2.419	0.701	0.112	9.253	2.254	0.578	0.794	45.5	
1980-81	47.304	218.807	303.820	32.906	15.528	8.968	4.483	1.793	0.011	16.208	31.690	71.020	303.8	
1981-82	29.102	52.533	33.869	115.338	17.802	12.859	4.251	1.509	1.102	41.911	59.332	6.762	115.3	
1982-83	155.935	80.485	624.251	266.205	220.671	68.972	37.225	17.12	38.022	36.605	92.476	624.3	624.3	
1983-84	38.990	112.85	237.600	85.175	107.075	38.950	9.094	8.462	6.217	10.787	10.175	57.060	237.6	
1984-85	11.156	42.027	71.530	23.760	12.341	6.713	3.082	1.551	6.525	33.532	11.175	27.810	71.5	
1985-86	17.988	63.375	50.409	17.1635	38.624	11.005	3.592	2.045	5.333	3.824	1.856	21.811	17.9	
1986-87	137.306	199.013	61.886	36.052	50.112	7.897	3.057	5.031	2.044	3.942	12.200	45.691	199.0	
1987-88	66.800	135.900	237.600	155.800	58.700	18.200	8.600	5.400	3.884	5.284	3.662	34.100	237.6	
TOTAL	4544.2	10242.6	1854.2	11596.9	3994.0	1235.7	582.4	365.9	430.1	1357.2	1958.1	2317.6	19955.7	
PROME	66.8	150.6	237.6	155.8	58.7	18.2	8.6	5.4	6.3	20.0	28.8	34.1	293.5	
DESE	68.8	208.6	202.2	110.1	38.3	10.8	5.9	3.7	5.9	10.0	39.0	28.3	257.3	
COEF. V	1030	1385	0.851	0.899	0.652	0.596	0.685	0.684	0.938	0.951	1353	0.830	0.877	

**HIDROGRAMA DESCARGAS MAXIMAS MENSUALES MULTIANUALES RÍO
JEQUETEPEQUE**



ANEXO: PANEL FOTOGRÁFICO



**Vertedor de excedencias de la presa Gallito Ciego durante una onda de avenida
(La segunda presa de tierra más alta de Latinoamérica, 110m)**



Otra vista del vertedor de excedencias de la presa Gallito Ciego durante una onda de avenida

(La segunda presa de tierra más alta de Latinoamérica, 110m)



Vista panorámica de la superficie de aguas libres de la presa Gallito Ciego

(La segunda presa de tierra más alta de Latinoamérica, 110m)



**Otra vista parcial del espejo de aguas libres de la presa Gallito Ciego
(La segunda presa de tierra más alta de Latinoamérica, 110m)**