

## Estudio de la estabilidad de la obra de represamiento de la laguna Quengococha: Proyecto de Irrigación Cajabamba, Distrito Cajabamba, Provincia Cajabamba, Región de Cajamarca

Stability study of the dam of Quengococha lake: Irrigation Project Cajabamba, District Cajabamba,  
Province Cajabamba, Region of Cajamarca

Teresa Velásquez B.<sup>1</sup>

### Resumen

En esta investigación se han estudiado dos alternativas de secciones de presa de la laguna Quengococha que regularán los recursos hídricos requeridos para la irrigación de Cajabamba. Una de las restricciones para determinar la sección definitiva de la presa proyectada en la irrigación, son las canteras de material fino que no están disponibles en la cantidad que se requiere, en las cercanías del proyecto. Esta situación llevó al estudio a considerar otras alternativas de solución tales como el uso de material no impermeable, pero considerando el uso de geomembranas. Las secciones de presa consideradas en este estudio han variado la distribución de la zonificación de los suelos en el cuerpo de la misma y la forma del dentellón para afrontar la permeabilidad de la cimentación; el estudio ha propuesto el uso de geomembranas a fin de garantizar la impermeabilidad necesaria para la presa cuya estabilidad se ha estudiado en la presente investigación. Luego de las evaluaciones realizadas, se arriba a conclusiones sobre la sección de la presa que ofrece una mayor seguridad en sus componentes y estabilidad. El proyecto de la irrigación Cajabamba se ubica en el distrito del mismo nombre, en la provincia de Cajabamba, región Cajamarca. En sus recursos hídricos, fluye el río Condebamba que capta sus aguas de la Laguna de Quengococha y llega hasta la confluencia con la Quebrada Llaygan, en la zona denominada Chungón, a partir de la cual toma el nombre de río Lulichuco. Aguas abajo de la Laguna Quengococha, existe un segundo vaso natural donde la geomorfología se presta para el embalse de un volumen regular de agua calculado en 3,37 MMC.

**Palabras clave:** presa; núcleo; estabilidad; dentellón.

### Abstract

In this research, we studied two alternative dam sections of Quengococha Lake which regulate water resources required for irrigation in Cajabamba. One of the restrictions to determine the final section of the dam, projected towards irrigation, is the existence of quarries of fine material which are not available in the required amount near the project. This ultimately led the study to consider some alternatives such as using non-waterproof materials like geomembranes. The dam sections considered in this study have varied the distribution of the soils of the body of the dam, and the permeability of the foundation. This study proposes the use of geomembranes to ensure the necessary imperviousness for the dam, whose stability was studied in this research. After the evaluations of the cases mentioned above, we obtained several conclusions about security and stability components. The Cajabamba irrigation project is located in the district of Cajabamba Cajabamba province and region of Cajamarca. Among their water resources, flows the Condebamba river, which draws its waters from the Quengococha lake and arrives to the confluence in the Llaygan ravine in the area called Chungón, from which the river takes the name of Lulichuco river. Downstream of the Quengococha lake there is a second natural reservoir where the geomorphology allows the collection of a medium size volume of water, estimated in 3,37 MMC.

**Keywords:** dam; core; stability; key trench.

### 1. Introducción

La investigación realizada se ubica en el distrito de Cajabamba, provincia Cajabamba y región de Cajamarca. Las aguas de este proyecto son aportes hídricos del río Condebamba, el cual es alimentado por las reservas de la laguna de Quengococha. La laguna llega hasta la confluencia con la Quebrada Llaygan, en la zona denominada Chusgon, a partir de la cual toma el nombre de río Lulichuco. En la

**Fig. 1** se muestra la ubicación del proyecto Represamiento de la Laguna Quengococha: irrigación Cajabamba- distrito Cajabamba- provincia Cajabamba- región de Cajamarca. La investigación realizada en la obra de represamiento considera, principalmente, la imposibilidad de contar con material arcilloso para la conformación del núcleo impermeable de la presa; el material disponible en la zona es de tipo SM (Arena Limosa) que de acuerdo con los

<sup>1</sup> Docente del Departamento de Recursos Hídricos – FIA. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.  
Email: [tvelasquez@lamolina.edu.pe](mailto:tvelasquez@lamolina.edu.pe)

ensayos realizados en este suelo, tiene una granulometría donde predominan las arenas (60 % pasa la malla 40) sobre los limos (30 % pasa la malla 200), tiene un índice plástico de 6, una permeabilidad de 10, al menos 6 cm/s, una fricción de 37°, cohesión de 0,56 y un peso específico de 2,38 tn/m<sup>3</sup>.

El suelo tipo SM, que se propone sea parte del núcleo semipermeable de la presa, ha sido clasificado según Highway Research Board (H.R.B) de los EEUU, como un suelo tipo A-1-b y, de acuerdo con las características técnicas que le corresponde a este sub grupo. Se trata de un material propenso a producir erosión o disgregación de las arenas con los limos a través del tiempo, recomendándose realizar una adecuada protección cuando esté conformando el núcleo de una presa. Por esta razón es que se ha visto la conveniencia de colocar una adecuada protección aguas arriba del núcleo semipermeable y la cimentación con características de estratos de poca impermeabilidad. El planteamiento es llevar el dentellón hasta la profundidad de 8,0 m donde se encuentra el estrato impermeable.

En un principio, se planteó la posibilidad de considerar la geomembrana de tipo HPDE; sin embargo, se evaluó que este tipo de material no es el óptimo porque no es flexible, se quiebra en ángulos como los que se proponen considerar en el dentellón y no garantiza una buena fijación en los sellos hidráulicos, por su poca adhesión al concreto. Además, la vida útil de este tipo de geomembrana es de 15 años. Es importante señalar que en el caso de la sección de presa 1 evaluada, se considera esta posibilidad y la alternativa de proteger al núcleo y al dentellón. Este último se ubica al inicio del núcleo con un talud de 1:1 en los primeros 4,0 m, para continuar con 2,0 m de ancho hasta los 8,0 m.

Una segunda alternativa evaluada considera la protección del núcleo aguas arriba, así como del dentellón, pero el

núcleo considera un talud de 1,5:1 en una profundidad de 8,0 m. En este caso se plantea el uso de la GEOMEMBRANA PVC de un espesor de 1,5 mm, la misma que irá protegida arriba y abajo con un geotextil para evitar posibles perforaciones de las rocas tanto arriba como abajo.

Las dos secciones planteadas, sección de presa 1 y sección de presa 2, se han evaluado comprobando su estabilidad. Con la sección de presa 2, se obtienen mejores indicadores de estabilidad para situación de vacío estático, vacío sísmico, lleno estático, lleno sísmico, rápido desembalse estático vacío y lleno.

Los objetivos de la investigación son analizar la presa en la laguna Quengococha, ante la imposibilidad de contar con material arcilloso para la conformación del núcleo impermeable de la presa y evaluar la protección del núcleo y del dentellón de la presa haciendo uso de la GEOMEMBRANA PVC.

## 2. Materiales y métodos

### Topografía:

- Planta General de la presa de la Laguna Quengococha.
- Sección de la presa 1 (Esc. 1:500).
- Sección de la presa 2 (Esc. 1:500).

### Geología y Geotecnia:

- Información de las propiedades mecánicas e hidráulicas del suelo donde se ubica el proyecto de la presa.
- Sondajes de la cimentación e información de las propiedades del suelo.
- Ensayos de compresión Triaxial para evaluar la estabilidad de la presa durante la fase de construcción (No consolidada No drenada-UU), fase de operación (Consolidada No drenada-CND) y fase de vaciado rápido (Consolidada Drenada-CD).
- Ángulos de fricción, ángulo de fricción interna efectivo y cohesión.

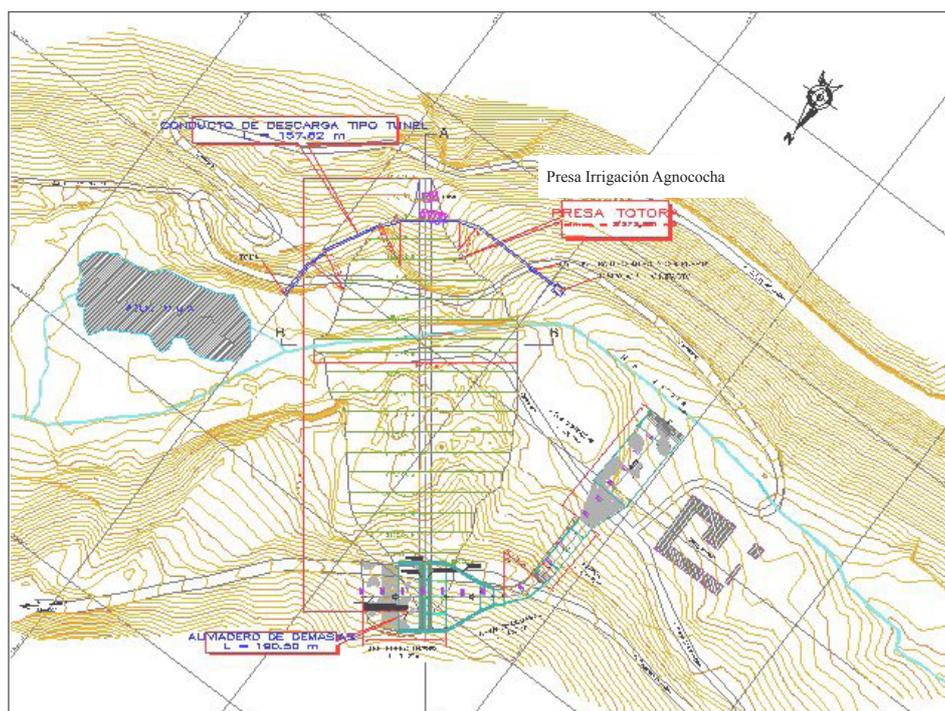


Figura 1. Planta general de la presa de la laguna Quengococha

## Metodología

### *Análisis y evaluación de las secciones de presa propuestas*

En las **Figs. 2 y 3** se muestran las dos secciones de presa que serán analizadas con la finalidad de conocer su estabilidad. Las secciones se han propuesto luego de un estudio detallado de la disponibilidad de material. En ambos casos el núcleo se proyecta en material SM y se plantea el uso de geomembrana aguas arriba a fin de impermeabilizar la zona.

Asimismo, en el dentellón se plantean dos alternativas; en el caso de la sección de presa 1 evaluada, se considera la posibilidad de proteger el dentellón que se ubica al inicio del núcleo, con un talud de 1:1 en los primeros 4,0 m, para continuar con 2,0 m de ancho hasta los 8,0 m. Una segunda alternativa considera la protección del dentellón con un talud de 1,5:1, a una profundidad de 8,0 m. En este caso, se plantea el uso de la GEOMEMBRANA PVC de un espesor de 1,5 mm, la misma que irá protegida arriba y abajo con un geotextil para evitar posibles perforaciones de las rocas tanto arriba como abajo.

### *Parámetros considerados para el análisis de estabilidad de la presa*

En la Tabla 1 se citan las características de los parámetros siguientes: densidad seca, densidad saturada, cohesión y ángulo de fricción efectivos, cohesión y ángulo de fricción

para esfuerzos totales de los materiales considerados en la sección de la presa y la cimentación, los mismos que están considerados de la siguiente forma:

Suelo 1, material de suelo de la cimentación del estrato superficial.

Suelo 2, material de suelo de la cimentación del estrato profundo.

Núcleo, material del núcleo central de la presa.

Espaldón, material que se ubica sobre el núcleo y que servirá de transición entre el núcleo y el enrocado de protección.

Filtros, ubicados aguas abajo del núcleo. Geomembrana que se considerará como una protección del núcleo y será analizada su estabilidad para diferentes estadios.

En los ensayos se obtuvieron los ángulos de fricción, ángulo de fricción interno efectivo y cohesión, los que están siendo tomados en cuenta para la revisión de la estabilidad de la presa.

### *Revisión de la información de las propiedades mecánicas del suelo*

Para el caso de las propiedades mecánicas del suelo, el estudio refiere una cimentación conformada por una morrena (Qr - mo) compuesta por gravas arenosas, limosas con poca arcilla, con una compactación media a alta, de gran potencia. Sobre esta morrena (Qr - mo), se ha depositado

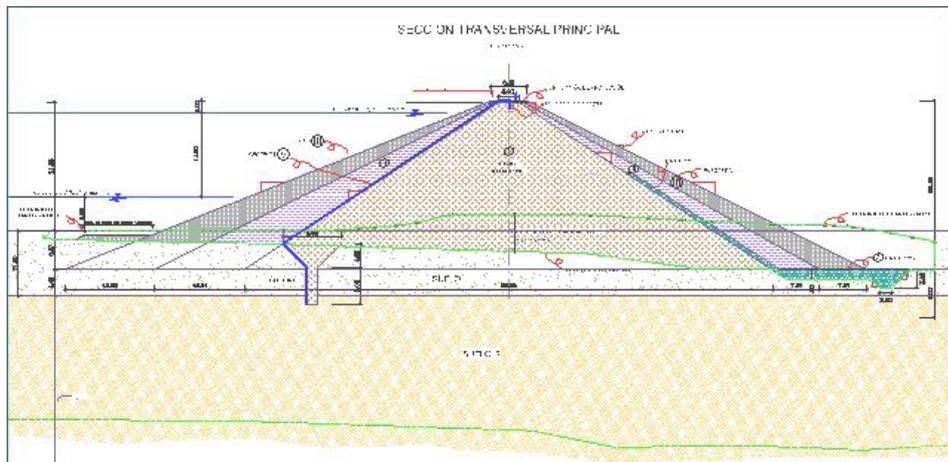


Figura 2. Sección de la presa 1

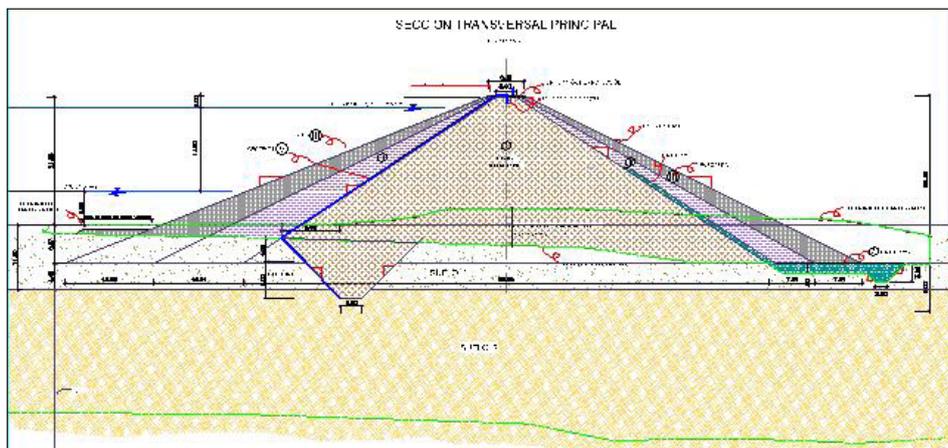


Figura 2. Sección de la presa 2

**Tabla 1.** Parámetros para el análisis de estabilidad de la presa

Material	Densidad Seca	Densidad Saturada	c'	$\phi'$ (°)	Cu	$\phi_{cu}$ (°)
Suelo 2	19,1	20,1	191	35	22,5	29
Suelo 1	18,1	19,1	19,6	31	23	23,8
Núcleo	21,1	221	24,5	37,5	43	35,2
Espaldón	25,9	26,9	0	40	0	40
Grava y Arena	23	24	4,3	36,9	10	36
Filtro	17	18	0	35	0	35
Geomembrana	10	10	0	18	0	18

material morrenico con características diferentes, con mayores porcentajes de material granular (grava y arena). El espesor de la morrena varía de 8,00 a 15 metros en la parte central.

En la zona de material designado para la conformación del núcleo de la presa, existen ensayos de compresión Triaxial para condiciones normales (No consolidados No drenados) y para el terreno de cimentación con sobrecarga impuesta (consolidado No drenado).

En la zona de material para el núcleo, el resultado de la Calicata 1, el límite plástico alcanza los 20,58 %, límite líquido de 15,32 % y el índice plástico de 5,26 %, los valores son bastante bajos a los esperados para el material del núcleo.

En la distribución de materiales se tiene una composición de grava 49 %, arena 31 % y finos 20 %. La clasificación SUCS de este material es tipificado como un GC-GM con arena.

#### **Revisión de las propiedades hidráulicas**

En el sondaje P1, ubicado en la base de la cimentación y en la parte media del eje de la presa, la permeabilidad es de 10-3 cm/s hasta los 6,20 metros de profundidad. En el sondaje P2, ubicado sobre la margen derecha del eje de la presa, donde estará ubicado el vertedero, los resultados muestran permeabilidades de 10-6 cm/s en toda su profundidad, mostrando una variación a partir de la profundidad de 20,0 metros. En el sondaje P3, ubicado sobre la margen izquierda del eje de la presa, la permeabilidad es de 10-3 cm/s hasta los 16 metros de profundidad inclusive, cambiando luego a valores de permeabilidades de 10-6 cm/s para mayores profundidades.

#### **Estudio de la estabilidad del cuerpo y cimentación de la presa en estudio**

Se realizaron las siguientes consideraciones en el análisis del diseño de la sección y cimentación de la presa:

- Análisis de estabilidad de la presa para diferentes condiciones impuestas: presa llena, presa vacía y presa desembalse rápido.

- El software utilizado para los análisis de estabilidad de la presa de la presa fue Geo Estudio 2007, con los módulos slope/w y seed/w, considerando Bishop modificado. Los factores mínimos considerados como referencia fueron los recomendados por el Corp of Engineers para presas de tierra. Los mismos que fueron tomados en cuenta para la verificación de la estabilidad de taludes de la sección de la

presa y la cimentación de la misma. Las condiciones del análisis fueron evaluadas con el método estático y sísmico. **Estudio de la geomembrana a ser considerada en la sección de la presa**

De acuerdo con estos resultados, se dieron recomendaciones para la consideración de la geomembrana y geo textil en la sección de la presa a fin de lograr mayor impermeabilidad en esta área. El material que se cuenta en la zona para conformar el núcleo impermeable es tipo SM (arena limosa). De acuerdo con la información disponible, este suelo tiene una granulometría con presencia predominante de arenas (60 % pasa la malla 40), limos (30 % pasa la malla 200), índice plástico de 6, permeabilidad de 10 al menos 6 cm/s, una fricción de 37°, cohesión de 0,56 y peso específico de 2,38 tn/m<sup>3</sup>.

Al suelo que conforma el núcleo semipermeable de la presa se le ha clasificado, según Highway Research Board (H.R.B) de los EEUU, como un suelo tipo A-1-b. Se debe resaltar, de acuerdo con las características técnicas de este sub grupo, que se trata de un material que es propenso a producir erosión o disgregación de las arenas con los limos a través del tiempo; por ello, se recomienda realizar una adecuada protección cuando se esté conformando el núcleo de una presa. Por esta misma razón se ha visto la conveniencia de colocar una adecuada protección aguas arriba del núcleo semipermeable.

#### **Cálculo de la estabilidad de la sección de la presa**

Para el cálculo de la estabilidad de la sección de la presa, se ha utilizado el software slide v5.0 y V6.0, el cual realiza las corridas para diferentes estadios de la operación del embalse, cuyos esfuerzos deben ser soportados por la presa; asimismo, el software considera el método de estabilidad de Bishop modificado y de Morgenstern, así como los factores mínimos establecidos por diversas fuentes para el análisis de la estabilidad de taludes y para verificación de la estabilidad de la sección de la presa. Además, se consideraron diferentes condiciones en el método estático y sísmico.

### **3. Resultados y discusión**

#### **Características de los parámetros del suelo considerados en los análisis de estabilidad de las secciones de presa 1 y 2**

Es importante señalar que la estabilidad estudiada ha considerado sea la situación de la sección para el

caso de proyectar en la cimentación y en el núcleo una geomembrana de protección, sea para el caso sin geomembrana de protección. Los casos analizados han considerado cohesión y ángulo de fricción efectivos sea para embalse lleno como para rápido desembalse. Se debe señalar que esta consideración es importante ya que en la condición saturada aumentará la cohesión de los materiales, pero disminuirá su ángulo de fricción además de aumentar la densidad saturada, con lo que su comportamiento ante una situación sísmica será diferente.

#### **Factores de estabilidad de la sección de presa 1**

Los resultados obtenidos del análisis de la estabilidad para las diferentes condiciones de la operación de la sección de la presa, se muestran en la Tabla 2. El tipo de dentellón que se ha utilizado en esta sección llega hasta el estrato impermeable, se ubica aguas arriba y al inicio de la base del núcleo de la presa. Tiene una zona amplia y con taludes de 1:1 hasta los 4,0 m de profundidad que continúa de forma vertical y en un ancho de 2,0 m hasta el estrato que se encuentra a 8,0 m bajo la superficie del suelo. Las pruebas del análisis de estabilidad consideradas fueron las siguientes:

- Presa vacía al final de la construcción, lo cual se señala en los resultados como condición de embalse vacío.
- Presa llena, lo cual se señala en los resultados como condición de embalse vacío.
- Desembalse, lo cual se señala en los resultados como condición de desembalse rápido.

De los resultados se aprecia lo siguiente:

- La sección de la presa evaluada es estable bajo las condiciones de embalse vacío, lleno o desembalse rápido e, inclusive, en los casos de situación estática y pseudoestática o sísmica.
- El método de Bishop modificado es el considerado en común por todos ellos. También se han obtenido resultados evaluados con los métodos de Janbu y Morgenstern; los resultados entre estos métodos varían ligeramente.
- Para el caso de sección de la presa, los factores de seguridad que consideran la presencia de geomembrana y sin geomembrana son estables para todas las condiciones evaluadas.
- Para los casos de la condición de rápido desembalse, los factores esperados son en general valores mayores de

uno, además de ser un valor normado, implica que la presa es estable. Sin embargo, en el Perú se contempla dicho factor mínimo incrementado a 1,1 o 1,2 por el hecho de la considerable actividad sísmica. Si consideramos esta posibilidad, todos los factores obtenidos se encuentran por encima de este valor, aun en condición sísmica.

#### **Comentarios sobre los factores de estabilidad de la sección de presa 1**

Es favorable la consideración de un talud de 1:1,5 para el núcleo. Los resultados de la estabilidad corroboran este planteamiento como estable bajo cualquier condición. Asimismo, es también favorable la consideración de un dentellón al inicio de la base del núcleo, con profundidad hasta el estrato de mayor impermeabilidad. Con esta situación, la sección de la presa y el dentellón a dicha profundidad son estables en cualquier condición. Constituye una buena alternativa la consideración de un filtro ubicado aguas abajo del talud del núcleo arribando sobre el mismo.

Se ha evaluado la estabilidad con geomembrana y sin geomembrana y se ha observado que la sección de la presa 1 es estable en ambas situaciones. Por otro lado, en vista de la carencia de material fino para el núcleo y el dentellón en la sección de la presa 1, se optó por un tipo de membrana. En un principio, se planteó la posibilidad de considerar la geomembrana tipo HPDE, sin embargo este tipo no es el óptimo porque este material no es flexible, se quiebra en ángulos como los que se proponen considerar en el dentellón y no garantiza una buena fijación en los sellos hidráulicos por su poca adhesión con el concreto; además, su vida útil es de 15 años. En esta primera fase de los análisis, queda la consideración de evaluar con mayor detalle el requerimiento y características de la geomembrana y plantear una sección de presa 2.

El material que conforma el núcleo semipermeable de la presa se clasifica como un suelo tipo A-1-b (según Highway Research Board de los EEUU); de acuerdo con las características técnicas que le corresponden a este sub grupo, sabemos que se trata de un material que es propenso a producir erosión o disgregación de las arenas con los limos a través del tiempo, por tanto se recomienda realizar una adecuada protección cuando se esté conformando el núcleo de una presa. Por esta razón, se plantea colocar una

**Tabla 2.** Factores de seguridad obtenidos en el análisis de estabilidad de la presa - sección 1

Condición	Casos	Aguas Arriba Estático		Aguas Arriba Seudo estático		Aguas Abajo Estático		Aguas Abajo Seudo estático	
		Bishop	Morgan	Bishop	Morgan	Bishop	Morgan	Bishop	Morgan
Embalse Vacío	Con membrana	1,931	1,960	1,229	1,267	1,657	1,661	1,134	1,137
	Sin membrana	2,129	2,300	1,379	1,381	1,657	1,659	1,146	1,145
Embalse Lleno	Con membrana					1,572	1,554	1,123	1,137
	Sin membrana					1,570	1,552	1,123	1,137
Desembalse Rápido	Con membrana	1,927	1,957	1,225	1,260	1,628	1,631	1,129	1,141
	Sin membrana	2,125	2,125	1,373	1,375	1,628	1,631	1,129	1,141

adecuada protección aguas arriba del núcleo semipermeable. Una posibilidad es considerar una geomembrana PVC de un espesor de 1,5 mm, la misma que irá protegida arriba y abajo con un geotextil, para evitar posibles perforaciones de las rocas tanto arriba como abajo. La selección del tipo de geomembrana también llevó a plantear un dentellón más robusto, con menos quiebres y taludes más tendidos, de manera que la geomembrana pueda ser implementada de manera óptima.

Los cambios en el dentellón se consideran en la sección 2 a ser evaluada en su estabilidad. El dentellón que se considera en la sección de presa 2 es tendido con un talud de 1:1,5 hasta llegar a los 8,0 m de profundidad donde se encuentra el estrato impermeable.

#### **Factores de estabilidad de la sección de presa 2**

Con los resultados obtenidos, se concluye plantear una nueva sección que llamaremos Presa 2. Sus características son las siguientes:

- Núcleo con talud 1:1,5 aguas arriba y aguas abajo.
- Geomembrana aguas arriba del talud del núcleo y en toda la profundidad del dentellón.
- Talud del dentellón 1:1 y con profundidad hasta el estrato impermeable.
- Filtro de la presa ubicado aguas abajo del talud del núcleo y saliendo sobre el talón de la presa con la presencia de un dren colector.
- Presencia de transiciones con el mismo material del núcleo pero sin tamizar.
- Presencia del material de enrocado aguas arriba y en las aguas debajo de la presa.

Con las características citadas se realiza el nuevo análisis de estabilidad de la presa. Los resultados se muestran en la Tabla 3.

En la Tabla 3 se muestran las condiciones evaluadas para los diferentes estadios en que operará el embalse y el cuerpo de la presa; a la vez se señala el destino de la información sobre los resultados de los factores de estabilidad en la sección de la presa evaluada. Para las condiciones evaluadas de embalse vacío, lleno o desembalse rápido, se ha considerado, según sea el caso, los cálculos de los factores de seguridad aguas arriba y aguas abajo de la sección de la presa, así como las consideraciones de los casos estático y pseudoestático o sísmico.

#### **Comentarios sobre los factores de estabilidad de la sección de presa 2**

La sección de la presa evaluada es estable bajo las condiciones de embalse vacío, lleno o desembalse rápido e, inclusive, en los casos de situación estático y pseudoestático o sísmico.

La evaluación de taludes de la sección de la presa muestra que los resultados de los factores de estabilidad disminuyen ligeramente con respecto a los resultados de la sección anterior propuesta por la supervisión. Para el caso de sección final de la presa se muestra estable para todas las condiciones evaluadas.

Los factores en general son mayores de uno, que según lo normado implica que la presa es estable. Existe una corriente en el Perú que contempla que dicho factor mínimo pueda aumentarse probablemente a 1,1 o 1,2 por el hecho de la considerable actividad sísmica del Perú. Si consideramos esta posibilidad, para el caso de la revisión, todos los factores están encima de este valor, aun en condiciones sísmicas.

#### **4. Conclusiones**

La sección de presa 2 con mayores taludes del núcleo de 1,5:1 muestra resultados de la estabilidad que corroboran este planteamiento como estable bajo cualquier condición. El dentellón con mayores dimensiones en cuanto a profundidad de 8 metros y taludes tendidos de 1:1,5, llegando hasta el estrato impermeable, determina la mejor posibilidad de presa. Es importante remarcar que esta condición citada debe ir acompañada de una geomembrana PVC que tiene características de uso en la presa y el tiempo de vida útil de más de 50 años. La geomembrana es de un espesor de 1,5 mm y debe ser colocada en el talud aguas arriba del núcleo y dentellón respectivo de la presa.

Salvo la mención a Highway Research Board de los EEUU (que no está en las referencias), nada más se cita en el texto. Se mencionan los métodos de Bishop modificado y de Morgenstern, pero no se consignan en las referencias.

#### **5. Literatura citada**

**Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos.** (s/f). *Diseño de Pequeñas Presas*. Bureau of Reclamation. USA.  
**Novak, P.,** Moffat, A.I.B., Nalluri, C. y Narayanan, R.

**Tabla 3.** Factores de Seguridad obtenidos en el análisis de estabilidad de la presa - sección 2

Condición	Destino	Aguas Arriba		Aguas Abajo	
		Estático Bishop	Seudoestático Bishop	Estático Bishop	Seudoestático Bishop
Emb. Vacío	Con memb.	1,920	1,224	1,657	1,132
	Sin memb.	2,131	1,381	1,657	1,132
Emb. Lleno	Con memb.			1,657	1,122
	Sin memb.			1,534	1,123
Desem. Rápido	Con memb.	1,910	1,222	1,629	1,118
	Sin memb.	2,125	1,373	1,628	1,119

(1990). *Hydraulic Structures*. London, UK: Unwin Hyman  
Ltda.

**Velásquez, T.; Velásquez, J. y Sarango, D.** (s/f). *Manual  
Práctico de Diseño de Pequeñas Presas*.

**Tamez González, E.** (s/f). *Principios Generales de Diseño  
y Construcción de Presas de Tierra*.