

# Application of concrete blanket to optimize channel construction processes

Vidal-Laguna Francis Alchesti<sup>1</sup>, Tinco-Aspilcueta, Percy Benigno<sup>2</sup>, Mogrovejo Gutiérrez Ruben, Maestro en Ingeniería Hidráulica<sup>2</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, U201111682@upc.edu.pe, U201324076@upc.edu.pe, pciprmog@upc.edu.pe

*Abstract – The investigation that was carried out to optimize the construction system of the irrigation canals. The implementation of the concrete canvas as the main material allowed to improve the efficiency in construction time and reduce the environmental impact compared to traditional concrete. The numerical calculations and the use of specialized software allowed to obtain optimal results in the design and lining of the channel. It is interesting to note that a remarkable efficiency was achieved in an 800m<sup>2</sup> area in just 40 days with a crew of 12 workers, which demonstrates the effectiveness of the implementation of the concrete canvas in the construction process of the irrigation canals. In summary, the results obtained in the investigation suggest that the concrete canvas is a viable system for the construction of channels, optimizing (time and cost) construction processes.*

*Keywords: concrete blanket, canals, irrigation, construction Process*

**Digital Object Identifier:** (only for full papers, inserted by LACCEI).

**ISSN, ISBN:** (to be inserted by LACCEI).

**DO NOT REMOVE**

# Aplicación de lona de concreto para optimizar procesos constructivos de canales

Vidal-Laguna Francis Alchesti<sup>1</sup>, Tingo-Aspilcueta, Percy Benigno<sup>2</sup>, Mogrovejo Gutiérrez Ruben, Maestro en Ingeniería Hidráulica<sup>2</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, U201111682@upc.edu.pe, U201324076@upc.edu.pe, pciprmog@upc.edu.pe

**Resumen**– La investigación que se realizó para optimizar el sistema constructivo de los canales de riego. La implementación de la lona de concreto como material principal permitió mejorar la eficiencia en el tiempo de construcción y reducir el impacto ambiental en comparación con el concreto tradicional. Los cálculos numéricos y el uso de software especializado permitieron obtener resultados óptimos en el diseño y revestimiento del canal. Es interesante destacar que se logró una eficiencia notoria en un área de 800m<sup>2</sup> en solo 40 días con una cuadrilla de 12 operarios, lo que demuestra la efectividad de la implementación de la lona de concreto en el proceso constructivo de los canales de riego. En resumen, los resultados obtenidos en la investigación sugieren que la lona de concreto es un sistema viable para la construcción de canales, optimizando (tiempo y costo) de los procesos constructivos.

**Palabras claves:** manta de concreto, canales, irrigación, Proceso constructivo

## I. INTRODUCCIÓN

En proyectos hidráulicos Además de considerar los factores hidrológicos e hidráulicos, también es importante tener en cuenta aspectos ambientales, sociales y económicos. El impacto ambiental de una obra hidráulica puede incluir la alteración de los ecosistemas acuáticos, la reducción de la biodiversidad y la afectación de la calidad del agua. Además, las obras hidráulicas pueden afectar a las comunidades locales y sus formas de vida, y es importante considerar estos impactos al diseñar e implementar proyectos hidráulicos. Por otro lado, el costo y la viabilidad económica de una obra hidráulica también son factores importantes para considerar. Es importante que los proyectos hidráulicos sean rentables a largo plazo y que puedan generar un impacto positivo en la economía local y nacional.

La gran mayoría de las obras de riego que se diseñan y construyen llegan a ser versátiles teniendo como finalidad primordial el abastecimiento de agua, tanto para la agricultura, como para la industria o simplemente para el uso urbano, sin embargo, éstas pueden utilizarse simultáneamente como estructuras de control o regulación [1].

Los canales de riego son uno de los sistemas de distribución que abastecen de agua a determinadas áreas debido a la acción de la gravedad, diseñadas cuidadosamente a fin de evitar pérdidas y daños ambientales [2]. Estos pueden ser canales naturales o artificiales.

Los canales naturales incluyen todos los cursos de agua que se encuentran naturalmente en la tierra pero que varían en tamaño, desde pequeños arroyuelos en zonas montañosas, hasta

quebradas, ríos, arroyos, lagos y lagunas. Se considera que la sección transversal de este tipo de canal es a menudo muy irregular y cambia de forma durante su curso. Así mismo, los canales artificiales son todos aquellos construidos o desarrollados mediante el esfuerzo de la mano del hombre [3]. Dentro de estos últimos, se incluyen aquellos conductos cerrados que trabajan parcialmente llenos tales como las alcantarillas.

Los canales abiertos son una de las formas más antiguas y ampliamente utilizadas de riego en la agricultura. Se utilizan para llevar agua desde una fuente a los campos agrícolas, y pueden ser alimentados por ríos, lagos, embalses, pozos [4]. la pérdida de agua por filtración es un problema importante que requiere un enfoque integral para solucionarlo. Desde la identificación y reparación de fugas hasta la implementación de tecnologías avanzadas, es posible reducir significativamente la pérdida de agua y mejorar la eficiencia del suministro [5].

Las nuevas tecnologías permiten una mayor precisión en la planificación y diseño de los canales de riego, lo que a su vez mejora su eficiencia y capacidad de transporte de agua. Además, la aplicación de materiales más resistentes y duraderos, como los polímeros y los compuestos de fibra de vidrio, puede aumentar la vida útil de los canales y minimizar el riesgo de fallas y fugas. También es importante mencionar la importancia de la monitoreo y mantenimiento regular de los canales de riego, para detectar y corregir problemas a tiempo, y garantizar su eficiencia y sostenibilidad a largo plazo [6]. En resumen, la implementación de nuevas tecnologías en la construcción de canales de riego puede mejorar significativamente su funcionamiento y durabilidad, sin embargo, es importante no olvidar la importancia de los métodos tradicionales y la importancia del monitoreo y mantenimiento continuo para garantizar su eficiencia a largo plazo.

Los cementos geo-sintéticos conocido a nivel internacional se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo el control de la erosión, la estabilización de taludes y laderas, la impermeabilización de presas y tanques, la consolidación de suelos y la protección contra incendios. Estos tejidos están compuestos de fibras de vidrio y polímeros, lo que les brinda una alta resistencia a la tracción y una buena estabilidad dimensional. Además, los cementos geo-sintéticos son

ligeros y fáciles de instalar, lo que reduce los costos y los tiempos de construcción. También son resistentes a la acción de microorganismos y no se degradan con el tiempo, lo que les permite mantener su integridad durante décadas. Son una alternativa sostenible y eficiente en términos de costos a los materiales tradicionales utilizados en la construcción civil. Su versatilidad, durabilidad y rendimiento los hacen una opción atractiva para muchos proyectos de ingeniería civil [7].

Efectivamente, la lona de concreto se utiliza en muchas aplicaciones en la construcción, incluyendo la protección de taludes y laderas contra la erosión, el refuerzo de muros de contención y el revestimiento de superficies para mejorar su resistencia a la abrasión y la intemperie. Además, la lona de concreto es un material altamente versátil y económico, ya que se puede cortar y moldear fácilmente para adaptarse a cualquier forma o superficie, lo que la hace ideal para aplicaciones en las que se requiere un acabado uniforme y duradero [8].

El diseño del canal es una parte importante dentro del proyecto de irrigación, el cual se obtiene en función del agua, el suelo, la vegetación y los parámetros hidráulicos, por lo que la lona de concreto puede ser una solución viable para ser implementadas en los casos donde se requiera una intervención rápida de protección contra esos factores [9].

Es cierto, el revestimiento de los canales es un aspecto crítico en la construcción de infraestructuras hidráulicas. El uso de materiales innovadores como la lona de concreto mejora la eficiencia y la durabilidad de los canales, además de ofrecer ventajas económicas y ambientales. Además de la lona de concreto, existen otros materiales que son utilizados para revestir los canales, como el asfalto, el plástico, la mampostería, entre otros. Cada material tiene sus propias características y ventajas, por lo que es importante evaluar cuidadosamente su uso en función de las condiciones específicas de cada proyecto. En general, el revestimiento de los canales debe ser resistente a la abrasión, la corrosión y los impactos, y también debe ser impermeable para evitar pérdidas por infiltración. Además, debe ser fácil de mantener y reparar en caso de daños, y debe tener una buena resistencia a la acción de agentes climáticos como la lluvia, el viento y la nieve. La elección del material adecuado para revestir los canales es esencial para garantizar la eficiencia y la durabilidad de la infraestructura hidráulica, así como para minimizar los costos y el impacto ambiental.

La poca proyección en el planteamiento, diseño y mejora de canales de riego principalmente en zonas rurales es otro de los principales problemas que se presentan en la actualidad, debido a que éstos demandan altos costos y tiempo según la magnitud de la infraestructura [10]. A la fecha, el canal en estudio no cuenta con un adecuado control de la distribución del recurso hídrico, que por efecto del tiempo y de las intensas lluvias han provocado su colapso (quiebre, colmatación, pérdida de revestimiento de concreto) llevando a altas pérdidas en producción agrícola. Por tanto, se justifica que existe la

necesidad de tomar medidas que permitan atender de manera rápida la problemática actual.

En la presente investigación se determina y muestra el diseño del canal de riego teniendo en cuenta los principios y características hidráulicas, modelando a diferencia de un canal tradicional, contará con un revestimiento a base de lona de concreto logrando una máxima optimización de los costos y tiempo de construcción.



Figura 1. Canal con obstrucciones. Fuente: Propia

La lona de concreto se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones, como revestimiento de paredes, techos y pisos, revestimiento de tanques de almacenamiento de agua, protección de estructuras de contención, reparación de muros y protección de estructuras contra la erosión. También se utiliza en la construcción de carreteras, puentes y otras estructuras de concreto. Además de su versatilidad, la lona de concreto también ofrece una serie de ventajas, como su facilidad de instalación, resistencia a la humedad, durabilidad y capacidad para resistir la acción de productos químicos y la intemperie. También es una opción económica y ecológica, ya que se puede utilizar para reparar y proteger estructuras existentes en lugar de tener que construir nuevas. Por tanto, la lona de concreto es un material versátil y duradero que ofrece una solución económica y ecológica para una amplia variedad de aplicaciones en la construcción [11].

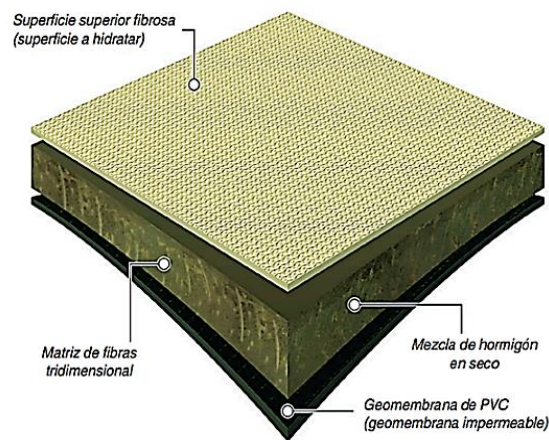


Figura 2. Partes de una lona de concreto [12].

Existen diversos espesores de lona de concreto, éstas permiten que se adecuen a cualquier obra de ingeniería.

TABLA 1  
Características de la lona de concreto.

| Espesor de lona de concreto | Tamaño del rollo pequeño (m2) | Tamaño del rollo grande (m2) | Ancho del rollo (m) |
|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------|---------------------|
| 5 mm                        | 10                            | 200                          | 1.0                 |
| 8 mm                        | 5                             | 125                          | 1.1                 |
| 13 mm                       | N/D                           | 80                           | 1.1                 |

TABLA 2  
Características de la lona de concreto sin fraguar y fraguado.

| Espesor de lona de concreto | Masa (sin fraguar) (kg/m2) | Densidad (sin fraguar) (g/cm3) | Densidad (fraguado) (kg/m3) |
|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| 5 mm                        | 10                         | 200                            | 1.0                         |
| 8 mm                        | 5                          | 125                            | 1.1                         |
| 13 mm                       | N/D                        | 80                             | 1.1                         |

## Propiedades de la lona de concreto

*Impermeabilidad-* La geomembrana de PVC es una de las superficies de la lona de concreto que garantiza que el material tenga un excelente nivel de impermeabilidad.

*Resistencia-* El refuerzo de fibra evita las fisuras, absorbe la energía de los impactos y proporciona un modo estable contra roturas.

*Durabilidad-* La lona de concreto tiene el doble de resistencia a la abrasión que el concreto tradicional, poseer alta resistencia a las sustancias químicas, buen desempeño ante el desgaste y resistente a radiaciones ultravioletas.

*Flexibilidad-* Este material presenta buenas características de cobertura, adaptándose bien al perfil del suelo y a la infraestructura existente. La lona de concreto sin fraguar puede cortarse o adaptarse haciendo uso de herramientas manuales.

La interrogante de la investigación es ¿Cómo aplicar la Lona de Concreto en un canal para optimizar los procesos constructivos? Por tanto, los objetivos de la investigación estaban definidos en Mostrar la aplicación de lona de concreto para la optimización (costos y tiempo) de los procesos constructivos de un canal.

## II. METODO

Según Hernández, indica que en un enfoque cuantitativo se “utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías” [13].

Es una investigación de tipo cuantitativa debido a que los procedimientos de este trabajo de investigación están relacionados en criterios numéricos estableciendo resultados empíricos a través de herramientas de recopilación de datos; fundamental, ya que se explicará a detalle de forma teórica y en

algunos casos de forma empírica, dando como resultado nuevos conocimientos; aplicada de tipo no experimental, debido a que “está centrada en encontrar estrategias que permitan lograr un objetivo concreto”, basándose en “hechos de experiencia directa no manipulables, limitándose fundamentalmente en la observación” descriptiva, en el que se especificará las características o procesos por los que va a atravesar la investigación [14]. Recogiendo información de manera independiente o en conjunto de las variables en estudio.

## Método de recolección de datos

Se analizará la información recopilada con el fin de determinar características geométricas e hidráulicas del canal de riego de Palpa bajo

*Fuentes Primarias-* Se recolecto información de los estudios realizados al canal, revistas científicas, artículos de investigación relacionadas a la aplicación del método propuesto, información de los procesos de contrataciones públicas.

*Fuentes Secundarias-* Se analizo la información a partir de estudios previos, asimismo, se analizó información relevante de los gobiernos locales con el fin mostrara una contratación con proyectos similares con método distinto.

Las fuentes con las que se obtendrán los datos necesarios para la investigación son:

*Área Hidráulica:* Los datos con los que se trabajó la investigación sustentados en datos del gobierno local y considerados por el Manual de Carreteras: Hidrología, Hidráulica y Drenaje [15], además del Manual: Criterios de diseños de Obras Hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídricos

*Geología:* Los datos geológicos del canal Palpa baja se obtuvo de investigaciones relacionadas, las cuales se analizarán con los criterios del Manual de Carreteras (área de suelos, geología, geotecnia y pavimentos) [16].

*Topografía:* La realización de los trabajos topográficos se basó en la ubicación del eje del canal y el trazo, posteriormente se realiza la radiación de los puntos topográficos con el fin de ubicar la posición del canal, determinando las cotas y verificando con su sección. Se considero cuidado en las cotas de la rasante del canal, el cual define la pendiente del canal. La pendiente se proyectó en estricto cumplimiento con lo especificado en el perfil longitudinal.

*Instrumentos de análisis de datos-* Para el diseño hidráulico del canal de riego se consideró los criterios de acuerdo con el Autoridad Nacional del Agua (ANA) y su manual:

Criterios de diseños de Obras Hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico [16]. Para los cálculos, diseño y modelamiento del canal utilizamos: google earth, google maps, arcGIS, civil 3D, excel, hcanales, sketchup.

Proceso constructivo del canal aplicando lona de concreto se considera: Construcción de almacén y caseta de guardanía, Movilización y desmovilización de equipos, Desbroce y limpieza, Perfilamiento del canal diseñado, Limpieza, Transporte y acumulación de materiales- Tendido de rollo de lona de concreto y Unión de las capas continuas con tornillos autoalimentados de 30 mm. La aplicación correcta de los tornillos asegurará que las mantas de lona de concreto estén bien unidas, y evitará la erosión del sustrato y el crecimiento de maleza, también se puede aplicar un adhesivo sellador entre las mantas para mejorar la impermeabilidad de las juntas. El método de unión sin penetración consiste en unir térmicamente la lona de concreto mejorando la impermeabilidad de las juntas. Para fijar en sustratos de tierra se usará estacas de suelo. Es importante evitar la entrada de agua o viento entre la lona de concreto y el sustrato, así como en el perímetro de la instalación como en las juntas. Una vez instalada la manta de concreto se debe de hidratar la superficie [17].

*Rendimiento de instalación*, El tiempo de instalación de lona de concreto se rige en un rendimiento de 800 m2 con una cuadrilla de 6 operarios. *Tiempo de moldeabilidad*: Tiempo de 1 a 2 horas, en función de la temperatura ambiente. La lona de concreto alcanza el 80% de su resistencia a las 24 horas de haber sido hidratada. *Procedimiento de hidratación*: Rociar con agua la superficie fibrosa hasta que pasados varios minutos se mantenga mojada al tacto. Para la hidratación de la lona de concreto se puede utilizar agua salina como no salina.

### III. RESULTADOS

La identificación y delimitación del canal de riego Palpa con las herramientas: Google Earth, ArcGis, Civil 3D. además se consideró los parámetros hidráulicos para el diseño de un canal de tipo trapezoidal en una longitud aproximada de 3 kilómetros para luego ser modelado en HCanales y Sketchup. En consecuencia, se realizó proceso constructivo del canal Palpa Baja considerando un revestimiento a base de lona de concreto, lo que permito optimizar costos y tiempo dentro de la ejecución del mismo.

*Delimitación de la zona de estudio*. Se delimita una poligonal en la zona de estudio en base a una longitud total de 3 km para el diseño hidráulico del canal. Se establecieron coordenadas UTM84-18S, en relación con la ubicación del canal de manera que se realice el modelamiento en el software Civil 3D. Asimismo, se consideraron 28 puntos de control para el levantamiento topográfico en la zona delimitada. Con una longitud total de 3 km se registran un total de 152 progresivas, en el que se detallarán las curvas de transición (radios mínimos) como los elementos para el perfil transversal y longitudinal a

fin de detallar la altura de corte y relleno que son necesarias realizar para el diseño hidráulico.

**Consideraciones previas al diseño hidráulico.** El canal es un canal con sustrato de tierra que, en su actualidad, tiene una sección irregular a causa de los fenómenos hidrometeorológicos. Posee un caudal de diseño de 3.2 m<sup>3</sup>/s en una longitud total de 3056.11 km, sin embargo, no permite en su totalidad el desarrollo de la producción agrícola de la región.

El suelo identificado es un suelo gravoso (GM) con Ángulo de fricción interna de 40°, Cohesión de 0, Densidad seca total de 2,043.3 Kg/m<sup>3</sup> (de estudios anteriores de la zona), Capacidad de carga admisible para anchos de cimentaciones de 1 a 2 m, de 1.5 Kg/cm<sup>2</sup>. Y por último el Coeficiente de seguridad de 2.5 (considerando que la estructura estará cimentada sobre suelo natural a fin de prevenir asentamientos perjudiciales y evitar probables disminuciones locales durante el proceso constructivo)

*Diseño Hidráulico*, con las consideraciones indicadas se diseñó una sección de canal de tipo trapezoidal con un caudal de diseño de 3.2 m<sup>3</sup>/s, lo que permitirá el adecuado aprovechamiento.

*Caudal de Diseño (Qd)*- Según los registros obtenidos a través del gobierno local, el caudal de diseño con el que se trabajará es:

$$Qd = 3.2 \text{ m}^3/\text{s}$$

*Velocidad máxima y mínima permisible*, Las velocidades en una sección de canal no se mantienen de manera uniforme, debido a que influyen la geometría del canal, la fricción, el tirante y la presencia de curvas. Debido a ello, la máxima velocidad en canales normales ocurre aproximadamente a una distancia de 0.05 hasta 0.25 de su profundidad [2]. Por tanto, para un canal de tierra revestido con lona de concreto se considerará una velocidad máxima de 3m/s de manera que no se produzca erosión en las paredes ni en el fondo del canal.

La velocidad mínima permisible es considerada entre 0.61 m/s hasta 0.91 m/s impidiendo la sedimentación cuando la concentración de finos es mínima. Una velocidad de 0.76 m/s es por lo general suficiente para prevenir el crecimiento de plantas que podría afectar en forma significativa el flujo del canal [8]. Según estos criterios se considera 0.8 m/s como la velocidad mínima para el diseño hidráulico. Con los criterios mencionados anteriormente y considerando factores por seguridad, las velocidades para el diseño del canal de riego tomarán los siguientes valores:

$$V_{\text{máx}} = 3.50 \text{ m/s}$$

$$V_{\text{mín}} = 0.80 \text{ m/s}$$

$$Vd = 3.28 \text{ m/s}$$



**Talud (Z)**- Dependerán principalmente de las propiedades mecánicas del terreno donde se diseñará el canal. Se especifica En canales de tierra no revestidos los taludes sean 1.5:1, sin embargo, taludes hasta de 1:1 han sido utilizados en canales con suelos cohesivos [18]. Por tanto, se consideró taludes de 1:1 con un adecuado revestimiento para aguantar el empuje del suelo.

**Revestimiento**- La lona de concreto, también conocida como lona geo sintética, es un material muy útil para la construcción de estructuras de concreto. La principal ventaja de la lona de concreto es que permite una instalación rápida y sencilla, lo que puede reducir los tiempos de construcción y los costos asociados. La lona se encuentra en rollos grandes y en rollos pequeños portátiles. Por tanto, se ha planteado utilizar lona de concreto con un espesor estándar de 8mm en rollos grandes de 1.10 m de ancho para el revestimiento del canal Palpa Bajo. Requiriendo solamente el uso de equipo de carga pesada y una viga de suspensión para su despliegue, facilitando un mejor rendimiento.

**Coefficiente de rugosidad de Manning (n)**- Se considero un coeficiente de rugosidad igual a 0.011 para un revestimiento a base de lona, valor que se basará en la Norma ASTM 6460, y a su vez, comprendido dentro del rango de criterios anteriores. Con los datos obtenidos, se procederá a dimensionar la sección del canal en estudio:

Área mínima de diseño

$$A_{mín} = Qd / V_{máx}$$

$$A_{mín} = (3.20 \text{ m}^3/\text{s}) / (3.50 \text{ m/s})$$

$$A_{mín} = 0.91 \text{ m}^2$$

**Pendiente del canal (S)**- La pendiente será aquella que permita que la velocidad del flujo del agua no cause erosión.

$$S = 0.5 \%$$

**Ancho de solera (b)**. El ancho de la solera de la sección trapezoidal del canal se calculó en relación con el tirante hidráulico  $b = 0.828y$

**Área hidráulica (Ah)**  $A = 1.828y^2 \dots (3)$

**Máxima eficiencia en un canal**

$$0.498 = A * R_h^{\frac{2}{3}}$$

**Tirante hidráulico (y)**. Se obtuvo el valor del tirante hidráulico utilizando la máxima eficiencia hidráulica de la sección del canal.

Reemplazando la Ecuación 3 en 4, se obtiene:

$$y = 0.73 \text{ m}$$

**Ancho de Corona (C)**- El ancho de corona para un canal abierto se ha de considerar entre los valores de 0.80 m a 1.00 m en función del caudal de diseño  $C = 1.00 \text{ m}$ .

**Borde Libre (BL)**

$$BL = 0.22 \text{ m}$$

**Profundidad Total (H)**

$$H = 0.95 \text{ m}$$

**Perímetro Mojado (Pm)**

$$Pm = 2.66 \text{ m}$$

**Espejo de agua (T)**

$$T = 2.06 \text{ m}$$

**Radio hidráulico (Rh)**

$$Rh = y/2 = 0.73/2 = 0.365 \text{ m}$$

**Número de Reynolds (Re)**

$$Re = 1200395.648 > 750$$

Se obtiene un valor mayor a lo especificado por el Número de Reynolds, de acuerdo con el valor encontrado, se infiere que existe un flujo turbulento en la sección del canal en estudio.

**Número de Froude (Fr)**

$$Fr = V / \sqrt{g * Ah / T}$$

$$Fr = (3.28 \text{ m/s}) / \sqrt{9.81 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} * (0.98/2.06)}$$

$$Fr = 1.52 > 1$$

Al obtener un valor mayor a 1, se entiende que es un flujo en régimen supercrítico.

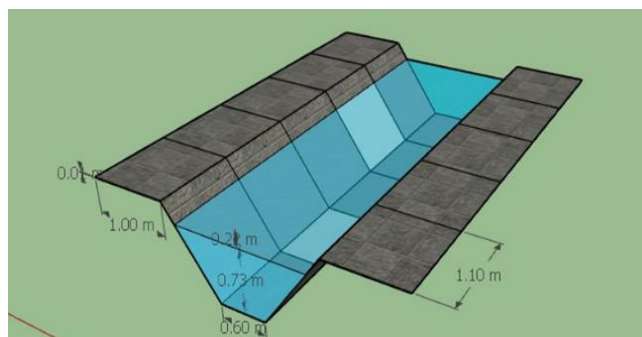


Figura 3. Modelado de la sección del canal en Sketchup.

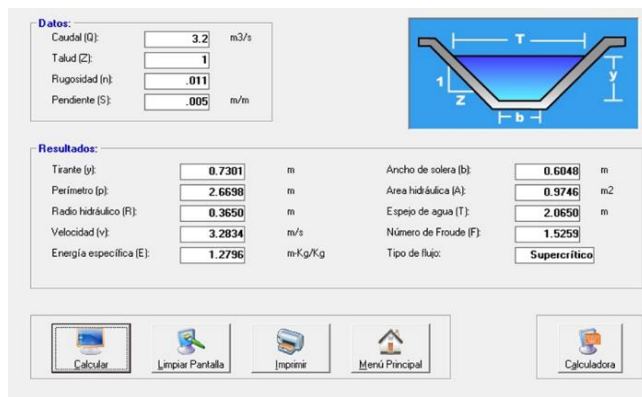


Figura 4. Modelado de la sección del canal en HCanales. Elaboración Propia

**Determinación de la sección de mínima infiltración**- se consideró la menor pérdida por infiltración en el canal, optando inicialmente por un tirante hidráulico  $y=1\text{m}$  con

valores donde  $Q_d$  y  $Q^o$  sean iguales o los más próximos entre sí.

TABLA 3.  
Parámetros de Diseño

| Parámetros de Diseño        |                            |
|-----------------------------|----------------------------|
| Caudal de diseño $Q_d$      | $3.2 \text{ m}^3/\text{s}$ |
| Talud Z                     | 1                          |
| Coefficiente de rugosidad n | 0.011                      |
| Pendiente S                 | 0.5 %                      |

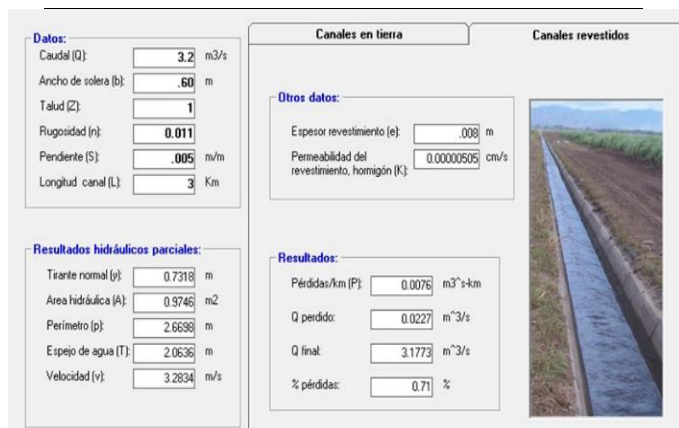


Figura 5. Pérdida por infiltración. Elaboración propia

**Revestimiento del canal trapezoidal** - El diseño hidráulico del canal se consideró un revestimiento a base de lona de concreto con un espesor de 8 mm. Se utilizará este material en formatos grandes para una instalación rápida y un mínimo gasto en material y transporte. Su aplicación será de forma transversal al flujo del agua debido a que el diseño hidráulico del canal contempla una pendiente de 0.76 m y, a su vez, presenta curvas considerablemente marcadas [18].

Área a revestir de lona de concreto:  $A = 15280.55 \text{ m}^2$

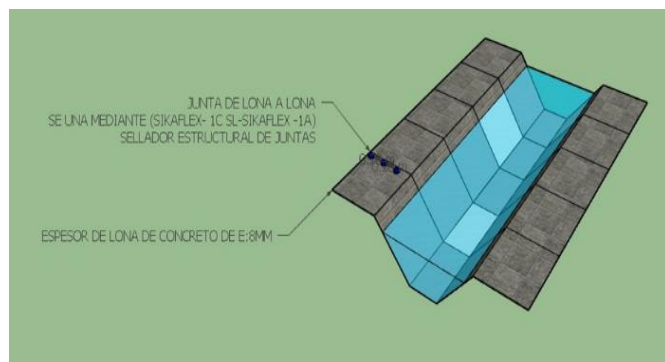


Figura 6. Sección transversal del canal con lona de concreto en vista 3D. Elaboración propia

**Proceso de ejecución.** Se requiere: Lona de concreto, debidamente proyectada, Lentes de seguridad, mascarilla y guantes, Disco de corte de 4.5", Estacas de metal dobladas en

J, Comba o mazo, Atornillador eléctrico y tornillos de acero inoxidable, Sika Flex como pegamento de juntas (alternativo).

Proceso de Instalación de la lona de concreto

1. Eliminar la vegetación y las piedras que produzcan protuberancias.
2. El canal debe estar debidamente perfilado (forma uniforme)
3. Cavar una pequeña zanja de anclaje a cada lado del canal.
4. Retirar la lona y desenrollar sobre el perfil del canal.
5. La superficie de fibra tiene que quedar hacia el exterior y la membrana de PVC al interior.
6. Instalación de lona de concreto en forma transversal: Se posicionará el borde de la lona de concreto dentro de la zanja de anclaje antes de cortarlo. Para los siguientes tramos de colocación de lona debemos de respetar un traslape de 10 cm en el sentido del flujo del agua, distancia mínima requerida.
7. Fijar la lona de concreto dentro de la zanja de anclaje, con las estacas sobre cada traslape o cada 2m si la instalación es longitudinal.
8. Hidratar el material bajo los traslapes de lona de concreto, una vez hidratado el material permanece flexible en un rango de 1 a 2 horas. La impermeabilidad puede ser mejorada utilizando un adhesivo sellante antes de atornillarlo.
9. Insertar tornillos de acero inoxidable cada 20 cm y entre 30 a 50 cm del borde.
10. Al final cada m2 de lona de concreto instalada se debe de hidratar con 6 litros de agua. La lona de concreto adquiere un 80% de su resistencia a las 24 horas luego de su hidratación, estando listo para su funcionamiento.

Los beneficios de la utilización de la lona de concreto son las siguientes: Reduce la intervención sobre la zona, Instalación fácil y segura, Requiere de mantenimiento mínimo y Provee un revestimiento duradero e impermeable con un tiempo de vida útil de 120 años.

### Lona de concreto y su impacto en el ambiente

**Menos contaminación-** la lona de concreto puede ser una opción más eficiente en términos de material y transporte en comparación con el concreto tradicional, la reducción del 95% en la cantidad de material y una reducción del 55% en los impactos ambientales especifican datos positivos de su aplicación.

**Máxima impermeabilidad-** Al ser un tejido impermeable solo pierde el 3% de su volumen inicial, en comparación con otros tipos de concretos, que en su mayoría suelen perder del 10% a 15% de su volumen.

*Reserva alcalina óptima*- La lona de concreto posee una alta resistencia a la alcalinidad del agua a diferencia del concreto tradicional, en efecto, no se considera un material corrosivo, logrando ser menos dañino para el medio ambiente. [19]

**Presupuesto para el canal.** Se determina el presupuesto total por cada partida referente al diseño de un canal de riego a base de lona de concreto. De esta manera se obtiene un presupuesto total de S/ 7 423 360.23 resultando factible.

TABLA 4.  
Presupuesto de canal. Elaboración propia

| Descripción de presupuesto                    | Cantidad | Precio (S/.) | Parcial (s/.)  |
|---|----------|--------------|----------------|
| <b>CANAL DE RIEGO</b>                         |          |              |                |
| TRABAJOS PROVISIONALES                        | 1.00     | 3,757.44     | S/3,757.44     |
| TRABAJOS PRELIMINARES                         | 1.00     | 319,442.89   | S/319,442.89   |
| MOVIMIENTOS DE TIERRAS                        | 1.00     | 2,128,565.71 | S/2,128,565.71 |
| CANAL DE RIEGO CON LONA DE CONCRETO           | 1.00     | 153,750.00   | S/153,750.00   |
| PUENTE TIPO 01                                | 1.00     | 42,384.50    | S/42,384.50    |
| ESTRUCTURA DE RETENCIÓN Y PASE DE AGUA        | 1.00     | 135,066.06   | S/135,066.06   |
| REPOSICIÓN DE PAÑOS DETERIORADOS              | 1.00     | 758,354.38   | S/758,354.38   |
| RESERVORIO                                    | 1.00     | 1,095,581.26 | S/1,095,581.26 |
| LÍNEA DE IMPULSIÓN DE RESERVORIO              | 1.00     | 240,292.27   | S/240,292.27   |
| CASETA DE BOMBEO                              | 1.00     | 27,711.62    | S/27,711.62    |
| EXPROPIACIONES                                | 1.00     | 172,031.75   | S/172,031.75   |
| INSTRUMENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL             | 1.00     | 28,000.00    | S/28,000.00    |
| <b>RED PRIMARIA</b>                           |          |              |                |
| SUMINISTRO DE MATERIALES                      | 1.00     | 43,010.13    | S/43,010.13    |
| MONTAJE ELECTROMECÁNICO                       | 1.00     | 16,927.80    | S/16,927.80    |
| <b>EQUIPAMIENTO Y BOMBEO</b>                  |          |              |                |
| EQUIPAMIENTO HIDRÁULICO EN ESTACIÓN DE BOMBEO | 1.00     | 75,860.62    | S/75,860.62    |
| INSTALACIONES ELECTROMECÁNICAS EXTERNAS       | 1.00     | 500.76       | S/500.76       |
| INSTALACIONES ELECTROMECÁNICAS INTERNAS       | 1.00     | 1,248.85     | S/1,248.85     |
| <b>COSTO DIRECTO</b>                          |          |              | S/5,242,486.04 |
| UTILIDAD                                      |          | 10.00%       | S/524,248.60   |
| GASTOS GENERALES                              |          | 10.00%       | S/524,248.60   |
| <b>SUB TOTAL DE EJECUCIÓN EN OBRA</b>         |          |              | S/6,290,983.25 |
| IMPUESTOS GENERALES A LAS VENTAS              |          | 18.00%       | S/1,132,376.98 |
| <b>TOTAL DE EJECUCIÓN EN OBRA</b>             |          |              | S/7,423,360.23 |

Por tanto, se utilizará:

| TIPO DE LONA<br>(e) mm | ANCHO DEL ROLLO (m) | LONGITUD DEL ROLLO (m) |
|------------------------|---------------------|------------------------|
| 8                      | 1.1                 | 114                    |

Área total de cada rollo: 125 m<sup>2</sup>; Tenemos que cubrir un área total de:

|                  |           |                |
|------------------|-----------|----------------|
| Área para cubrir | 15 280.55 | m <sup>2</sup> |
|------------------|-----------|----------------|

Así mismo, para su adecuada aplicación se utilizará 123 rollos de lona de concreto.

**Cronograma de Actividades para la Instalación de la lona de concreto**- Se determina el tiempo establecido para la instalación

de la lona de concreto donde solo se requieren 16 días hábiles para cubrir la longitud total del canal de riego. Para la preparación del terreno y tener el área en óptimas condiciones se requiere 25 días de limpieza y excavación.

|  |         |
|--|---------|
| Preparación del terreno                  | 25 días |
| Tiempo de colocación de lona de concreto | 16 días |

## V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### DISCUSIÓN

Los Gobiernos locales consideran y emplean criterios hidráulicos basados en el ANA y el Manual: Criterios de diseños de Obras Hidráulicas para la formulación de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales y de Afianzamiento Hídrico correspondientes a: caudal de diseño, velocidad máxima y mínima permisible, talud, coeficiente de rugosidad con revestimiento de concreto tradicional, área mínima de diseño, pendiente del canal, ancho de solera, tirante hidráulico, borde libre, profundidad total y espejo de agua, que, en efecto son cálculos obtenidos indispensables para el diseño de un canal. En comparación con la investigación donde se empleó criterios hidráulicos sustentados mediante el Manual: Criterios de diseños de Obras Hidráulicas para la formulación de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales y de Afianzamiento Hídrico, y libros tales como: Hidráulica de canales abiertos [3], Hidráulica II e Hidráulica de canales abiertos empleando un coeficiente de Manning de 0.011 por la utilización de la lona de concreto de 8mm de espesor y obteniendo una variación mínima de la sección del canal, de manera que, se cumplió en efectuar el diseño propio de un canal de riego a base de lona de concreto con criterios verídicos [2].

Concrete Cloth, en el proyecto Channel Lining Myra Falls (Vancouver, Canadá, 2016) tuvo como objetivo la construcción y revestimiento de un canal de 735 m de longitud, cuya función era transportar agua limpia desde las laderas. En este proyecto se utilizó lona de concreto con un espesor de 8mm para un área total de 11 125 m<sup>2</sup>, utilizando rollos a granel y ubicándose de manera transversal al flujo de agua en toda su longitud. Así mismo, se requirió de una cuadrilla de 6 personas para un plazo de 42 días para la completa instalación de la lona de concreto. En comparación con nuestra investigación donde se diseña un canal de riego de 3 km de longitud, con un área total de 15 280.55 m<sup>2</sup>, utilizándose rollos pequeños de lona de concreto de 8mm de espesor con capas de manera trasversal al flujo de agua, requiriendo una cuadrilla de 12 personas para un plazo de 40 días. Por tanto, los criterios y consideraciones que se tomaron para la aplicación de la lona de concreto en un canal de riego son proporcionales a estudios previos mencionados anteriormente. Enfatizando que se utilizó lona de concreto con un espesor de 8 mm, estándar específicamente para revestimiento de zanjas y canales, sin



embargo, no se consideró lona de concreto con espesores de 5mm y 13mm, ya que únicamente estos son utilizados en canales abiertos con sustratos sólidos o cuando se tienen caudales mayores a 8.6m<sup>3</sup>/s, respectivamente.

En expediente técnico de la municipalidad, el presupuesto para la construcción de un canal de riego a través de un proceso constructivo con concreto tradicional indica el valor total es de S/ 9 876 586.18, en comparación con la presente investigación donde se diseña un canal de riego a base de lona de concreto con un presupuesto de S/ 7 423 360.23, de esta manera se reduce hasta en un 25% los costos de construcción del proyecto. En cuanto al tiempo de ejecución del proyecto, los estudios realizados y cronograma establecido por el gobierno local especifica un plazo de ejecución de 150 días, en contraste con esta investigación donde la aplicación de la lona de concreto para el diseño del canal requiere de un total de 40 días hábiles para su completa instalación.

### Interpretaciones Comparativas

Se contrasta que aplicando lona de concreto se optimiza el presupuesto al presupuesto con concreto tradicional en un 25% esto respecto al expediente técnico

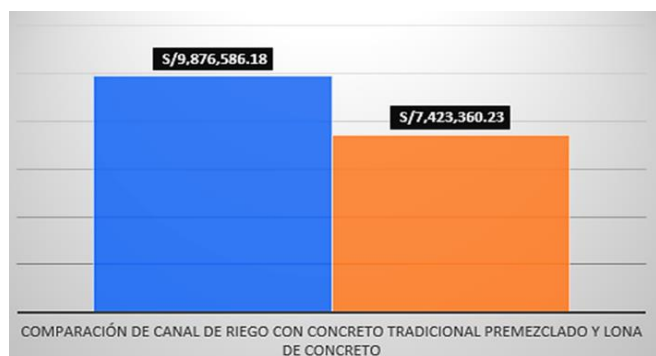


Figura 7. Comparación entre el costo de la lona de concreto con el concreto tradicional.

Aplicación de concreto premezclado en el canal total de 150 días.



Figura 8. Aplicación de la lona de concreto en el canal.

### CONCLUSIONES

Se realizó el diseño del canal de riego a base de lona de concreto para optimizar los procesos constructivos (costos y tiempo), Aplicando bibliografía y normatividad se desarrolló el diseño y proyección del canal, donde se halló el caudal de diseño = 3.2 m<sup>3</sup>/s, velocidad máxima y mínima permisible, talud, coeficiente de rugosidad igual a 0.011 por aplicar la lona de concreto, área mínima de diseño, pendiente del canal, ancho de solera, tirante hidráulico, borde libre, profundidad total y espejo de agua.

Los parámetros de diseño aplicado fueron: lona de concreto de 5 mm de espesor, con sustento por utilizarse en el revestimiento de zanjas y canales con sustratos sólidos, cuando se realiza un nuevo revestimiento a canales de hormigón existentes o se aplica sobre sustratos duros, tales como piedra, también, es de utilidad para obras temporales. además, la lona de concreto de 8 mm de espesor es de estándar especificado para el revestimiento de zanjas y canales, principalmente el más recomendado a menos que se aplique alguna de las consideraciones anteriores. La lona de concreto de 13 mm de espesor se utiliza cuando se prevé que la zanja o canal será muy transitado, expuesto a altos niveles de escombros o tenga caudales mayores a 8.6 m<sup>3</sup>/s. Siguiendo estos criterios y funciones de cada espesor de lona de concreto, se consideró la lona de concreto con un espesor de 8 mm el cual se adecua a las condiciones del terreno expuesto. Se concluye que la lona de concreto en la optimización del proceso constructivo de un canal utiliza un presupuesto total de S/15 280.55 para un plazo total de 40 días. Se concluye que los resultados son factibles, reduciendo el costo y tiempo de la construcción del canal, puesto que la reducción es menor al 25% los costos de construcción de un proyecto.

### REFERENCIAS

- [1] M. Villón Béjar, Hidráulica de canales, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica, 2007.
- [2] V. T. Chow, Hidráulica de canales abiertos, Colombia: McGraw Hill, 2004.
- [3] P. Rodriguez Ruiz, «Hidráulica II,» 2010.
- [4] J. C. Ayala Lopez, «Dispositivo electrónico de medición del caudal de agua para canales abiertos,» *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, p. 91, 2015.
- [5] E. Pedroza González y G. Hinojosa Cuéllar, Manejo y distribución de agua en distritos de riego., México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua., 2014.
- [6] H. E. e. a. CASTELLANOS, «Diseño y construcción de un canal hidráulico de pendiente variable,» *Información tecnológica*, vol. 28, n° 6, pp. 103-114, 2017.
- [7] V. Akhtar y A. Tyagi, «Study of Canvas Concrete in Civil Engineering Works,» *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, pp. 591-592, 2015.
- [8] TILTEX, «Manto cementico-geocompuesto cementicio,» *Panawebsc*, p. 10, 2008.
- [9] O. Klein, O. A. Cirpka, P. Bastian y O. Ippisch, «Efficient geostatistical inversion of transient groundwater flow using preconditioned nonlinear conjugate gradients,» *Advances in Water Resources*, vol. 102, pp. 161-177, 2017.

- [10] M. Y. Khiabani, S. H. Shahadany, J. Maestre, R. Stepanian y I. Mallakpour, «Potential assessment of non-automatic and automatic modernization alternatives for the improvement of water distribution supplied by surface-water resources: A case study in Iran.» *Agricultural Water Management*, vol. 230, n° 105964, 2020.
- [11] P. Pittayavinai, W. Tangchirapat, J. Johns y Y. Nakaramontri, «Flexible canvas produced from uncured-natural rubber composites filled with high calcium oxide fly ash/cement hybrid filler.» *Construction and Building Materials*, vol. 368, n° 130438, 2023.
- [12] K. W. NAJIB, «Review paper on Concrete Canvas uses and applications.» *Researchgate*, p. 17, 2020.
- [13] C. & B. Hernandez, *Metodología de la Investigación*, México: McGraw Hill, 2014.
- [14] J. Oblitas Cruz, «Guía de investigación UPN,» 2018.
- [15] M. d. T. y. Comunicaciones, «Manual de Carreteras: Diseño geométrico - DG 2018,» 2018.
- [16] Autoridad Nacional del Agua, «Criterios De Diseños De Obras Hidráulicas Para La Formulación De Proyectos Hidráulicos Multisectoriales Y De Afianzamiento Hídrico.» 2010. [En línea]. Available: <https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/3135/ANA0001746.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [17] J. V. L. Vincent, «Volumetric water control in a large-scale open canal irrigation system with many smallholders: The case of Chancay-Lambayeque in Peru.» *Agricultural Water Management*, vol. 98, n° 4, pp. 705-714, 2011.
- [18] G. Besançon, D. Georges, V. Ruiz-Carmona, O. Begovich y A. L. Carlos Iván, «First Experimental Results of Nonlinear Control in Irrigation Canals.» *IFAC Proceedings Volumes*, vol. 37, n° 21, pp. 469-474, 2004.
- [19] J. Wang, Z.-H. Xiang, J.-G. Niu, J.-j. Li y W.-M. Xu, «Mechanical properties of short concrete columns reinforced with carbon fiber reinforced composite strips and concrete canvas under axial compression based on acoustic emission.» *Structures*, vol. Volume 49, n° , pp. Pages 365 - 376, 2023.
- [20] R. French, *Hidráulica de canales abiertos*, McGraw Hill, 1988.
- [21] G. R. d. Tumbes, «Municipalidad de Tumbes,» [En línea]. Available: <https://regiontumbes.gob.pe/>.
- [22] ASTM D6460, Standard Test Method for Determination of Rolled Erosion Control Product (RECP) Performance in Protecting Earthen Channels from Stormwater-Induced Erosion., 2019.