

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

**“PROCESO CONSTRUCTIVO DEL
SERVICIO DE PROVISIÓN DE AGUA PARA
RIEGO AGRÍCOLA ENTRE EL KM 0+000 AL
KM 6+000 DEL CANAL DE CHOCTAMALCA
UBICADO EN LA PROVINCIA DE SÁNCHEZ
CARRIÓN, LA LIBERTAD – 2024”**

**Trabajo de suficiencia profesional para optar al título
profesional de:**

Ingeniero Civil

Autor:

Cristopher Alexander Cabrera Castañeda

Asesor:

Dr. Emilio José Medrano Sánchez

<https://orcid.org/0000-0003-0002-5876>

Trujillo - Perú

2025

Informe de Similitud



Página 2 of 41 - Integrity Overview

Identificador de la entrega tmoid::1:3229211716

15% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text
- Cited Text

Top Sources

- 15%  Internet sources
- 1%  Publications
- 2%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.



Página 2 of 41 - Integrity Overview

Identificador de la entrega tmoid::1:3229211716

Dedicatoria

A mi madre, Armida,

por ser mi guía incondicional, por tu amor inmenso, tu entrega diaria y por enseñarme que no hay sueño imposible cuando se lucha con el corazón. Tu fuerza ha sido mi inspiración más grande.

A mi abuela, Rosa,

por tus oraciones, tu ternura y por brindarme siempre palabras de aliento llenas de sabiduría. Gracias por ser mi refugio y mi paz en los momentos difíciles.

A mis tíos,

por su apoyo constante, por creer en mí y por estar presentes en cada paso que he dado. Cada uno, con su ejemplo y cariño, ha contribuido a que hoy logre esta meta.

Este trabajo es el resultado de nuestro esfuerzo compartido. Con todo mi amor y gratitud, les dedico este logro.

Cristopher Cabrera

Agradecimiento

Agradezco profundamente al Ing. Emilio José Medrano Sánchez, por su valiosa orientación, confianza y disposición para compartir su experiencia a lo largo del desarrollo de este trabajo. Su acompañamiento profesional ha sido fundamental para alcanzar este objetivo.

Extiendo también mi más sincero agradecimiento a mi familia, por ser mi principal fuente de fortaleza y motivación. Gracias por creer en mí, por su apoyo incondicional en cada paso de este camino, y por enseñarme a no rendirme ante los desafíos.

Cristopher Cabrera

Tabla de contenido

Índice de tablas	¡Error! Marcador no definido.
Índice de Figuras.....	6
Índice de ecuaciones	¡Error! Marcador no definido.
RESUMEN EJECUTIVO.....	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	8
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	12
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA	15
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	21
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	25
REFERENCIAS	28
ANEXOS	31

Índice de Figuras

Figura 1. Organigrama de YAQUACORP SAC	16
---	----

RESUMEN EJECUTIVO

La experiencia profesional se desarrolló en el proyecto “Creación del Servicio de Provisión de Agua para Riego en la Bocatoma y Canal Choctamalca”, en el distrito de Curgos, provincia de Sánchez Carrión – La Libertad, cuyo objetivo fue optimizar el riego agrícola en más de 59 hectáreas mediante la instalación de 5,993.44 metros de tubería HDPE y estructuras hidráulicas complementarias. Se afrontaron desafíos técnicos y sociales significativos, como condiciones geológicas adversas, omisiones en el expediente técnico y exigencias de la comunidad. Se aplicaron herramientas como el control topográfico, ensayos de compactación, supervisión de termofusión. Asimismo, se gestionó el Adicional de Obra N.º 01 para incorporar tomas con válvulas, respondiendo a demandas sociales. El proyecto logró una ejecución física al 100% y una eficiencia hidráulica estimada superior al 85%. Se aplicaron competencias profesionales en hidráulica, estructuras, liderazgo técnico, gestión contractual y resolución de conflictos, consolidando un aprendizaje integral en infraestructura hidráulica rural. Esta experiencia evidenció la importancia de la planificación flexible, el control técnico riguroso y la concertación comunitaria en obras públicas, generando impactos positivos en la productividad agrícola y en la sostenibilidad del recurso hídrico.

Palabras claves: *Infraestructura hidráulica, proceso constructivo, canal de riego.*

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La eficiencia en la conducción del agua para riego agrícola representó un desafío crítico en el Perú, especialmente en regiones donde los canales hidráulicos presentaban deficiencias significativas. Según el Ministerio de Economía y Finanzas (2019), el desarrollo de infraestructura de riego en el país se encontraba rezagado en comparación con estándares internacionales, lo que afectaba la eficiencia en el uso del recurso hídrico y la productividad agrícola. La Autoridad Nacional del Agua (2015) indicó que, a pesar de la existencia de importantes reservas hídricas, la gestión ineficiente y la falta de infraestructura adecuada limitaron su aprovechamiento óptimo, generando pérdidas significativas que impactaban a los agricultores que dependían del agua para sus cultivos. En la provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, los canales hidráulicos enfrentaban problemas asociados a la infiltración, sedimentación y deterioro estructural. En particular, el canal de Choctamalca, ubicado en el distrito de Curgos, presentaba daños considerables debido a su antigüedad y a la exposición a eventos hidrológicos extremos, como lluvias intensas y desbordes de ríos. Estas condiciones provocaban una disminución en la eficiencia del sistema de riego, afectando la disponibilidad del recurso hídrico para los agricultores locales y poniendo en riesgo la sostenibilidad de la actividad agrícola en la zona.

En este contexto diferentes estudios abordaron la problemática de la eficiencia hidráulica en los canales de riego, destacando la importancia de un diseño óptimo y el uso de nuevas metodologías para mejorar la gestión del recurso hídrico. En la investigación de Curi (2021), se evaluó la eficiencia del canal de irrigación Casa Blanca en Ica y determinó que solo conducía el 29.4% del caudal previsto,

evidenciando la necesidad de implementar soluciones estructurales para reducir pérdidas por infiltración y mejorar la conducción del recurso. Por su parte Asalde (2020) analizó el diseño de canales de riego con máxima eficiencia hidráulica mediante el software HEC-RAS y concluyó que la modelación numérica permitía optimizar el diseño y mejorar la eficiencia en la conducción del agua. De manera similar, Collazo & Araya (2019) desarrollaron un modelo hidráulico para redes de canales con estructuras de control, aplicando el Método de Solución Simultánea para mejorar la regulación y distribución del agua en sistemas de riego complejos; este estudio permitió demostrar que la implementación de estructuras de control en los canales mejoraba significativamente la eficiencia en la distribución del agua y reducía las pérdidas por fugas e infiltraciones. Otra investigación relevante fue la de, Ashour et al. (2024) en la cual propusieron un enfoque innovador para la rehabilitación de canales de riego basado en la priorización de la implementación, integrando factores técnicos y socioeconómicos en la selección de los canales a rehabilitar; dicho estudio concluyó que la asignación de recursos para rehabilitación debía considerar la capacidad de conducción, el deterioro estructural y la demanda de los agricultores para garantizar un uso óptimo del agua y mejorar la sostenibilidad del sistema de riego. También resalta el estudio de Xiao & Jing (2024) en el cual se analizó numéricamente el desempeño hidráulico y la mezcla del flujo de fluidos dentro de un canal con diferentes números de cuerpos sectoriales, proporcionando información valiosa para el diseño y optimización de los canales de riego; la investigación permitió comprender cómo el diseño geométrico influía en la turbulencia del flujo y en la distribución del agua a lo largo del canal, destacando la importancia de considerar estos factores para maximizar la

eficiencia hidráulica. Otro estudio relevante fue el desarrollado por Salazar & Kong (2020), quienes analizaron las sobrepresiones en sistemas de tuberías de diámetro variable y resaltaron la importancia del diseño adecuado de la infraestructura hidráulica para evitar fallas en la conducción del recurso hídrico; su investigación evidenció que la variación en el diámetro de los canales y tuberías generaba impactos significativos en la presión y velocidad del agua, afectando directamente la eficiencia en la distribución del recurso para riego. Asimismo, Cabrera & Ponce (2024) evaluaron el uso de tuberías de HDPE en el diseño del canal de irrigación Margen Derecha en Carabamba, La Libertad; la investigación comparó los sistemas de conducción abiertos y cerrados, concluyendo que el empleo de tuberías HDPE optimizaba la conducción del agua, reducía pérdidas por infiltración y mejoraba la eficiencia del sistema de riego; este análisis permitió determinar que las tuberías de HDPE ofrecían mayor durabilidad y mejor adaptación a condiciones topográficas adversas, convirtiéndose en una alternativa viable para mejorar la infraestructura de riego en regiones con dificultades similares.

En este sentido es importante mencionar que la implementación de canales hidráulicos está estrechamente alineada con metas específicas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (en adelante ODS) 9 y 11; en el caso del ODS 9: Industria, innovación e infraestructura, la meta 9.1, que busca desarrollar infraestructuras sostenibles, fiables y resilientes para apoyar el desarrollo económico y el bienestar humano, se cumple al construir sistemas hidráulicos que optimicen la distribución del agua y reduzcan las pérdidas; además, la meta 9.4, que promueve la modernización de infraestructuras para que sean sostenibles, se refleja en la adopción de tecnologías avanzadas para el revestimiento de canales y la gestión del

agua (Naciones Unidas, 2015). Por su parte, respecto al ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles, los proyectos de canales hidráulicos contribuyen a la meta 11.5, que busca reducir significativamente el impacto negativo de los desastres naturales, incluyendo las inundaciones, mediante la mejora de los sistemas de drenaje y control de agua, también están alineados con la meta 11.6, que fomenta la reducción del impacto ambiental negativo per cápita, al garantizar el acceso a agua limpia y reducir la contaminación hídrica en comunidades urbanas y rurales (Naciones Unidas, 2015).

La problemática descrita permitió formular la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál fue el proceso para construir el servicio de provisión de agua para riego agrícola entre el km 0+000 al km 6+000 del canal de Choctamalca, ubicado en la provincia de Sánchez Carrión, La Libertad – 2024? El presente trabajo de suficiencia profesional tuvo como objetivo describir el proceso constructivo del servicio de provisión de agua para riego agrícola entre el km 0+000 al km 6+000 del canal de Choctamalca, ubicado en la provincia de Sánchez Carrión, La Libertad – 2024. Esta investigación aportó información relevante para la planificación y gestión de futuras obras de mejora en canales hidráulicos en el país, promoviendo soluciones sostenibles y eficientes en el uso del agua para la agricultura. Finalmente, los principios éticos han sido una preocupación especial en el presente trabajo por lo que se consideró el Código del Investigador Científico UPN, donde se aplicó los Artículos: 4 Principios y buenas prácticas del Código Nacional de Integridad Científica de Concytec. 5 Vigilancia, 6 Suspensión de la investigación y 7 Notificación de incumplimiento de la normativa de ética (Universidad Privada Del Norte, 2024).

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

Los canales hidráulicos son estructuras lineales utilizadas para transportar agua, ya sea con fines agrícolas, industriales o urbanos; pueden clasificarse como naturales, como los ríos y quebradas, o artificiales, construidos por el ser humano para optimizar la distribución del recurso hídrico (Castellanos et al., 2017). En el contexto de la agricultura moderna, los canales artificiales representan un componente vital para la irrigación, ya que permiten controlar el caudal y distribuir el agua eficientemente a diferentes sectores de cultivo (Collazo & Araya, 2019). Como antecedente, la investigación de Curi (2021), realizó modelado hidráulico en el Valle del Mantaro demostró que el rediseño y rehabilitación de canales puede incrementar en un 21.7% la eficiencia global del sistema de riego, reduciendo significativamente las pérdidas por infiltración no controlada

Las principales características de los canales hidráulicos incluyen la forma de su sección transversal, el tipo de revestimiento, el borde libre y la pendiente longitudinal. Estas condiciones determinan la eficiencia en la conducción y distribución del agua. Según Curi (2021), el análisis hidráulico en una red de canales del Valle del Mantaro demostró que una pendiente mal diseñada genera acumulaciones y pérdidas de carga, reduciendo la eficiencia del sistema de riego hasta en un 18%. Asimismo, Asalde (2020), se identificó que los canales revestidos con concreto presentan una eficiencia de conducción del 82.5%, frente al 63.4% de los canales no revestidos en zonas rurales de Lima.

Por otro lado, la construcción de canales hidráulicos requiere una adecuada planificación, que incluya estudios topográficos, geotécnicos e hidrológicos. En la experiencia documentada por la Autoridad Nacional del Agua (2010) en adelante

ANA, se comprobó que en 12 canales rehabilitados en el norte del Perú, el uso de revestimiento de concreto y estructuras de control incrementó la eficiencia de conducción en un promedio de 23% respecto a su condición original sin mejoras. Además, Curi (2021) resalta que en proyectos de irrigación como el de Choclococha, el rediseño de secciones y la inclusión de compuertas permitió mejorar la distribución volumétrica del agua, reduciendo pérdidas por filtración en un 15.4% y mejorando la productividad de riego por hectárea. Esto pone de manifiesto que el éxito de la construcción no depende solo de la ejecución física, sino también del enfoque técnico en la etapa de diseño.

Asimismo, en la ejecución de canales hidráulicos suelen presentarse diversos problemas técnicos y administrativos. Según Huachaca (2024), los errores más comunes incluyen una deficiente compactación del terreno, mala nivelación de la pendiente y deficiencias en el curado del concreto, lo que puede generar agrietamientos y filtraciones. Estos errores se traducen en pérdidas hidráulicas de hasta un 30% en canales no supervisados adecuadamente. De igual modo, Cabrera & Ponce (2024) señalan que el 61% de los proyectos hidráulicos evaluados presentaban incompatibilidades entre el diseño técnico y la ejecución real, originando retrabajos que aumentaban el presupuesto en más del 18% en promedio. Estos datos evidencian la importancia de la supervisión técnica y la fidelidad al diseño durante la construcción.

Otro aspecto relevante es el control de calidad es crucial para garantizar la durabilidad y eficiencia de los canales hidráulicos. Lizarraga & Santa Cruz (2022), demostraron que la implementación de protocolos de control en obra redujo en un 56% los eventos de fallas estructurales en una empresa constructora en Lima, al

mismo tiempo que mejoró la eficiencia del canal en un 20% mediante correcciones de alineación y compactación oportuna. Además, el estudio de Ma et al. (2024) mostró que los proyectos de canales que incluyeron pruebas de laboratorio para el concreto y verificación semanal de pendientes registraron un 92% de cumplimiento técnico frente al 68% en obras sin controles estrictos. Estos resultados cuantificables refuerzan la necesidad de implementar controles desde el inicio hasta la finalización del proyecto.

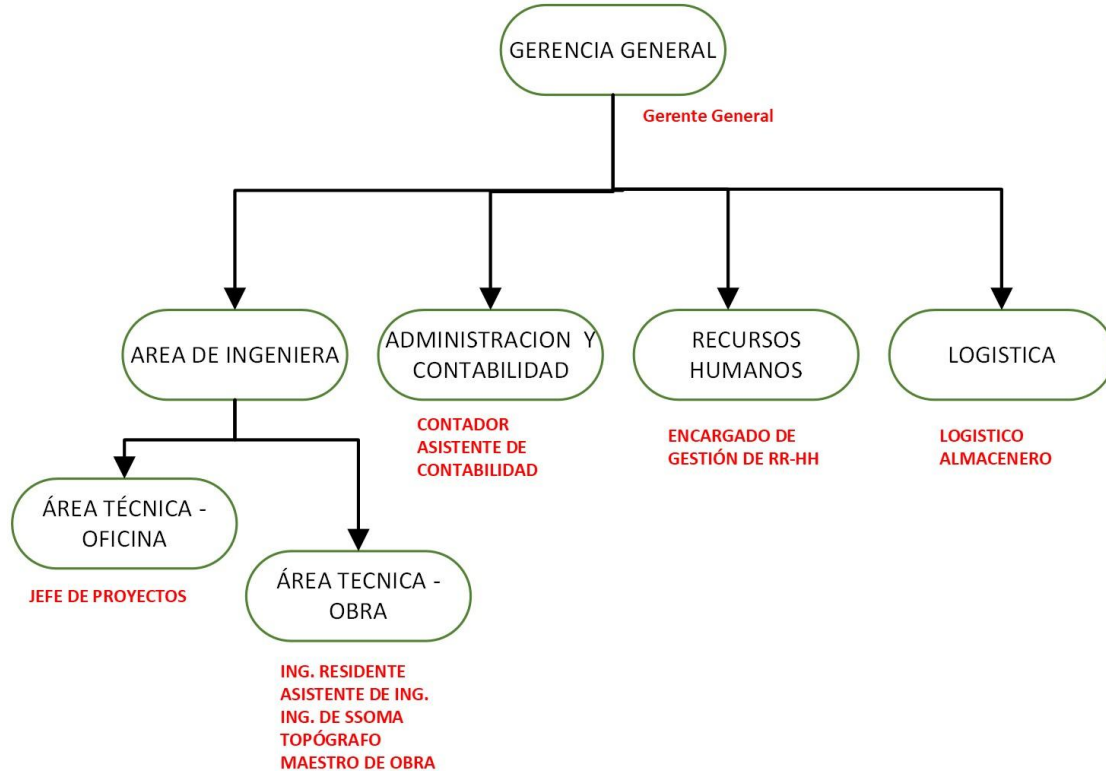
No obstante, durante la ejecución del canal de Choctamalca se presentaron diversas limitaciones que afectaron el desarrollo adecuado del proyecto. Una de las principales fue la presencia de condiciones climáticas adversas, especialmente las lluvias intensas en la etapa inicial, que retrasaron considerablemente los trabajos preliminares. Asimismo, en varios sectores se identificaron formaciones rocosas que requirieron trabajos de voladura; sin embargo, este procedimiento no se encontraba contemplado en el expediente técnico, lo que generó modificaciones no previstas en el presupuesto y cronograma. Por otro lado, el acceso para el transporte de materiales hacia la zona de trabajo representó una dificultad adicional, debido a la topografía accidentada y la escasa infraestructura vial, lo cual obligó a una reestructuración logística constante para garantizar la continuidad de las labores.

CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

La experiencia profesional fue desarrollada en el marco del proyecto “Creación del Servicio de Provisión de Agua para Riego en la Bocatoma y Canal Choctamalca del Centro Poblado Choctamalca - Distrito de Curgos - Provincia de Sánchez Carrión – Departamento de La Libertad” (CUI N.º 2597690), el cual fue ejecutado por la Municipalidad Distrital de Curgos mediante el procedimiento de Adjudicación Simplificada. El objetivo principal del proyecto fue mejorar el servicio de riego en beneficio de 60 familias agricultoras, optimizando el aprovechamiento del recurso hídrico en más de 59 hectáreas de superficie agrícola afectada por deficiencias estructurales previas. La obra contempló la ejecución de una línea de conducción de 5,993.44 metros lineales con tubería HDPE de 315 mm, además de diversas estructuras hidráulicas complementarias como una bocatoma, un desarenador, un aforador tipo RBC, tomas laterales, alcantarillas, pases aéreos, un muro de contención de concreto ciclópeo y un puente tipo canoa. La ejecución del proyecto estuvo a cargo de la empresa Yaquacorp S.A.C., especializada en la ejecución de obras de infraestructura hidráulica. En la Figura 1 se presenta el organigrama de la empresa, donde se observa que el equipo técnico estuvo integrado por el residente de obra, el asistente de ingeniería, el ingeniero de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente (SSOMA), el topógrafo, el maestro de obras y los operarios de campo.

Figura 1.

Organigrama de YAQUACORP SAC



Durante la ejecución de la obra, se llevaron a cabo procesos constructivos específicos para cada componente estructural. En el caso de la bocatoma, se inició con el trazo y nivelación del terreno, seguido de la excavación en material suelto y rocoso; debido a la presencia de formaciones rocosas en la zona de cimentación, fue necesario ejecutar trabajos de voladura controlada, los cuales no estaban contemplados inicialmente en el expediente técnico; esta actividad permitió habilitar el terreno de fundación para continuar con la ejecución del solado en concreto simple y posteriormente las estructuras de la bocatoma en concreto armado $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, integrando compuertas metálicas y rejillas de captación; finalmente, se realizaron trabajos complementarios de enrocado de protección y la

instalación de barandas metálicas para garantizar la seguridad operativa de la estructura. Por su parte, el desarenador fue construido tras la excavación, nivelación y compactación del terreno; se utilizó concreto simple y armado, integrando compuertas metálicas y rejillas de retención. Para el aforador tipo RBC, se ejecutó el solado, encofrados, vaciado de concreto y revestimientos internos, instalándose instrumentos como la mira estadimétrica y el fierro angulado de protección. Las tomas laterales, nueve en total, fueron construidas mediante excavación, relleno compactado, vaciado de concreto $f'c=175$ kg/cm², encofrado y colocación de compuertas tipo tarjeta. Estas incluyeron tapas de concreto, juntas asfálticas y accesorios de rebose. Las alcantarillas permitieron el cruce del canal con caminos, siendo instaladas sobre material granular compactado y protegidas con muros de encauzamiento. Los pases aéreos, instalados en zonas con topografía accidentada, consistieron en el tendido de tuberías de acero suspendidas con péndolas tipo Boa y anclajes galvanizados, apoyadas en pórticos de concreto armado construidos en cada extremo para garantizar su estabilidad estructural. El canal en sí fue ejecutado siguiendo una secuencia constructiva específica. Se inició con el trazo y nivelación, seguido por la excavación del terreno natural según los diseños de pendiente y profundidad: luego, se colocó una cama de arena como base de asiento para la tubería HDPE, asegurando un correcto alineamiento y pendiente; posteriormente, se procedió con el tendido de tuberías mediante termofusión, relleno lateral con material seleccionado, compactación por capas y cobertura superior, respetando el espesor especificado; todo este proceso fue verificado técnicamente en campo mediante controles topográficos y ensayos de compactación. También se ejecutó un muro de contención de concreto ciclópeo, mediante excavación profunda,

colocación de concreto $f'c=175$ kg/cm² con piedra grande (30%) y drenaje posterior. Finalmente, el puente tipo canoa fue construido sobre piedra grande embebida en concreto, con acabados nivelados y resistentes, permitiendo el cruce seguro sobre afluentes menores.

En el Anexo 1 se presenta el plano de ubicación del canal Choctamalca, el cual permite contextualizar geográficamente el área de intervención del proyecto, evidenciando su localización en una zona rural del distrito de Curgos, provincia de Sánchez Carrión, en el departamento de La Libertad. Este elemento gráfico resulta esencial para comprender las condiciones de accesibilidad, topografía y entorno físico que influyeron en la planificación y ejecución de la obra. Asimismo, en el Anexo 2 se incluye el cronograma de ejecución tipo Gantt proporcionado por la entidad contratante, en el que se detallan las partidas principales y los tiempos programados para cada una. Este cronograma fue actualizado posteriormente ya que se realizaron modificaciones, la información contenida en este cronograma permite visualizar los hitos críticos y la secuencia de actividades clave para el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

Durante el desarrollo del proyecto, se presentaron limitaciones técnicas, administrativas y sociales que requirieron acciones correctivas importantes. Entre ellas, destacaron los mayores metrados de excavación, principalmente en sectores donde se encontraron formaciones rocosas no previstas en el expediente técnico, lo que obligó a realizar trabajos de voladura controlada. Asimismo, se evidenció la omisión de partidas para el acarreo de material excedente, lo que generó dificultades logísticas y presupuestales. Para superar estas limitaciones se optó por la contratación de mayor personal para actividades de acarreo manual de material y

para apoyar en la movilización de tuberías HDPE, especialmente en zonas de acceso restringido.

En el aspecto contractual y social, se registraron tres suspensiones de plazo. La primera fue ocasionada por la ausencia de un Plan de Manejo Arqueológico (PMA), condición indispensable para el inicio de obras según normativa nacional. La segunda suspensión fue como consecuencia directa del reclamo de la comunidad para la incorporación de válvulas de salida adicionales, lo cual generó una paralización total de los trabajos hasta que la entidad evaluara el pedido. Esta situación fue formalizada en un acta de acuerdos entre la comisión de regantes, el contratista y la supervisión de obra. La tercera suspensión ocurrió cuando la comisión de regantes insistió en detener nuevamente la obra hasta que se asegurara formalmente la inclusión y ejecución de todos los puntos acordados, lo cual representó otro punto crítico de tensión social dentro del proyecto. En este sentido, se gestionó el Adicional de Obra N.º 01, cuya finalidad fue atender la necesidad de instalación de tomas adicionales con válvulas de salida a lo largo del canal. Esta modificación respondió a las exigencias de la comunidad, dado que las 9 tomas laterales inicialmente proyectadas resultaban insuficientes para abastecer adecuadamente a los 60 usuarios beneficiarios del sistema. El adicional fue aprobado por la entidad y sustentado con los respectivos análisis de precios unitarios, metrados, especificaciones técnicas y cronograma de obra, representando una incidencia del 5.15% del presupuesto contractual y un plazo adicional de 10 días calendario.

A pesar de estos contratiempos, la experiencia permitió una activa participación en la gestión de conflictos sociales, así como en la coordinación

técnica con la entidad ejecutora y la supervisión. Se elaboraron informes técnicos, reprogramaciones del cronograma Gantt, actas de suspensión y reinicio, y se justificaron técnicamente los adicionales solicitados. Desde el punto de vista técnico, se aplicaron conocimientos en hidráulica, topografía, estructuras, control de calidad y seguridad en obra. Se supervisaron procesos de termofusión de tuberías HDPE, se verificaron pendientes con estación total, se realizaron ensayos de compactación, pruebas de resistencia del concreto y controles visuales de alineación. También se implementó y vigiló el cumplimiento del Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo, asegurando el uso de EPP, señalización, orden y limpieza en obra, así como la capacitación continua del personal.

Esta experiencia profesional fortaleció habilidades en resolución de problemas técnicos, liderazgo de equipos de trabajo, gestión contractual, coordinación multidisciplinaria y comunicación efectiva con actores sociales y técnicos. Asimismo, permitió valorar la importancia del vínculo entre el diseño, la planificación y la ejecución en proyectos de infraestructura hidráulica rural, contribuyendo de manera directa al desarrollo sostenible de comunidades que dependen del acceso al agua para su seguridad alimentaria y productividad agrícola.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

El proyecto “Creación del Servicio de Provisión de Agua para Riego en la Bocatoma y Canal Choctamalca” logró resultados significativos desde el punto de vista técnico, económico y social, a pesar de las dificultades presentadas durante su ejecución. El objetivo general del proyecto se orientó al fortalecimiento del sistema de riego en el centro poblado de Choctamalca, beneficiando de manera directa a 60 familias agricultoras y mejorando la eficiencia del riego en más de 59 hectáreas de terreno agrícola. Esta intervención respondió a la necesidad urgente de modernizar un sistema rústico que anteriormente presentaba pérdidas hídricas superiores al 35% y distribución ineficiente del recurso.

Desde el punto de vista físico-financiero, los avances registrados en las valorizaciones revisadas evidencian un cumplimiento acumulado cercano al 100%, lo cual refleja un nivel de ejecución óptimo respecto a lo programado. Las partidas más relevantes del proyecto, como el canal de conducción en tubería HDPE, las estructuras de captación, regulación y distribución del agua (bocatoma, tomas laterales, desarenador, aforador), así como obras complementarias (alcantarillas, pases aéreos, muro de contención y puente tipo canoa), fueron ejecutadas satisfactoriamente conforme a las especificaciones técnicas del expediente técnico. Estos resultados se lograron pese a suspensiones de plazo y ajustes contractuales que exigieron una planificación flexible y adaptabilidad técnica y social del equipo ejecutor.

Los procesos constructivos aplicados en el proyecto respondieron a estándares técnicos adecuados y actualizados. En el canal de conducción, se desarrolló una secuencia que incluyó el trazo y nivelación del terreno, excavación

manual y mecánica, colocación de cama de arena, instalación de tubería HDPE mediante termofusión, relleno lateral con material seleccionado y compactación por capas. Esta metodología permitió asegurar una conducción continua, con pendientes controladas y mínima pérdida por filtración. Estudios como el de Cabrera & Ponce (2024) respaldan la efectividad del uso de HDPE en zonas rurales, donde se estima que este tipo de tubería mejora la eficiencia hidráulica hasta en un 25% respecto a los canales tradicionales.

En la construcción de la bocatoma, se ejecutaron trabajos de voladura controlada debido a la presencia de roca no contemplada inicialmente en el expediente técnico. Se habilitó el terreno para fundación, se colocó concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ en estructuras hidráulicas, se instalaron compuertas metálicas, rejillas de captación y barandas de protección. El desarenador y el aforador tipo RBC fueron ejecutados con precisión técnica, permitiendo un adecuado control del caudal y eliminación de sedimentos antes de ingresar al canal principal. La inclusión de estas estructuras permite mejorar la calidad del agua conducida, al reducir sólidos suspendidos que afectan el rendimiento de los cultivos. Las tomas laterales se ejecutaron con vaciado de concreto, instalación de compuertas tipo tarjeta, y conexiones selladas con juntas asfálticas, contribuyendo a una distribución equitativa del recurso hídrico. En este punto, se destaca la ejecución del Adicional de Obra N.º 01, el cual permitió incorporar válvulas en puntos estratégicos del canal, ampliando la cobertura y mejorando la operatividad para los usuarios. Las alcantarillas permitieron mantener la continuidad vial sobre el trazo del canal, y los pases aéreos, ubicados en zonas de quebrada, fueron construidos con pórticos de concreto armado y tuberías de acero suspendidas, garantizando estabilidad

estructural y evitando intervenciones agresivas sobre el terreno natural. Finalmente, el muro de contención y el puente tipo canoa ofrecieron soluciones seguras ante riesgos geotécnicos y cruces fluviales, protegiendo tanto la infraestructura como las vías de acceso comunitario.

En cuanto a la gestión técnica, se aplicaron controles topográficos continuos, ensayos de compactación y resistencia del concreto, supervisión del proceso de termofusión de tuberías, y protocolos de seguridad conforme al Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo. Estos controles fueron determinantes para asegurar la calidad de la obra y reducir los riesgos constructivos. En línea con lo demostrado por Lizarraga & Santa Cruz (2022), quienes señalaron que el control de calidad disminuye en un 56% las fallas estructurales y mejora hasta en un 20% la eficiencia constructiva. Es así que la implementación rigurosa de controles en Choctamalca permitió cumplir con los estándares técnicos exigidos.

Desde el enfoque contractual y social, se presentaron tres suspensiones de plazo. La primera fue motivada por la ausencia del Plan de Manejo Arqueológico (PMA), un requisito indispensable de acuerdo con la normativa vigente. Las dos siguientes se derivaron de exigencias de la población beneficiaria, quienes solicitaron la incorporación de válvulas de salida adicionales a lo largo del canal para mejorar la cobertura del sistema. Estas solicitudes derivaron en paralizaciones temporales que fueron gestionadas mediante diálogo, actas de acuerdos y finalmente, mediante la aprobación del Adicional N.º 01, el cual representó el 5.15% del presupuesto contractual y una ampliación de 10 días calendario. Desde una perspectiva comparativa, el proyecto presenta resultados consistentes con estudios como el de Curi (2021), donde se reportó una mejora del 21.7% en

eficiencia hidráulica tras la rehabilitación de canales con tecnología moderna. En Choctamalca, al incorporar tubería HDPE, válvulas, estructuras de control y protección, se estima una eficiencia superior al 85%, contrastando con los antiguos sistemas de riego rústicos. Asimismo, investigaciones como las de Xiao & Jing (2024) resaltan que obras con verificación de pendientes y pruebas de laboratorio presentan un 92% de cumplimiento técnico frente al 68% en obras sin control estricto, situación alineada con los controles aplicados durante la ejecución de este proyecto.

Finalmente, se resalta que los resultados obtenidos validan la viabilidad técnica de implementar infraestructura hidráulica moderna en zonas rurales de difícil acceso. El cumplimiento casi total del presupuesto, la ejecución controlada de procesos constructivos, la capacidad de adaptación ante cambios técnicos y sociales, y el impacto positivo en la comunidad, demuestran que el proyecto Choctamalca representa un modelo replicable en contextos similares.

La experiencia acumulada a lo largo de la obra, tanto en el ámbito técnico como social, ofrece un valioso referente para futuros proyectos de irrigación en zonas altoandinas, donde los desafíos logísticos, sociales y naturales requieren una planificación flexible, control riguroso y capacidad de negociación efectiva para garantizar el éxito de las intervenciones.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La ejecución del proyecto “Creación del Servicio de Provisión de Agua para Riego en la Bocatoma y Canal Choctamalca” permitió aplicar principios técnicos de ingeniería hidráulica, procesos constructivos adecuados y mecanismos de control de calidad, logrando una infraestructura eficiente para la conducción y distribución del recurso hídrico, con una cobertura efectiva para 60 familias agricultoras en más de 59 hectáreas.

A pesar de las limitaciones técnicas, sociales y administrativas presentadas, como la falta de partidas para acarreo de materiales, las condiciones geológicas adversas no previstas (roca) y las demandas sociales para incluir válvulas adicionales, la obra logró culminar con un avance físico acumulado cercano al 100%, y una eficiencia hidráulica estimada superior al 85%, superando los estándares de sistemas de riego rústicos.

La implementación del Adicional de Obra N.º 01, que representó el 5.15% del presupuesto, fue clave para atender las necesidades de la comunidad. Este ajuste técnico mejoró la operatividad del canal y evitó prolongadas paralizaciones. La experiencia evidenció que la flexibilidad en la gestión de obra es crucial en proyectos rurales.

Los procesos constructivos ejecutados, como la excavación controlada, colocación de cama de arena, instalación de tuberías HDPE mediante termofusión, construcción de pases aéreos con pórticos de concreto armado y estructuras hidráulicas como el aforador RBC y el desarenador, garantizaron la durabilidad y eficiencia del sistema.

Se aplicaron buenas prácticas de control técnico y de calidad, como ensayos de compactación, pruebas de concreto, supervisión de pendientes y monitoreo topográfico, lo que permitió mantener un alto nivel técnico durante toda la ejecución.

Las tres suspensiones de plazo reflejan la importancia de la planificación preventiva y la gestión comunitaria en proyectos rurales. La capacidad de concertación y respuesta técnica a las exigencias sociales fue determinante para mantener la gobernabilidad del proyecto.

La obra constituye un modelo replicable para otras intervenciones hidráulicas en zonas altoandinas, donde las condiciones geográficas y sociales demandan soluciones flexibles, técnicamente sólidas y socialmente validadas

Recomendaciones

Incorporar en los estudios técnicos preliminares el análisis de condiciones geológicas detalladas, incluyendo ensayos de mecánica de suelos en zonas críticas, para evitar omisiones como la presencia de roca, que requirió voladuras no contempladas en el expediente original.

Incluir desde la fase de diseño partidas específicas para el acarreo de materiales excedentes, sobre todo en proyectos rurales donde los accesos son restringidos y el transporte manual o con bestias representa una dificultad logística significativa.

Aplicar protocolos de socialización temprana con las comunidades beneficiarias, para prever solicitudes no incluidas en el expediente, como la incorporación de válvulas de salida, lo cual podría evitar conflictos y paralizaciones futuras.

Estandarizar el uso de tuberías HDPE en zonas de difícil acceso o con suelos inestables, por su eficiencia hidráulica, facilidad de montaje y resistencia, lo cual ha sido validado en este proyecto con buenos resultados.

Fortalecer los sistemas de control de calidad en obra, asegurando ensayos de compactación, pruebas de resistencia del concreto, verificación de pendientes y controles semanales. Estos mecanismos garantizaron, en el caso de Choctamalca, un cumplimiento técnico superior al 90%.

Documentar las lecciones aprendidas de la obra e incorporarlas en futuras contrataciones y capacitaciones para residentes e inspectores de obra, promoviendo una gestión más proactiva y efectiva.

Promover desde las entidades públicas la estandarización de estructuras hidráulicas eficientes como el aforador RBC, el desarenador y tomas laterales con válvulas, así como soluciones estructurales como pasos aéreos con pórticos de concreto armado, que han demostrado alto rendimiento técnico y funcionalidad en contextos rurales.

Consolidar sistemas de monitoreo post ejecución que evalúen la sostenibilidad y funcionalidad de la infraestructura, mediante indicadores de uso, mantenimiento y satisfacción de usuarios, asegurando así el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible relacionados con seguridad alimentaria, acceso al agua y mejora de la calidad de vida rural.

REFERENCIAS

- Asalde, J. (2020). *Diseño del canal de riego con máximo eficiencia hidráulica mediante el software hec-ras, el tramo km 0+000 al km 3+085, en el distrito de Salas, región Lambayeque* [Universidad San Martín de Porres].
https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/6942/asalde_yjw.pdf
- Ashour, M., Mohamed, H., Abdou, A., & Abu, T. (2024). New approach for the rehabilitation of irrigation canals based on implementation priority. *Ain Shams Engineering Journal*, 15. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2024.102831>
- Autoridad Nacional del Agua. (2010). *Criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico: manual*. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/3135>
- Autoridad Nacional del Agua. (2015). *Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos*. <https://doi.org/S/F>
- Cabrera, J., & Ponce, N. (2024). Alternativa de uso de tubería de HDPE, en el diseño del canal de irrigación Margen Derecha denominado “Los Genios del Agro Moderno” del distrito de Carabamba – Julcán-La Libertad. In <https://gestionrepo.udep.edu.pe/items/e8fb9767-b946-487d-a0bd-233965c034a3>. Universidad de Piura.
- Castellanos, H., Collazos, C., Farfan, J., & Meléndez, F. (2017). Diseño y construcción de un canal hidráulico de pendiente variable. *Información Tecnológica*, 28(6), 103–114. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000600012>
- Collazo, F., & Araya, W. (2019). Modelo Hidráulico para Redes de Canales con Estructuras Hidráulicas. *Revista Tecnología En Marcha*, 32, 100–108. <https://doi.org/10.18845/tm.v32i7.4267>
- Curi, W. (2021). Propuesta técnica de solución para la eficiencia hidráulica del canal de irrigación Casa Blanca, distrito de Santiago, Ica – 2021. In https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/83068/Curi_CWZ-

SD.pdf?sequence=1. Universidad Cesar Vallejo.

Huachaca, N. (2024). Seguimiento y control en la ejecución de obras públicas. Revisión sistemática. *Revista de Climatología*, 24, 1988–1995.

<https://doi.org/10.59427/rcli/2024/v24cs.1988-1995>

Lizarraga, B., & Santa Cruz, L. (2022). Implementación de un SGSST para reducir los accidentes laborales en la Consultora y Constructora JAP S.A.C, Lima 2022

[Universidad César Vallejo]. In

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/97720/Lizarraga_VB_G-Santa%20Cruz_VLR-SD.pdf?sequence=4&isAllowed=y.

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/97720/Lizarraga_VB_G-Santa%20Cruz_VLR-SD.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Ma, Y., Liu, J., Li, G., Li, J., Yu, Z., & Zheng, H. (2024). Study on the influence parameters and anti-abrasion performance of steam-cured hydraulic concrete for prefabricated water conveyance channel. *Structural Concrete*.

<https://doi.org/10.1002/suco.202400799>

Ministerio de Economía y Finanzas. (2019). *Plan Nacional de Infraestructura para la competitividad*.

https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_privada/planes/PNIC_2019.pdf

Naciones Unidas. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*.

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/infrastructure/>

Salazar, I., & Kong, A. (2020). Comparación teórica-numérica de la sobrepresión generada en sistemas de tuberías de diámetro variable. *Obras y Proyectos*, 27, 78–

86. <https://www.scielo.cl/pdf/oyp/n27/0718-2813-oyp-27-0078.pdf>

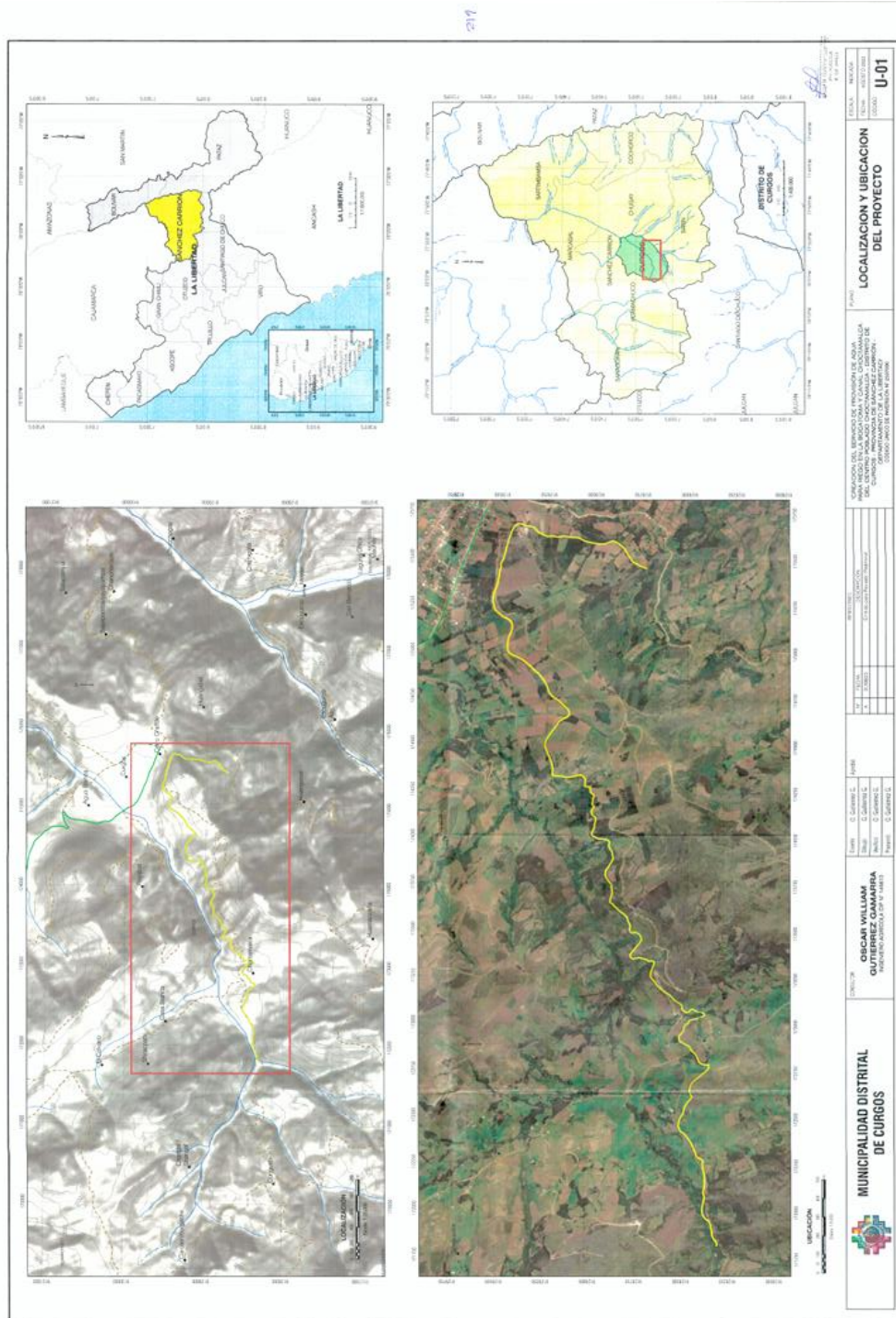
Universidad Privada Del Norte. (2024). *Código de ética para la investigación científica en la UPN*. <https://www.upn.edu.pe/sites/default/files/documentos/codigo-de-etica-para-la-investigacion-cientifica-en-upn.pdf>

Xiao, J., & Jing, D. (2024). Numerical Study on the Hydraulic and Mixing Performance

of Fluid Flow within a Channel with Different Numbers of Sector Bodies. *Water*,
16(17). <https://doi.org/10.3390/w16172451>

ANEXOS

ANEXO N° 1. Plano de ubicación del canal Choctamalca



ANEXO N° 2. Cronograma de ejecución tipo Gantt

