

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**ALTERNATIVAS DE UBICACIÓN DE BOCATOMA PARA UNA  
PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA FORZADA EN LA  
CUENCA DEL RÍO MANTARO**

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

Pedro Marcelo Salazar Sedano

**ASESOR:**

Miluska Anthuannet Rosas Barturen

Lima, Mayo, 2025

### Informe de Similitud

Yo, Miluska Anthuannet Rosas Barturén, docente del Departamento Académico de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis/el trabajo de investigación titulado


ALTERNATIVAS DE UBICACIÓN DE BOCATOMA PARA UNA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA FORZADA EN LA CUENCA DEL RÍO MANTARO,

del/del autor: Pedro Marcelo Salazar Sedano,

dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 22%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 13/05/2025.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima, 15 de mayo del 2025.

Apellidos y nombres de la asesora: <u>Rosas Barturén, Miluska Anthuannet</u>	
DNI: 45420446	Firma: 
ORCID: 0000-0002-3717-0172	

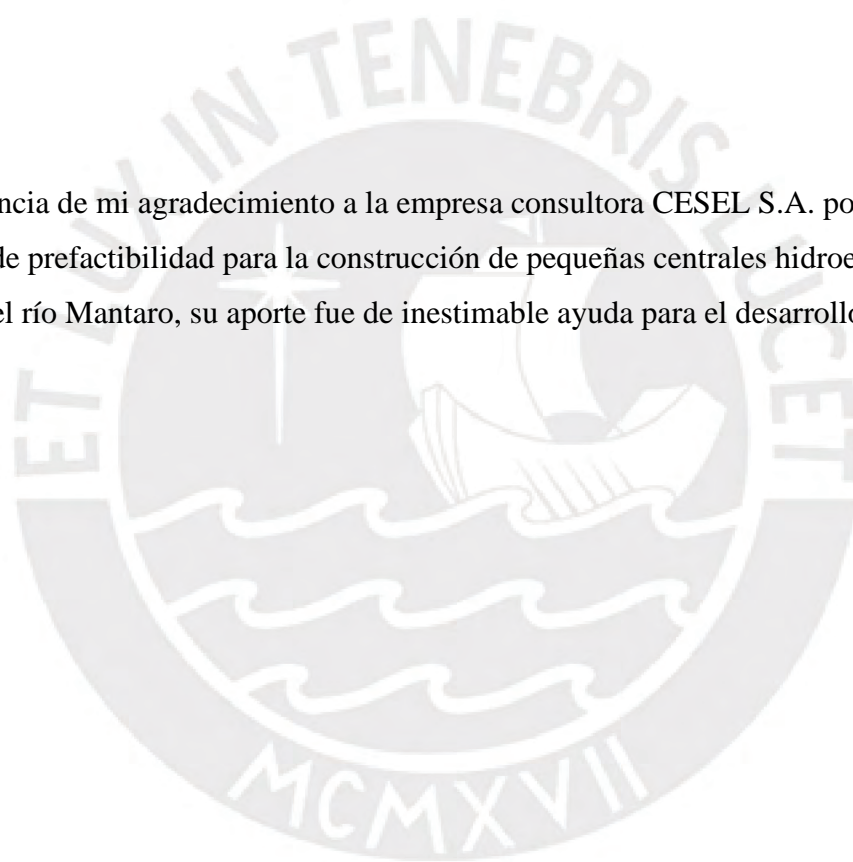
## Dedicatoria

A mi mamá, a mi papá, a mis hermanos, a mi asesora y a mis amigos.



## **Agradecimiento**

Dejo constancia de mi agradecimiento a la empresa consultora CESEL S.A. por el desarrollo de estudios de prefactibilidad para la construcción de pequeñas centrales hidroeléctricas en la cuenca del río Mantaro, su aporte fue de inestimable ayuda para el desarrollo de esta tesis.



## Resumen

El Perú es un país que cuenta con recursos energéticos aprovechables, como hídricos, solares, eólicos y fósiles. El agua y los ríos son fuente de generación hidroeléctrica la cual representó el 50% de la producción eléctrica del año 2022. Entre los habitantes, la distribución de la electricidad no es equitativa y 1.3 millones de personas no cuentan con electricidad, principalmente en zonas rurales.

En la presente tesis se desarrolla el estudio técnico y económico a nivel de prefactibilidad de la obra de captación para un proyecto de generación hidroeléctrica por medio de una pequeña central. Se evalúan 2 alternativas de ubicación para la captación del agua con fines de comparar las opciones basadas en el costo y escoger la más viable. El área de influencia del proyecto se ubica entre los departamentos de Junín y Huancavelica, inicia aguas abajo de la intersección de los ríos Canipaco y Vilca y termina a 1km aguas abajo de la confluencia de los ríos Vilca y Mantaro.

Para el diseño hidráulico de la bocatoma se emplearon ecuaciones de flujo rápidamente variado y de perfil continuo y para el diseño de la conducción ecuaciones de flujo uniforme permanente. En la alternativa 1 se empleó mayor uso de canales mientras en la 2 se usaron túneles. El costo directo de las alternativas 1 y 2 es S/ 38,901,748.64 y S/ 45,925,892.96 correspondientemente; Se escoge la alternativa 1 como la más viable por el menor costo.

Palabras clave: Pequeña central, bocatoma, vertedero, túnel de conducción, ventana de captación, costos, electricidad, alternativas de ubicación.

## Tabla de contenidos

Resumen .....	i
Tabla de contenidos .....	ii
Índice de figuras .....	iv
Índice de tablas .....	vi
Capítulo 1: Generalidades.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Antecedentes .....	2
1.3 Objetivos .....	4
1.1.1. Objetivo general.....	4
1.3.1 Objetivos específicos .....	4
1.4 Alcances .....	4
1.5 Justificación.....	5
Capítulo 2: Revisión de la Literatura.....	6
2.1 Características de la producción de electricidad.....	6
2.1.1 Demanda de la electricidad.....	6
2.1.2 Oferta de la electricidad.....	7
2.2 Mercado de energía eléctrica.....	8
2.2.1 Comparativa entre el mercado nacional y mundial.....	8
2.2.2 Tipos de generación de energía.....	11
2.2.3 Electricidad en América del sur.....	12
2.3 La electricidad en el Perú .....	14
2.3.1 Origen e historia de la electricidad en el Perú .....	14
2.3.2 Fuentes renovables en el Perú.....	15
2.3.3 Centrales hidroeléctricas en Perú.....	15
2.4 Selección de ubicaciones de bocatomas .....	17
2.4.1 Criterios para elegir la ubicación de bocatomas .....	17
2.4.2 Importancia de considerar los sedimentos en la elaboración del diseño.....	18
Capítulo 3: Metodología.....	19
3.1 Definir alternativas de ubicación para las bocatomas.....	20
3.2 Análisis hidráulico de bocatoma.....	21
3.2.1 Relación entre el Barraje Vertedero Fijo y el Móvil.....	21
3.2.2 Altura del barraje vertedero .....	22
3.2.3 Forma de la cresta del barraje vertedero .....	24
3.2.4 Abertura de la compuerta móvil .....	25
3.2.5 Diseño del colchón disipador.....	26
3.2.6 Diseño del enrocado de protección .....	31
3.2.7 Diseño de la ventana de captación .....	32
3.2.8 Diseño del desripiador .....	35

3.2.9	Diseño de la transición.....	35
3.3	Análisis de estabilidad estructural .....	36
3.3.1	Diseño de barrage vertedero fijo.....	37
3.3.2	Diseño de pilares.....	38
3.3.3	Diseño de muros de encauzamiento.....	38
3.4	Diseño del canal de conducción .....	39
3.5	Comparación de costos entre alternativas.....	41
Capítulo 4:	Resultados.....	45
4.1	Descripción del caso de estudio.....	45
4.2	Ubicaciones de las alternativas de bocatoma.....	45
4.3	Análisis hidráulico de bocatoma.....	48
4.3.1	Relación entre el Barraje Vertedero Fijo y el Móvil.....	49
4.3.2	Altura del barrage vertedero .....	50
4.3.3	Forma de la cresta del vertedero .....	51
4.3.4	Abertura de la compuerta móvil .....	52
4.3.5	Diseño del colchón disipador.....	53
4.3.6	Diseño del enrocado de protección .....	58
4.3.7	Diseño de la ventana de captación .....	59
4.3.8	Diseño del desripiador .....	63
4.3.9	Diseño de la transición.....	65
4.4	Análisis de estabilidad estructural .....	65
4.4.1	Diseño de barrage vertedero fijo.....	65
4.4.2	Diseño de pilares.....	67
4.4.3	Diseño de muros de encauzamiento.....	69
4.5	Diseño del canal de conducción .....	73
4.6	Metrados.....	76
4.7	Comparación de costos entre alternativas.....	79
4.7.1	Alternativa 1 .....	79
4.7.2	Alternativa 2 .....	80
Capítulo 5:	Conclusiones y recomendaciones .....	87
5.1	Conclusiones .....	87
5.2	Recomendaciones.....	89
Referencias	.....	90
Anexos	.....	93

## Índice de figuras

Figura 1: Esquema de pequeña central hidroeléctrica. (Fundación Red de Energía BUN-CA, 2018) .....	2
Figura 2: (izq. a der.) Ubicaciones y potencias instaladas de centrales RER no convencionales, centrales hidroeléctricas RER y centrales hidroeléctricas. Fuente: Elaboración propia, a partir de Jané & Olivera, 2013 & Tamayo & Salvador, 2016.....	3
Figura 3: Proceso de transformación de energía primaria. (Tamayo & Salvador, 2016).....	7
Figura 4: Comparación entre flexibilidad en el sistema de producción de energía y costos de operación. (Tamayo & Salvador, 2016) .....	8
Figura 5: Capacidad instalada de generación de electricidad en Perú, Latinoamérica y el mundo. Fuente: Elaboración propia, adaptado de Datosmacro, 2022b & Tamayo & Salvador, 2016. ....	9
Figura 6: Generación de electricidad en Perú, Latinoamérica y el mundo. Fuente: Elaboración propia, adaptado de Datosmacro, 2022b & Tamayo & Salvador, 2016.....	9
Figura 7: Consumo de electricidad per cápita en Latinoamérica al 2022. Fuente: Elaboración propia, a partir de Datosmacro, 2022a.....	10
Figura 8: Relación entre el consumo de electricidad y el PBI per cápita en el 2013. (Tamayo & Salvador, 2016) .....	10
Figura 9: Crecimiento de capacidad instalada por medio de generación. (Tamayo & Salvador, 2016) .....	11
Figura 10: Porcentaje de capacidad instalada por tipo de generación en cada continente y el promedio mundial para el año 2015. (Tamayo & Salvador, 2016).....	12
Figura 11: Porcentaje de producción de electricidad por medio de generación en el 2013, en Sudamérica. (Tamayo & Salvador, 2016).....	13
Figura 12: Ubicación de depósitos de sedimentos en un tramo curvo. (Lauterjung & Schmidt, 1989).....	20
Figura 13: Sección de río y relación entre longitudes de barraje vertedero fijo y móvil. Fuente: Elaboración propia.....	22
Figura 14: Energía sobre la cresta en sección de barraje fijo. Fuente: Elaboración propia. ....	22
Figura 15: Relación altura-caudal para las formas estándar de vertedero. (Chow, 1959).....	24
Figura 16: Forma estándar de vertedero WES. (Chow, 1959).....	25
Figura 17: Parámetros para el cálculo de la longitud del colchón dissipador. (Mansen, 2006) .....	26
Figura 18: Cálculo de la longitud del colchón dissipador mediante el método gráfico de U.S. Bureau of Reclamation. (Chow, 1959).....	28
Figura 19: Esquema del colchón dissipador y componentes para el cálculo de su espesor. (Arbulú, 2002).....	29
Figura 20: Esquema de pantalla impermeable y dentellón en barraje vertedero fijo. (Mansen, 2006).....	31
Figura 21: Enrocado al final de un colchón dissipador. (Mansen, 2006) .....	32
Figura 22: Parámetros para determinar condición de vertedero sumergido. (Krochin, 1986) .....	33
Figura 23: Fuerzas actuantes sobre barraje fijo. Fuente: Elaboración propia. ....	37
Figura 24: Fuerzas actuantes sobre pilar. Fuente: Elaboración propia. ....	38
Figura 25: Fuerzas actuantes sobre muros de encauzamiento. Fuente: Elaboración propia. ....	39
Figura 26: Sección típica de túnel tipo baúl. (Krochin, 1986).....	40
Figura 27: Áreas de influencia del proyecto de tesis y del proyecto de referencia para elaboración de índices. Fuente: Elaboración propia.....	44
Figura 28: Forma del río en el área a estudiar, sección del río Mantaro. Fuente: Extraído de Google earth. ....	45
Figura 29: Ubicación de bocatomas y conducción para la Alternativa 1. Fuente: Elaboración propia.....	46
Figura 30: Ubicación de bocatomas y conducción para la Alternativa 2. Fuente: Elaboración propia.....	47

Figura 31: Sección de río y relación entre longitudes de barraje vertedero fijo y móvil, unidades en metros. Fuente: Elaboración propia.....	50
Figura 32: Cálculo de altura de abertura de compuerta del barraje móvil empleando el software HCanales. Fuente: Elaboración propia.....	52
Figura 33: Parámetros para cálculo de tirantes y longitud de lecho amortiguador sin reducción de fondo. Fuente: Elaboración propia. ....	53
Figura 34: Parámetros para cálculo de tirantes y longitud de lecho amortiguador con reducción de fondo. Fuente: Elaboración propia. ....	55
Figura 35: Longitud en términos de la profundidad del tirante conjugado $y_2$ de resaltos en canales horizontales. (Chow, 1959).....	56
Figura 36: Diseño del colchón disipador y recorrido de infiltración para comprobar el espesor de la estructura. Fuente: Elaboración propia.....	57
Figura 37: Parámetros para el cálculo de la longitud del enrocado de protección empleando la ecuación de Bligh. Fuente: Elaboración propia.....	58
Figura 38: Parámetros para determinar condición de vertedero sumergido en una sección de la ventana de captación en época de estiaje. Fuente: Elaboración propia. ....	60
Figura 39: Esquema de la ventana de captación. Fuente: Elaboración propia. ....	61
Figura 40: Parámetros para determinar el caudal que capta la ventana en condición de orificio en época de creciente. Fuente: Elaboración propia. ....	62
Figura 41: Cálculo de caudal que pasa por orificio empleando el software HCanales. Fuente: Elaboración propia. .....	62
Figura 42: Cálculo de altura de abertura de compuerta del barraje móvil empleando el software HCanales. Fuente: Elaboración propia.....	63
Figura 43: Dimensiones de barraje fijo. Fuente: Elaboración propia. ....	67
Figura 44: Dimensiones de pilar. Fuente: Elaboración propia.....	68
Figura 45: Dimensiones del muro de encauzamiento. Fuente: Elaboración propia.....	70
Figura 46: Distribución de componentes del proyecto de captación de agua. Fuente: Elaboración propia. ....	71
Figura 47: Vistas de corte del proyecto de captación de agua. Fuente: Elaboración propia. ....	72
Figura 48: Cálculo del tirante de agua en el canal de conducción. Fuente: Elaboración propia.....	73
Figura 49: Sección típica del canal de conducción. Fuente: Propia.....	74
Figura 50: Sección típica de túnel. Fuente: Elaboración propia. ....	75
Figura 51: Sección típica de excavación en barraje móvil. Fuente: Elaboración propia. ....	76
Figura 52: Sección típica de excavación en barraje fijo. Fuente: Elaboración propia. ....	77
Figura 53: Sección típica de corte y relleno para muros de encauzamiento. Fuente: Elaboración propia. ....	77
Figura 54: Sección típica de corte y relleno a lo largo del canal de conducción. Fuente: Elaboración propia. .	78

## Índice de tablas

Tabla 1: Compartaiva de potencia instalada en C.H. y C.H. RER. Entre el Perú y Lima y distritos adyacentes. Fuente: Elaboración propia.....	5
Tabla 2: Coeficiente de electrificación en Sudamérica en 2022. (Banco Mundial, 2022a, 2022b, 2022c). .....	13
Tabla 3 : Potencial de generación de energía por medios renovables en el Perú al año 2021. (IRENA, 2022). 15	
Tabla 4: Coeficientes de Bligh, dependen de la granulometría de los sedimentos que transporta el río. (Mansen, 2006) .....	32
Tabla 5: Coeficientes de Krochin para diseño de túneles. (Krochin, 1986).....	41
Tabla 6: Listado de partidas del presupuesto del proyecto. Fuente: Elaboración propia.....	42
Tabla 7: Caudales medios mensuales en la cuenca del Río Mantaro a lo largo de los años y cálculo del caudal de diseño. (CESEL Ingenieros, 2013) .....	48
Tabla 8: Valores de densidades en el cálculo de fuerzas sobre las estructuras hidráulicas.....	65
Tabla 9: Dimensiones para el diseño del barraje fijo.....	65
Tabla 10: Valores de fuerzas actuantes sobre el barraje fijo.....	65
Tabla 11: Dimensiones para el diseño de pilares.....	67
Tabla 12: Valores de fuerzas actuantes sobre los pilares.....	67
Tabla 13: Dimensiones para el diseño de muros de encauzamiento.....	69
Tabla 14: Valores de fuerzas actuantes sobre los pilares.....	69
Tabla 15: Longitudes de canal y túnel de conducción para ambas alternativas. Fuente: Elaboración propia....	76
Tabla 16: Resultados y diferencia de metrados para excavación y relleno en las bocatomas para las alternativas 1 y 2.....	77
Tabla 17: Resultado de metrado de obras de concreto para la alternativa 1.....	78
Tabla 18: Resultados y diferencia de metrados para corte y relleno en los canales y túneles de conducción para las alternativas 1 y 2.....	78
Tabla 19: Valorización de alternativa de ubicación de bocatoma n°01. Fuente: Elaboración propia.....	79
Tabla 20: Valorización de alternativa de ubicación de bocatoma n°02. Fuente: Elaboración propia.....	80
Tabla 21: Comparación del costo de los elementos de ambas alternativas.....	82
Tabla 22: Presupuesto del proyecto de referencia para una pequeña central hidroeléctrica en la cuenca del río Mantaro. Fuente: CESEL Ingenieros, 2013.....	83
Tabla 23: Costo directo por elementos del proyecto de referencia en dólares estadounidenses y soles. Fuente: Elaboración propia. ....	84
Tabla 24: Índice del costo por m3 de concreto para la bocatoma en ambas alternativas, comparación con el proyecto de referencia y desviación porcentual del índice. Fuente: Elaboración propia.....	84
Tabla 25: Índice del costo por metro lineal de canal de conducción en ambas alternativas, comparación con el proyecto de referencia y desviación porcentual del índice. Fuente: Elaboración propia.....	85
Tabla 26: Índice del costo por metro cúbico de shotcrete para el túnel de conducción en ambas alternativas, comparación con el proyecto de referencia y desviación porcentual del índice. Fuente: Elaboración propia.....	85
Tabla 27: Resumen de resultados de índices de costo para el proyecto de referencia, ambas alternativas y porcentaje de desviación. Fuente: Elaboración propia. ....	86

# Capítulo 1: Generalidades

## 1.1 Introducción

El Perú es un país con gran potencial de generación de energía eléctrica, además, cuenta con diferentes fuentes de origen; En el año 2022 la producción eléctrica a nivel nacional fue 50% hidráulica, 46% térmica, 1% solar y 3% eólica (Ministerio de Energía y Minas, 2023). La electricidad se transmite a través de un Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN), cuyo objetivo es proveer un suministro eléctrico continuo pues es fundamental en el desarrollo de la sociedad moderna.

La centralización es un problema que afecta al Perú, su capital, el departamento de Lima, cuenta con un tercio de la población y produce el 43% del producto bruto interno del país (INEI, 2023). En Lima se han aglomerado industrias, fábricas, servicios y habitantes; Se ha convertido en un centro económico que atrae más capital e inhibe el desarrollo de otras regiones que no pueden competir con las grandes industrias en Lima. El 85% de la electricidad se produce en Lima y sus departamentos adyacentes, se exporta la energía hacia zonas geográficas que cuentan con recursos energéticos no minados. El servicio eléctrico que se recibe es intermitente, de baja confiabilidad y a precios unitarios similares a los de la capital, no correspondiente al ingreso económico de las personas. En consecuencia, se reducen las inversiones oportunas, restando competitividad, trabajo y desarrollo.

Tomando en cuenta las características geográficas de diferentes regiones del Perú se pueden generar proyectos de energía renovable descentralizada. La presente tesis plantea un estudio para determinar la mejor alternativa de inversión en un proyecto de generación hidroeléctrica mediante una pequeña central. El diseño contempla partes de la bocatoma como barraje fijo, barraje móvil, ventana de captación, colchón disipador, enrocado de protección, desripador, la transición, pilares y muros de contención además del canal y túnel de conducción. El área de influencia se ubica entre los departamentos de Junín y Huancavelica, inicia aguas abajo de la intersección de los ríos Canipaco y Vilca y termina a 1km aguas abajo de la confluencia de los ríos Vilca y Mantaro.

## 1.2 Antecedentes

El esquema de una pequeña central hidroeléctrica se compone de la presa, el canal de conducción, la cámara de carga, la tubería forzada y la central de generación, como se aprecia en la figura 1:



Figura 1: Esquema de pequeña central hidroeléctrica. (Fundación Red de Energía BUN-CA, 2018)

En el año 2013 la empresa consultora CESEL S.A. elaboró estudios básicos de prefactibilidad de pequeñas centrales hidroeléctricas en la subcuenca del río Vilca, zona donde se realiza el estudio de la presente tesis, en la cuenca del río Mantaro. Como parte de la investigación se desarrollaron estudios geológicos, topográficos e hidrológicos para determinar los caudales de diseño y retorno.

Del total de energía producida en Perú el 50% es generada con recursos hídricos, los tipos de centrales de generación se pueden clasificar en dos: centrales hidroeléctricas (convencionales) y centrales hidroeléctricas de recursos energéticos renovables (RER). Estas centrales se identifican así, RER, cuando la capacidad instalada no sobrepasa de los 20 MW (Osinergmin, 2008). Las ubicaciones y potencias instaladas de las centrales hidroeléctricas, centrales hidroeléctricas RER y centrales RER no convencionales (solar, eólica, biomasa / biogás) se muestran en la figura 2:



## **1.3 Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo general**

Desarrollar el estudio técnico y económico a nivel de prefactibilidad de la obra de captación para un proyecto de generación hidroeléctrica ubicado en la provincia de Moya, distrito de Huancavelica, se evalúan 2 alternativas de ubicación para la captación del agua a fin de comparar las opciones basadas en el costo y escoger la más viable.

### **1.3.1 Objetivos específicos**

- Definir dos ubicaciones de bocatomas y una ubicación de cámara de carga.
- Diseñar las estructuras hidráulicas de cada alternativa a partir de la metodología planteada e información hidrológica.
- Desarrollar el esquema del canal de conducción a partir de cada alternativa de ubicación de bocatoma hacia la cámara de carga.
- Elaborar un análisis de costo por alternativa e incluir un análisis comparativo con índices de proyectos similares para seleccionar la alternativa más viable.

### **1.4 Alcances**

Tomando como base los datos hidrológicos del estudio mencionado en los antecedentes de esta tesis se diseñaron las obras civiles de captación y transporte de agua. Una vez completado el diseño hidráulico preliminar, se calcularon los costos y presupuestos de las alternativas. Finalmente, estos se compararán para escoger la opción más económicamente viable.

El diseño de las obras civiles inicia definiendo dos alternativas de ubicación de toma de agua y una alternativa de cámara de carga. Luego se desarrolla el diseño hidráulico de las obras de captación y se plantea el recorrido del canal de conducción o túnel desde las bocatomas hacia la cámara de carga. Las obras civiles que se contemplan en el diseño son el barraje fijo y móvil, el colchón disipador, el enrocado de protección, la ventana de captación, el desripador, la transición, el canal y el túnel de conducción.

Los costos y presupuestos se desarrollan por alternativa y se elaboran índices de costo por m<sup>3</sup> de concreto y costo por metro lineal de canal de conducción; Dichos índices se comparan con los costos de un proyecto similar para determinar la opción más viable.

### 1.5 Justificación

Es importante aprovechar los recursos de la naturaleza de forma limpia y eficiente, una central hidroeléctrica es una de las mejores formas de utilizar los ríos pues son una fuente continua de energía renovable. Las pequeñas centrales requieren bajo costo de mantenimiento, el proceso de instalación es conocido y aportan una cantidad de energía que depende, entre otras condiciones, del caudal de diseño.

La problemática principal para este desarrollo energético independiente es la centralización de la energía. Perú es un país centralizado alrededor de su capital, Lima, por ello la producción de energía necesaria para sostener la infraestructura y los negocios también se encuentra centralizada. Solo en el departamento de Lima se consume el 35% del total de consumo energético al año 2022 (Ministerio de Energía y Minas, 2023).

La producción de energía en el Perú está distribuida principalmente alrededor de las grandes ciudades en la región costera (ver Figura 2). Además, observamos que solo en Lima están ubicadas 12 centrales hidroeléctricas (entre convencionales y RER), lo que demuestra una producción centralizada. Así mismo, si se compara la potencia instalada total en el país con la instalada en Lima y sus distritos adyacentes, como se aprecia en la tabla 1, el potencial de generación instalado en la zona central es del 85%, dejando en evidencia la centralización energética peruana hacia su capital.

Tabla 1: *Compartaiva de potencia instalada en C.H. y C.H. RER. Entre el Perú y Lima y distritos adyacentes. Fuente: Elaboración propia.*

	Potencia Instalada (MW)	Porcentaje %
Potencia Instalada en C.H.	4094.80	95%
Potencia Instalada en C.H. de Recursos Energéticos Renovables (RER)	217.70	5%
Potencia Instalada C.H. y C.H. RER	4312.50	100%
Potencia Instalada C.H y C.H. RER en el departamento de Lima y adyacentes (Ancash, Huánuco, Pasco, Junín, Huancavelica)	3664.90	85%

La presente tesis plantea que el desarrollo de estudios técnicos oportunos en zonas con ríos, como es el caso del río Vilca en Huancavelica, establecerá la base necesaria para la construcción de proyectos energéticos, lo que resultaría en un desarrollo descentralizado de la electricidad en el Perú.

## **Capítulo 2: Revisión de la Literatura**

Antes de conocer las fórmulas y operaciones necesarias para el diseño de una bocatoma y un canal de conducción, se debe tener en cuenta la historia y el contexto que tiene este modelo de obtención de energía eléctrica:

### **2.1 Características de la producción de electricidad**

La electricidad no se puede almacenar en gran escala con costos viables, por ello, su consumo se lleva a cabo de forma inmediata, ante incrementos de demanda o fallas en el sistema, se debe contar con una reserva de contingencia. Es considerada como una fuente de energía secundaria, pues se genera a partir del consumo de fuentes de energía primaria: carbón, petróleo, energía nuclear, cinética y potencial gravitatoria como la del agua. Su desarrollo se vincula con el desarrollo de las demás industrias.

A pesar de contar con un suministro continuo y confiable, registra limitaciones vinculadas al alcance que su infraestructura de generación y transporte, convirtiéndola en una comodidad local.

#### **2.1.1 Demanda de la electricidad**

La demanda eléctrica ha sido analizada desde 2 enfoques, el primero orientado a la demanda eléctrica a nivel agregado (empresas mineras) y el segundo enfoque se centra en la demanda a nivel de agentes demandantes como hogares y comercios (Bendezú et al., 2004). La demanda eléctrica de los hogares se basa en los requerimientos de los artefactos eléctricos, que proporcionan al consumidor refrigeración, iluminación, calefacción, ventilación, etc. Se convierte en un servicio vital para el desarrollo normal de sus actividades. En tal manera, el consumo de electricidad está relacionado en la adquisición de bienes durables, la cantidad que se posee y el nivel de eficiencia de estos equipos electrónicos (Bendezú & Gallardo, 2006; Mamani, 2005). La demanda en los comercios e industrias se categoriza como un bien

intermedio de los procesos de producción, debido a que requieren de una fuente continua de energía sostenible y rentable que satisfaga sus necesidades operativas.

### 2.1.2 Oferta de la electricidad

Para proveer electricidad a los usuarios se cuenta con tres partes físicas (generación, transmisión y distribución) y una de carácter comercial (Tamayo & Salvador, 2016). La generación es la primera tarea en la producción de la electricidad, se transforman las fuentes de energía primaria mediante procesos de inducción electromagnética. La escala de la demanda por electricidad promueve a la competencia en el sector de generación, y de acuerdo con la disponibilidad de recursos se podrá contar con diversificación en los modos de producción. Una industria diversificada cuenta con diferentes medios de producción a distintas escalas: combustibles fósiles, centrales hidroeléctricas, solares, térmicas, eólicas, nucleares, entre otras. Más adelante, se verá que son pocos los lugares donde se cuenta con verdadera diversidad de medios de producción, y que la gran mayoría de sistemas aun dependen de la quema de combustibles fósiles para la demanda que poseen. En la figura 3 se presentan las fuentes de transformación de energía primaria para su uso final.



Figura 3: Proceso de transformación de energía primaria. (Tamayo & Salvador, 2016)

Durante el proceso de generación existe otro concepto llamado flexibilidad operacional que determina el costo y la facilidad con la que se puede aumentar la producción de acuerdo con los cambios en la demanda. De acuerdo con la figura 4, las industrias fósiles tienen la menor flexibilidad operacional pero también cuentan con bajo costo operativo mientras que la producción de una central hidroeléctrica posee alta flexibilidad a la par de bajo costo.

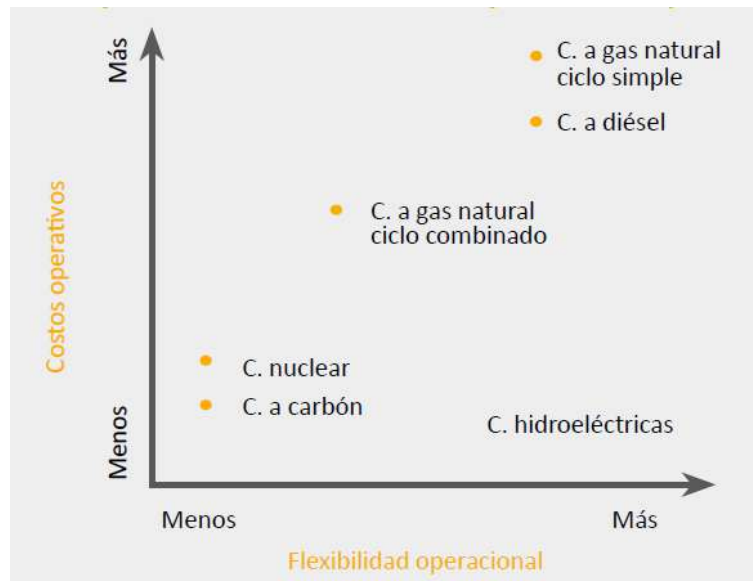


Figura 4: Comparación entre flexibilidad en el sistema de producción de energía y costos de operación. (Tamayo & Salvador, 2016)

La transmisión eléctrica es la etapa donde se traslada la electricidad desde los centros de producción hacia las zonas de consumo final, los sistemas de transporte se componen por líneas de transmisión, subestaciones, torres entre otros. En la distribución se traslada la electricidad hacia los consumidores finales utilizando redes eléctricas de media y baja tensión.

El sector comercialización, al igual que el de generación, posee características altamente competitivas, lo que permite una gran cantidad de operadores en el mercado. En el Perú, la cantidad de agentes mayoristas permiten que los consumidores escojan a sus proveedores y el grado de servicio que requieren.

## 2.2 Mercado de energía eléctrica

### 2.2.1 Comparativa entre el mercado nacional y mundial

Según datos propuestos por la Gerencia de Políticas y Análisis Económico (GPAE) de Osinergmin y la página web de consulta de datos Datosmacro.com, en el 2022, la capacidad instalada de generación eléctrica en el mundo fue 8467 giga watts (GW). La mayor porción se concentró en Asia, 52% del total del mundo, seguida por Europa que concentró el 21% y Norteamérica el 17%. Centro y Sudamérica solo representaron el 5.2% de la capacidad mundial, siendo Argentina y Brasil los países que contaron con mayor capacidad. Perú apenas represento el 0.2% de la capacidad instalada mundial. La evolución de la capacidad instalada

de generación de electricidad en Perú, Latinoamérica y el mundo se presenta en la siguiente figura.

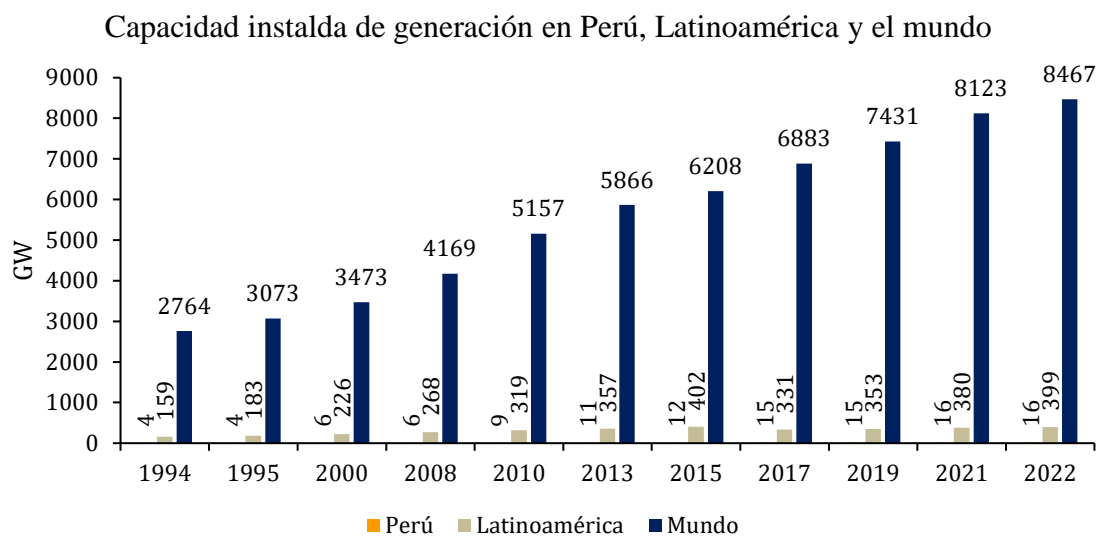


Figura 5: Capacidad instalada de generación de electricidad en Perú, Latinoamérica y el mundo. Fuente: Elaboración propia, adaptado de Datosmacro, 2022b & Tamayo & Salvador, 2016.

Se estima que la generación de electricidad a nivel mundial en el año 2015 fue de 28586 Tera watts por hora (TWh). El continente con mayor participación fue nuevamente Asia con 56%, seguido por Norteamérica con 18%, Europa 17% y Centro y Sudamérica con 5%.

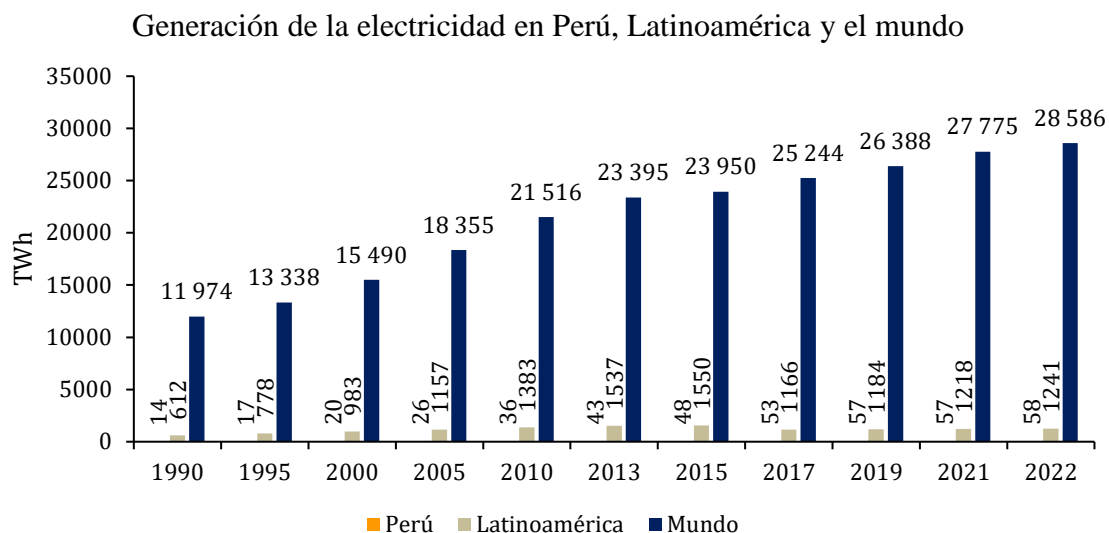


Figura 6: Generación de electricidad en Perú, Latinoamérica y el mundo. Fuente: Elaboración propia, adaptado de Datosmacro, 2022b & Tamayo & Salvador, 2016.

En los últimos 30 años el crecimiento de la economía mundial se dio en paralelo con el incremento en la demanda de energía eléctrica. En el mundo se pasó de consumir 11260 TWh

a 26550 TWh (aumento de casi el 140%), mientras que en el Perú la demanda creció en más del 300%, pasó de 10.7 TWh en 1992 a 50.8 TWh en el 2022.

En cuanto a consumo per cápita de electricidad, Perú se encuentra muy por debajo del promedio mundial, en Latinoamérica solo está por encima de Bolivia, mientras que solo Chile contó un consumo por encima del promedio mundial.

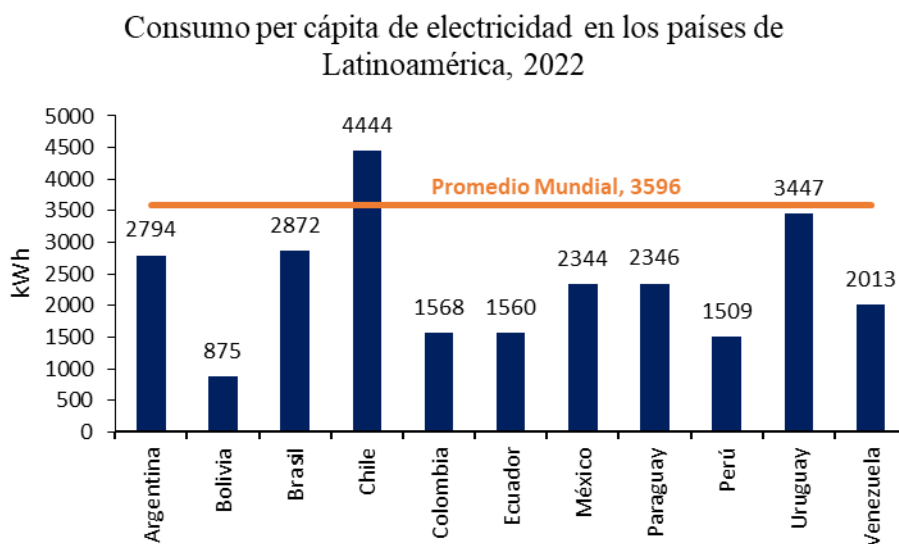


Figura 7: Consumo de electricidad per cápita en Latinoamérica al 2022. Fuente: Elaboración propia, a partir de Datosmacro, 2022a.

Por otro lado, se muestra la relación que existe entre el Producto Bruto Interno (PBI) y el consumo per cápita. En el gráfico, a medida que aumenta el PBI, también aumenta el consumo; Países como Noruega y Catar lideran en ingresos y consumo de electricidad simultáneamente, mientras que Perú con un PBI más bajo posee un consumo inferior en comparación con los demás países.

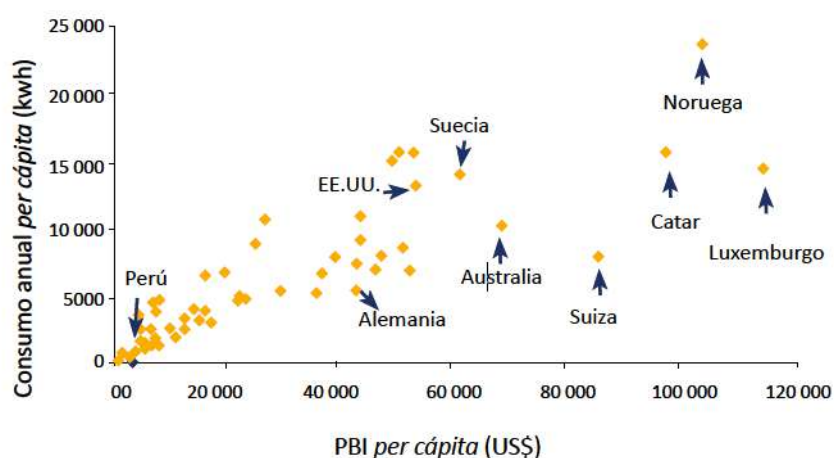


Figura 8: Relación entre el consumo de electricidad y el PBI per cápita en el 2013. (Tamayo & Salvador, 2016)

### 2.2.2 Tipos de generación de energía

Con el paso del tiempo se han dispuesto de muchas tecnologías para obtener energía eléctrica; Tradicionalmente la quema de combustibles fósiles ha sido la principal de las formas de producción pues posee uno de los menores costos de inversión, pero se encuentra asociada a un mayor nivel de contaminación ambiental, mientras las fuentes de energía más amigables con el medio ambiente se generaban a costos superiores. Además de escoger el modo de producir, una nación debe tener en cuenta cuales son los recursos que dispone para la generación de electricidad. En la Figura 10 se muestra el porcentaje de capacidad instalada por tipo de generación en cada continente y el promedio mundial para el año 2015.

A nivel mundial, en promedio, los combustibles fósiles continúan siendo la principal fuente de generación energética seguido por la hidroeléctrica. En Europa y Norteamérica hay mayor capacidad de generación empleando plantas nucleares, mientras que en Sudamérica la mayoría de naciones depende de la energía hidroeléctrica como principal fuente de generación de electricidad.

Cuando se compara la evolución de la capacidad instalada a lo largo de los años, se aprecia que la generación por medio de combustibles fósiles continúa en aumento, mientras que energías como la nuclear se mantuvieron sin cambios considerables. La generación por medio de energías solar, eólica o mareomotriz aumentaron su capacidad debido a acuerdos como el Protocolo de Kioto adoptado en el año 1997, que buscaba reducir la contaminación generada por la quema de combustibles fósiles.

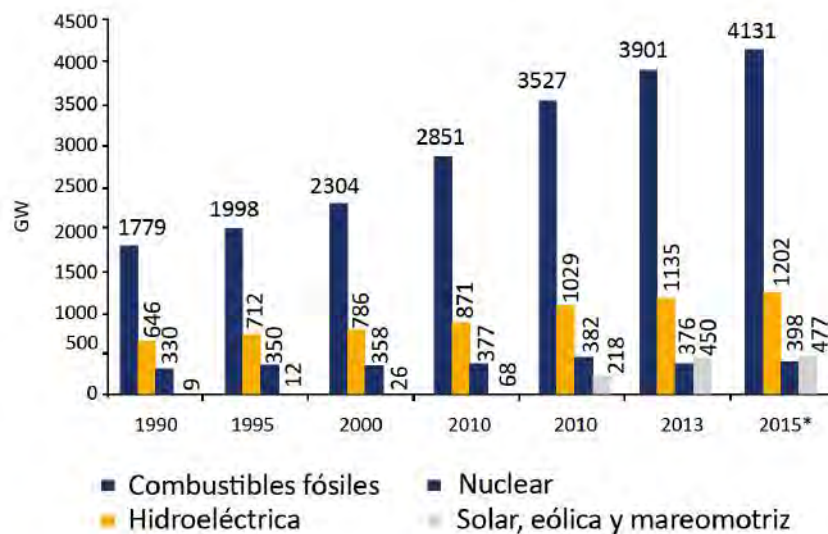


Figura 9: Crecimiento de capacidad instalada por medio de generación. (Tamayo & Salvador, 2016)

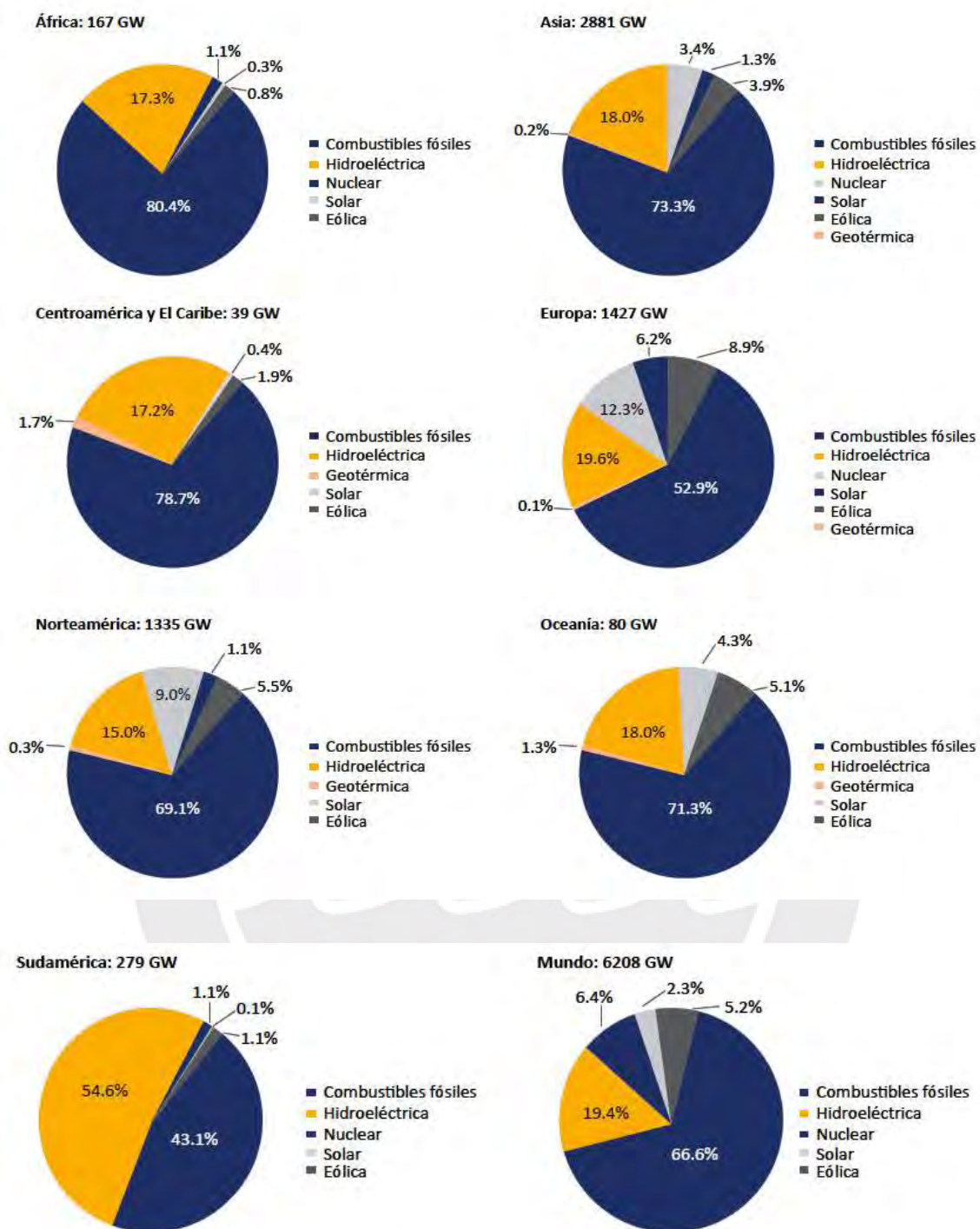


Figura 10: Porcentaje de capacidad instalada por tipo de generación en cada continente y el promedio mundial para el año 2015. (Tamayo & Salvador, 2016)

### 2.2.3 Electricidad en América del sur

Como reflejo del avance económico que se vivió desde los años 90 la producción de la electricidad ha crecido 2.5 veces en la región (1990-2013), a nivel de países, los que presentaron una mayor tasa de crecimiento promedio anual fueron Chile (6.2%), Bolivia (6%),

Ecuador (5.8%) y Perú (5.1%). La mayor participación en producción eléctrica es por parte de Brasil (50.7%), Argentina (12.5%) y Venezuela (10.9%).

Como se señaló anteriormente, Sudamérica no depende de los combustibles fósiles como principal fuente de generación de electricidad, se destacan países como Brasil donde el 68% de su generación proviene de fuentes hidroeléctricas y Paraguay donde es el 100%, convirtiéndolo en el único país de Sudamérica con energía eléctrica 100% renovable y limpia.

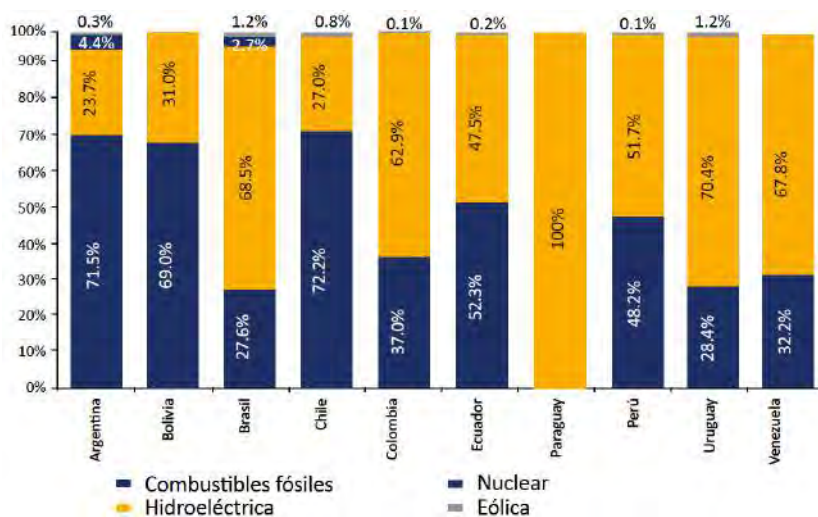


Figura 11: Porcentaje de producción de electricidad por medio de generación en el 2013, en Sudamérica. (Tamayo & Salvador, 2016)

Sobre los coeficientes de electrificación urbana y rural, en base a datos del Banco Mundial, en el año 2022 Perú registro 1.3 millones de personas sin electricidad. Esta cantidad fue la mayor en toda Sudamérica, además presentó un coeficiente de electrificación urbana de 96.20% y uno rural de 85.10%, el más bajo de la región. Se muestra en la siguiente tabla el coeficiente de electrificación tanto en la zona urbana como en la zona rural.

Tabla 2: Coeficiente de electrificación en Sudamérica en 2022. (Banco Mundial, 2022a, 2022b, 2022c).

País	Población sin electricidad (millones)	Coeficiente nacional de electrificación	Coeficiente de electrificación urbana	Coeficiente de electrificación rural
Argentina	0	100.00%	100.00%	100.00%
Bolivia	0.01	99.90%	100.00%	95.60%
Brasil	0	100.00%	100.00%	97.30%
Chile	0	100.00%	100.00%	100.00%
Colombia	0	100.00%	100.00%	100.00%
Ecuador	0	100.00%	100.00%	100.00%
Paraguay	0	100.00%	100.00%	100.00%
<b>Perú</b>	1.3	96.20%	99.00%	85.10%
Uruguay	0	100.00%	100.00%	100.00%
Venezuela	0	100.00%	100.00%	100.00%

## **2.3 La electricidad en el Perú**

### **2.3.1 Origen e historia de la electricidad en el Perú**

Centrando la investigación en el Perú, es importante mencionar un poco de la historia de la electricidad en nuestro país. La electricidad en el Perú tuvo sus inicios en Huaraz en 1884, donde se asentó la empresa minera Tarijas, que necesitó de una central hidroeléctrica para desempeñar sus actividades. En 1886, el gobierno de la época, con Andrés A. Cáceres como presidente, inauguró el alumbrado de la Plaza de Armas y de algunas calles del centro de Lima, la electricidad se generaba en una planta de vapor con un motor único de 500 HP. El uso de la electricidad se expandió a otras ciudades del país, en 1898 Arequipa inaugura el alumbrado público de su Plaza de Armas, la generación provenía de una planta hidroeléctrica a orillas del río Chili. Luego, se empezaron a impulsar proyectos para electrificar ciudades enteras, primero el Callao en 1901, luego Lima en 1902. Chosica, en 1903, construyó su primera central hidroeléctrica y Arequipa, en 1905, se compromete a impulsar la electrificación en su ciudad con la central hidroeléctrica de Charcani. En 1906, el sector eléctrico se convierte en un monopolio con la formación de Empresas Eléctricas Asociadas (EEA), esta estandariza las redes de distribución de las empresas que antes tenían sus características propias.

En 1912, se funda la Empresa Eléctrica de Tacna que abastece a dicho distrito, además se instala el ferrocarril Tacna – Arica (Ariel & Incháustegui, 2007). Arequipa instala sus tranvías eléctricos que se mantienen en funcionamiento hasta el año 1963. En Cusco, se construye la central hidroeléctrica en Qorimarca en 1914, en Cerro de Pasco las empresas mineras y ferroviarias construyeron, en 1915, centrales hidroeléctricas en el distrito para desarrollar sus actividades.

El crecimiento del servicio eléctrico continuó a un ritmo constante hasta mediados de los años treinta, cuando la demanda comenzó a superar a la capacidad disponible (Tamayo & Salvador, 2016) especialmente en Lima, donde se observó un crecimiento poblacional desproporcionado. Para remediar estos problemas se empieza a construir centrales hidroeléctricas e instalar líneas de transmisión de alta tensión. Eventos como la Segunda Guerra Mundial significaron un beneficio económico debido al aumento de la necesidad de materia prima que requerían los aliados, la actividad minera aumentó en Cerro de Pasco donde se construyeron líneas de transmisión para proveer de energía a las minas. A mediados de los cuarenta se formula el

Código de Electricidad Nacional con el fin de regular los temas relacionados a la seguridad en la industria eléctrica y a mediados de los cincuenta se inicia la legislación en el sector eléctrico.

### 2.3.2 Fuentes renovables en el Perú

“Perú es un país privilegiado de contar con gran cantidad de potencial de generación de energía renovable debido a gran la variabilidad en el contexto medioambiental. Esto le otorga la capacidad de brindar energía mediante fuentes alternativas al gas natural y a las grandes hidroeléctricas” (Tamayo & Salvador, 2016). En 2022 la Agencia Internacional de las Energías Renovables (Irena) evaluó la capacidad de generación energética de fuentes renovables en Perú, los resultados de capacidad de generación se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 3 : *Potencial de generación de energía por medios renovables en el Perú al año 2021. (IRENA, 2022)*

Fuente	Capacidad	Aplicación
Hidroeléctrica	5 490 MW	Electricidad
Solar	336 MW	Electricidad
Eólica	409 MW	Electricidad
Bioenergía	185 MW (biomasa) 10 MW (biogás)	Electricidad

### 2.3.3 Centrales hidroeléctricas en Perú

El Perú es históricamente un país cuyo principal medio para generar energía eléctrica han sido las centrales hidroeléctricas (Moncada, 2012). Hasta los años noventa del siglo anterior, las centrales hidroeléctricas representaban el 90% de la energía producida, en el 2007 este porcentaje descendió a un 72% y en 2011 fue 52%. La reducción fue producto de la impulsión del uso del gas natural por el estado peruano, incrementando la quema de combustibles fósiles.

Las centrales hidroeléctricas en el Perú han sido generalmente “de pasada” o “pass through” y “pie de presa”. Las centrales *pass through* son aquellas en las que existen kilómetros de distancia entre la ubicación de captación y la de devolución de agua. Por otro lado, en las centrales de *pie de presa* la distancia corresponde al ancho de la pared del embalse. Para la construcción de estas centrales se deben realizar proyectos como obras subterráneas, túneles de trasvase y presas de derivación, además, se aprovechan las altas caídas de agua y se emplean reservorios relativamente pequeños para minimizar el impacto ambiental (Moncada, 2012).

En el Perú se aprovechan los recursos del agua empleando centrales hidroeléctricas, así como pequeñas centrales hidroeléctricas. Las principales diferencias entre una central hidroeléctrica y una pequeña central son la capacidad de generación, el tipo de uso, costo, número de equipos mecánicos, etc. “Las centrales hidroeléctricas en el Perú tienen la capacidad de ofrecer electricidad a distritos enteros mientras las pequeñas centrales abastecen a pequeños pueblos que se encuentren a corta distancia de la pequeña central, cuando la distancia sea mayor a 800 metros será necesaria la instalación de una red en media o alta tensión” (Sánchez et al., 2010).

De forma general, las centrales son el efecto de la intervención del hombre sobre los procesos naturales del río mediante la construcción de diferentes estructuras hidráulicas (Krochin, 1986). El diseño de una pequeña central hidroeléctrica es el resultado de un trabajo ingenieril en equipo incluyendo las especialidades de hidrología, hidráulica, estructuras, electricidad, mecánica, geología y estudios medioambientales (Ramos et al., 2000). La Autoridad Nacional del Agua (ANA) plantea las siguientes consideraciones importantes sobre el diseño:

- El caudal de retorno debe corresponder con el máximo en un período de 100 años; Según la importancia del proyecto se toman periodos de retorno cada vez mayores.
- Se debe incluir un canal de limpia gruesa o desrapiador para limitar el ingreso de materiales sólidos. Se debe ubicar frente a las ventanas de captación y estar complementado por un conducto de purga que descarga el caudal hacia la poza del barraje móvil.
- Se debe considerar que la captación debe ser continua aún en época de estiaje manteniendo un tirante constante durante todo el año, para ello se utilizan compuertas móviles que regulen la altura del agua.
- Se debe contar con una estructura vertedora que permita el paso del caudal máximo de diseño, muros de encauzamiento que contengan la longitud del resalto hidráulico y una protección de enrocado aguas abajo.

## 2.4 Selección de ubicaciones de bocatomas

### 2.4.1 Criterios para elegir la ubicación de bocatomas

La elección de la ubicación de la bocatoma debe seleccionarse tomando en cuenta diversos factores. En el contexto del Perú, la autoridad encargada de plantear los lineamientos para el diseño de obras hidráulicas es la Autoridad Nacional del Agua (ANA), al respecto se detallan las siguientes consideraciones:

- El uso que se le da al agua captada es conocido de antemano, es decir, se ubica la bocatoma en el sitio apropiado para producir energía eléctrica, tratar el agua en una planta o iniciar un canal de riego.
- Se conoce la cota de llegada del canal de conducción a la cámara de carga y la gradiente preliminar del canal, además es posible establecer un recorrido inicial en base a consideraciones económicas. Con esta información se puede intersecar el recorrido de conducción con el río y establecer una ubicación inicial de la toma, que generalmente se desplaza hacia aguas arriba en función de las condiciones geológicas y topográficas de la zona.
- Para reducir el ingreso de sedimentos se recomienda ubicar la toma en la orilla cóncava del río, del lado opuesto a la playa donde se acumula la arena. Se debe tener en cuenta que la obstrucción generada por el barraje fijo altera las condiciones del flujo natural del río y por lo tanto el transporte de sedimentos.

Santosh Kumar (2015), en su libro *Water Supply Engineering*, propone los siguientes criterios:

- La bocatoma se debe ubicar en la zona más pura de la fuente, para captar el agua con la mayor calidad posible, reduciendo los costos de mantenimiento por acumulación de sedimentos.
- La bocatoma nunca se debe ubicar aguas abajo o en las proximidades del punto de desecho de aguas residuales.
- La bocatoma nunca se debe ubicar cercana a canales de navegación, la contaminación y desechos que generan los barcos afectarían a la calidad del agua.

- La ubicación debe permitir incrementar la capacidad de extracción de agua en el futuro, para el caso de ampliaciones.
- El sitio debe permanecer accesible en condiciones de inundación y no debe poder ser inundado.

#### **2.4.2 Importancia de considerar los sedimentos en la elaboración del diseño**

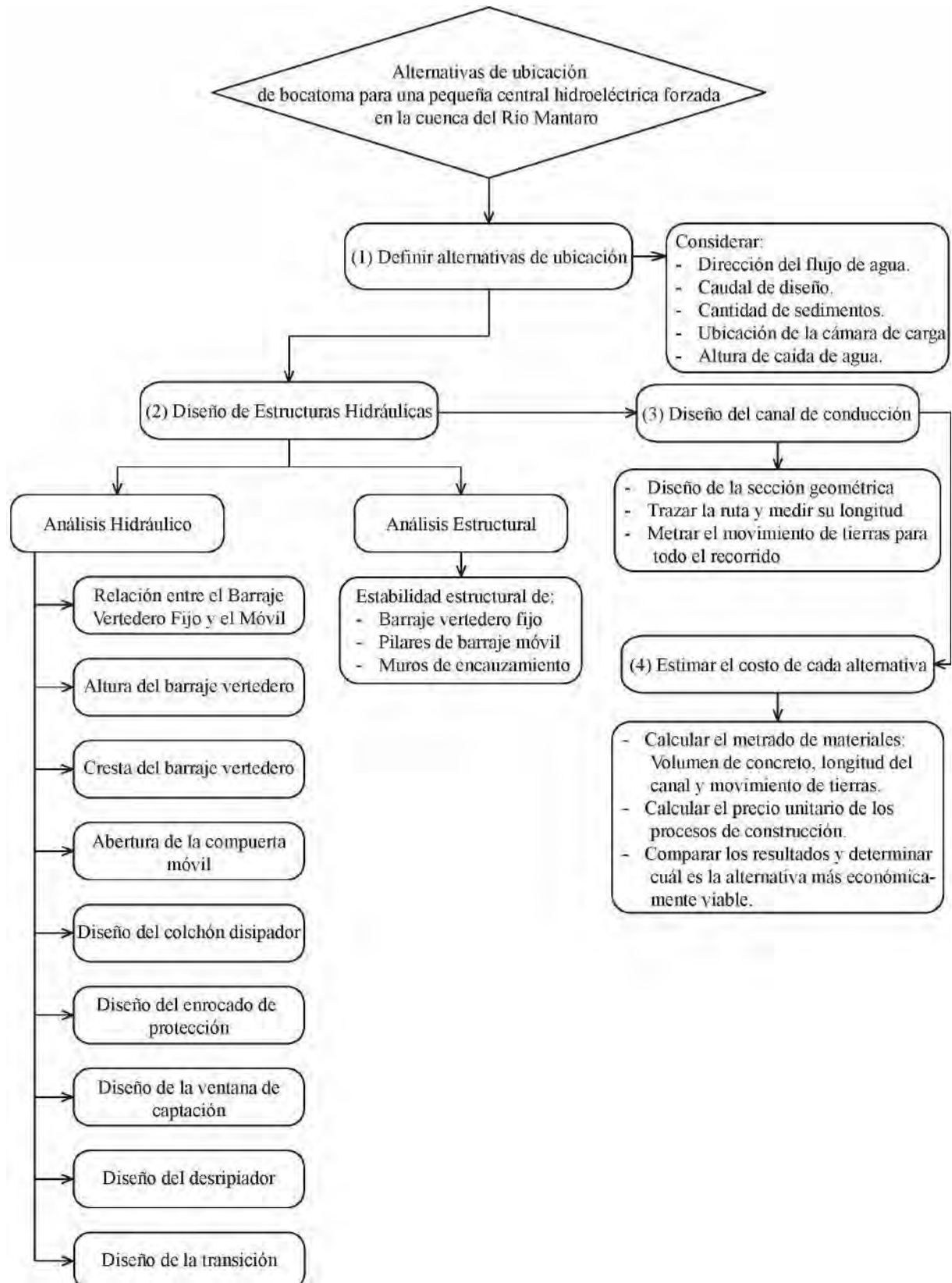
La sedimentación es un efecto adverso presente en las estructuras hidráulicas producido cuando se interrumpe la continuidad del flujo del río reteniendo los sedimentos que se transportan. Se debe controlar para extender la vida útil del proyecto y reducir los costos de operación, según estudios de Morris (2020) y Fan (1998) las consecuencias de la acumulación de sedimentos incluyen:

- Pérdida de espacio de almacenamiento de agua.
- Incremento del costo de operaciones debido al desgaste de los equipos mecánicos.
- Bloqueo de la ventana de captación de la bocatoma.
- Perturbación del régimen hidrológico.
- Impactos en la biodiversidad.
- Impactos en la calidad del agua.

La acumulación depende de las características del río como la cantidad de sedimento producidos por la cuenca, frecuencia de inundaciones, ratio de sedimentos transportado, geometría del río, uso de la tierra y propiedades del sedimento. Los proyectos hidráulicos suelen contar con programas de operación y mantenimiento para minimizar el impacto de los sedimentos mediante el lavado de material por las compuertas móviles, dragado del lecho del río con equipos mecánicos, etc. para reducir el ingreso al canal de conducción se emplea un desarenador.

## Capítulo 3: Metodología

La metodología planteada para cumplir los objetivos comprende de 4 actividades, presentadas a continuación:



### 3.1 Definir alternativas de ubicación para las bocatomas

La ubicación de la bocatoma debe contar con las siguientes características:

- La geología en el área de la cimentación debe poseer propiedades favorables al diseño, sin formaciones cavernosas, de materiales solubles o de naturaleza permeable. Es recomendable cimentar en un estrato rocoso.
- Se recomienda que no existan curvas muy pronunciadas a lo largo del río antes o después de la ubicación de la bocatoma, ya que pueden generar daño en el terreno y aumento en la cantidad de sedimentos.
- Para controlar la cantidad de sedimentos se hace uso del comportamiento natural del flujo del río; En secciones rectas el agua fluye en la sección transversal del canal, paralela a las orillas, y los sedimentos se transportan por el fondo del río correspondientemente; En secciones curvas, la dirección del flujo del fondo cambia en comparación al flujo de la superficie. Una espiral se forma y transporta los sedimentos a la parte interna de la curva, la posición más favorable para realizar la captación de agua será en la parte externa de la misma.

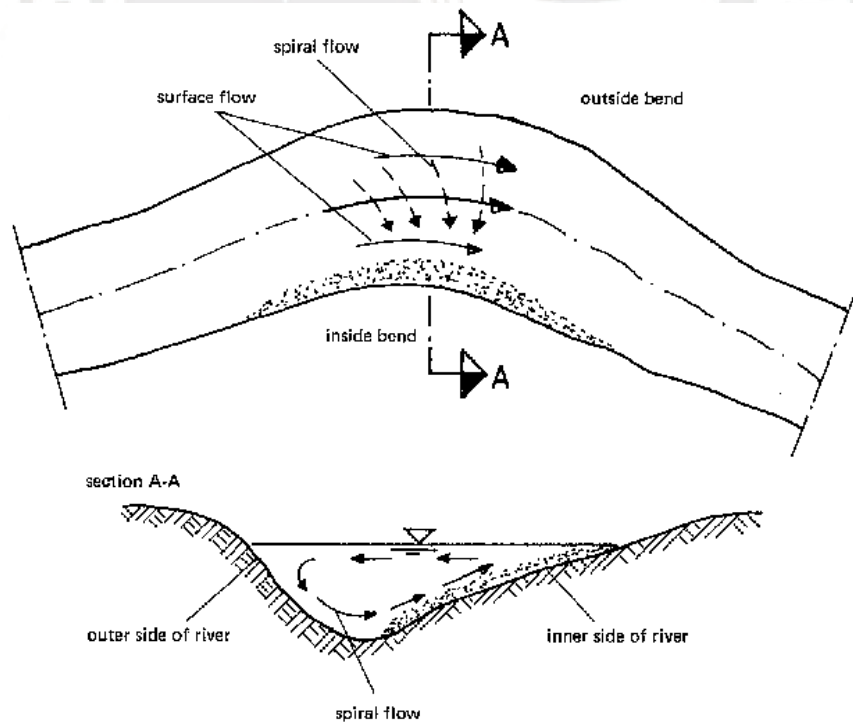


Figura 12: Ubicación de depósitos de sedimentos en un tramo curvo. (Lauterjung & Schmidt, 1989)

### 3.2 Análisis hidráulico de bocatoma

Se realiza el análisis hidráulico teniendo como referencia el caudal conducido por el río. A continuación, se explican los pasos necesarios para el dimensionamiento de las partes de esta estructura:

#### 3.2.1 Relación entre el Barraje Vertedero Fijo y el Móvil

Los barrajes son estructuras que tienen como fin elevar el nivel de agua para que pueda ser captada por una compuerta lateral. El barraje fijo es una estructura de presa sólida que, cuando el nivel de agua excede su altura, permite el paso de agua por encima de este. El barraje móvil es una estructura que controla el nivel de agua mediante el uso de compuertas, sostenidas por pilares y muros de contención en sus extremos. Cuando el barraje cuenta con una presa sólida y un sistema de compuertas se conoce como barraje mixto.

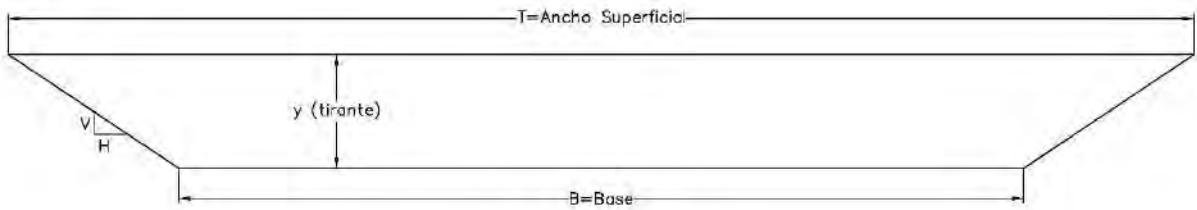
Si el barraje fijo aumenta el nivel del agua durante la época de avenida sin causar problemas, la longitud está limitada por el ancho del canal de limpia gruesa. Si el nivel del agua aumenta demasiado, generando el efecto remanso aguas arriba, será necesario instalar un barraje móvil para controlar el aumento del nivel de agua.

El costo es el principal factor para determinar la relación entre un barraje fijo y móvil, se compara el gasto que ocasiona el efecto remanso hacia aguas arriba de la presa versus la construcción de un vertedero corto. Con estas condiciones, en caso no se opte por construir un barraje móvil, será necesario aumentar la longitud del barraje fijo, ocasionando una menor altura sobre la elevación del nivel de agua.

Las longitudes de barraje vertedero fijo ( $L_f$ ) y vertedero móvil ( $L_m$ ), figura 13, deben permitir pasar caudales  $Q_{BM}$  (Caudal de zona móvil) y  $Q_{BF}$  (Caudal de zona fija) que sumados den el caudal de diseño ( $Q_d$ ):

$$Q_{BM} + Q_{BF} = Q_d$$

SECCION DEL RIO



SECCION DEL BARRAJE FIJO Y MOVIL



Figura 13: Sección de río y relación entre longitudes de barraje vertedero fijo y móvil. Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.2 Altura del barraje vertedero

Los barrajes cumplen la función de incrementar el nivel del agua y mantenerlo constante de modo que se pueda contar con un caudal regular hacia el canal de derivación. Su altura depende del tamaño de la ventana de captación y de alturas recomendadas por seguridad para evitar el ingreso excesivo de sedimentos. Para el dimensionamiento se emplean ecuaciones de flujo rápidamente variado para estimar la altura del barraje (Chow, 1959), se plantea un diseño de barraje fijo como el de la siguiente figura:

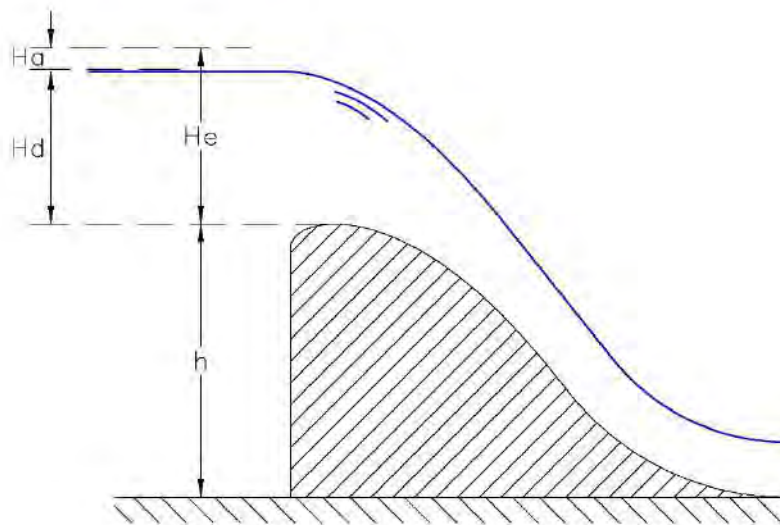


Figura 14: Energía sobre la cresta en sección de barraje fijo. Fuente: Elaboración propia.

Donde:

$H_e$  = Altura total incluyendo  $H_a$ , energía total sobre la cresta del barraje fijo.

$H_a$  = Altura de velocidad, energía generada por el efecto de la velocidad del agua.

$H_d$  = Altura del tirante de agua sobre el barraje fijo.

$h$  = Altura del barraje fijo.

Empleando las siguientes ecuaciones derivadas de las leyes de energía y conservación de masa, y mediante un proceso iterativo, se obtienen las alturas para el diseño del barraje vertedero.

$$V_a = \frac{Q}{L * y}$$

$$H_a = \frac{V_a^2}{2 * g}$$

$$Q = C * L * H_e^{3/2}$$

$$H_d = H_e - H_a$$

$$h = y - H_d$$

Donde:

$V_a$  = Velocidad de aproximación, correspondiente a la energía sobre el canal.

$Q$  = Caudal del río.

$L$  = Longitud de la cresta del barraje fijo.

$y$  = Tirante de agua del río.

$C$  = Coeficiente de descarga del barraje. Cuando la altura del barraje fijo ( $h$ ) es mayor a  $1.33H_d$  se toma el valor de  $C$  como  $C_d = 4.03 \text{ pie}^{1/2}/\text{s}$  ( $C_d = 2.225 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ ) (Chow, 1959). Caso contrario, el valor de  $C$  se calcula iterando de acuerdo a la relación  $C/C_d$  que se obtiene de la figura 15, ingresando con las relaciones  $H_e/H_d$  y  $h/H_d$ .

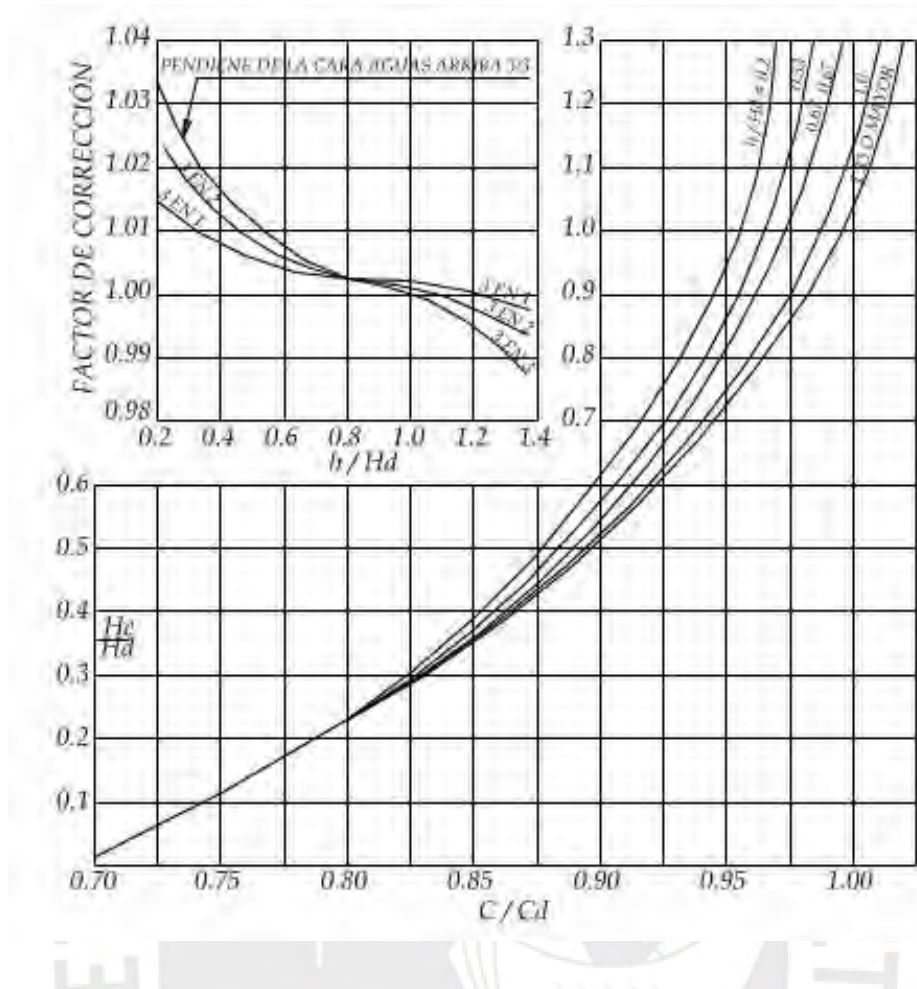


Figura 15: Relación altura-caudal para las formas estándar de vertedero. (Chow, 1959).

### 3.2.3 Forma de la cresta del barraje vertedero

El diseño de la forma del perfil de la cresta se realiza considerando:

- Evitar presiones negativas que puedan generar daños en el concreto (cavitación).
- La máxima eficiencia hidráulica.
- La estabilidad de la estructura y la economía del proyecto.

La forma de la cresta se basa en un diseño de parábola simple para ajustar la trayectoria de la napa de caída (Chow, 1959). Desde 1932 hasta 1948 el U.S Bureau of Reclamation experimentó sobre la forma de la napa en vertederos de pared delgada, con base en los resultados obtenidos, U.S Army Corps of Engineers elaboró formas estándar de cresta

denominadas como las “formas de vertederos estándar WES”, que pueden representarse mediante la siguiente ecuación:

$$X^n = K * H_d^{n-1} * Y$$

Donde X y Y son las coordenadas del perfil de la cresta, con su origen en el punto más alto,  $H_d$  la altura del tirante de agua sobre el barraje fijo, y K y n son parámetros que dependen de la pendiente de la cara aguas arriba. Se recomienda realizar modelos robustos pues los resultados de estas ecuaciones suelen generar modelos con secciones muy esbeltas y vulnerables a la erosión. En la figura 16 se presenta una forma de cresta estándar de vertedero WES.

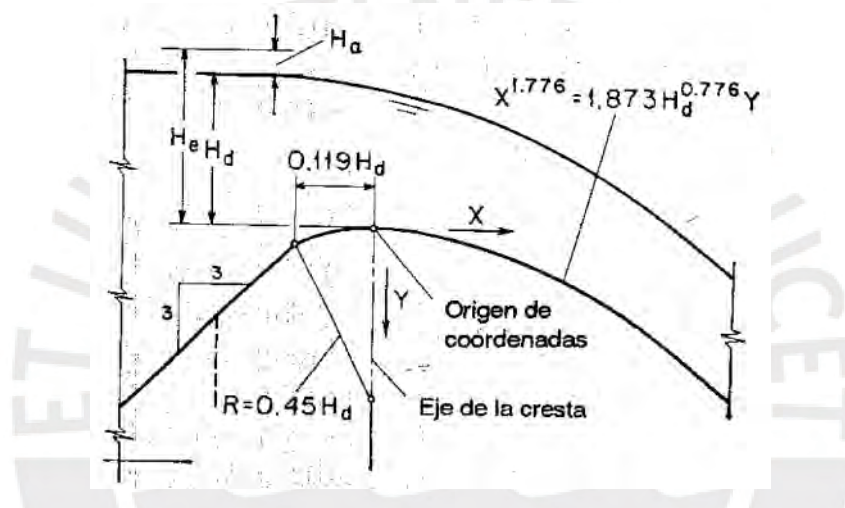


Figura 16: Forma estándar de vertedero WES. (Chow, 1959).

### 3.2.4 Abertura de la compuerta móvil

El tipo de compuertas que se emplean pueden llamarse “compuertas de flujo por debajo, debido al hecho de que el agua pasa por debajo de la estructura” (Chow, 1959). El diseño de estas estructuras se enfoca en 2 aspectos importantes: la relación altura caudal y la distribución de presiones sobre la superficie de la compuerta.

Para medir la altura de la abertura de la compuerta móvil se puede emplear la siguiente ecuación derivada de la ecuación de energía:

$$Q = C * L * h * \sqrt{2 * g * y_1}$$

Donde:

Q = Caudal que fluye por la compuerta.

C = Coeficiente de descarga.

L = Longitud de la compuerta

h = Altura de la abertura de la compuerta.

y<sub>1</sub> = Profundidad de flujo aguas arriba

### 3.2.5 Diseño del colchón disipador

La construcción del barraje vertedero genera un incremento en la energía potencial del agua, esta energía se transforma en cinética cuando se vierte por encima del barraje. Con el fin de reducir la erosión se construyen estructuras de disipación, conocidas como solados o colchones que tienen como objetivo producir un resalto hidráulico que disipa la energía generada por el barraje vertedero. Para controlar la formación del resalto hidráulico y la disipación de energía se calculan los tirantes conjugados y la longitud del colchón disipador:

a) Longitud del colchón disipador:

Se mide la energía en 3 ubicaciones del modelo (0, 1 y 2) empleando la ecuación de Bernoulli y se calculan las alturas del tirante de agua para cada una de estas secciones, la distribución de tirantes se muestra en la figura 17:

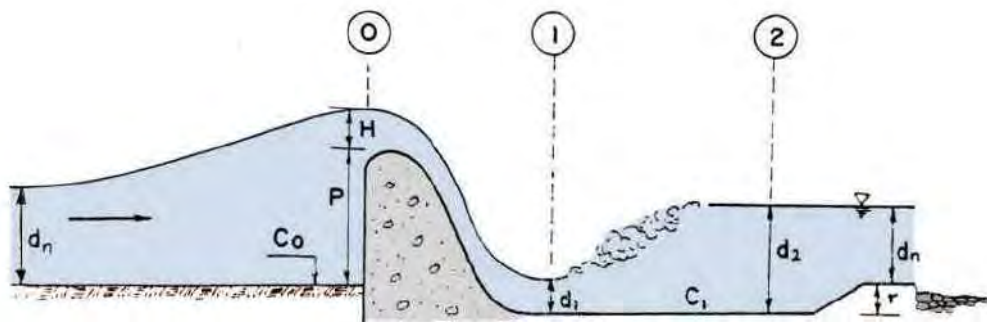


Figura 17: Parámetros para el cálculo de la longitud del colchón disipador. (Mansen, 2006)

- Cálculo del tirante aguas abajo del resalto (d<sub>1</sub>):

Energía en el punto 0: 
$$E_0 = C_0 + P + H + \frac{V_H^2}{2g}$$

Energía en el punto 1: 
$$E_1 = C_1 + d_1 + \frac{V_1^2}{2g}$$

La diferencia de energía entre los puntos 0 y 1 se debe a una pérdida por fricción:

$$E_0 = E_1 + hf_{0-1}$$

$$hf_{0-1} = 0.1 * \frac{V_1^2}{2g}$$

Se despeja el valor de  $V_1$  y  $d_1$  de las ecuaciones de energía planteadas:

En el punto 1:

$$V_1 = \frac{Q_1}{A_1} = \frac{Q_1}{b_1 * d_1}$$

$$d_1 = \frac{Q_1}{b_1 * V_1}$$

Donde:

$C_0$  = Altura de la cota en el punto 0.

$C_1$  = Altura de la cota en el punto 1.

$P$  = Altura del barraje.

$H$  = Altura de la lámina sobre el barraje.

$hf_{0-1}$  = Pérdida de energía por fricción.

$V_H$  = Velocidad en la cresta del vertedero.

$V_1$  = Velocidad al pie del talud.

$q$  = Caudal específico.

- Cálculo del tirante aguas arriba del resalto ( $d_2$ ):

Energía en el punto 2:

$$E_2 = C_1 + d_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

Se compara la energía entre los puntos 1 y 2 y se obtiene:

$$d_2 = -\frac{d_1}{2} + \left( \frac{d_1^2}{4} + 2 * \frac{q^2}{g * d_1} \right)^{1/2}$$

- Cálculo de la longitud del colchón disipador ( $L_c$ ):

Conocidos los valores de los tirantes conjugados  $d_1$  y  $d_2$  se calcula la longitud del colchón, para ello se puede escoger entre diversas ecuaciones empíricas que suelen guiar el diseño a uno conservador, de los resultados se escoge la mayor longitud.

$$L_c = (5 \text{ a } 6) * (d_2 - d_1) \quad (\text{Schoklitsch})$$

$$L_c = 6 * d_1 * \frac{V_1}{(g * d)^{1/2}} \quad (\text{Safranez})$$

$$L_c = 4 * d_2 \quad (\text{U. S. Bureau of Reclamation})$$

O mediante el método gráfico de U.S. Bureau of Reclamation:

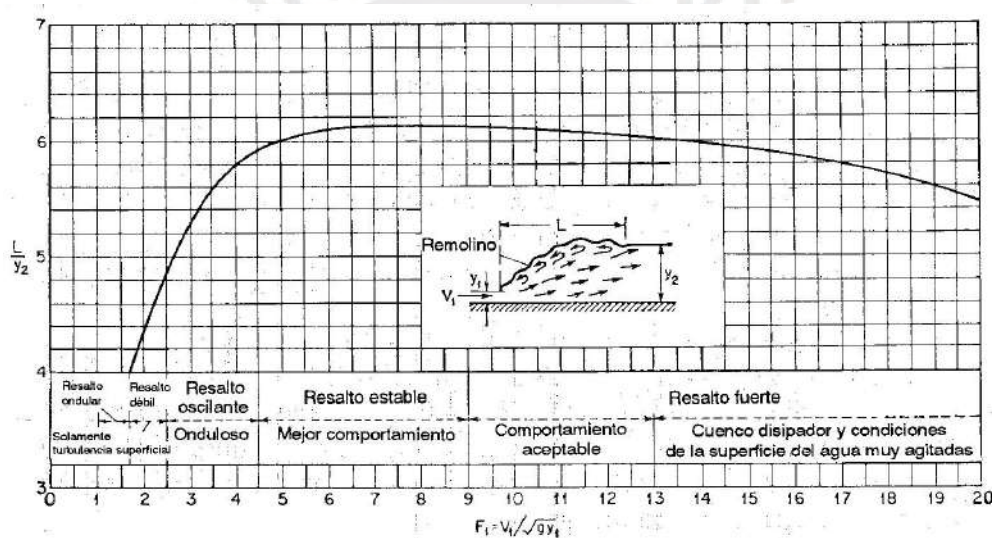


Figura 18: Cálculo de la longitud del colchón disipador mediante el método gráfico de U.S. Bureau of Reclamation. (Chow, 1959)

- b) Espesor del colchón disipador:

Se debe tener en cuenta el fenómeno de sub-presión. La sub-presión es una fuerza ascendente que ejerce el agua sobre la cimentación, si esta no es controlada, las partículas del suelo se elevan por el flujo vertical de agua y se produce rotura en el colchón. En la figura 19 se presenta un esquema del colchón disipador indicando los componentes que forman parte del cálculo de su espesor.

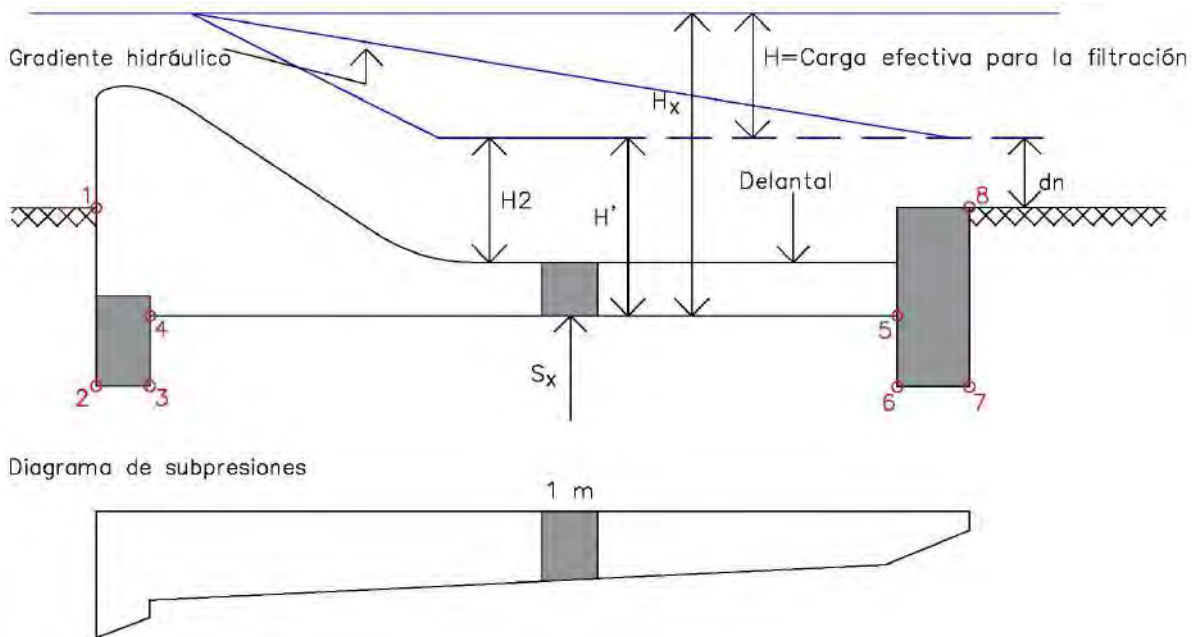


Figura 19: Esquema del colchón disipador y componentes para el cálculo de su espesor. (Arbulú, 2002)

Donde:

$S_x$  = Sub-presión a una distancia "x" (kg/cm<sup>2</sup>)

$H_x$  = Carga hidráulica en el punto "x" (m).  $H_x = H' + H$

$L_x$  = Longitud compensada hasta el punto "x" (m)

$L$  = Longitud compensada total del paso de filtración (m)

$H$  = Carga efectiva que produce la filtración, igual a la diferencia del nivel hidrostático entre aguas arriba y aguas abajo del barraje (m)

$H'$  = Desnivel entre el nivel hidrostático aguas abajo y el punto que se está analizando (m)

$\delta_A$  = Peso específico del agua

$H_2$  = Tirante de agua en la sección considerada (m)

El valor de la sub-presión se puede estimar considerando que la presión del agua disminuye a lo largo del camino de infiltración, de aguas arriba hacia aguas abajo, de manera proporcional a la longitud de filtración compensada (Arbulú, 2002). Es decir, si se controla la longitud de

filtración, la sub-presión se reduce y el riesgo de erosión o levantamiento disminuye. La ecuación para calcular el valor de la sub-presión es:

$$S_X = \left( H_X - \frac{L_X}{L} * H \right) \delta_A = \left( H + H' - \frac{L_X}{L} * H \right) \delta_A$$

Para el análisis del espesor del colchón se emplea el criterio de E. W. Lane, la metodología que establece Lane verifica que en cualquier punto del colchón su peso sea por lo menos igual al valor de la sub-presión en dicho punto.

$$W_C = S_X$$

$$e * \delta_C * 1 = S_X, \text{ en un ancho unitario}$$

$e$  = Espesor de la sección en el punto “x”

Por razones de seguridad:

$$\frac{3}{4} * e * \delta_C = S_X, \text{ para las condiciones más críticas}$$

$$e = \frac{4 S_X}{3 \delta_C}$$

En el caso de considerar un tirante de agua sobre la sección que se analiza, como en la figura 19, el espesor se calculará como:

$$e = \frac{4 (S_X - H_2 * \delta_A)}{3 \delta_C}$$

$$L_V = (1 - 2) + (3 - 4) + (5 - 6) + (7 - 8)$$

$$L_H = (2 - 3) + (4 - 5) + (6 - 7)$$

$$L = C * H = 1/3 * L_H + L_V$$

$$L_X = 1/3 * ((2 - 3) + (4 - x)) + (1 - 2) + (3 - 4)$$

El camino de percolación es el camino que recorre el agua por debajo del barraje vertedero, se busca alargarlo mediante una pantalla impermeable aguas arriba y un dentellón aguas abajo, como se presente en la siguiente figura:

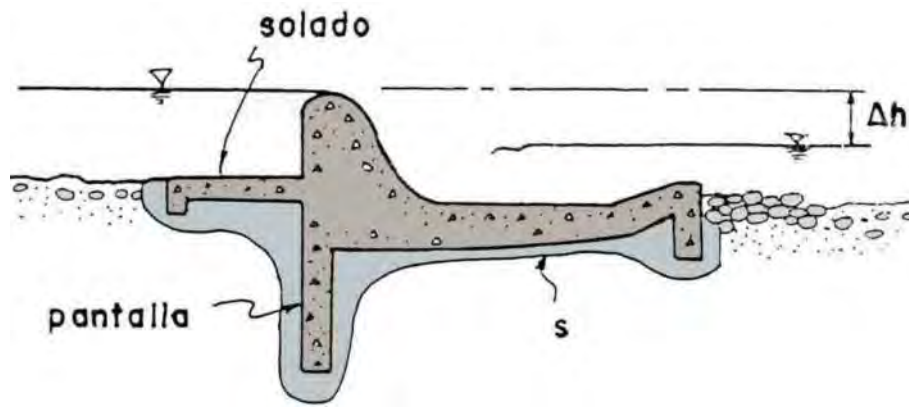


Figura 20: Esquema de pantalla impermeable y dentellón en barraje vertedero fijo. (Mansen, 2006)

### 3.2.6 Diseño del enrocado de protección

Al final del colchón disipador se debe instalar un enrocado de protección con el fin de reducir el efecto de erosión y evitar el arrastre de sedimentos, su longitud depende de la altura del tirante de agua aguas abajo del barraje y de coeficientes que varían de acuerdo a la granulometría de los sedimentos que transporta el río. La longitud recomendada por Bligh es:

$$L_s = 0.6 * C * D_1^{\frac{1}{2}} * \left( 1.12 \left( q * \frac{D_b}{D_1} \right)^{\frac{1}{2}} - 1 \right)$$

Donde:

$L_s$  = Longitud del enrocado de protección (m).

$D_b$  = Altura entre la cota del extremo aguas abajo del colchón disipador y la cota de la cresta del barraje en el vertedero (m).

$D_1$  = Altura entre el nivel del agua en el extremo aguas abajo del colchón disipador y la cota de la cresta del barraje en el vertedero (m).

$q$  = Avenida de diseño por unidad de longitud del vertedero.

$C$  = Coeficiente de Bligh.

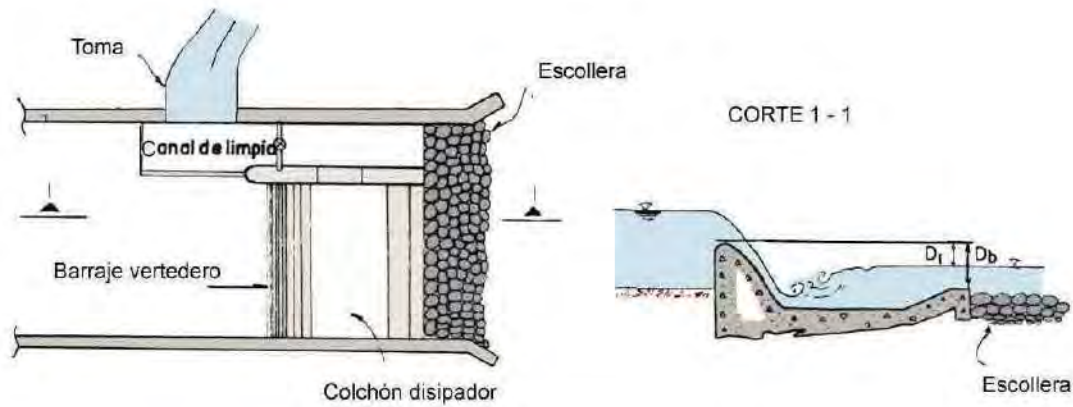


Figura 21: Enrocado al final de un colchón disipador. (Mansen, 2006)

El coeficiente de Bligh se determina empleando la tabla 4, se ingresa con el tamaño del grano de los sedimentos que transporta el río:

Tabla 4: Coeficientes de Bligh, dependen de la granulometría de los sedimentos que transporta el río. (Mansen, 2006)

Lecho del Cauce (Lane)	Tamaño del Grano (mm)	C (Bligh)	C (Lane)
Arena Fina y Limo	0.005 a 0.01	18	8.5
	0.1 a 0.25	15	7.0
Arena Fina	0.5 a 1	12	6.0
Arena Gruesa		9	4.0
Gravas Arena			
Bolonería		4-6	3.0
Gravas y Arena			
Arcilla		6-7	1.6 a 3

### 3.2.7 Diseño de la ventana de captación

El barraje vertedero cumple la función de cerrar el cauce del río y elevar el nivel del agua para que esta pueda ser captada por un orificio o ventana lateral. La estructura de captación o toma se encuentra aguas arriba del barraje, su posición debe asegurar un ingreso de sedimentos mínimo y es recomendable que en la ubicación se cuenten con condiciones favorables de cimentación (roca), de topografía y de facilidad constructiva.

El diseño de la ventana de captación se realiza tomando en cuenta las siguientes indicaciones, según la guía de Diseño Hidráulico de Sviatoslav Krochin (1986):

- El agua se capta por medio de un orificio lateral provisto de barrotes verticales que impiden el paso de material flotante.
- El fondo de la ventana se llama umbral y debe estar a una altura no menor de entre 0.60 – 0.80 m del lecho del río, el dintel es la parte superior de la ventana de donde se sostienen los barrotes.
- Los barrotes deben ser lo suficientemente fuertes para resistir el impacto de los troncos u otro material flotante grueso, además deben estar al ras o sobresalir un poco de la cara del muro para facilitar su limpieza.
- En estiaje, el vano de la reja funciona como vertedero, la carga necesaria es producida por el remanso del azud. El vertedero trabaja sumergido con un desnivel, la superficie de agua se encuentra a la altura del dintel o a una altura muy pequeña por debajo.
- En creciente, cuando los niveles de agua suben, la ventana queda completamente sumergida y pasa a trabajar como un orificio.

Con las condiciones mencionadas las dimensiones de la ventana se pueden calcular empleando fórmulas de caudal que pasa sobre un vertedero sumergido.

Para considerar sumergido el vertedero se deben cumplir las condiciones:

- 1.-  $h > y_2$
- 2.-  $z/y_2 < 0.7$

Los parámetros corresponden a los indicados en la figura:

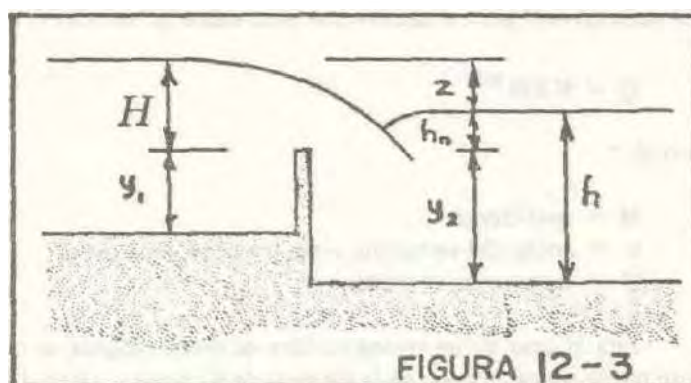


Figura 22: Parámetros para determinar condición de vertedero sumergido. (Krochin, 1986).

Donde:

$z$  = Diferencia de elevación de las superficies de aguas arriba y debajo de la cresta.

$h_n$  = Elevación de la superficie del agua sobre la cresta del vertedero, aguas abajo.

$y_1$  = Elevación de la cresta sobre el fondo, aguas arriba.

$y_2$  = Elevación de la cresta sobre el fondo, aguas abajo.

Si el vertedero está sumergido la fórmula es:

$$Q = k * s * M * b * H^{3/2}$$

Donde:

$Q$  = Caudal que se trata de captar.

$M$  = Coeficiente de vertedero.

$s$  = Coeficiente de corrección por sumersión.

$k$  = Coeficiente adicional de pérdida debido a la contracción lateral producida por los barrotes (0.85).

$b$  = Ancho del vertedero, o longitud de la cresta.

$H$  = Carga sobre la cresta.

El valor del coeficiente de vertedero puede ser calculado con la fórmula de Konovalov:

$$M_o = \left[ 0.407 + \frac{0.045 * H}{H + y_1} \right] * \left[ 1 + 0.285 * \left( \frac{H}{H + y_1} \right)^2 \right] * \sqrt{2 * g}$$

El coeficiente de corrección por sumersión “s” se puede calcular empleando la fórmula de Bazin:

$$s = 1.05 * \left[ 1 + 0.2 * \frac{h_n}{y_2} \right] * \sqrt[3]{\frac{Z}{H}}$$

### 3.2.8 Diseño del desripiador

Después de la ventana de captación se deja una cámara llamada desripiador la cual sirve para detener las piedras que pasaron entre los barrotes y no deben entrar al canal. La salida del desripiador se hace hacia el canal de transición mediante un vertedero, donde se conduce al desarenador.

Entre la reja de la ventana y el vertedero de salida puede formarse un resalto sumergido, para que este funcione en forma normal el ancho del desripiador en esta sección debe ser como mínimo la longitud del resalto. Para poder eliminar las piedras que capta el desripiador este debe tener una gradiente suficiente para conseguir una velocidad de lavado alta que sea capaz de arrastrar todas las piedras y expulsarlas a través de una compuerta móvil.

El vertedero de salida se calcula con la ecuación de vertederos sumergidos:

$$Q = s * M * b * H^{3/2}$$

Se calcula la altura del tirante aguas abajo ( $d_1$ ) por Bernoulli y la altura conjugada ( $d_2$ ) de acuerdo a la fórmula:

$$d_2 = -\frac{d_1}{2} + \left( \frac{d_1^2}{4} + 2 * \frac{q^2}{g * d_1} \right)^{1/2}$$

Se debe comprobar que el tirante conjugado  $d_2$  sea menor a la carga sobre la cresta del vertedero de salida para establecer el resalto como sumergido. La longitud del resalto se calcula con la ecuación de Pavlovski (1937):

$$L = 2.5 * (1.9 * d_2 - d_1)$$

### 3.2.9 Diseño de la transición

El agua captada sale del desripiador por medio de un vertedero lateral hacia un canal que tiene una sección más angosta, por lo tanto, es recomendable emplear una transición entre las secciones para garantizar un estrechamiento gradual y una pérdida de energía mínima.

Según el Bureau of Reclamation el ángulo máximo entre el eje del canal y una línea que une los lados de la transición en la entrada y la salida debe ser  $12.50^\circ$ , así se determina la longitud de transición mediante:

$$L = \frac{b_1 - b_2}{2 * \tan (12.50^\circ)}$$

Siendo b1 y b2 los anchos de la entrada y salida de la transición.

Para reducir pérdidas de energía se recomienda no emplear cambios de dirección bruscos y por ello se redondean las esquinas y se hace la transición curva compuesta de arcos de círculo tangentes a las alineaciones de la entrada y salida del canal.

### 3.3 Análisis de estabilidad estructural

Para el caso de estudio, se modelaron 3 estructuras hidráulicas: el barraje fijo, los pilares del barraje móvil y los muros de encauzamiento; Para el desarrollo del diseño se calcularon las fuerzas que se aplican sobre las estructuras y se comprueba que, para las medidas propuestas, se cumplan con los factores de seguridad. Para el cálculo de las fuerzas aplicadas se tomó como guía el libro de obras hidráulicas del Ing. Jose Arbulú Ramos (2002). A continuación, se definen las variables de fuerzas que actúan sobre las estructuras.

$F_h$  = Fuerza hidrostática, fuerza que ejerce el agua sobre la estructura.

$E$  = Empuje del terreno sobre la estructura.

$U$  = Sub-presión sobre la base de la estructura.

$S_v$  = Fuerza de inercia de la estructura en la dirección vertical.

$S_h$  = Fuerza de inercia de la estructura en la dirección horizontal.

$W$  = Peso de la estructura.

Los factores de seguridad se calculan para los efectos de volteo y deslizamiento, para el caso de volteo, este se calcula como la suma de momentos de las fuerzas opuestas al volteo entre la suma de momentos de las fuerzas activas de volteo. Para el deslizamiento, el factor de seguridad es la suma de fuerzas horizontales entre la suma de fuerzas verticales. Los factores de seguridad tienen valores mínimos que se deben cumplir para resolver el diseño por estabilidad.

$$FS_{VOLTEO} = \frac{\sum M_{resistente}}{\sum M_{actuante}} \geq 1.5$$

$$FS_{DESILIZAMIENTO} = \frac{\sum FH}{\sum FV} \leq 0.75$$

### 3.3.1 Diseño de barrage vertedero fijo

Conociendo la altura del barrage fijo y la forma de la cresta, incluidas las pendientes aguas arriba y aguas abajo, se realiza la comprobación de estabilidad en la estructura. Las fuerzas actuantes y la forma del barrage fijo se presentan en la figura 23:

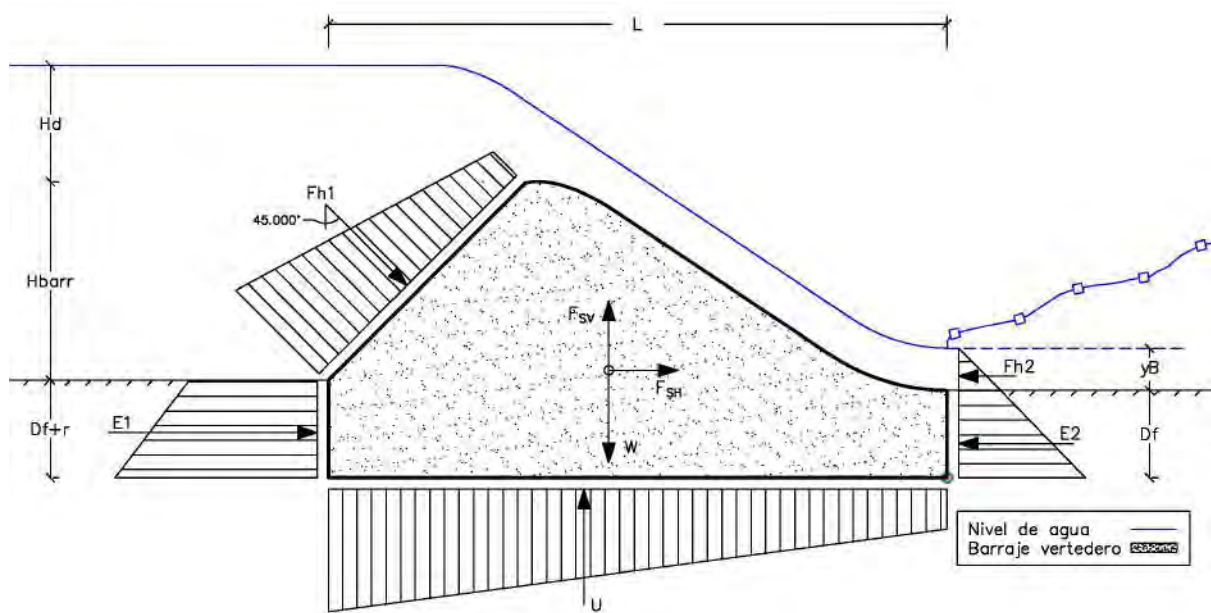


Figura 23: Fuerzas actuantes sobre barrage fijo. Fuente: Elaboración propia.

El esfuerzo máximo actuante se calcula a partir de principios de resistencia de materiales:

$$\sigma_{max/min} = \frac{\sum V}{B} \pm \frac{6M}{B^2}$$

Donde:

$\sum V$  = Sumatoria de fuerzas verticales.

$M$  = Resultante de momentos respecto del centro de la base del barrage vertedero.

$B$  = Ancho de la base.

### 3.3.2 Diseño de pilares

Los pilares se ubican entre los vertederos móviles, para realizar su diseño se asume que las compuertas se encuentran abiertas y que las fuerzas del agua actúan directamente sobre cada pilar para el caso más desfavorable. Las fuerzas presentes en la estructura se indican en la figura 24:

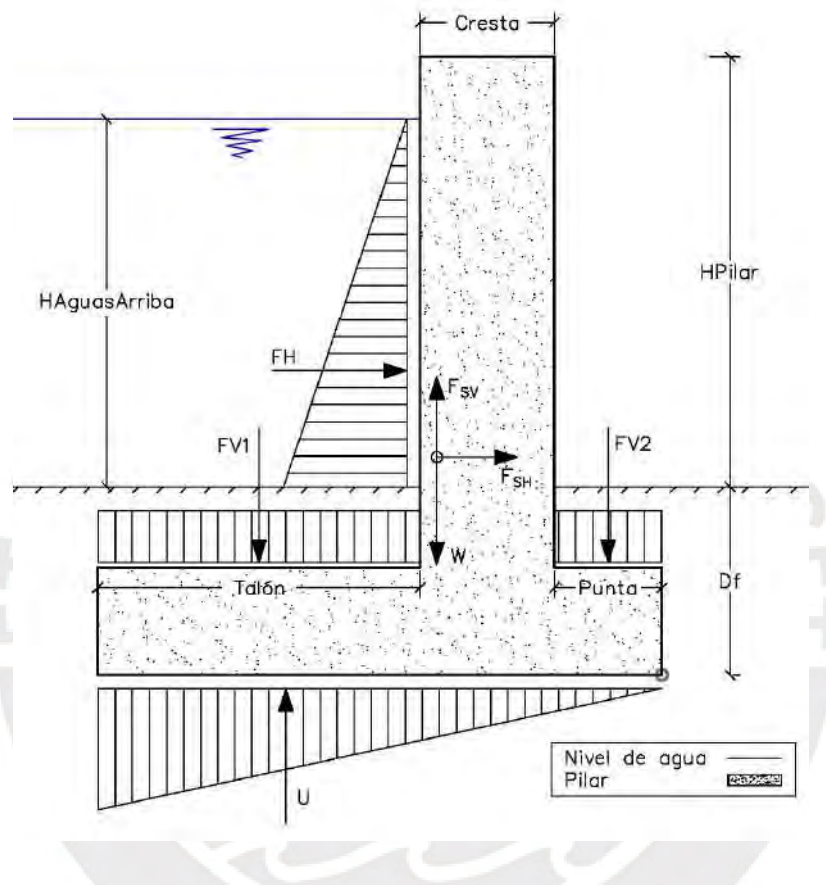


Figura 24: Fuerzas actuantes sobre pilar. Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.3 Diseño de muros de encauzamiento

Son estructuras que encauzan el agua en determinados límites con el objetivo de generar condiciones de diseño preestablecidas en el río, ejemplo: ancho, tirante, longitudes de colchones de disipación, etc. Estas estructuras se fabrican generalmente de concreto con el fin de evitar la erosión y su colocación se realiza por encima del nivel máximo del agua para controlar mejor los desbordes. Las fuerzas aplicadas en esta estructura se dividen entre las fuerzas del terreno y las del agua, en la figura 25 se muestran las fuerzas que actúan sobre la estructura.

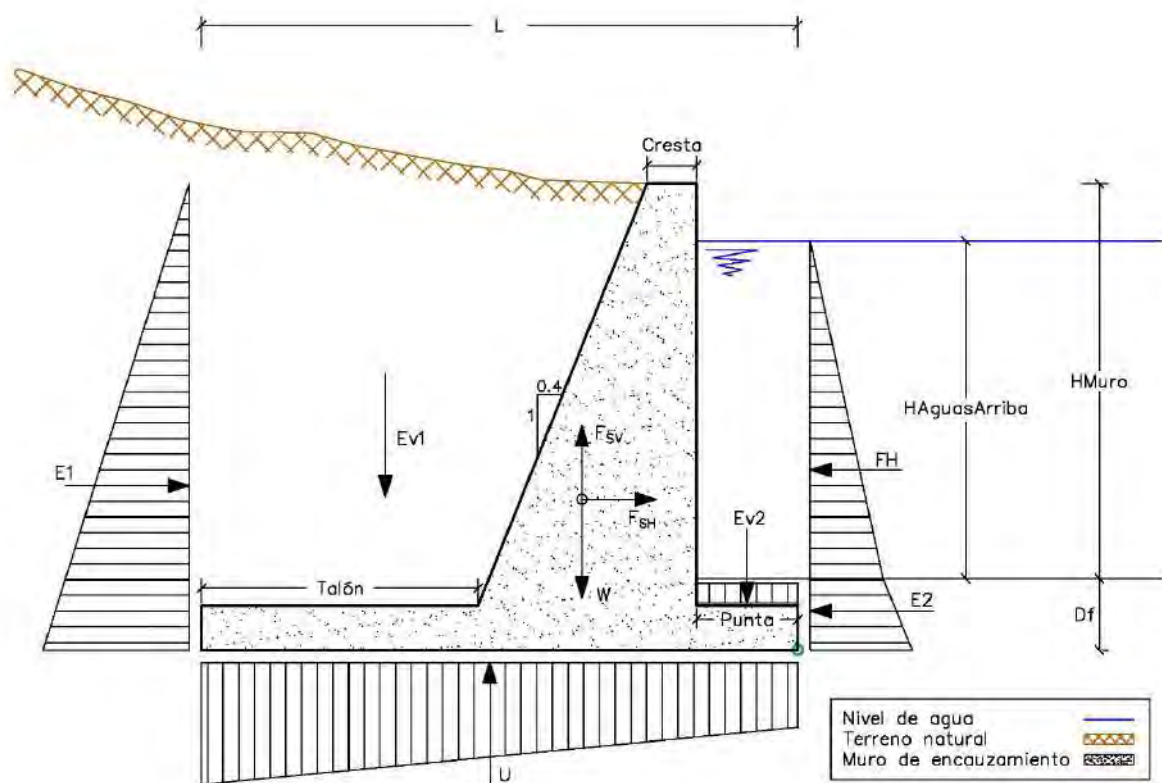


Figura 25: Fuerzas actuantes sobre muros de encauzamiento. Fuente: Elaboración propia.

### 3.4 Diseño del canal de conducción

Desde la bocatoma se trazan los canales que guían el agua hacia el cuarto de máquinas, el recorrido planteado deberá adaptarse a las curvas de nivel del terreno y debe tener la menor pendiente que permita el flujo natural del agua. Los tramos de estos canales serán superficiales o bajo tierra dependiendo de cual opción sea la más conveniente, cuando se incrementa el número de curvas de nivel en una zona significa que aumenta el nivel de altura del terreno rápidamente, si no es posible bordear este incremento de terreno se puede tomar como opción alternativa la excavación de un túnel.

El diseño del canal de conducción se desarrolla teniendo como datos el caudal de diseño, el ancho del canal (que dependerá de factores comerciales), el talud que se desea colocar, la rugosidad y la pendiente. Se emplean ecuaciones de velocidad para flujo uniforme como Manning - Chezy y continuidad para calcular el tirante normal de agua.

En el caso de un túnel se emplea el diseño hidráulico de Krochin, que plantea que, para una sección tipo baúl, como la mostrada en la figura 26, la máxima capacidad no se obtiene a sección llena sino a un valor de tirante un poco menor. Las dimensiones se pueden calcular empleando ecuaciones de velocidad para flujo uniforme, pero, para simplificar las iteraciones, se pueden emplear tablas:

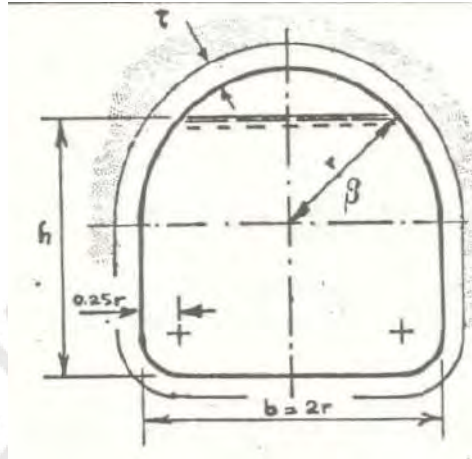


Figura 26: Sección típica de túnel tipo baúl. (Krochin, 1986).

Área mojada:

$$A = 0.5 r^2 * \left( 3.9462 + \frac{\pi B}{90} + \sin(2B) \right) = K_1 * r^2$$

Perímetro mojado:

$$P = r * \left( 3.785 + \frac{\pi B}{90} \right) = K_2 * r$$

Radio hidráulico:

$$R = \frac{A}{P} = \frac{K_1 r^2}{K_2 r} = K_3 * r$$

Reemplazando para el caudal en la ecuación de Manning:

$$Q = K_q * i^{\frac{1}{2}}$$

$$K_4 = \frac{K_q * n}{\frac{8}{r^3}}$$

Para calcular los factores K1, K2, K3 y K4 Krochin propone las siguientes constantes presentadas en la Tabla 4:

Tabla 5: Coeficientes de Krochin para diseño de túneles. (Krochin, 1986).

	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>
h/r	A/r <sub>2</sub>	P/r	R/r	K <sub>q</sub> n/r <sup>8/3</sup>
2	3.5439	6.9266	0.5116	2.269
1.99	3.5421	6.6435	0.5331	2.329
1.98	3.5387	6.5260	0.5422	2.353
1.97	3.5342	6.4355	0.5491	2.370
1.96	3.5290	6.3590	0.5549	2.383
1.95	3.5230	6.2915	0.5600	2.394
1.94	3.5165	6.2302	0.5644	2.402
1.93	3.5094	6.1737	0.5684	2.408
1.92	3.5018	6.1213	0.5720	2.413
1.91	3.4937	6.0716	0.5754	2.417
1.9	3.4853	6.0246	0.5784	2.419
1.89	3.4763	5.9797	0.5814	2.420
1.88	3.4669	5.9367	0.5840	2.421
1.87	3.4573	5.8953	0.5865	2.421
1.86	3.4473	5.8555	0.5887	2.420
1.85	3.4368	5.8170	0.5908	2.418
1.84	3.4261	5.7795	0.5928	2.416
1.83	3.4153	5.7435	0.5946	2.414
1.82	3.4039	5.7080	0.5963	2.410
1.81	3.3924	5.6736	0.5979	2.406
1.8	3.3804	5.6393	0.5994	2.405
1.7	3.2485	5.3362	0.6088	2.330
1.6	3.0967	5.0784	0.6105	2.236
1.5	2.9298	4.8326	0.6063	2.100
1.4	2.7513	4.6084	0.5970	1.952
1.3	2.5640	4.3918	0.5834	1.781
1.2	2.3705	4.1881	0.5650	1.620
1.1	2.1728	3.9857	0.5452	1.453
1	1.9728	3.7854	0.5213	1.280

### 3.5 Comparación de costos entre alternativas

Para comparar los costos entre alternativas se debe elaborar el presupuesto total de cada una, este se compone de los metrados y los precios unitarios por partida. Las partidas se determinan

dividiendo el proyecto en elementos diferentes tal que sumados proveen el total de trabajo a ejecutar para completar el proyecto. En el proyecto presente, los elementos a presupuestar son las obras provisionales y trabajos preliminares, la bocatoma, el desripiador, el canal y el túnel de conducción.

Se desarrollan los metrados de ambas alternativas, donde, para la bocatoma, se miden las partidas de movimiento de tierras, enrocado y colocación de concreto para las estructuras de barraje fijo y móvil, pilares y muros de encauzamiento. Para los canales y túneles de conducción se metran las partidas de movimiento de tierras y obras de concreto. El listado de partidas se elaboró en la siguiente tabla:

Tabla 6: *Listado de partidas del presupuesto del proyecto. Fuente: Elaboración propia.*

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Und.</b>
<b>01</b>	<b>OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES</b>	
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION	glb
01.02	LIMPIEZA Y DESBROCE	ha
01.03	TRAZO Y REPLANTEO	m2
01.04	CAMPAMENTO	glb
01.05	OBRAS DE DESVIO	glb
<b>02</b>	<b>BOCATOMA</b>	
<b>02.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>	
02.01.01	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	m3
02.01.02	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO BAJO AGUA	m3
02.01.03	RELLENO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m3
02.01.04	ENROCADO	m3
02.01.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3
<b>02.02</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>	
02.02.01	SOLADO DE CONCRETO F'C=100 KG/CM2	m3
02.02.02	CONCRETO F'C=210 KG/CM2	m3
02.02.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2
<b>03</b>	<b>DESRIPIADOR Y TRANSICIÓN</b>	
<b>03.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>	
03.01.01	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	m3
03.01.02	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO BAJO AGUA	m3
03.01.03	RELLENO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m3
03.01.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3
<b>03.02</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>	

03.02.01	SOLADO DE CONCRETO F'C=100 KG/CM2	m3
03.02.02	CONCRETO F'C=210 KG/CM2	m3
03.02.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2
<b>03</b>	<b>CANAL DE CONDUCCION</b>	
<b>03.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>	
03.01.01	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	m3
03.01.02	EXCAVACION EN ROCA SUELTA	m3
03.01.03	RELLENO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m3
03.01.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3
<b>03.02</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>	
03.02.01	SOLADO DE CONCRETO F'C=100 KG/CM2	m3
03.02.02	CONCRETO F'C=210 KG/CM2	m3
03.02.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2
<b>04</b>	<b>TUNEL DE CONDUCCION</b>	
<b>04.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>	
04.01.01	EXCAVACION MASIVA EN ROCA FIJA	m3
04.01.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3
<b>04.02</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>	
04.02.01	SHOTCRETE 5 CM DE ESPESOR	m3
<b>04.03</b>	<b>VARIOS</b>	
04.03.01	PORTALES DE INGRESO Y SALIDA Y FALSO TUNEL	glb

Se elabora el análisis de precios unitarios de las partidas tomando en cuenta el proceso constructivo para cada elemento del proyecto, el rendimiento de trabajo, la cantidad de mano de obra, materiales, equipos y subcontratos, el resultado es el costo por unidad de partida.

Se multiplican metrado y el precio unitario por partida, luego se suman los precios parciales para hallar el precio total para la ejecución de cada alternativa y se realizan las comparaciones, se observa cual es más costosa y que parámetros del diseño generan que se incremente el precio en relación con la otra alternativa.

Los costos se validan comparando índices claves de desempeño con el presupuesto de un proyecto similar. Para la presente tesis, se cuenta con información a nivel de prefactibilidad para la construcción de una pequeña central hidroeléctrica alrededor de la zona de estudio en la cuenca del río Mantaro, como se detalla en los antecedentes.

Las áreas de influencias de ambos proyectos se visualizan en la siguiente figura:



## Capítulo 4: Resultados

### 4.1 Descripción del caso de estudio

La subcuenca de estudio se ubica entre los departamentos de Junín y Huancavelica, el área de influencia del proyecto inicia aguas abajo de la intersección de los ríos Canipaco y Vilca y termina a 1km aguas abajo de la confluencia de los ríos Vilca y Mantaro. La ubicación satelital del estudio es 8629648N 484208E 18S UTM, la forma general del río se muestra en la figura 28.

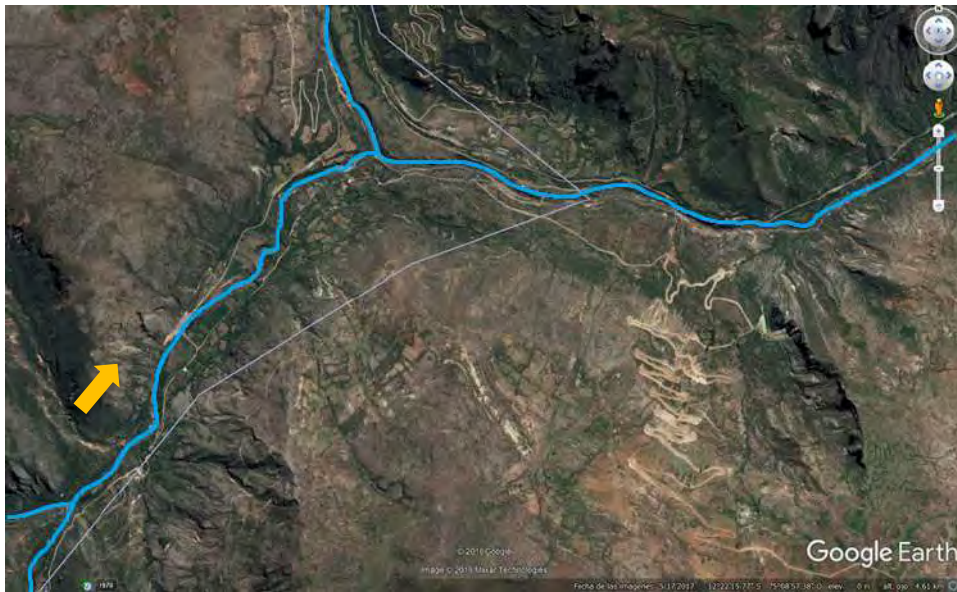


Figura 28: Forma del río en el área a estudiar, sección del río Mantaro. Fuente: Extraído de Google earth.

### 4.2 Ubicaciones de las alternativas de bocatoma

Basado en los criterios de ubicación presentados en la metodología de esta tesis, se escogieron las alternativas de ubicación de bocatomas como se muestran en las figuras 29 y 30. Para las dos alternativas la cámara de carga se ubica en la misma posición, desde esta se tiene una caída de altura de 60 metros hacia la casa de máquinas. En las figuras 29 y 30 se presenta la ubicación de las bocatomas y los canales de conducción respectivos para cada alternativa.

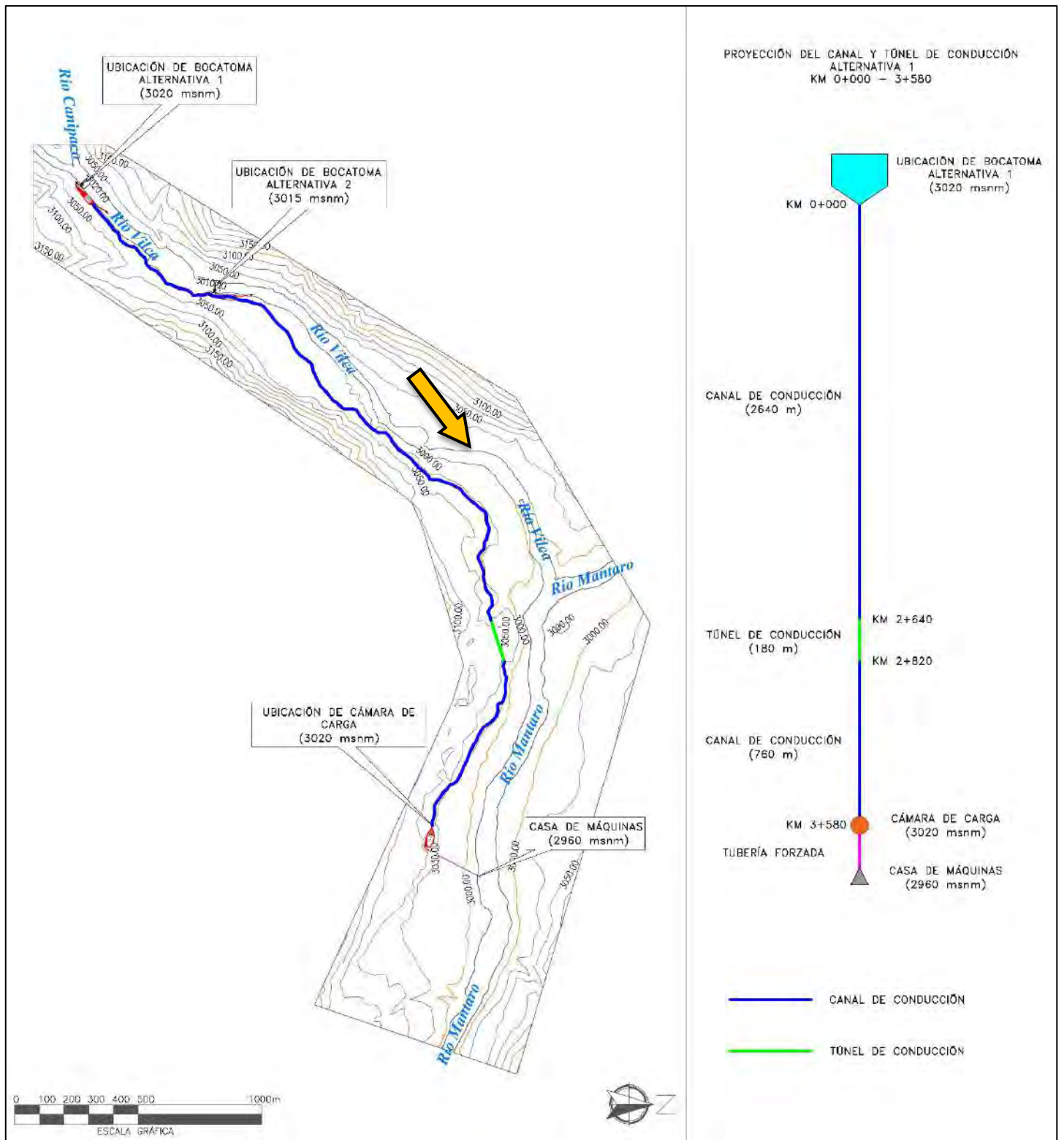


Figura 29: Ubicación de bocatomas y conducción para la Alternativa 1. Fuente: Elaboración propia.

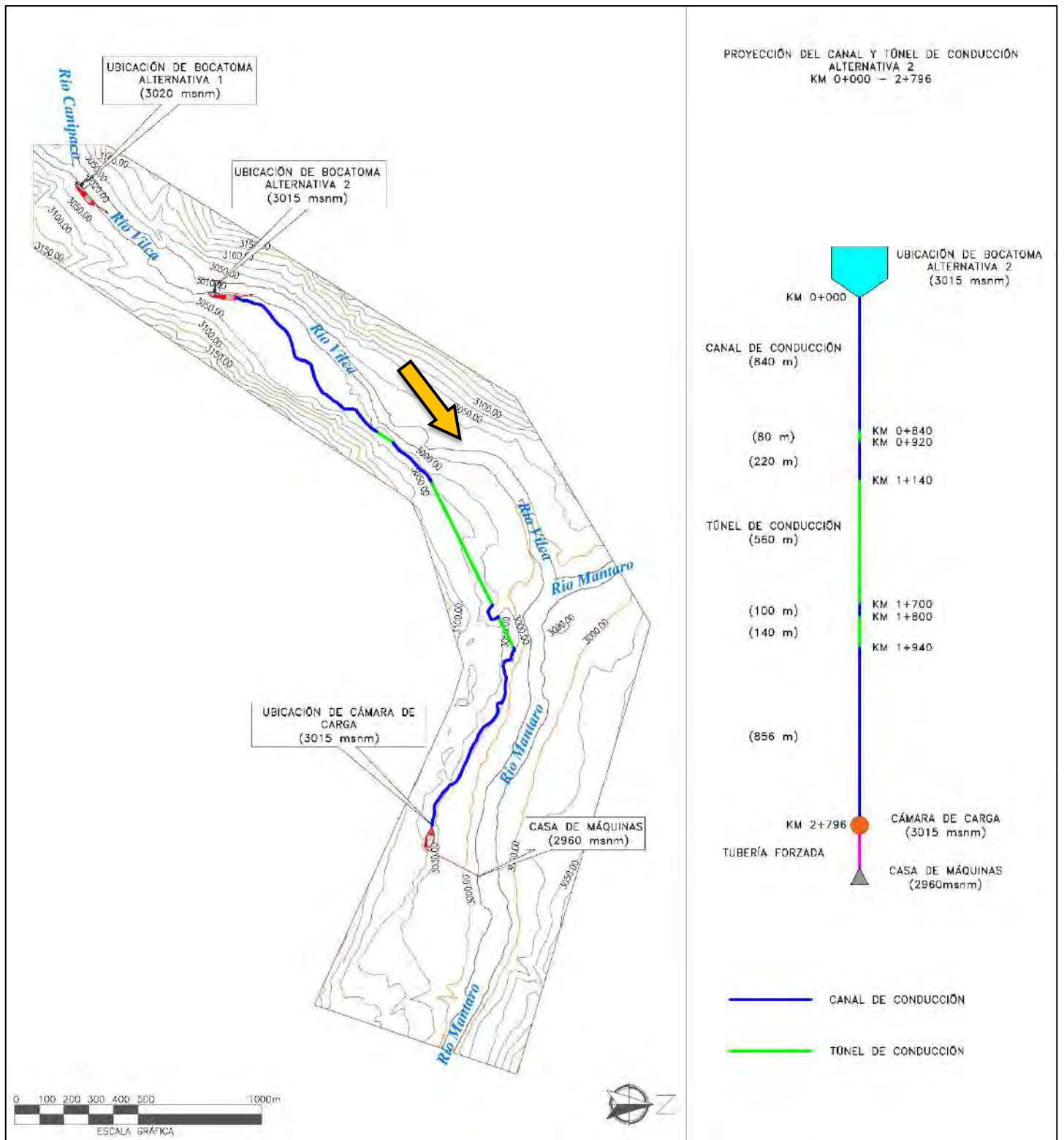


Figura 30: Ubicación de bocatomas y conducción para la Alternativa 2. Fuente: Elaboración propia.

### 4.3 Análisis hidráulico de bocatoma

En la cuenca de estudio se había desarrollado un estudio de pre factibilidad, a partir de este estudio se tiene como datos de entrada para el desarrollo de esta tesis lo siguiente.

- Caudal de diseño de la cuenca:  $Q_{\text{diseño}} = 31.86 \text{ m}^3/\text{s}$ , se calculó con los datos de caudales medidos a lo largo de 46 años.

Tabla 7: Caudales medios mensuales en la cuenca del Río Mantaro a lo largo de los años y cálculo del caudal de diseño. (CESEL Ingenieros, 2013)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM.
1965	17,67	88,40	59,15	28,51	16,59	13,29	12,49	11,34	10,96	11,10	10,25	15,01	25,40
1966	31,36	28,17	45,52	17,03	14,12	12,04	13,39	10,64	9,47	14,52	25,24	57,24	23,23
1967	39,67	110,46	163,61	38,40	24,93	19,12	15,89	13,77	14,62	23,65	14,39	20,48	41,58
1968	40,31	43,81	69,07	26,42	17,38	15,18	13,32	12,57	12,43	14,08	22,34	26,21	26,26
1969	24,43	33,98	33,92	32,20	18,82	14,83	13,82	13,24	12,96	13,08	12,82	34,43	21,54
1970	99,64	59,75	58,41	36,93	28,89	16,75	14,78	14,04	15,05	14,36	14,15	31,32	33,67
1971	62,68	85,64	98,49	50,33	20,59	15,65	13,70	12,81	11,58	11,18	10,29	30,68	35,14
1972	82,18	84,23	139,73	90,48	30,34	20,78	18,40	14,04	13,78	14,16	13,41	25,85	43,78
1973	77,96	115,58	166,33	94,06	61,18	25,36	21,25	19,28	19,96	22,72	29,60	61,71	61,25
1974	123,48	117,91	63,65	52,48	28,80	26,10	21,58	21,26	22,01	18,68	17,89	17,48	44,26
1975	25,89	47,57	93,92	42,60	34,15	18,26	15,13	14,23	13,62	13,14	13,07	22,64	29,52
1976	71,02	94,04	83,86	38,24	21,70	18,74	15,90	12,02	11,31	14,80	11,75	10,12	33,63
1977	7,85	45,55	56,73	44,44	36,50	18,61	18,55	12,25	11,74	10,90	39,06	24,29	27,21
1978	45,54	67,81	40,34	26,31	17,65	15,08	12,93	12,00	10,86	13,87	16,23	25,95	25,38
1979	24,29	73,13	59,02	25,52	16,43	14,43	12,22	11,89	11,39	11,76	10,14	10,28	23,38
1980	20,07	36,40	28,24	36,77	11,89	9,69	10,11	8,34	8,90	19,55	16,43	25,50	19,32
1981	23,65	52,02	40,49	29,55	21,48	14,93	13,41	13,02	11,75	17,24	27,75	41,50	25,57
1982	46,89	130,47	86,59	39,22	17,84	12,67	11,13	10,76	11,83	16,65	49,15	25,98	36,60
1983	28,48	14,59	38,50	35,53	15,91	13,00	11,15	10,95	9,35	12,74	9,30	15,42	17,91
1984	58,19	140,31	120,41	79,16	34,22	22,41	17,99	15,13	13,48	15,80	25,08	60,74	50,24
1985	35,38	44,79	61,87	68,42	28,75	20,99	15,59	12,90	14,62	13,54	11,45	24,25	29,38
1986	70,15	122,17	136,46	62,95	48,79	25,75	20,14	18,12	19,10	17,66	17,97	25,36	48,71
1987	98,47	52,77	37,28	23,62	17,73	15,79	12,08	11,39	11,88	11,35	10,78	16,65	26,65
1988	42,79	62,66	83,83	62,22	26,90	18,07	13,89	13,37	12,79	13,27	11,35	12,63	29,48
1989	61,70	88,57	113,98	54,94	24,77	18,78	15,11	12,33	12,34	13,06	9,89	10,81	36,19
1990	13,36	17,77	38,61	26,85	21,77	17,78	14,11	12,33	13,36	12,17	20,76	16,93	18,82
1991	31,36	48,77	49,61	33,85	20,77	14,78	11,11	10,33	10,36	12,17	7,76	4,93	21,16
1992	10,68	21,41	48,54	17,45	11,44	9,21	7,14	7,20	7,12	9,63	4,76	5,93	13,38
1993	35,41	86,14	59,88	49,13	25,81	15,56	12,14	9,45	9,60	12,80	45,74	73,72	36,27
1994	82,77	142,88	102,95	71,49	36,40	22,99	17,93	15,76	14,58	14,83	13,99	10,68	45,80
1995	25,89	43,20	103,08	39,09	18,57	14,44	13,32	11,83	11,63	11,07	14,13	18,52	27,06
1996	47,12	79,52	50,10	51,80	16,83	11,89	13,53	10,35	8,02	7,41	8,22	14,98	26,65
1997	45,18	85,33	51,66	21,13	15,54	13,31	10,98	10,49	9,84	11,26	16,38	26,64	26,49
1998	71,53	61,77	64,96	42,78	14,04	11,97	10,25	9,19	8,62	9,86	10,26	11,94	27,26
1999	18,01	87,58	78,76	54,51	29,13	14,16	14,35	13,82	14,61	13,76	8,32	29,86	31,41
2000	68,48	118,44	104,16	46,57	24,08	16,95	14,41	13,21	11,58	19,04	11,55	25,03	39,46
2001	108,42	81,86	90,97	43,32	24,45	16,76	15,66	13,28	13,36	13,25	14,89	17,30	37,79
2002	17,30	72,14	80,04	45,80	21,92	15,40	13,68	11,36	11,65	13,22	27,09	52,55	31,84
2003	51,35	97,27	93,76	63,01	25,00	14,62	13,84	13,17	16,12	11,36	11,49	25,86	36,40
2004	19,95	67,08	43,84	37,58	13,05	9,65	7,50	6,72	6,13	9,12	15,96	47,25	23,82
2005	56,82	58,33	65,72	45,23	15,41	11,33	10,91	7,53	4,81	8,03	4,81	16,10	25,25
2006	55,96	73,70	79,47	64,05	21,06	13,57	11,53	7,85	4,79	10,61	21,85	39,45	33,64
2007	66,72	44,20	86,48	64,97	25,24	13,73	11,67	12,14	13,17	13,37	7,55	16,06	31,28
2008	70,21	61,96	36,56	24,30	14,85	13,73	10,51	9,56	9,84	9,82	8,82	12,89	23,59
2009	32,47	73,80	59,73	53,55	19,06	12,68	10,97	9,99	10,33	9,82	24,07	90,27	33,68
2010	122,82	73,41	92,36	52,99	24,45	18,92	15,52	12,71	11,75	11,15	10,12	35,24	40,10
2011	92,38	148,51	102,14	33,89	37,23	23,70	19,00	15,98	15,37	17,41	15,23	33,19	51,17
Promedio	50,72	74,08	75,55	48,37	23,87	16,24	13,87	12,25	12,05	13,45	16,46	27,66	31,86
Des. Est.	29,65	33,49	34,64	19,24	9,57	4,19	3,16	2,90	3,33	3,54	9,63	18,01	9,82
Máximo	123,48	148,51	186,33	94,06	61,18	26,10	21,58	21,26	22,01	23,65	49,15	90,27	61,25
Mínimo	7,85	14,59	28,24	17,03	11,44	9,21	7,14	6,72	4,79	6,03	4,76	4,93	13,36

Caudal de diseño **31,86** m<sup>3</sup>/s

- Tirante del río Aguas Arriba:  $y = 6.84 \text{ m}$

- Ancho superficial:  $T = 53.36 \text{ m}$
- Base del río:  $B = 38.0 \text{ m}$
- Pendiente:  $s = 0.002487 \text{ m/m}$
- Rugosidad en el canal:  $n = 0.045$
- Talud del río:  $z = 1.5$
- Caudales para tiempos de retorno en 50, 100 y 200 años.
  - $Tr = 50 \text{ años} \quad Q = 460 \text{ m}^3/\text{s}$
  - $Tr = 100 \text{ años} \quad Q = 507 \text{ m}^3/\text{s}$
  - $Tr = 200 \text{ años} \quad Q = 554 \text{ m}^3/\text{s}$

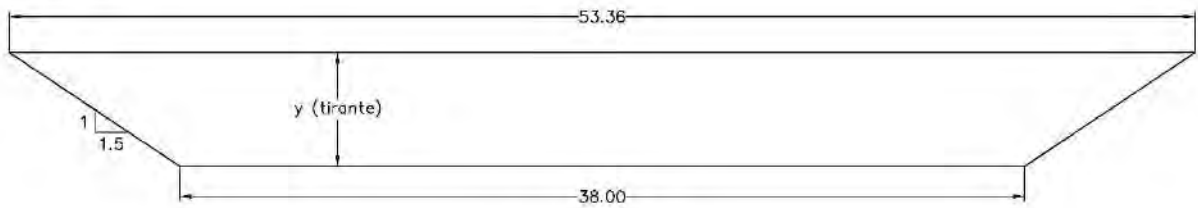
Los cálculos se desarrollarán considerando un canal rectangular, un caudal de retorno de 100 años y un caudal ecológico del 10% del caudal de diseño.

#### **4.3.1 Relación entre el Barraje Vertedero Fijo y el Móvil**

En ambas alternativas de ubicación de bocatoma y tomando en cuenta la longitud del ancho superficial ( $T = 53.36\text{m}$ ) y de la base ( $B = 38.0 \text{ m}$ ) como datos del estudio hidrológico, se dimensionan las longitudes de barraje vertedero fijo y móvil. El barraje móvil se compone de 3 compuertas de 4.0 m de ancho con pilares de 1.0 m de sección predimensionada, la longitud del barraje vertedero móvil será de  $L_m = 15.0$  metros.

La longitud del barraje fijo se dimensiona para que la longitud de sección del barraje total cubra el ancho superficial del río, es decir  $L_f + L_m \geq T$ , para ello se escoge como longitud de barraje vertedero fijo  $L_f = 38.5 \text{ m}$ , obteniendo como longitud total  $L_f + L_m = 53.50 \text{ m}$ .

SECCION DEL RIO



SECCION DEL BARRAJE FIJO Y MOVIL

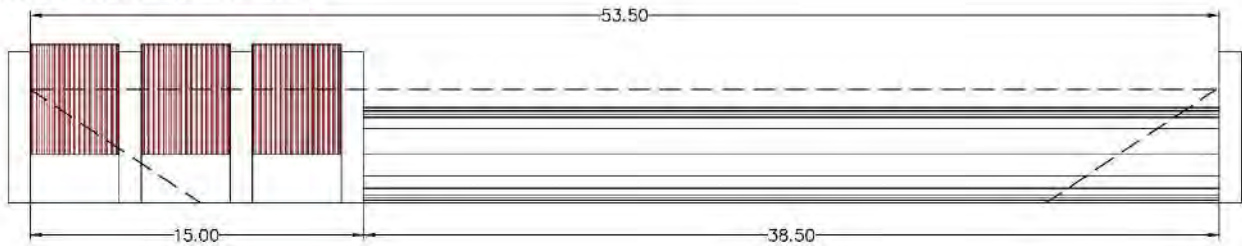


Figura 31: Sección de río y relación entre longitudes de barraje vertedero fijo y móvil, unidades en metros. Fuente: Elaboración propia.

Los caudales que circulan por cada tipo de barraje vertedero se calculan empleando la relación de sus longitudes y el caudal total el cual, para un tiempo de retorno de 100 años, es  $Q = 507 \text{ m}^3/\text{s}$ . Los caudales asignados deben sumar en caudal total, como se indica en la metodología.

$$Q_{BM} + Q_{BF} = Q_{100\text{años}}$$

$$142 + 365 = 507 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### 4.3.2 Altura del barraje vertedero

Según los datos del estudio hidrológico se tiene:

- $Q_{BF} = 365 \text{ m}^3/\text{s}$
- $L = 38.5 \text{ m}$  ; Longitud de la cresta del barraje vertedero fijo.
- $y_{\text{Agua Arriba}} = 6.84 \text{ m}$

Empleando las fórmulas propuestas en la metodología, se calcula la energía sobre la cresta:

$$V_a = \frac{365}{6.84 * 38.5} = 1.386 \text{ m/s}$$

$$H_a = \frac{1.386^2}{2 * 9.81} = 0.0979 \text{ m}$$

Posiblemente sea vertedero alto ( $h/H_d > 1.33$ ;  $C = 2.225 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ ):

$$365 = 2.225 * 38.5 * H_e^{3/2}$$

$$H_e = 2.63 \text{ m}$$

$$H_d = H_e - H_a = 2.53 \text{ m}$$

$$h = y_{\text{Aguas Arriba}} - H_d \rightarrow h = 4.31 \text{ m}$$

Verificando la condición del vertedero:

$$\frac{h}{H_d} = \frac{4.31}{2.53} = 1.703 > 1.33 \text{ (ok, vertedero alto)}$$

La altura del barraje vertedero fijo es  $h = 4.31 \text{ m}$ .

### 4.3.3 Forma de la cresta del vertedero

Empleando:

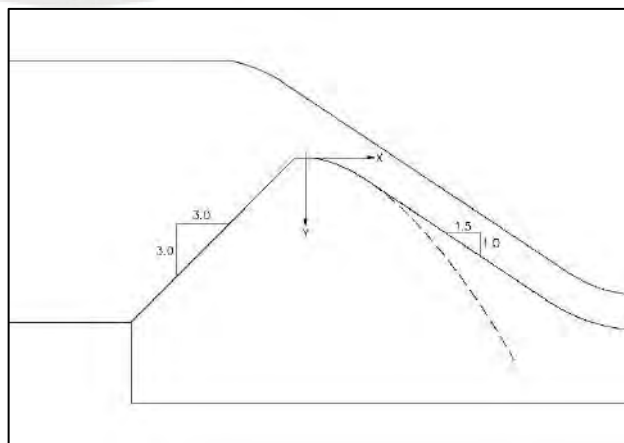
$$x^{1.776} = 1.873 * H_d^{0.776} * y$$

$$x^{1.776} = 1.873 * 2.53^{0.776} * y$$

$$y = \frac{x^{1.776}}{3.8491}$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{x^{0.810}}{2.1673}$$

X =	Y =
0	0
0.10	0.004
0.55	0.09
1.08	0.30
1.60	0.60
2.37	1.20
3.41	2.30
4.04	3.10
4.86	4.31
5.35	5.11



#### 4.3.4 Abertura de la compuerta móvil

Empleando la ecuación planteada en la metodología, se itera un valor de la altura de abertura de la compuerta móvil para que el caudal  $Q_{BM}$  pueda fluir.

- $Q_{BM} = 142 \text{ m}^3/\text{s}$
- $N^\circ \text{ compuertas} = 3$
- $\text{Ancho compuerta } (b) = 4 \text{ m}$
- $Q_{BM}/\text{compuerta} = 47.35 \text{ m}^3/\text{s}$
- $y_1 = 6.84 \text{ m}$
- $C_c = 0.62$

Empleando el software HCanales se calcula la abertura, como indica la figura:

The screenshot shows the HCanales software interface for calculating the opening of a mobile gate. The interface is divided into several sections:

- Datos de la compuerta:**
  - Ancho de la compuerta (b): 4 m
  - Tirante aguas arriba (y1): 6.84 m
  - Abertura de la compuerta (a): 1.82 m
  - Coefficiente de contracción: 0.62
- Ecuaciones:**
  - $Q = C_d b a \sqrt{2g y_1} \text{ m}^3/\text{s}$
  - donde:
    - $C_d = \frac{C_c C_v}{\sqrt{1 + \frac{C_c a}{y_1}}}$
    - b = ancho compuerta, m
    - a = abertura compuerta, m
    - y1 = tirante aguas arriba compuerta, m
    - Cd = coeficiente descarga
    - Cc = coeficiente contracción
    - Cv = coeficiente velocidad
    - para fines prácticos:  $C_c = 0.62$
    - $C_v = 0.96 + 0.079 \frac{a}{y_1}$
- Elementos de una compuerta:**
  - Diagrama que muestra un elemento de compuerta con dimensiones y variables:
    - y2 =  $C_c \times a$
    - $L = \frac{a}{C_c}$
    - Variables y1, a, b, y2, y3, L.
- Resultados:**
  - Coefficiente de velocidad (Cv): 0.981
  - Coefficiente de descarga (Cd): 0.5635
  - Caudal (Q): 47.5249 m<sup>3</sup>/s
  - 47524.8962 l/seg

Figura 32: Cálculo de altura de abertura de compuerta del barraje móvil empleando el software HCanales. Fuente: Elaboración propia.

$$h_{\text{compuerta}} = 1.82 \text{ m}$$

### 4.3.5 Diseño del colchón disipador

a) Longitud del colchón disipador:

Considerando el planteamiento de la figura 33, donde no hay nivel de reducción del fondo del lecho amortiguador:

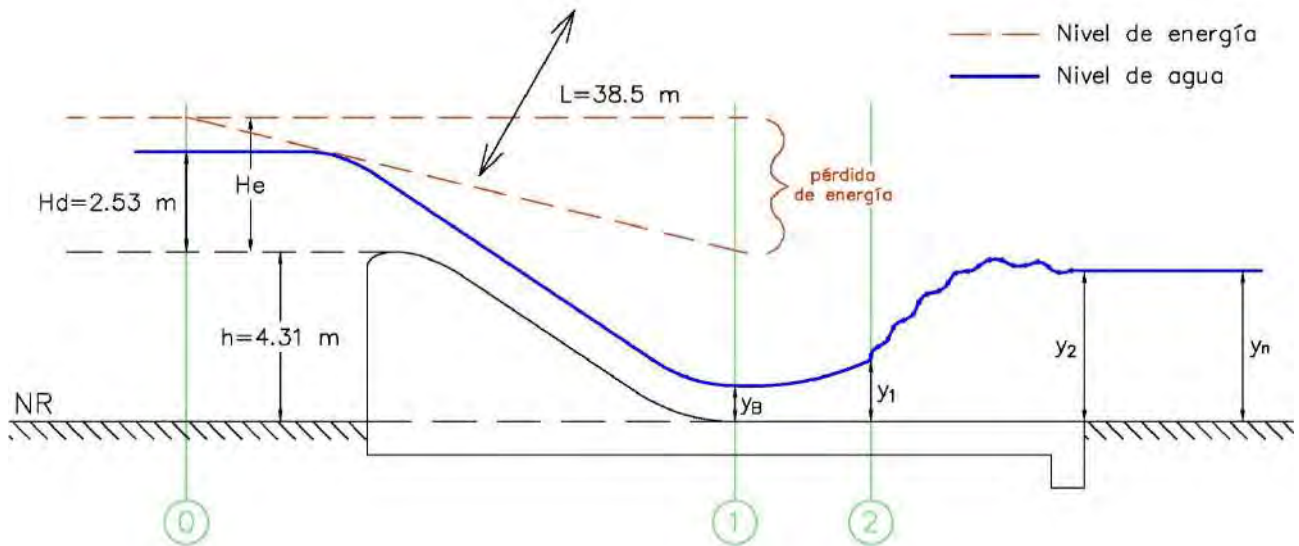


Figura 33: Parámetros para cálculo de tirantes y longitud de lecho amortiguador sin reducción de fondo. Fuente: Elaboración propia.

En la estación 0, se calcula la velocidad del agua:

$$V_0 = \frac{Q}{A_0} = \frac{365}{(4.31 + 2.53) * 38.5} = 1.386 \text{ m/s}$$

En la estación 1 se calcula la relación entre la velocidad del agua y su tirante, donde  $y_B$  y  $V_B$  son los parámetros aguas abajo al pie del vertedero:

$$365 = (y_B * 38.5) * V_B \rightarrow V_B = \frac{9.48}{y_B} \dots (a)$$

Energía entre las estaciones 0 y 1:

$$E_0 = E_1 + hf_{0-1} \dots (b)$$

$$E_0 = 4.31 + 2.53 + \frac{1.386^2}{2g} = 6.938 \text{ m}$$

$$E_1 = y_B + \frac{V_B^2}{2g}$$

$$hf_{0-1} = 0.1 * \frac{V_B^2}{2g}$$

De las ecuaciones (a) y (b) se calculan los parámetros en la estación 1:

$$\begin{cases} y_B = 0.915 \text{ m} \\ V_B = 10.36 \text{ m/s} \end{cases}$$

Cálculo del tirante normal en el canal  $y_n$ , considerando:

- $Q_{Tr=100 \text{ años}} = 507 \text{ m}^3/\text{s}$
- $s = 0.002487 \text{ m/m}$  ;  $n = 0.045$
- $Area = y_n * 53.5$  ;  $Perímetro = 2 * y_n + 53.5$
- $Q = \frac{A^{5/3} * s^{1/2}}{P^{2/3} * n}$ ; Ecuación de Manning – Chezy

$$507 = \frac{(y_n * 53.5)^{5/3} * 0.002487^{1/2}}{(2 * y_n + 53.5)^{2/3} * 0.045}$$

$$y_n = 3.83 \text{ m}$$

Resalto hidráulico en el canal rectangular, considerando:

- $y_2 = y_n = 3.83 \text{ m}$
- $q = Q/B = 365/38.5 = 9.48 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$

$$y_1 = -\frac{3.83}{2} + \sqrt{\frac{3.83^2}{4} + \frac{2 * 9.48^2}{9.81 * 3.83}}$$

$$y_1 = 0.99 \text{ m}$$

Como  $y_1 > y_B$  el resalto no ocurre inmediatamente aguas abajo del vertedero, sino existe una distancia entre  $y_B$  y  $y_1$  que se puede calcular. Para que el resalto hidráulico ocurra al pie del aliviadero se debe reducir el fondo del colchón disipador.

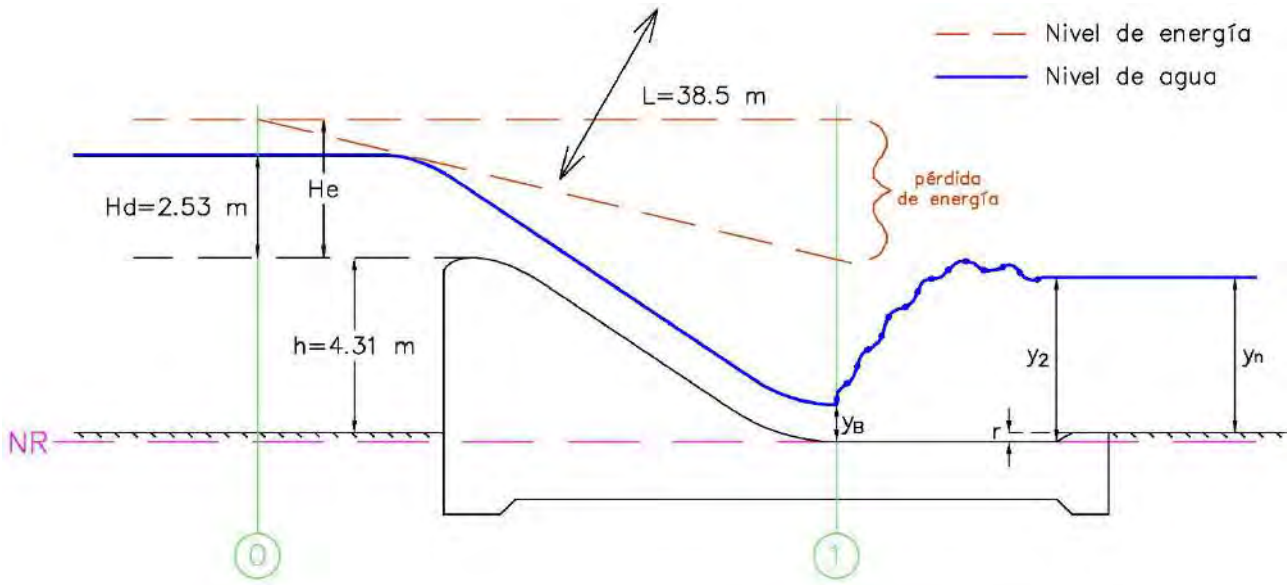


Figura 34: Parámetros para cálculo de tirantes y longitud de lecho amortiguador con reducción de fondo. Fuente: Elaboración propia.

$y_B$  es el tirante aguas abajo al pie del vertedero y el primer tirante conjugado del resalto hidráulico, se calcula el otro tirante conjugado  $y_2$  considerando:

- $y_B = 0.915 \text{ m}$

$$y_2 = -\frac{0.915}{2} + \sqrt{\frac{0.915^2}{4} + \frac{2 * 9.48^2}{9.81 * 0.915}}$$

$$y_2 = 4.046 \text{ m}$$

El rebaje del fondo del lecho amortiguador será la diferencia entre el tirante conjugado  $y_2$  y  $y_n$ :

$$r = y_2 - y_n = 4.046 - 3.830 = 0.22 \text{ m}$$

Se comprueba el tirante aguas abajo calculándolo por conservación de energía, considerando la reducción de fondo ( $r = 0.22 \text{ m}$ ) y el nivel de referencia de la figura 34, se compara la cantidad de energía entre las estaciones 0 y 1:

$$V_B = \frac{9.48}{y_B}$$

$$E_0 = E_1 + hf_{0-1}$$

$$0.22 + 4.31 + 2.53 + \frac{1.386^2}{2g} = y_B + 1.1 * \frac{y_B^2}{2g}$$

$$\begin{cases} y_B = 0.897 \text{ m} \\ V_B = 10.57 \text{ m/s} \end{cases}$$

$$\Delta y_B = 0.915 - 0.897 \approx 0.018 \text{ m} = 1.8 \text{ cm}$$

Con los tirantes conjugados del resalto se calcula la longitud del mismo, empleando el método gráfico de U.S. Bureau of Reclamation:

$$\begin{cases} y_B = 0.915 \text{ m} \\ V_B = 10.36 \text{ m/s} \\ y_2 = 4.046 \text{ m} \end{cases}$$

Se calcula en número de Froude  $F_1$  y se ingresa con este dato a la gráfica:

$$F_1 = \frac{V_B}{\sqrt{g * y_B}}$$

$$F_1 = 3.46$$

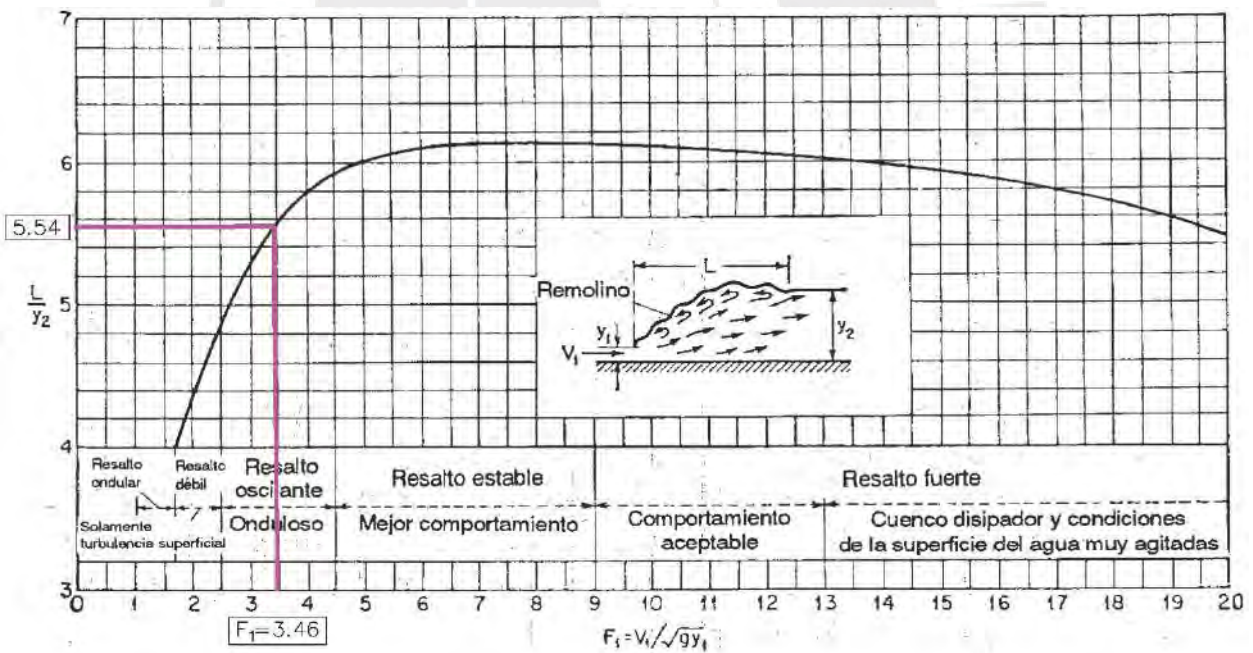


Figura 35: Longitud en términos de la profundidad del tirante conjugado  $y_2$  de resaltos en canales horizontales. (Chow, 1959)

$$\frac{Lr}{y_2} = 5.54$$

$$Lr = 22.42 \text{ m}$$

b) Espesor del colchón disipador:

El espesor del colchón se dimensiona verificando que el diseño de la estructura cumpla con el criterio de Lane donde, para cada punto, la sub-presión es igual o menor que el peso del concreto. En la figura 36 se presenta un esquema de la estructura indicando el camino de percolación.

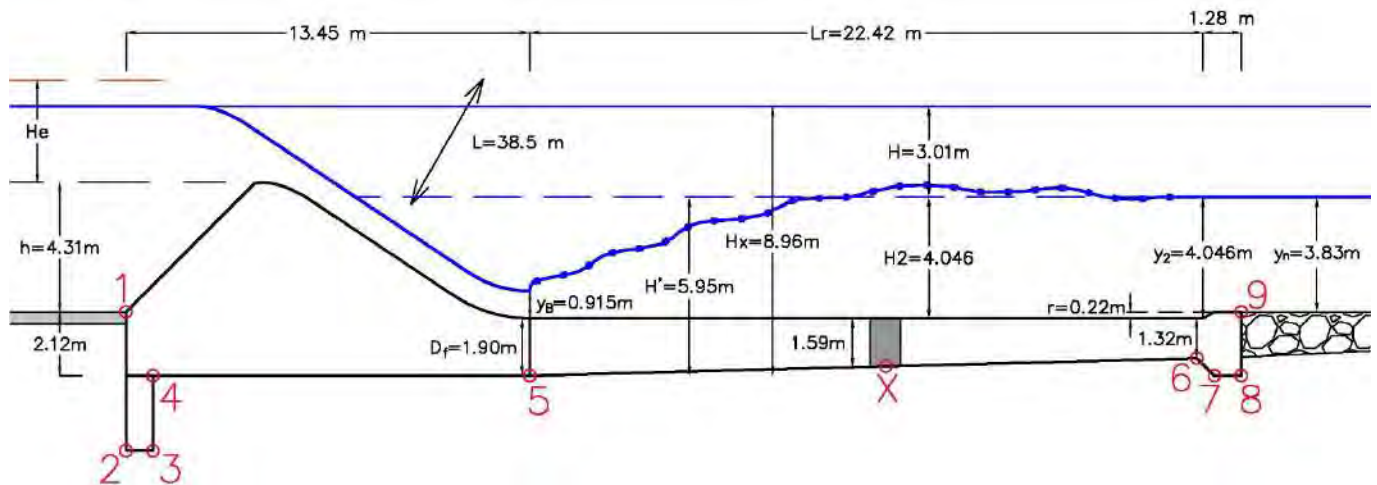


Figura 36: Diseño del colchón disipador y recorrido de infiltración para comprobar el espesor de la estructura. Fuente: Elaboración propia.

Donde:

$$H = 3.01 \text{ m} \quad H' = 5.95 \text{ m} \quad H_2 = 4.046 \text{ m}$$

$$H_X = 8.96 \text{ m}$$

$$\delta_A = 1 \text{ ton/m}^3$$

$$\delta_C = 2.4 \text{ ton/m}^3$$

Para L:

$$L_V = (1 - 2) + (3 - 4) + (5 - 6)V + (6 - 7)V + (8 - 9) = 10.40 \text{ m}$$

$$L_H = (2 - 3) + (4 - 5) + (5 - 6)H + (6 - 7)H + (7 - 8) = 37.15 \text{ m}$$

$$L = 1/3 * L_H + L_V = 22.78 \text{ m}$$

Para Lx al pie del barraje vertedero fijo (1):

$$L_X = 1/3 * ((2 - 3) + (4 - 5)) + (1 - 2) + (3 - 4) = 11.60 \text{ m}$$

$$S_X = 7.43 \text{ ton/m}^2$$

$$e = 1.87 \text{ m} < 1.90 \text{ m} = D_f \text{ (ok)}$$

Para  $L_x$  a la mitad del colchón dissipador (2):

$$L_X = 1/3 * ((2 - 3) + (4 - 5) + (5 - x)H) + (1 - 2) + (3 - 4) + (5 - x)V = 15.86 \text{ m}$$

$$S_X = 6.86 \text{ ton/m}^2$$

$$e = 1.57 \text{ m} < 1.59 \text{ m} \text{ (ok)}$$

Para  $L_x$  al finalizar el colchón dissipador, antes del dentellón aguas abajo (3):

$$L_X = 1/3 * ((2 - 3) + (4 - 5) + (5 - 6)H) + (1 - 2) + (3 - 4) + (5 - 6)V = 19.59 \text{ m}$$

$$S_X = 6.37 \text{ ton/m}^2$$

$$e = 1.29 \text{ m} < 1.32 \text{ m} \text{ (ok)}$$

Se comprueba por el criterio de Lane que el espesor del colchón resiste a la fuerza de subpresión.

#### 4.3.6 Diseño del enrocado de protección

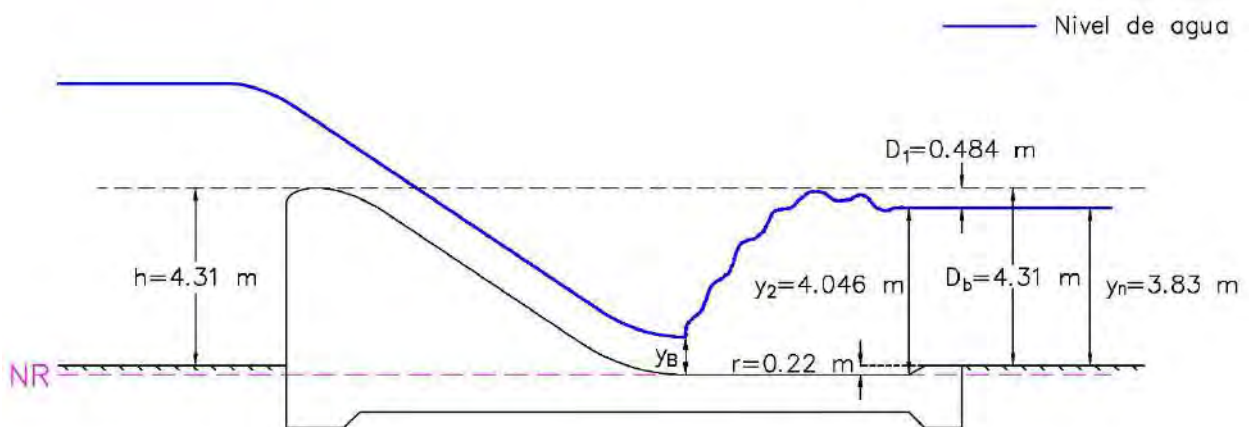


Figura 37: Parámetros para el cálculo de la longitud del enrocado de protección empleando la ecuación de Bligh.  
Fuente: Elaboración propia.

Mediante la ecuación de Bligh planteada en la metodología se obtiene:

- $q = Q/B = 9.48 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$

- $D_1 = 4.31 + 0.22 - 4.046 = 0.484 \text{ m}$
- $D_b = 0.484 + 4.046 - 0.22 = 4.31 \text{ m}$
- $C = 9$ , Arena gruesa o grava arenosa

$$L_s = 0.6 * 9 * 0.484^{1/2} * \left( 1.12 * \left( 9.48 * \frac{4.31}{0.484} \right)^{\frac{1}{2}} - 1 \right)$$

$$L_s = 34.90 \text{ m}$$

#### 4.3.7 Diseño de la ventana de captación

En el estudio de la presente tesis el tipo de toma es convencional, por contar con un dique vertedero, compuertas móviles y una ventana de captación lateral. El caudal a captar por la ventana es el caudal de diseño calculado en el estudio hidrológico más el caudal de purga o ecológico que es el 10% del caudal de diseño.

- Caudal de diseño = 31.86 m<sup>3</sup>/s
- Caudal ecológico = 3.186 m<sup>3</sup>/s
- Caudal a captar = 35.046 m<sup>3</sup>/s

Se analiza la condición sumergida del vertedero, en estiaje, con los parámetros de la figura 38:

- $H = 2.50 \text{ m}$  (Altura de la ventana)
- $y_1 = 0.80 \text{ m}$  (Umbral)
- $z = 0.10 \text{ m}$  (Desnivel entre superficies, pérdida)

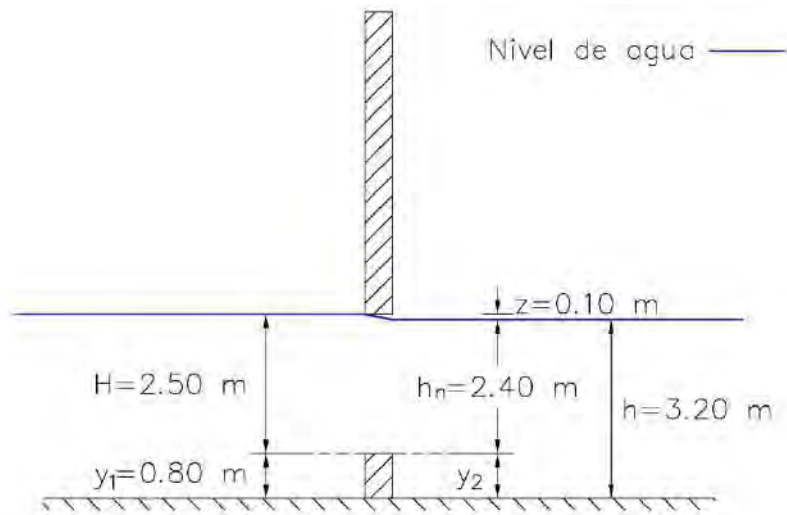


Figura 38: Parámetros para determinar condición de vertedero sumergido en una sección de la ventana de captación en época de estiaje. Fuente: Elaboración propia.

- 1.-  $h > y_2$                        $3.20 > 0.80$                       (ok)
- 2.-  $Z_0/y_2 < 0.7$                        $0.1/0.8 = 0.125 < 0.7$                       (ok)

Comprobada la condición de vertedero sumergido se calculan los coeficientes de vertedero y de corrección por sumersión:

$$M_o = \left[ 0.407 + \frac{0.045 * 2.5}{2.5 + 0.8} \right] * \left[ 1 + 0.285 * \left( \frac{2.5}{2.5 + 0.8} \right)^2 \right] * \sqrt{2 * g}$$

$$M_o = 2.273$$

$$s = 1.05 * \left[ 1 + 0.2 * \frac{2.4}{0.8} \right] * \sqrt[3]{\frac{0.10}{2.5}}$$

$$s = 0.574$$

La ventana se diseña a partir de la ecuación:

$$Q = k * s * M * b * H^{3/2}$$

El proyecto se diseña con 2 ventanas de captación idénticas, por lo tanto, el caudal a captar se divide en 2:

$$17.523 = 0.85 * 0.574 * 2.273 * b * 2.5^{3/2}$$

$$b = 3.99 \text{ m}$$

A esta longitud de ventana se le añade la longitud de las barras, considerando un espaciamiento (de eje a eje) de 0.05 m y un espesor de 0.0125 m (1/2"). Se calcula el número de espacios:

$$n = 3.99 / (0.05 - 0.0125) = 106$$

Y el número de barrotes es:  $106 - 1 = 105$

El ancho total de la reja es:  $B = 3.99 + 105 * 0.0125 = 5.30 \text{ m}$

Entre cada ventana se dimensiona un espaciamiento de 1.5 m, obteniendo una longitud total de 12.10 m.

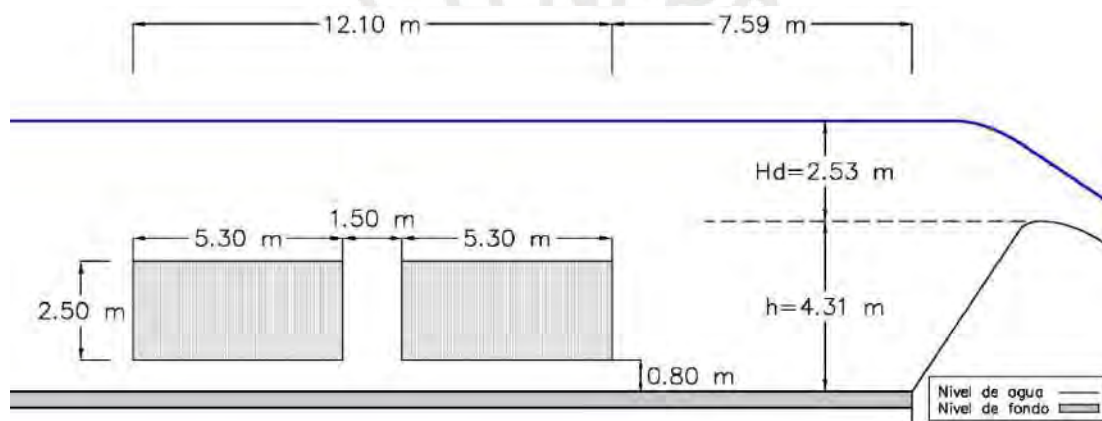


Figura 39: Esquema de la ventana de captación. Fuente: Elaboración propia.

En creciente, la altura del tirante aguas arriba es de 6.84 m con respecto del fondo, en este caso la reja de entrada se transforma de vertedero sumergido a orificio. Para calcular el caudal que se capta por las ventanas se completan los parámetros de acuerdo con la figura 40:

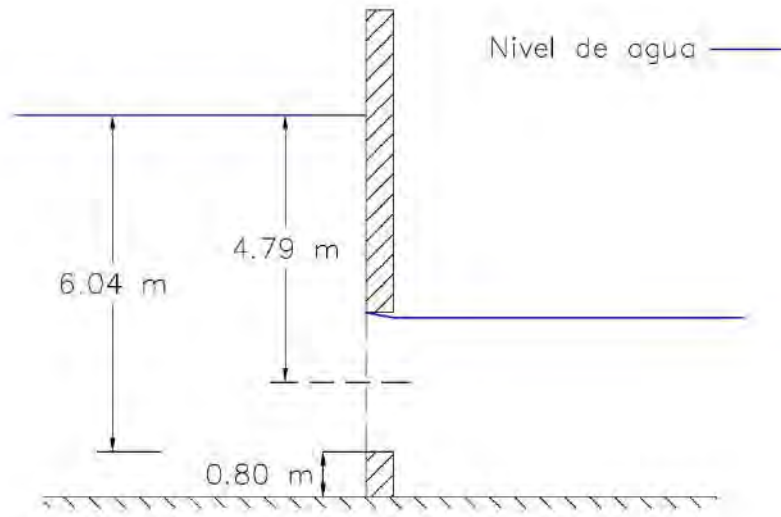


Figura 40: Parámetros para determinar el caudal que capta la ventana en condición de orificio en época de creciente. Fuente: Elaboración propia.

- Área del orificio:  $A = 3.99 * 2.5 * 2 = 19.95 \text{ m}^2$
- Carga sobre el orificio:  $h = 4.79 \text{ m}$

Empleando el software HCanales se calcula el caudal que pasa por el orificio:

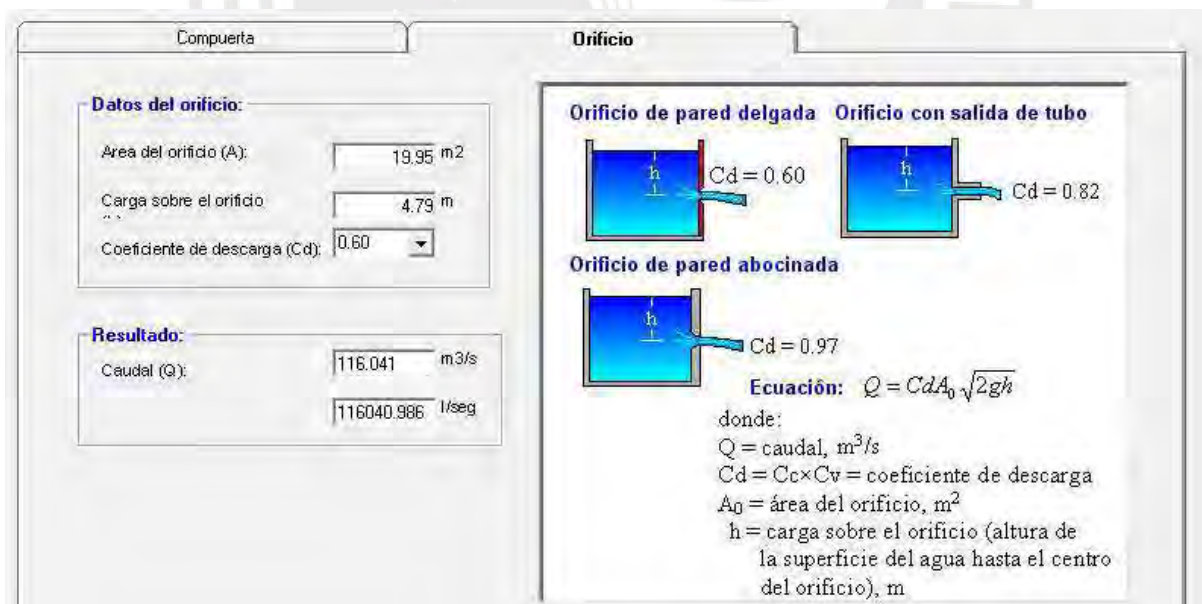


Figura 41: Cálculo de caudal que pasa por orificio empleando el software HCanales. Fuente: Elaboración propia.

$$Q_{\text{captado}} = 116.041 \text{ m}^3/\text{s}$$

El caudal captado es mayor al caudal de diseño, el flujo adicional será aliviado por las compuertas móviles.

- El caudal adicional a aliviar:  $Q_{Adicional} = 116.041 - 35.046 = 80.995 \text{ m}^3/\text{s}$
- Caudal que pasa por el barraje móvil:  $Q_{BM} = 142 + 80.995 = 222.995 \text{ m}^3/\text{s}$
- $N^{\circ} \text{ compuertas} = 3$
- $Q_{BM}/\text{compuerta} = 74.33 \text{ m}^3/\text{s}$

Empleando el software HCanales se calcula la abertura de la compuerta móvil, como indica la figura 42:

The screenshot shows the HCanales software interface for calculating the gate opening. It is divided into several sections:

- Compuerta / Orificio:** The main title of the software.
- Datos de la compuerta:** Input fields for:
  - Ancho de la compuerta (b): 4 m
  - Tirante aguas arriba (y1): 6.84 m
  - Abertura de la compuerta (a): 2.93 m
  - Coefficiente de contracción: 0.62
- Ecuaciones:**
  - Equation:  $Q = C_d b a \sqrt{2gy_1} \text{ m}^3/\text{s}$
  - Where:  $C_d = \frac{C_c C_v}{\sqrt{1 + \frac{C_c a}{y_1}}}$
  - Definitions:
    - b = ancho compuerta, m
    - a = abertura compuerta, m
    - y1 = tirante aguas arriba compuerta, m
    - Cd = coeficiente descarga
    - Cc = coeficiente contracción
    - Cv = coeficiente velocidad
  - Practical values:
    - Cc = 0.62
    - $C_v = 0.96 + 0.079 \frac{a}{y_1}$
- Elementos de una compuerta:** A 3D diagram showing a gate of width 'b' and opening 'a' in a channel. Water levels are indicated as y1 (upstream), y2 (at the gate), and y3 (downstream). Equations shown are  $y_2 = C_c \times a$  and  $L = \frac{a}{C_c}$ .
- Resultados:** Output fields for:
  - Coefficiente de velocidad (Cv): 0.9938
  - Coefficiente de descarga (Cd): 0.5477
  - Caudal (Q): 74.3649 m3/s and 74364.8973 l/seg

Figura 42: Cálculo de altura de abertura de compuerta del barraje móvil empleando el software HCanales. Fuente: Elaboración propia.

$$h_{\text{compuerta}} = 2.93 \text{ m}$$

### 4.3.8 Diseño del desripador

- Caudal a captar = 35.046 m<sup>3</sup>/s
- H = 2.50 m (Altura de la ventana)
- Y = 0.80 m (Umbral)

- $z = 0.10$  m (Desnivel entre superficies, pérdida)
- $B = 10.6$  m (Ancho total de ventana de captación)

Se calcula el ancho del vertedero de salida con la fórmula de vertederos sumergidos:

$$Q = s * M * b * H^{3/2}$$

$$35.046 = 0.575 * 2.273 * b * 2.5^{3/2}$$

$$b = 6.79 \sim 6.80 \text{ m}$$

Se calculan los tirantes del resalto sumergido por Bernoulli, primero  $d_1$ :

$$H + Y = d_1 + \frac{Q^2}{2 * g * B^2 * d_1^2}$$

$$d_1 = 0.44 \text{ m}$$

Se calcula el tirante conjugado  $d_2$ :

- $q = Q/B = 35.046/10.6 = 3.306 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$

$$d_2 = -\frac{d_1}{2} + \left( \frac{d_1^2}{4} + 2 * \frac{q^2}{g * d_1} \right)^{1/2}$$

$$d_2 = 2.04 \text{ m}$$

Como  $d_2 = 2.04 \text{ m} < 3.30 \text{ m} = H + Y$ , el resalto está completamente sumergido. Se calcula la longitud empleando la ecuación de Pavlovski:

$$L = 2.5 * (1.9 * 2.04 - 0.44) = 8.60 \text{ m}$$

Se escoge una pendiente de 3% en el desripador, superior a la gradiente del río, para permitir el arrastre de piedras.

#### 4.3.9 Diseño de la transición

Considerando el caudal que sale del desripador ( $Q = 35.046 \text{ m}^3/\text{s}$ ), el ancho del vertedero ( $b_1 = 6.80 \text{ m}$ ) y el ancho inicial del desarenador, al que se conduce el agua captada, ( $b_2 = 6.10 \text{ m}$ ) se calcula la longitud de transición mínima:

$$L_{\text{mín}} = \frac{6.80 - 6.10}{2 * \tan(12.50^\circ)} = 1.57 \text{ m}$$

#### 4.4 Análisis de estabilidad estructural

En la tabla 8 se muestran los valores constantes de las densidades utilizadas en el desarrollo de los diseños de todas las estructuras:

Tabla 8: Valores de densidades en el cálculo de fuerzas sobre las estructuras hidráulicas.

yagua	1.00	ton/m3
yarena	1.89	
yconcreto	2.40	

#### 4.4.1 Diseño de barrageo vertedero fijo

Tabla 9: Dimensiones para el diseño del barrageo fijo.

BARRAJE FIJO		(m)
Hd	2.53	
H azud	4.31	
r (desnivel)	0.22	
H aguas arriba	6.84	
H aguas abajo (yB)	0.915	
Df (prof. Cimentación)	1.90	

Tabla 10: Valores de fuerzas actuantes sobre el barrageo fijo.

Dirección	Descripción	Fuerza (Ton)	Brazo (m)	Momento (Ton*m)
H	Fuerza Hidrostática Horizontal (FH1)	20.803	3.999	83.198
V	Fuerza Hidrostática Vertical (FH1)	-20.803	11.571	-240.714
H	Fuerza Hidrostática (FH2)	-0.419	2.205	-0.923
H	Empuje activo del terreno lzq. (E1)	18.748	0.980	18.372
H	Empuje activo del terreno Der. (E2)	-5.150	0.740	-3.812
V	Subpresión (U)	79.191	7.895	625.229
V	Peso de la estructura (W)	-133.532	7.354	-981.940

H	Fuerza Sísmica Horizontal (FSH)	13.353	2.331	31.128
V	Fuerza Sísmica Vertical (FSV)	6.677	7.354	49.097

Fuerzas (Ton)		Momentos (Ton*m)	
SUM FH	47.335 →	MRESIS	1227.390 ∪
SUM FV	68.467 ↓	MACT	807.024 ∪

El factor de seguridad al volteo:

$$\frac{\sum M_{resistente}}{\sum M_{actuante}} = 1.52 \geq 1.5 \text{ (OK)}$$

El factor de seguridad al deslizamiento:

$$\frac{\sum FH}{\sum FV} = 0.69 < 0.75 \text{ (OK)}$$

Se comprueban los esfuerzos en la base de la cimentación, para ello se calcula la resultante de momentos respecto al centro de la base de la estructura, la resolución de esta condición se encuentra en el Anexo N°5:

$$M = 40.095 \text{ ton} * m \cup$$

$$\Sigma V = 68.467 \text{ ton} \downarrow$$

$$\sigma_{max/min} = \frac{68.467}{13.45} \pm \frac{6 * 40.095}{13.45^2}$$

$$\begin{cases} \sigma_{max} = 6.420 \\ \sigma_{min} = 3.761 \end{cases} \text{ ton/m}^2$$

Se comprueba que los esfuerzos son de compresión y no existe zona de no compresiones.

Con las dimensiones instaladas se cumple la estabilidad de la estructura, en la figura 43 se muestran las dimensiones del barraje fijo y las fuerzas actuantes.

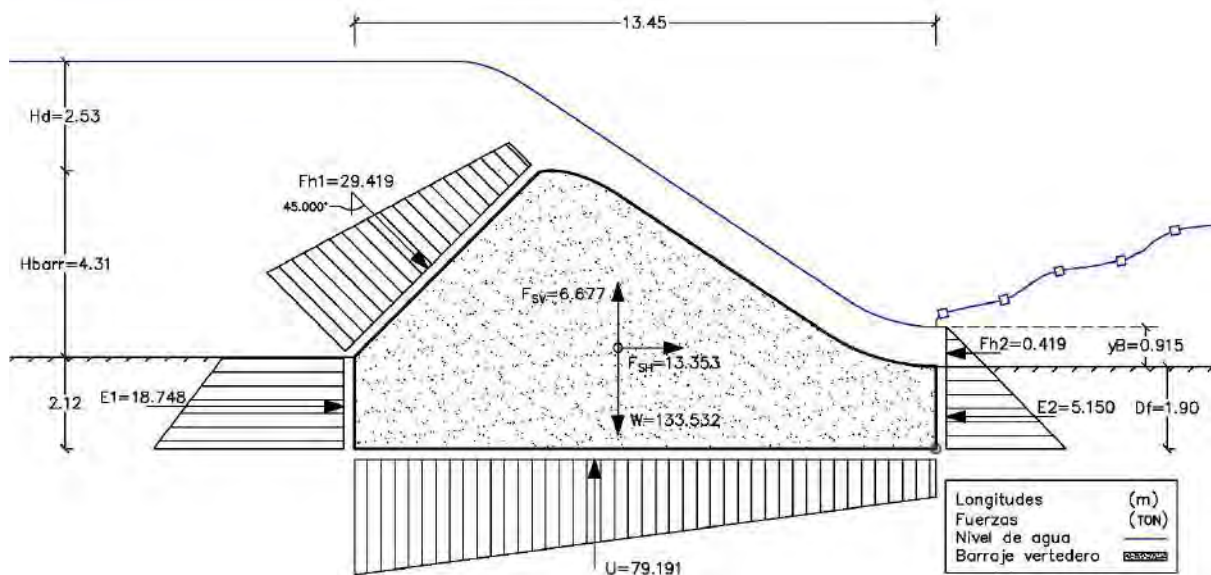


Figura 43: Dimensiones de barrage fijo. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.2 Diseño de pilares

Tabla 11: Dimensiones para el diseño de pilares.

PILAR		(m)
H pilar	8.00	
Ancho cresta	2.50	
H Aguas arriba	6.84	
H zapata	2.00	
Df (prof. Cimentación)	3.50	
Long. Punta	2.00	
Long. Talón	6.00	
Ancho Base	10.50	

Tabla 12: Valores de fuerzas actuantes sobre los pilares.

Dirección	Descripción	Fuerza (Ton)	Brazo (m)	Momento (Ton*m)
H	Fuerza Hidrostática (FH)	23.393	5.780	135.210
V	Empuje activo del terreno (EV1)	-58.050	7.500	-435.375
V	Empuje activo del terreno (EV2)	-5.670	1.000	-5.670
V	Peso de la estructura (W)	-107.400	4.189	-449.850
H	Fuerza Sísmica Horizontal (FSH)	10.740	4.052	43.515
V	Fuerza Sísmica Vertical (FSV)	5.370	4.189	22.493
V	Subpresión (U)	54.285	7.000	379.995

	Ton		Ton*m
SUM FH	34.133 →	MRESIS	890.895 ⤵
SUM FV	111.465 ↓	MACT	581.213 ⤴

El factor de seguridad al volteo:

$$\frac{\sum M_{resistente}}{\sum M_{actuante}} = 1.53 \geq 1.5 \text{ (OK)}$$

El factor de seguridad al deslizamiento:

$$\frac{\sum FH}{\sum FV} = 0.31 < 0.75 \text{ (OK)}$$

Con las dimensiones instaladas se cumple la estabilidad de la estructura, en figura 44 se muestran las dimensiones finales del pilar:

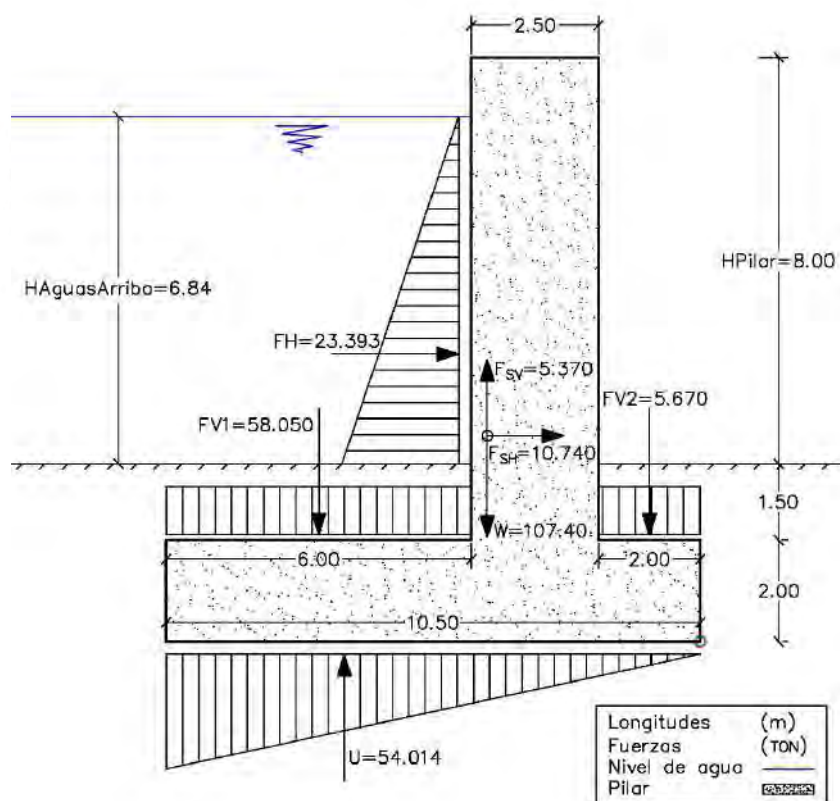


Figura 44: Dimensiones de pilar. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.3 Diseño de muros de encauzamiento

Tabla 13: Dimensiones para el diseño de muros de encauzamiento.

MURO DE ENCAUZAMIENTO	
Hmuro	8.00
Ancho cresta	1.00
H Aguas arriba	6.84
H zapata	0.90
Df (prof. Cimentación)	1.45
Long. Punta	2.05
Long. Talón	5.60
Ancho Base	12.07

(m)

Tabla 14: Valores de fuerzas actuantes sobre los pilares.

Dirección	Descripción	Fuerza (Ton)	Brazo (m)	Momento (Ton*m)
H	Fuerza Hidrostática (FH)	-23.393	3.730	-87.255
H	Empuje activo del terreno Izq. (E1)	84.391	3.150	265.831
H	Empuje activo del terreno Der. (E2)	-11.905	0.685	-8.151
V	Carga de tierra Izq. (Ev1)	-118.126	8.348	-986.154
V	Carga de tierra Der. (Ev2)	-16.153	1.025	-16.557
V	Subpresión (U)	107.061	6.167	660.195
V	Peso de la estructura (W)	-81.680	4.367	-356.689
H	Fuerza Sísmica Horizontal (FSH)	8.168	3.055	24.951
V	Fuerza Sísmica Vertical (FSV)	4.084	4.367	17.834

	Ton		Ton*m
SUM FH	57.261 →	MRESIS	1454.807 ∪
SUM FV	104.814 ↓	MACT	968.812 ∩

El factor de seguridad al volteo:

$$\frac{\sum M_{resistente}}{\sum M_{actuante}} = 1.50 \geq 1.5 \text{ (OK)}$$

El factor de seguridad al deslizamiento:

$$\frac{\sum FH}{\sum FV} = 0.55 < 0.75 \text{ (OK)}$$

Con las dimensiones instaladas se cumple la estabilidad de la estructura, en la figura 45 se muestran las dimensiones del muro de encauzamiento:

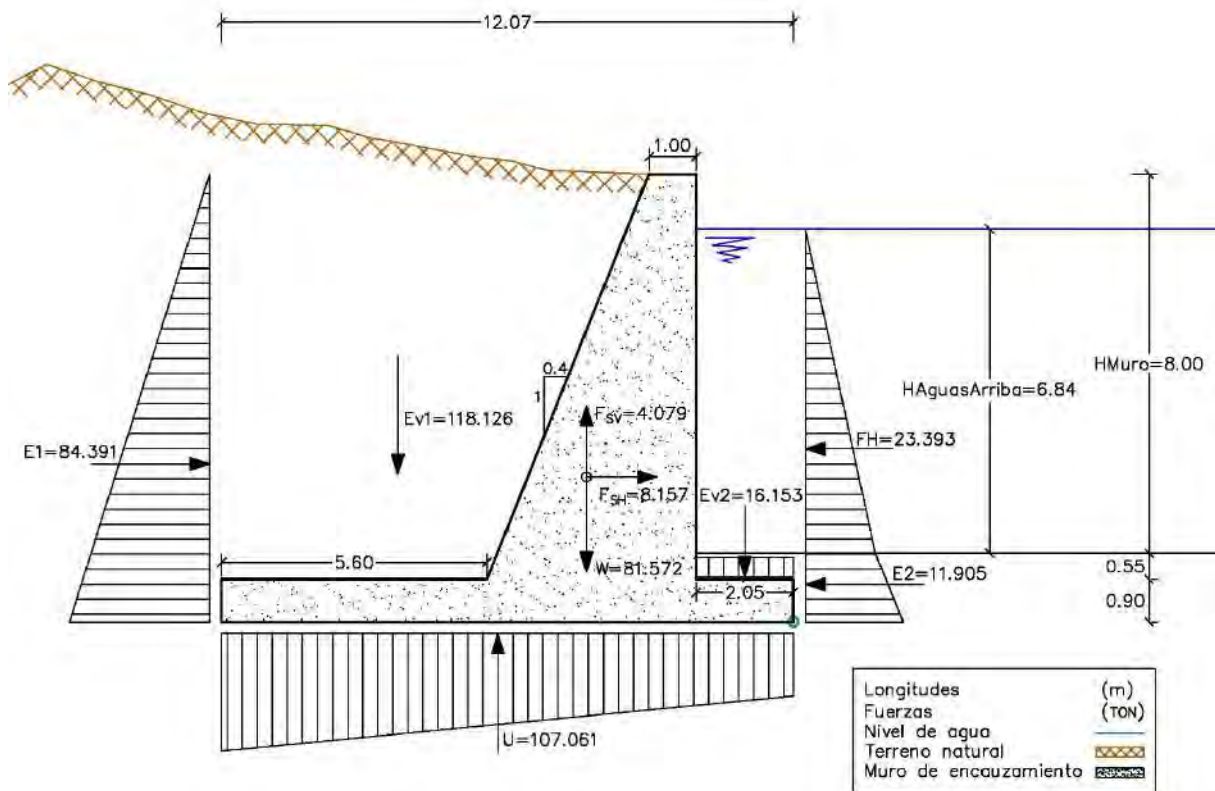


Figura 45: Dimensiones del muro de encauzamiento. Fuente: Elaboración propia.

La distribución de los componentes de captación se presenta en las figuras 46 y 47.

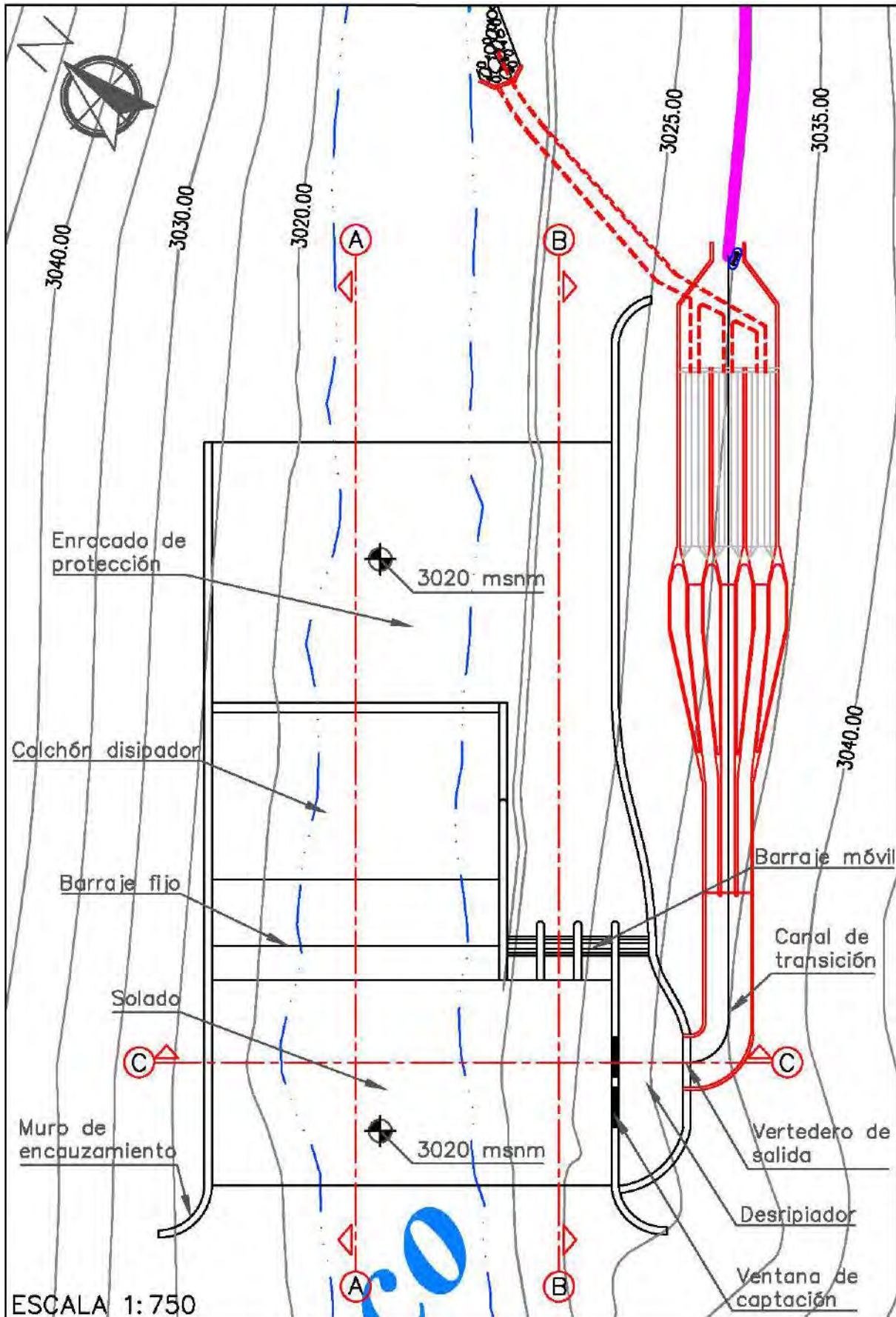


Figura 46: Distribución de componentes del proyecto de captación de agua. Fuente: Elaboración propia.

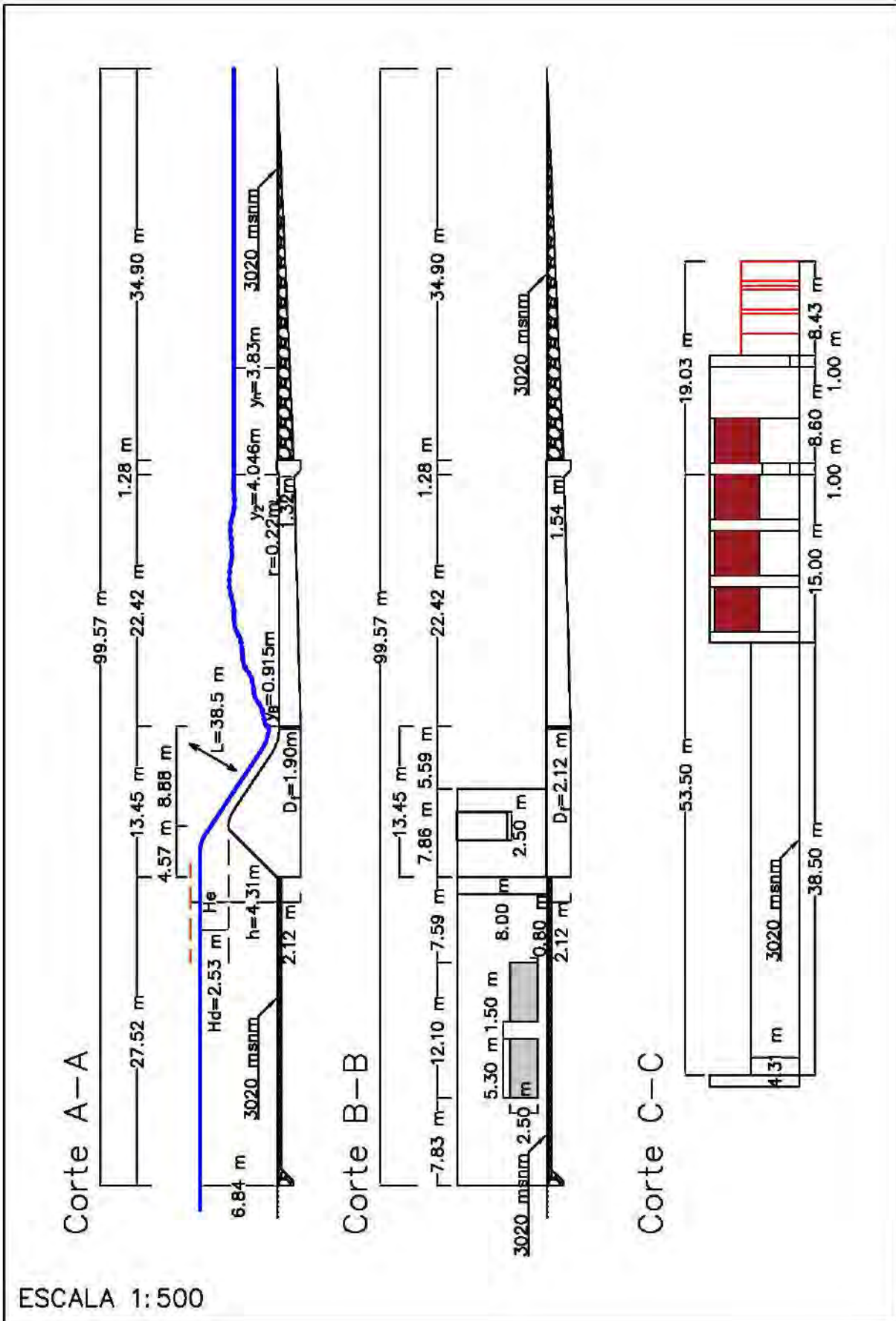


Figura 47: Vistas de corte del proyecto de captación de agua. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.5 Diseño del canal de conducción

Los datos iniciales para el diseño del canal son:

DATOS CANAL	
Q (m <sup>3</sup> /s)	31.86
Ancho (m)	4.00
Talud (z)	0
n (concreto)	0.014
Pendiente (m/m)	0.001

Con estos datos se puede hallar el tirante de agua utilizando el software HCanales, como se muestra en la figura 48.

The screenshot shows the HCanales software interface with the following data:

**Inputs:**

- Lugar: HUANCAVELICA
- Tramo: CONDUCCION
- Proyecto: PEQUEÑA C.H.
- Revestimiento: CONCRETO

**Datos:**

- Caudal (Q): 31.86 m<sup>3</sup>/s
- Ancho de solera (b): 4 m
- Talud (Z): 0
- Rugosidad (n): 0.014
- Pendiente (S): 0.001 m/m

**Diagram:** A cross-sectional diagram of a trapezoidal canal with a flat bottom of width 'b' and water depth 'y'. The top width of the water surface is labeled 'T'.

**Resultados:**

- Tirante normal (y): 3.0966 m
- Area hidráulica (A): 12.3865 m<sup>2</sup>
- Espejo de agua (T): 4.0000 m
- Número de Froude (F): 0.4667
- Tipo de flujo: Subcrítico
- Perímetro (p): 10.1933 m
- Radio hidráulico (R): 1.2152 m
- Velocidad (v): 2.5721 m/s
- Energía específica (E): 3.4338 m-Kg/Kg

Figura 48: Cálculo del tirante de agua en el canal de conducción. Fuente: Elaboración propia.

Para la estructura del canal se tienen muros de concreto de 0.30m de espesor y una solera de 0.10m de espesor, se muestra el esquema del canal en la figura 49.

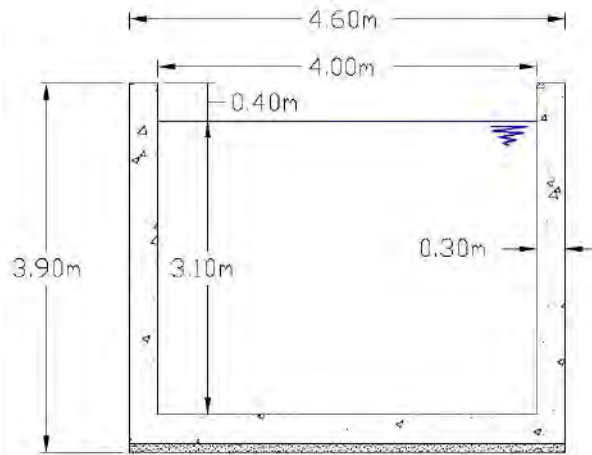


Figura 49: Sección típica del canal de conducción. Fuente: Propia.

Para dimensionar el túnel con forma de baúl se emplea lo planteado por Krochin, se tienen como parámetros:

DATOS TÚNEL	
Q (m <sup>3</sup> /s)	31.86
n (corte en roca)	0.025
Pendiente (m/m)	0.001
h/r	1.56

De la ecuación de Manning:

$$Q = K_q * i^{\frac{1}{2}} \rightarrow 31.86 = K_q * (0.001)^{\frac{1}{2}}$$

$$K_q = 1007.50$$

De la tabla de características hidráulicas de túneles tipo baúl (Krochin, 1986) se interpolan los valores para una relación de h/r = 1.56:

	K1	K2	K3	K4
h/r	A/r <sup>2</sup>	P/r	R/r	Kq*n/(r <sup>8/3</sup> )
1.56	3.0299	4.9801	0.6088	2.182

Se despeja el valor de r a partir de K<sub>4</sub>:

$$r = \left( \frac{1007.50 * 0.025}{2.182} \right)^{3/8} \rightarrow r = 2.50 \text{ m}$$

La altura total y el ancho del túnel se dimensionan como 2 veces el radio, el calado de agua o altura del tirante (h) se obtiene de la relación inicial h/r:

$$h = 2.50 * 1.56 \rightarrow h = 3.90 \text{ m}$$

Los resultados del área mojada (A), perímetro mojado (P) y radio hidráulico (R) se calculan con los valores de los coeficientes K1, K2 y K3 respectivamente, el valor de la velocidad del agua se puede hallar con la ecuación de continuidad. En la figura 50 se presentan los resultados del dimensionamiento del túnel, el revestimiento es de concreto de 0.05m de espesor para los muros y 0.15m para la solera:

DIMENSIONAMIENTO	
r	2.50 m
2r	5.00 m
h	3.90 m
b	5.00 m
v	1.68 m/s
A mojada	18.94 m <sup>2</sup>
P mojado	12.45 m
R hidráulico	1.52 m
A excavada	22.15 m <sup>2</sup>

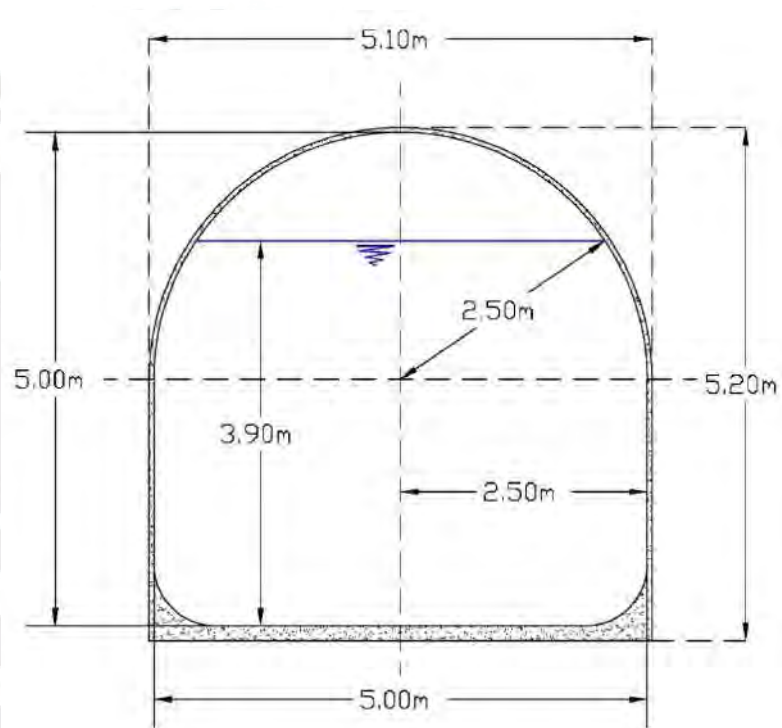


Figura 50: Sección típica de túnel. Fuente: Elaboración propia.

Será necesaria una transición de canal a túnel y viceversa al tener dimensiones de base diferentes, el ancho del túnel es 1m mayor respecto al del canal. Se comprueba que la velocidad del agua en el túnel (1.68 m/s) se encuentra dentro del rango que establece Krochin para túneles de gravedad (1.5 – 2.5 m/s).

Se plantean para ambas alternativas canales de conducción que sigan la forma natural del terreno con pendiente de 0.1%. Para la alternativa 1 se genera un canal más largo de 3+580km que emplee menor longitud de túneles. Para la alternativa 2, la ubicación de la bocatoma se encuentra más cerca de la tubería forzada a una distancia de 2+796km, pero se emplea un mayor

uso de túneles. La distribución del canal de conducción para ambas alternativas se encuentra en los planos ubicados en los anexos 1 y 3 de la presente tesis, las longitudes totales de canal y túnel de conducción se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 15: Longitudes de canal y túnel de conducción para ambas alternativas. Fuente: Elaboración propia.

	Alternativa 1	Alternativa 2	Diferencia (ALT2 - ALT1)
Longitud de canal	3,400.00 m	2,016.00 m	-1,384.00 m
Longitud de túnel	180.00 m	780.00 m	600.00 m
Longitud total	3,580.00 m	2,796.00 m	-784.00 m

#### 4.6 Metrados

Se metran los elementos que componen proyecto, para la bocatoma el trabajo abarca el movimiento de tierras y las obras de concreto para los barrajes fijo y móvil, los muros de encauzamiento, los pilares, el enrocado de protección y el colchón disipador.

Con respecto al movimiento de tierras, se tiene como datos el plano del levantamiento topográfico incluyendo las curvas de nivel, con ello se conoce la cota de nivel de fondo del río en la que se ubicará cada bocatoma. Empleando el programa Civil 3D, se dibujan secciones de corte respecto al eje del barraje fijo y las caras de los muros de encauzamiento, se miden las áreas de corte y relleno y se multiplica por la diferencia de progresivas para calcular el volumen de tierra a remover. La condición sumergida es correspondiente al terreno que se encuentre entre el fondo del canal y la altura del tirante normal, para el proyecto es  $y_n = 3.83$  m. En las siguientes figuras se muestran las secciones típicas de corte y relleno para el barraje móvil, fijo y los muros de encauzamiento:

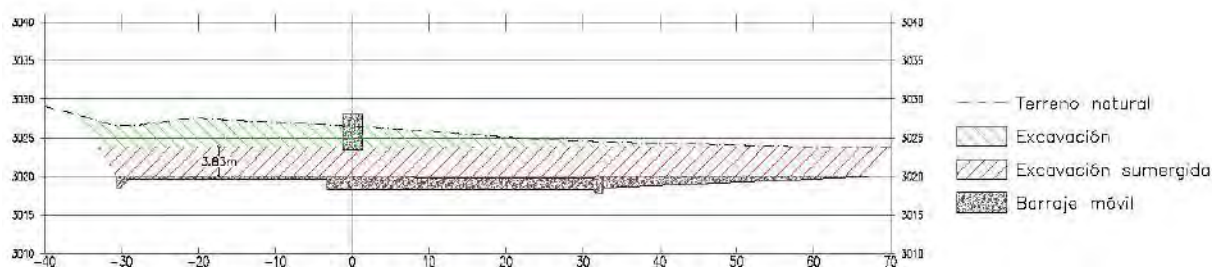


Figura 51: Sección típica de excavación en barraje móvil. Fuente: Elaboración propia.

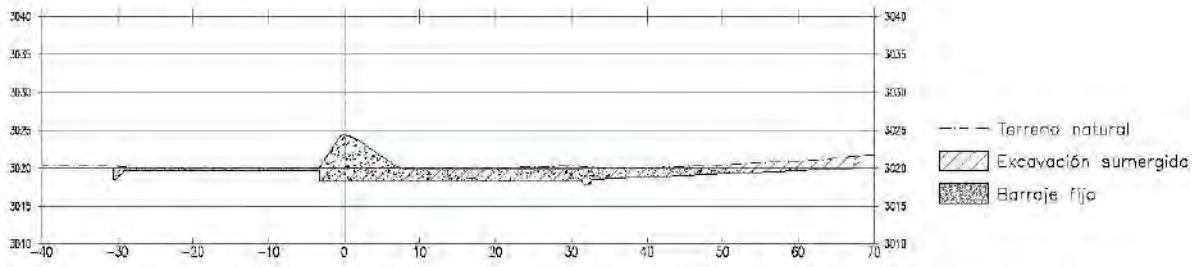


Figura 52: Sección típica de excavación en barrage fijo. Fuente: Elaboración propia.

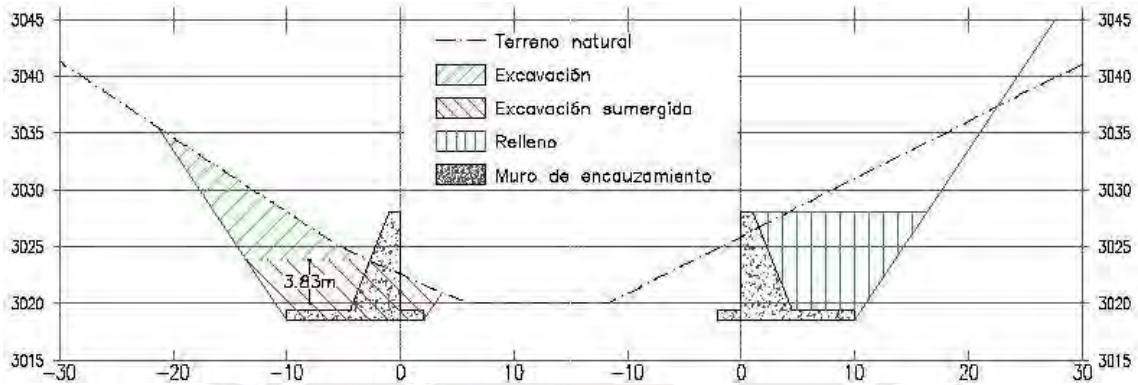


Figura 53: Sección típica de corte y relleno para muros de encauzamiento. Fuente: Elaboración propia.

El resumen del movimiento de tierras para ambas ubicaciones de bocatoma se presenta en la tabla 16:

Tabla 16: Resultados y diferencia de metrados para excavación y relleno en las bocatomas para las alternativas 1 y 2.

	Und.	Alternativa 1	Alternativa 2	Diferencia (ALT2 - ALT1)
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	m3	22,189.54	65,692.67	43,503.13
EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO BAJO AGUA	m3	26,275.91	29,386.36	3,110.45
RELLENO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m3	19,407.19	19,407.19	0.00
ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	29,058.26	75,671.83	46,613.57

Respecto a las obras de concreto, las dimensiones de la bocatoma son similares para ambas alternativas de ubicación, se presenta el metrado para la alternativa 1 en la tabla 17:

Tabla 17: Resultado de metrado de obras de concreto para la alternativa 1.

	Und.	Alternativa 1
<b>OBRAS DE CONCRETO</b>		
SOLADO DE CONCRETO F'C=100 KG/CM2	m3	588.40
CONCRETO F'C=210 KG/CM2	m3	14,901.37
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	11,005.33

Para los canales y túneles de conducción se calculará el metrado mediante secciones de control cada 20 metros a lo largo del recorrido, se mide el área de corte, relleno, solado, concreto o shotcrete en cada sección y se promedia con el área de la progresiva siguiente, luego se multiplica por la distancia entre secciones para calcular el volumen de cada material, en la figura 54 se muestra una sección típica del canal.

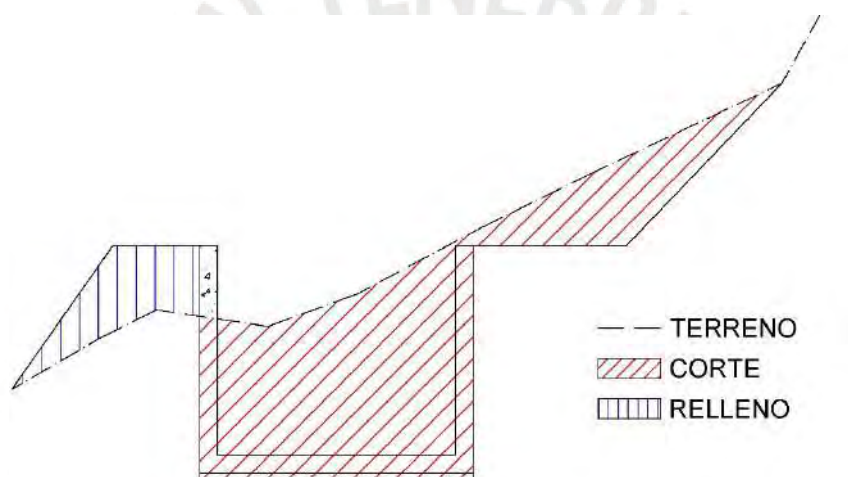


Figura 54: Sección típica de corte y relleno a lo largo del canal de conducción. Fuente: Elaboración propia.

Como resumen del corte y relleno efectuado para ambas alternativas se tienen los resultados en la siguiente tabla comparativa:

Tabla 18: Resultados y diferencia de metrados para corte y relleno en los canales y túneles de conducción para las alternativas 1 y 2.

	Und.	Alternativa 1	Alternativa 2	Diferencia (ALT2 - ALT1)
<b>CANAL DE CONDUCCIÓN</b>				
EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	m3	134,189.38	55,450.19	-78,739.19
EXCAVACION EN ROCA SUELTA	m3	17,253.97	18,467.80	1,213.83
RELLENO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m3	3,473.08	1,906.22	-1,566.86
<b>TÚNEL DE CONDUCCIÓN</b>				
EXCAVACION MASIVA EN ROCA FIJA	m3	4,990.62	20,347.21	15,356.59

## 4.7 Comparación de costos entre alternativas

Habiendo realizado los metrados de material se desarrollan los análisis de precios unitarios para cada partida (Anexo N°6).

El análisis de precios unitarios se elaboró tomando como referencia expedientes de costos de proyectos similares que se usaron como guía para interpretar la cantidad de mano de obra, insumos, equipos y rendimiento por partida. Los precios de insumos se toman del suplemento técnico de la revista Costos para el mes de mayo 2024, la cual indica precios de mano de obra, materiales y equipos para Perú. Con los precios se calcula el presupuesto para cada alternativa.

### 4.7.1 Alternativa 1

Tabla 19: Valorización de alternativa de ubicación de bocatoma n°01. Fuente: Elaboración propia

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/)	Parcial (S/)	Total (S/)
<b>01</b>	<b>OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES</b>					<b>2,000,850.06</b>
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION	glb	1.00	306,000.00	306,000.00	
01.02	LIMPIEZA Y DESBROCE	ha	35.80	2,584.08	92,510.06	
01.03	TRAZO Y REPLANTEO	m2	358,000.00	3.73	1,335,340.00	
01.04	CAMPAMENTO	glb	1.00	216,000.00	216,000.00	
01.05	OBRAS DE DESVIO	glb	1.00	51,000.00	51,000.00	
<b>02</b>	<b>BOCATOMA</b>					<b>12,048,711.71</b>
<b>02.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					<b>2,109,742.43</b>
02.01.01	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	m3	22,189.54	8.54	189,498.67	
02.01.02	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO BAJO AGUA	m3	26,275.91	9.03	237,271.47	
02.01.03	RELLENO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m3	19,407.19	37.95	736,502.86	
02.01.04	ENROCADO	m3	1,865.44	90.37	168,579.81	
02.01.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	29,058.26	26.77	777,889.62	
<b>02.02</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>					<b>9,938,969.28</b>
02.02.01	SOLADO DE CONCRETO F'C=100 KG/CM2	m3	588.40	389.75	229,328.90	
02.02.02	CONCRETO F'C=210 KG/CM2	m3	14,901.37	587.85	8,759,770.35	
02.02.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	11,005.33	86.31	949,870.03	
<b>03</b>	<b>DESRIPIADOR Y TRANSICIÓN</b>					<b>1,354,524.59</b>
<b>03.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					<b>803,017.32</b>
03.01.01	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	m3	15,813.69	8.54	135,048.91	
03.01.02	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO BAJO AGUA	m3	5,971.02	9.03	53,918.31	
03.01.03	RELLENO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m3	2,761.51	37.95	104,799.30	
03.01.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	19,023.19	26.77	509,250.80	
<b>03.02</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>					<b>551,507.27</b>

03.02.01	SOLADO DE CONCRETO F'C=100 KG/CM2	m3	51.46	389.75	20,056.54
03.02.02	CONCRETO F'C=210 KG/CM2	m3	795.86	587.85	467,846.30
03.02.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	736.93	86.31	63,604.43
<b>03</b>	<b>CANAL DE CONDUCCION</b>				<b>19,067,649.44</b>
<b>03.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>7,916,054.92</b>
03.01.01	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	m3	134,189.38	8.54	1,145,977.31
03.01.02	EXCAVACION EN ROCA SUELTA	m3	17,253.97	23.26	401,327.34
03.01.03	RELLENO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m3	3,473.08	37.95	131,803.39
03.01.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	147,970.27	42.15	6,236,946.88
<b>03.02</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>11,151,594.52</b>
03.02.01	SOLADO DE CONCRETO F'C=100 KG/CM2	m3	1,554.80	389.75	605,983.30
03.02.02	CONCRETO F'C=210 KG/CM2	m3	11,743.39	413.22	4,852,603.62
03.02.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	65,960.00	86.31	5,693,007.60
<b>04</b>	<b>TUNEL DE CONDUCCION</b>				<b>4,430,012.84</b>
<b>04.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>3,431,151.06</b>
04.01.01	EXCAVACION MASIVA EN ROCA FIJA	m3	4,990.62	552.00	2,754,822.24
04.01.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	4,990.62	135.52	676,328.82
<b>04.02</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>648,861.78</b>
04.02.01	SHOTCRETE 5 CM DE ESPESOR	m3	334.81	1,938.00	648,861.78
<b>04.03</b>	<b>VARIOS</b>				<b>350,000.00</b>
04.03.01	PORTALES DE INGRESO Y SALIDA Y FALSO TUNEL	glb	1.00	350,000.00	350,000.00
	<b>COSTO DIRECTO (S/)</b>				<b>38,901,748.64</b>
	<b>GASTOS GENERALES Y UTILIDADES (25%)</b>				<b>9,725,437.16</b>
	<b>SUB TOTAL (S/)</b>				<b>48,627,185.80</b>
	<b>IGV (18%)</b>				<b>8,752,893.44</b>
	<b>COSTO TOTAL (S/)</b>				<b>57,380,079.24</b>

## 4.7.2 Alternativa 2

Tabla 20: Valorización de alternativa de ubicación de bocatoma n°02. Fuente: Elaboración propia.

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/)	Parcial (S/)	Total (S/)
<b>01</b>	<b>OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES</b>					<b>2,000,850.06</b>
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION	glb	1.00	306,000.00	306,000.00	
01.02	LIMPIEZA Y DESBROCE	ha	35.80	2,584.08	92,510.06	
01.03	TRAZO Y REPLANTEO	m2	358,000.00	3.73	1,335,340.00	
01.04	CAMPAMENTO	glb	1.00	216,000.00	216,000.00	
01.05	OBRAS DE DESVIO	glb	1.00	51,000.00	51,000.00	

<b>02</b>	<b>BOCATOMA</b>				<b>13,696,161.07</b>
<b>02.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>3,757,191.79</b>
02.01.01	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	m3	65,692.67	8.54	561,015.40
02.01.02	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO BAJO AGUA	m3	29,386.36	9.03	265,358.83
02.01.03	RELLENO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m3	19,407.19	37.95	736,502.86
02.01.04	ENROCADO	m3	1,865.44	90.37	168,579.81
02.01.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	75,671.83	26.77	2,025,734.89
<b>02.02</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>9,938,969.28</b>
02.02.01	SOLADO DE CONCRETO F'C=100 KG/CM2	m3	588.40	389.75	229,328.90
02.02.02	CONCRETO F'C=210 KG/CM2	m3	14,901.37	587.85	8,759,770.35
02.02.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	11,005.33	86.31	949,870.03
<b>03</b>	<b>DESRIPIADOR Y TRANSICIÓN</b>				<b>1,982,542.28</b>
<b>03.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>1,431,035.01</b>
03.01.01	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	m3	33,599.29	8.54	286,937.94
03.01.02	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO BAJO AGUA	m3	5,971.24	9.03	53,920.30
03.01.03	RELLENO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m3	2,761.51	37.95	104,799.30
03.01.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	36,809.02	26.77	985,377.47
<b>03.02</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>551,507.27</b>
03.02.01	SOLADO DE CONCRETO F'C=100 KG/CM2	m3	51.46	389.75	20,056.54
03.02.02	CONCRETO F'C=210 KG/CM2	m3	795.86	587.85	467,846.30
03.02.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	736.93	86.31	63,604.43
<b>04</b>	<b>CANAL DE CONDUCCION</b>				<b>10,526,215.91</b>
<b>04.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>4,010,742.81</b>
04.01.01	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	m3	55,450.19	8.54	473,544.62
04.01.02	EXCAVACION EN ROCA SUELTA	m3	18,467.80	23.26	429,561.03
04.01.03	RELLENO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m3	1,906.22	37.95	72,341.05
04.01.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	72,011.77	42.15	3,035,296.11
<b>04.02</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>6,515,473.10</b>
04.02.01	SOLADO DE CONCRETO F'C=100 KG/CM2	m3	899.76	389.75	350,681.46
04.02.02	CONCRETO F'C=210 KG/CM2	m3	6,749.85	413.22	2,789,173.02
04.02.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	39,110.40	86.31	3,375,618.62
<b>05</b>	<b>TUNEL DE CONDUCCION</b>				<b>17,720,123.64</b>
<b>05.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>13,989,113.82</b>
05.01.01	EXCAVACION MASIVA EN ROCA FIJA	m3	20,347.21	552.00	11,231,659.92
05.01.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	20,347.21	135.52	2,757,453.90
<b>05.02</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>2,681,009.82</b>
05.02.01	SHOTCRETE 5 CM DE ESPESOR	m3	1,383.39	1,938.00	2,681,009.82
<b>05.03</b>	<b>VARIOS</b>				<b>1,050,000.00</b>

05.03.01	PORTALES DE INGRESO Y SALIDA Y FALSO TUNEL	glb	3.00	350,000.00	1,050,000.00
<b>COSTO DIRECTO (S/)</b>					<b>45,925,892.96</b>
<b>GASTOS GENERALES Y UTILIDADES (25%)</b>					<b>11,481,473.24</b>
<b>SUB TOTAL (S/)</b>					<b>57,407,366.20</b>
<b>IGV (18%)</b>					<b>10,333,325.92</b>
<b>COSTO TOTAL (S/)</b>					<b>67,740,692.12</b>

Se comparan los precios de construcción para cada alternativa y se restan para medir la diferencia del costo.

Tabla 21: Comparación del costo de los elementos de ambas alternativas.

		Precio (S/)		Diferencia ALT2 - ALT1
		Alternativa 1	Alternativa 2	
<b>01</b>	<b>OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES</b>	2,000,850.06	2,000,850.06	0.00
<b>02</b>	<b>BOCATOMA</b>	12,048,711.71	13,696,161.07	1,647,449.36
<b>03</b>	<b>DESRIPIADOR Y TRANSICIÓN</b>	1,354,524.59	1,982,542.28	628,017.69
<b>04</b>	<b>CANAL DE CONDUCCION</b>	19,067,649.44	10,526,215.91	-8,541,433.53
<b>05</b>	<b>TUNEL DE CONDUCCION</b>	4,430,012.84	17,720,123.64	13,290,110.80
<b>COSTO DIRECTO</b>		<b>38,901,748.64</b>	<b>45,925,892.96</b>	<b>7,024,144.32</b>

Los indicadores de desempeño son generados a partir del presupuesto y metrados del proyecto de referencia. El presupuesto de las obras civiles se presenta en la tabla 22:

Tabla 22: Presupuesto del proyecto de referencia para una pequeña central hidroeléctrica en la cuenca del río Mantaro. Fuente: CESEL Ingenieros, 2013.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UND.	METRADO	P.U. (\$)	PARCIAL (\$)	TOTAL (\$)
<b>01</b>	<b>OBRAS CIVILES</b>					<b>19,230,018.96</b>
<b>01.00.00</b>	<b>OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES</b>					<b>255,300.00</b>
01.01.00	Movilización y desmovilización	glb	1.00	90,000.00	90,000.00	
01.02.00	Limpieza y desbroce	ha	33.00	1,100.00	36,300.00	
01.03.00	Trazo y replanteo	ha	33.00	2,100.00	69,300.00	
01.04.00	Campamento 1	glb	1.00	49,700.00	49,700.00	
01.05.00	Obras de desvío	glb	1.00	10,000.00	10,000.00	
<b>02.00.00</b>	<b>BOCATOMA</b>					<b>962,268.57</b>
<b>02.01.00</b>	<b>Movimiento de tierras</b>				<b>169,765.22</b>	
02.01.01	Excavación de plataforma	m <sup>3</sup>	15,164.42	3.64	55,152.95	
02.01.02	Relleno estructural con material propio seleccionado	m <sup>3</sup>	3,311.18	10.3	34,105.17	
02.01.03	Enrocado	m <sup>3</sup>	1,525.90	30	45,777.14	
02.01.04	Eliminación de material excedente y disposición final en escombreras, d=1 km	m <sup>3</sup>	11,853.23	2.93	34,729.96	
<b>02.02.00</b>	<b>Obras de concreto</b>				<b>792,503.35</b>	
02.02.01	Solado de concreto f'c=100 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	223.67	100.33	22,440.31	
02.02.02	Concreto armado f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	4,382.33	156.86	687,412.44	
02.02.03	Encofrado y desencofrado	m <sup>2</sup>	4,300.24	19.22	82,650.60	
<b>03.00.00</b>	<b>CONDUCCIÓN</b>					<b>2,513,438.21</b>
<b>03.01.00</b>	<b>Movimiento de tierras</b>				<b>1,182,645.91</b>	
03.01.01	Excavación de plataforma en material suelto	m <sup>3</sup>	163,574.00	4.02	657,372.02	
03.01.07	Relleno estructural con material propio seleccionado	m <sup>3</sup>	6,241.80	10.30	64,290.54	
03.01.08	Eliminación de material excedente y disposición final en escombreras d = 1 km	m <sup>3</sup>	157,332.20	2.93	460,983.35	
<b>03.02.00</b>	<b>Obras de concreto</b>				<b>1,330,792.30</b>	
03.02.01	Solado de concreto f'c=100 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	719.26	100.33	72,163.25	
03.02.02	Concreto armado f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	5 315.50	156.86	833,789.13	
03.02.03	Encofrado y desencofrado	m <sup>2</sup>	22 104.05	19.22	424,839.92	
<b>04.00.00</b>	<b>TÚNEL DE CONDUCCIÓN</b>					<b>15,499,012.18</b>
<b>04.01.00</b>	<b>Movimiento de tierras</b>				<b>13,200,779.79</b>	
04.01.01	Excavación masiva en roca fija	m <sup>3</sup>	95,764.70	134.92	12,920,189.24	
04.01.03	Eliminación de material excedente y disposición final en escombreras d = 1 km	m <sup>3</sup>	95,764.70	2.93	280,590.55	
<b>04.02.00</b>	<b>Obras de concreto</b>				<b>2,213,299.14</b>	
04.02.01	Solado de concreto f'c=100 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	3,552.65	103	365922.65	
04.02.02	Shotcrete de 5 cm de espesor	m <sup>3</sup>	4,296.22	430	1847376.49	
<b>04.03.00</b>	<b>Varios</b>				<b>84,933.25</b>	
04.03.01	Portales de ingreso y salida y falso túnel	glb	1.00	84,933.25	84,933.25	
<b>COSTO DIRECTO</b>						<b>19,230,018.96</b>

Los costos del proyecto de referencia se encuentran presupuestados en dólares estadounidenses (\$), para compararlo con las alternativas del proyecto se multiplicarán por un factor de 3.7482 (S/ por \$). Los resultados por elemento del proyecto de referencia se indican en la siguiente tabla:

Tabla 23: Costo directo por elementos del proyecto de referencia en dólares estadounidenses y soles. Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Costo directo (\$)	Costo directo (S/)
Bocatoma	\$962,268.57	S/ 3,606,775.05
Canal de conducción	\$2,513,438.21	S/ 9,420,869.10
Túnel de conducción	\$15,499,012.18	S/ 58,093,397.45

Se definen los indicadores clave por elemento, para la bocatoma será el costo por m<sup>3</sup> de concreto, para el canal de conducción, donde se cuenta con áreas de sección de concreto similares, el indicador será el costo por metro lineal de canal. Finalmente, para el túnel de conducción se comparará el costo por m<sup>3</sup> de shotcrete.

Tabla 24: Índice del costo por m<sup>3</sup> de concreto para la bocatoma en ambas alternativas, comparación con el proyecto de referencia y desviación porcentual del índice. Fuente: Elaboración propia.

Bocatoma	Und.	Proyecto de referencia	Alternativa 1	Alternativa 2
Costo directo de elemento	S/	3,606,775.05	12,048,711.71	13,696,161.07
CONCRETO F'C=210 KG/CM2	m <sup>3</sup>	4,382.33	14,901.37	14,901.37
Indicador de desempeño (KPI)	S'/m <sup>3</sup>	823.03	808.56	919.12
Desviación	%	-	-2%	12%

Para la bocatoma, en la alternativa 1 la desviación del índice es del -2%, es decir, la opción diseñada es más económica por m<sup>3</sup> de concreto. Esto se puede explicar considerando que el volumen de concreto es 3 veces el del proyecto de referencia, al tener un mayor volumen el índice tiende a disminuir, sin embargo, el % de desviación se considera aceptable.

Para el caso del índice en la alternativa 2 el % de desviación es del 12% positivo, la opción diseñada es más costosa por m<sup>3</sup> de concreto. Se ha observado que, para esta alternativa, el volumen de movimiento de tierras es mayor. Se genera un aumento en el costo sin incrementar la cantidad de concreto, la desviación se considera aceptable.

Tabla 25: Índice del costo por metro lineal de canal de conducción en ambas alternativas, comparación con el proyecto de referencia y desviación porcentual del índice. Fuente: Elaboración propia.

Canal de conducción	Und.	Proyecto de referencia	Alternativa 1	Alternativa 2
Costo directo de elemento	S/	9,420,869.10	19,067,649.44	10,526,215.91
Longitud del canal	m	1,754.29	3,400.00	2,016.00
Indicador de desempeño (KPI)	S'/m	5,370.19	5,608.13	5,221.34
Desviación	%	-	4%	-3%

Para el canal de conducción en la alternativa 1 la desviación del índice es del 4% positivo, el costo es mayor por metro lineal de canal respecto al proyecto de referencia. Los precios unitarios son mayores comparados con los del proyecto de referencia, evaluado en 2013, justificando el incremento del precio.

Para el caso de la alternativa 2 el % de desviación es del -3%, el costo por metro lineal es menor respecto al proyecto de referencia y la alternativa 1. Los precios unitarios de ambas alternativas son iguales por lo que es en el metrado donde se encuentran las diferencias, se comprueba que el volumen de corte por metro lineal de canal es menor respecto a la alternativa 1, esto explica el menor índice de costo. Los resultados de desviación para ambas alternativas se consideran aceptables.

Tabla 26: Índice del costo por metro cúbico de shotcrete para el túnel de conducción en ambas alternativas, comparación con el proyecto de referencia y desviación porcentual del índice. Fuente: Elaboración propia.

Túnel de conducción	Und.	Proyecto de referencia	Alternativa 1	Alternativa 2
Costo directo de elemento	S/	58,093,397.45	4,430,012.84	17,720,123.64
SHOTCRETE 5 CM DE ESPESOR	m3	4,296.22	334.81	1,383.39
Indicador de desempeño (KPI)	S'/m3	13,521.98	13,231.42	12,809.20
Desviación	%	-	-2%	-5%

Para el canal de conducción en la alternativa 1 la desviación del índice es del -2%, el costo del túnel por m3 de shotcrete es menor respecto al proyecto de referencia. De manera similar, para la alternativa 2 la desviación es del -5%.

Los precios unitarios de las alternativas son más costosos respecto a los del proyecto de referencia. En el metrado se comprueba que el volumen de corte por m3 de shotcrete es mayor en el proyecto de referencia, es decir, el costo aumenta y el índice también. Los resultados de porcentaje de desviación para ambas alternativas se consideran aceptables.

El resumen de resultado de índices y porcentaje de desviación se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 27: *Resumen de resultados de índices de costo para el proyecto de referencia, ambas alternativas y porcentaje de desviación. Fuente: Elaboración propia.*

Elemento	Índice de costo	Und.	Proyecto de referencia	Alternativa 1		Alternativa 2	
Bocatoma	Por m <sup>3</sup> de concreto	S <sup>/</sup> /m <sup>3</sup>	823.03	808.56	-2%	919.12	12%
Canal de conducción	Por m de canal	S <sup>/</sup> /m	5,370.19	5,608.13	4%	5,221.34	-3%
Túnel de conducción	Por m <sup>3</sup> de shotcrete	S <sup>/</sup> /m <sup>3</sup>	13,521.98	13,231.42	-2%	12,809.20	-5%



## **Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones**

### **5.1 Conclusiones**

En base a lo desarrollado, se concluye que una estrategia efectiva para combatir la centralización energética es el aprovechamiento de fuentes de generación renovables al alcance de la población. Entre las opciones renovables (hidroeléctrica, solar y eólica), la energía hidroeléctrica es la más utilizada a nivel global representando el 71% de la potencia total instalada. Aunque su uso puede generar impactos al medio ambiente, estos pueden ser mitigados con los estudios adecuados, y en el Perú existe la necesidad de incrementar la capacidad de generación eléctrica.

#### **Ubicación de alternativas**

La ubicación de la bocatoma cuenta con una elevación del nivel de fondo de 3020 msnm en la alternativa 1 y de 3015 msnm en la alternativa 2, la elevación de la casa de máquinas se ubica en la cota 2960 msnm, resultando en una altura de caída de 60 m para la alternativa 1 y 55 m para la alternativa 2. Además, se aprecia en el plano topográfico que la distribución de curvas de nivel es más espaciada en la alternativa 1 respecto a la 2, es decir, el terreno es más empinado en la alternativa 2 y por lo tanto habrá mayor volumen de corte y eliminación. Se comprueba en los metrados que el volumen de excavación es mayor para la alternativa 2.

#### **Diseño hidráulico**

Empleando la metodología planteada se diseñaron la bocatoma, el colchón disipador, el enrocado de protección, la ventana de captación, el desripador, la transición, el canal y el túnel de conducción. Los resultados de estabilidad estructural para el diseño del barraje fijo indican que los factores de seguridad superan los valores mínimos exigidos por una combinación de carga normal, es decir, el resultado de las fuerzas actuantes al volteo y deslizamiento no supera al de las fuerzas resistentes. Adicionalmente, los esfuerzos en la base de la presa son solo de compresión y son menores al esfuerzo admisible por compresión del concreto.

## **Canales de conducción**

El recorrido que se traza para el canal debe seguir la forma natural del terreno y de las curvas de nivel, si la cantidad de curvas de nivel incrementa en corta distancia significa un aumento del nivel de altura del terreno, cuando este es el caso y no se puede bordear el incremento se pueden utilizar túneles. Para la alternativa 1 se tienen 3,580 m de conducción, divididos en 3,400 m de canal abierto (95%) y 180 m de túnel (5%). Para la alternativa 2 de 2,796 m de conducción se cuenta con 2,016 m de canal (72%) y 780 m de túnel (28%). El uso de túneles es más significativo en la alternativa 2, que cuenta con menor recorrido hacia la cámara de carga.

## **Análisis de costos**

En conclusión, alternativa 1 es mejor respecto a la 2 por tener mayor viabilidad constructiva al ser de menor costo (Costo directo de alternativa 1: 38,901,748.64; Alternativa 2: 45,925,892.96; Diferencia: 7,024,144.32 soles). Las partidas con mayor diferencia de costo son la excavación masiva en roca fija para el túnel y la eliminación de material excedente para el canal, la diferencia de costo entre presupuestos (Alternativa 2 – Alternativa 1) es 5,275,186.91 soles para estas partidas. Asimismo, se comprueba con los índices de desempeño que los elementos del proyecto son comparables en costo con un proyecto de infraestructura hidroeléctrica en etapa de prefactibilidad. El resumen de resultado de índices y porcentaje de desviación se presenta en la tabla 27.

## 5.2 Recomendaciones

- Con la finalidad de ampliar el alcance de las soluciones que se pueden obtener se recomienda adicionar estudios que profundicen en los aspectos no abordados en esta tesis, como: Investigaciones ambientales, arqueológicas, sociales, planeamiento, contratos y retorno de inversión. También se recomienda adicionar el diseño de obras civiles del desripador, canal de empalme, desarenador, cámara de carga, tubería forzada, casa de máquinas y canal de descarga. Finalmente se sugiere añadir el diseño para equipos hidromecánicos y electromecánicos.
- En la fase de diseño se recomienda tomar precauciones a largo plazo acerca de la seguridad y funcionamiento de la bocatoma. La erosión es un fenómeno que afecta la integridad de la estructura y se puede presentar como tubificación, socavación, cavitación, etc. Es necesario implementar medidas de mitigación como el uso de materiales resistentes a erosión, la reducción de turbulencia mediante la mejora del diseño hidráulico de los componentes, disipadores de energía, etc.
- En la evaluación de costos se recomienda expandir la comparativa con proyectos similares para interpretar mejor el rendimiento de las partidas pues se relaciona directamente con el costo del proyecto.
- La potencia instalada de una pequeña central hidroeléctrica como la planteada es de 12 MW, según promedios del mercado eléctrico, se puede abastecer energéticamente a entre 7800 y 12000 casas. Se recomienda ampliar la investigación sobre la capacidad de abastecimiento para que la energía sea aprovechada eficientemente por viviendas e industrias en el distrito de Moya, provincia de Huancavelica.

## Referencias

Arbulú, J. (2002). *Obras Hidráulicas*.

Ariel, C., & Incháustegui, J. (2007). Una sola actividad: Las primeras centrales y las líneas de transmisión y distribución eléctrica (1903 - 1938). En *Tejedores de Luz 1886/2007* (pp. 2-5). Ministerio de Energía y Minas.

Autoridad Nacional del Agua. (2010). *Manual: Criterios de Diseños de obras Hidráulicas para la formulación de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales y de Afianzamiento Hídrico*.

Banco Mundial. (2022a). *Acceso a la electricidad (% de la población)*. <https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.ELC.ACCS.ZS>

Banco Mundial. (2022b). *Acceso a la electricidad, sector rural (% de la población rural)*. <https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.ELC.ACCS.RU.ZS>

Banco Mundial. (2022c). *Acceso a la electricidad, sector urbano (% de la población urbana)*. <https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.ELC.ACCS.UR.ZS>

Bendezú, L., & Gallardo, J. (2006). *Análisis Económico de la Demanda de Electricidad en Hogares Peruanos*.

Bendezú, L., Gallardo, J., & Coronado, J. (2004). *Estimación de la Demanda Agregada de Electricidad*.

Castro, P. W. (2022). Sediment management at the water intake of hydropower plants. *Arabian Journal of Geosciences*, 15(12). <https://doi.org/10.1007/s12517-022-10405-x>

CESEL Ingenieros. (2013). *Estudio de Prefactibilidad de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas en la Cuenca del Río Mantaro*.

Chow, V. Te. (1959). *Hidráulica de Canales Abiertos*. McGraw-Hill Interamericana.

Costos. (2024). *Suplemento Técnico. Edición 329 - Abril 2024*.

Datosmacro. (2022a). *Consumo de electricidad*. <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/electricidad-consumo>

Datosmacro. (2022b). *Generación de electricidad*. <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/electricidad-generacion>

Fundación Red de Energía BUN-CA. (2018). *Pequeñas Centrales Hidroeléctricas*.

INEI. (2023). *Producto Bruto Interno Por Departamentos*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. <https://m.inei.gov.pe/estadisticas/indice-tematico/producto-bruto-interno-por-departamentos-9089/>

IRENA. (2022). *Estadísticas de capacidad renovable 2022*. The International Renewable Energy Agency.

Jané, E., & Olivera, A. (2013). *Compendio de Centrales de Generación Eléctrica del Sistema Interconectado Nacional Despachado por el Comité de Operación Económica del Sistema*. OSINERGMIN.

Krochin, S. (1986). *Diseño Hidráulico* (3.<sup>a</sup> ed.). Editorial de la Escuela Politécnica Nacional.

Lauterjung, H., & Schmidt, G. (1989). *Planning of intake structures*. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ).

Mamani, R. P. (2005). *Demanda Residencial Desagregada de Electricidad en el Departamento de Puno*.

Mansen, A. (2006). *Diseño de Bocatomas*. UNI-FIC.

Ministerio de Energía y Minas. (2023). *Anuario estadístico de electricidad 2022*.

Moncada, E. (2012). Algunas reflexiones sobre el desarrollo de las Centrales Hidroeléctricas en el Perú. *Revista de Derecho Administrativo*, 12(2).

Morris, G. L. (2020). Classification of management alternatives to combat reservoir sedimentation. *Water (Switzerland)*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/w12030861>

Morris, G. L., & Fan, J. (1998). *Reservoir Sedimentation Handbook*. McGraw-Hill Book Co.

Osinermin. (2008). *Decreto Legislativo de promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables*.

Ramos, H., De Almeida, A. B., Portela, M. M., & De Almeida, H. P. (2000). *Guideline for Design of Small Hydropower Plants* (A. C. Quintela & H. Ramos, Eds.). Western Regional Energy Agency & Network (WREAN).

Sánchez, T., Escobar, R., Ramírez, S., Canedo, W., Gamarra, A., & Guzmán, Y. (2010). *Microcentrales hidroeléctricas. Una alternativa para el desarrollo rural* (1.<sup>a</sup> ed.). Soluciones Prácticas.

Santosh Kumar, G. (2015). *Water Supply Engineering* (28.<sup>a</sup> ed.). Khanna Publishers.

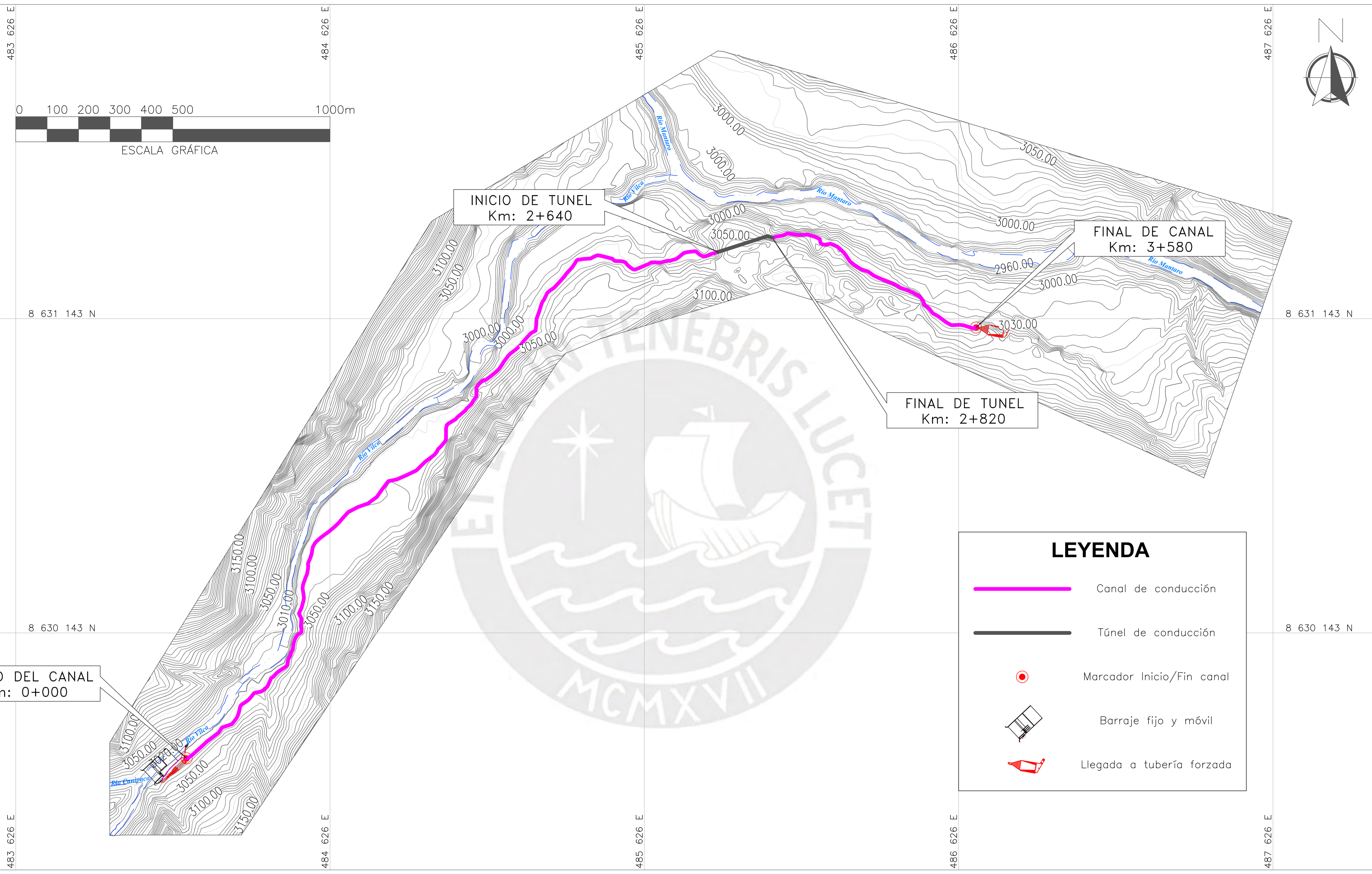
Tamayo, J., & Salvador, J. (2016). *La industria de la electricidad en el Perú: 25 años de aportes al crecimiento económico del país* (A. Vásquez & C. Vilches, Eds.; Primera edición). Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería.





**Anexo 1: Plano de canal de conducción alternativa 1**





### LEYENDA

- Canal de conducción
- Túnel de conducción
- Marcador Inicio/Fin canal
- Barraje fijo y móvil
- Llegada a tubería forzada

UNIVERSIDAD :



TEMA DE TESIS :

**"ALTERNATIVAS DE UBICACIÓN DE BOCATOMA PARA UNA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA FORZADA EN LA CUENCA DEL RÍO MANTARO"**

UBICACIÓN :

DEPARTAMENTO: JUNIN - HUANCAMELICA  
 PROVINCIA: HUANCAMELICA  
 DISTRITO: MOYA

ESTUDIANTE :

SALAZAR SEDANO, PEDRO MARCELO

ASESORA :

ING. MILUSKA ROSAS BARTUREN

ESPECIALIDAD :  
**HIDRÁULICA**

PLANO :  
**CANAL DE CONDUCCIÓN ALT.01**

PROGRESIVA:  
0+000 - 3+580

ESCALA: 1/6,000      FECHA: ABRIL 2025

LAMINA:

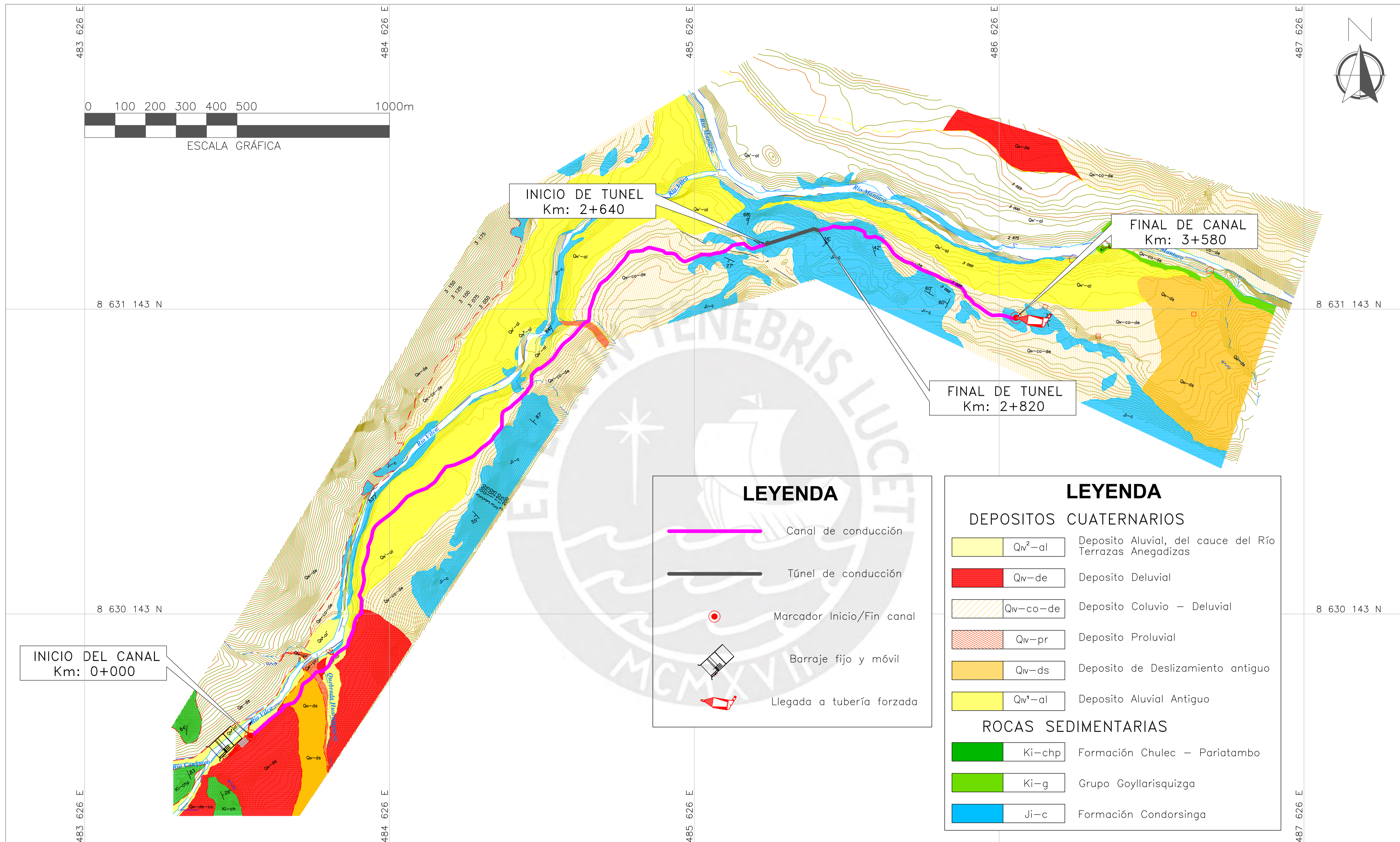
**HIDRÁULICA**

**H-01**

PROGRESIVA: 0+000 - 3+580

**Anexo 2: Plano de depósitos geológicos locales para la alternativa 1**



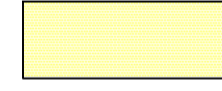







### LEYENDA




-  Canal de conducción
-  Túnel de conducción
-  Marcador Inicio/Fin canal
-  Barraje fijo y móvil
-  Llegada a tubería forzada

### LEYENDA

#### DEPOSITOS CUATERNARIOS

-  Qv<sup>2</sup>-al Depósito Aluvial, del cauce del Río Terrazas Anegadizas
-  Qv-de Depósito Deluvial
-  Qv-co-de Depósito Coluvio - Deluvial
-  Qv-pr Depósito Proluvial
-  Qv-ds Depósito de Deslizamiento antiguo
-  Qv<sup>1</sup>-al Depósito Aluvial Antiguo

#### ROCAS SEDIMENTARIAS

-  Ki-chp Formación Chulec - Pariatambo
-  Ki-g Grupo Goyllarisquizga
-  Ji-c Formación Condorsinga

UNIVERSIDAD :



TEMA DE TESIS :

**"ALTERNATIVAS DE UBICACIÓN DE BOCATOMA PARA UNA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA FORZADA EN LA CUENCA DEL RÍO MANTARO"**

UBICACIÓN :

DEPARTAMENTO: JUNIN - HUANCAMELICA  
 PROVINCIA: HUANCAMELICA  
 DISTRITO: MOYA

ESTUDIANTE :

SALAZAR SEDANO, PEDRO MARCELO

ASESORA :

ING. MILUSKA ROSAS BARTUREN

ESPECIALIDAD :

**GEOLOGÍA**

PLANO :

**DEPÓSITOS GEOLÓGICOS LOCALES**

PROGRESIVA:  
0+000 - 3+580

ESCALA: 1/6,000      FECHA: ABRIL 2025

LAMINA:

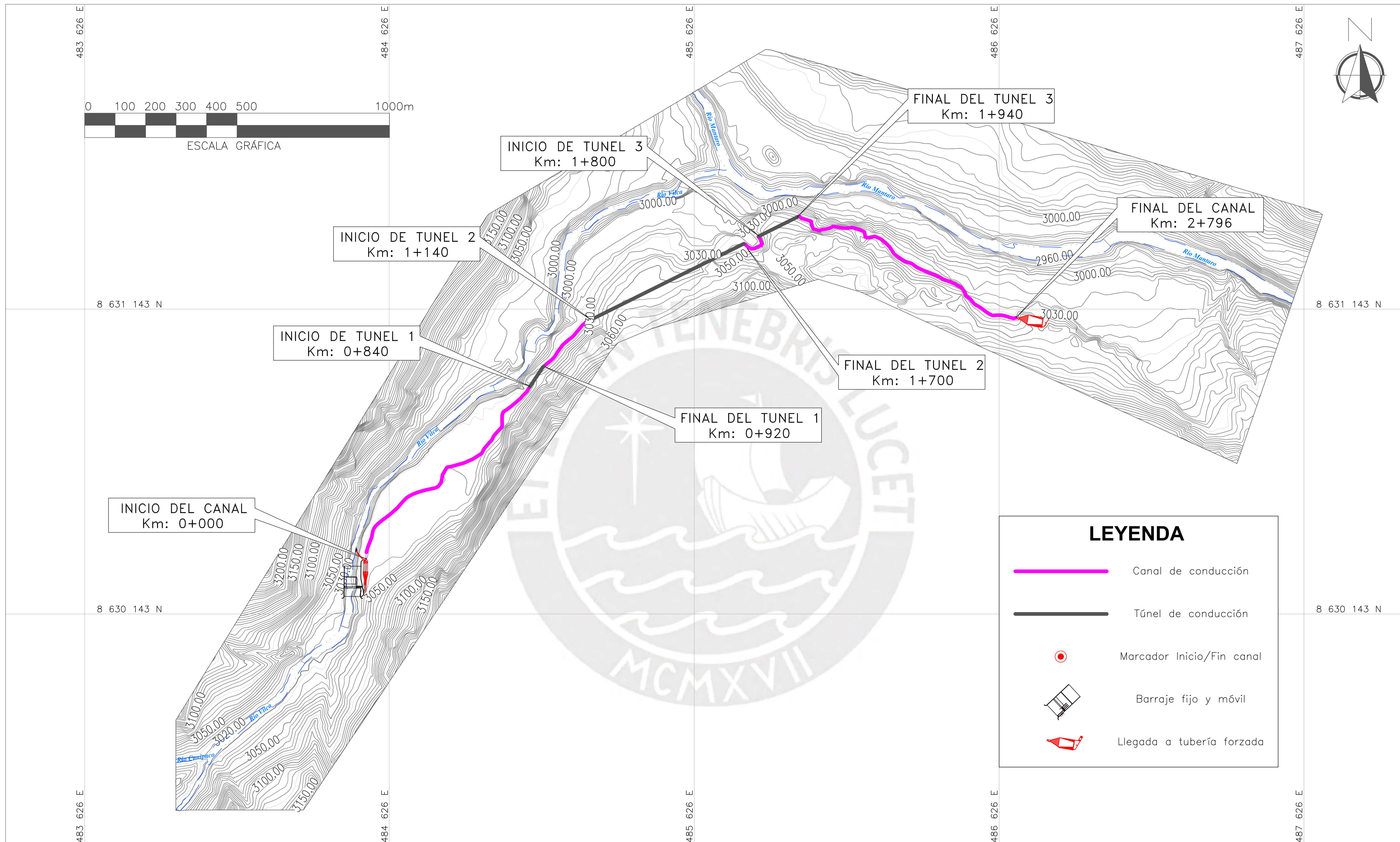
**GEOLOGÍA**

**G-01**

PROGRESIVA: 0+000 - 3+580

**Anexo 3: Plano de canal de conducción alternativa 2**





### LEYENDA

- Canal de conducción
- Túnel de conducción
- Marcador Inicio/Fin canal
- Barraje fijo y móvil
- Llegada a tubería forzada

UNIVERSIDAD :

TEMA DE TESIS :

**"ALTERNATIVAS DE UBICACIÓN DE BOCATOMA PARA UNA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA FORZADA EN LA CUENCA DEL RÍO MANTARO"**

UBICACIÓN :

DEPARTAMENTO: JUNIN - HUANCAMELICA  
 PROVINCIA: HUANCAMELICA  
 DISTRITO: MOYA

ESTUDIANTE :

SALAZAR SEDANO, PEDRO MARCELO

ASESORA :

ING. MILUSKA ROSAS BARTUREN

ESPECIALIDAD :

**HIDRÁULICA**

PLANO :

**CANAL DE CONDUCCIÓN ALT.02**

PROGRESIVA:  
0+000 - 2+796

ESCALA: FECHA:

1/6,000 ABRIL 2025

LAMINA:

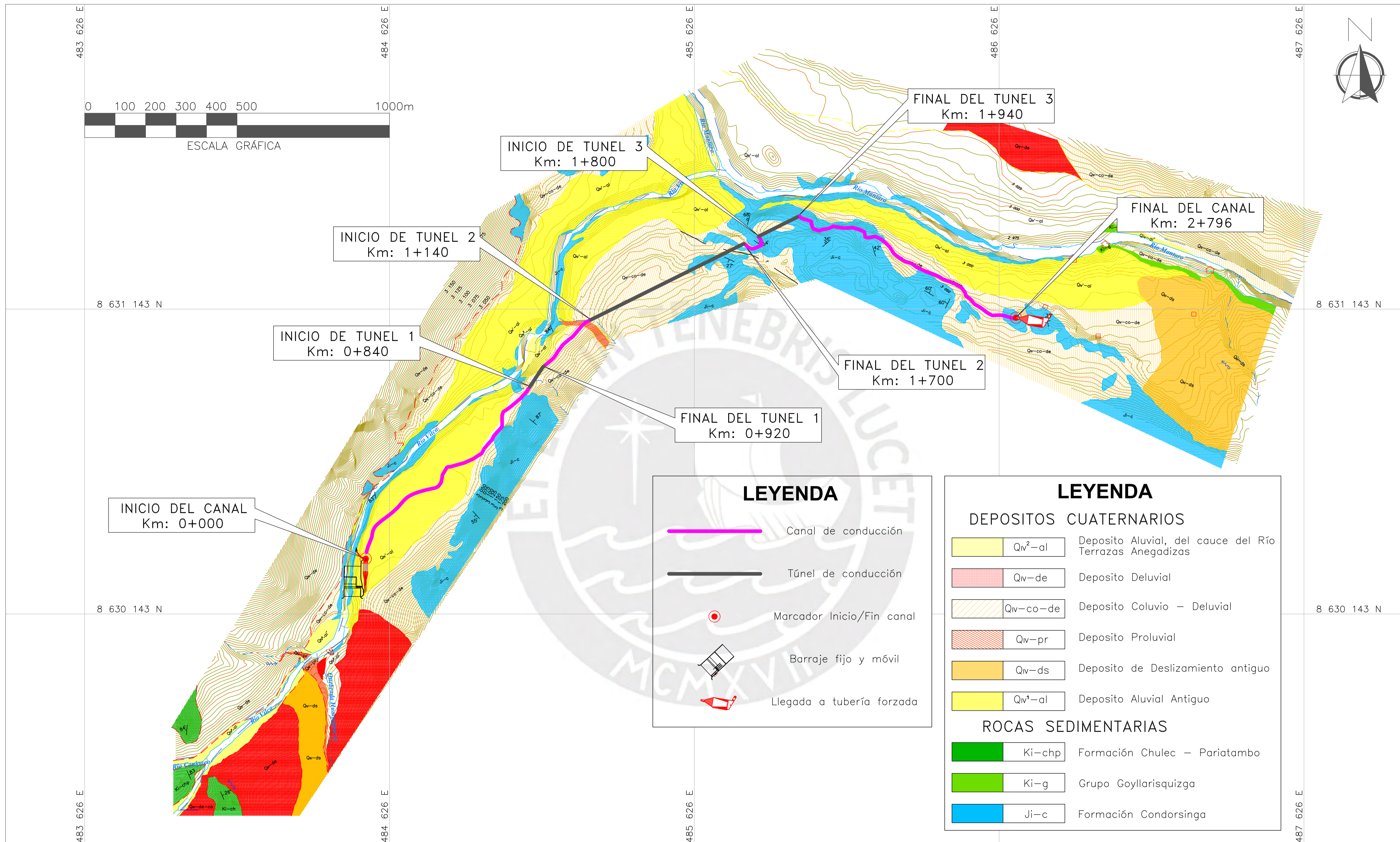
**HIDRÁULICA**

**H-02**

PROGRESIVA: 0+000 - 2+796

**Anexo 4: Plano de depósitos geológicos locales para la alternativa 2**



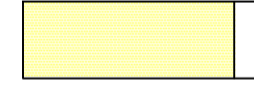







### LEYENDA




-  Canal de conducción
-  Túnel de conducción
-  Marcador Inicio/Fin canal
-  Barraje fijo y móvil
-  Llegada a tubería forzada

### LEYENDA

#### DEPOSITOS CUATERNARIOS

-  Qv<sup>2</sup>-al Depósito Aluvial, del cauce del Río Terrazas Anegadizas
-  Qv-de Depósito Deluvial
-  Qv-co-de Depósito Coluvio - Deluvial
-  Qv-pr Depósito Proluvial
-  Qv-ds Depósito de Deslizamiento antiguo
-  Qv<sup>1</sup>-al Depósito Aluvial Antiguo

#### ROCAS SEDIMENTARIAS

-  Ki-chp Formación Chulec - Pariatambo
-  Ki-g Grupo Goyllarisquizga
-  Ji-c Formación Condorsinga

UNIVERSIDAD :



TEMA DE TESIS :

**"ALTERNATIVAS DE UBICACIÓN DE BOCATOMA PARA UNA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA FORZADA EN LA CUENCA DEL RÍO MANTARO"**

UBICACIÓN :

DEPARTAMENTO: JUNIN - HUANCAMELICA  
 PROVINCIA: HUANCAMELICA  
 DISTRITO: MOYA

ESTUDIANTE :

SALAZAR SEDANO, PEDRO MARCELO

ASESORA :

ING. MILUSKA ROSAS BARTUREN

ESPECIALIDAD :

**GEOLOGÍA**

PLANO :

**DEPÓSITOS GEOLÓGICOS LOCALES**

PROGRESIVA:  
0+000 - 2+796

ESCALA: 1/6,000      FECHA: ABRIL 2025

LAMINA:

**GEOLOGÍA**

**G-02**

PROGRESIVA: 0+000 - 2+796

**Anexo 5: Cálculo de estabilidad estructural del barraje vertedero fijo**



Pesos específicos	
y agua	1.000 ton/m <sup>3</sup>
y arena	1.890 ton/m <sup>3</sup>
y concreto	2.400 ton/m <sup>3</sup>

DATOS DE BARRAJE VERTEDERO FIJO	
Hd	2.53 m
H Barraje	4.31 m
H AguasArriba	6.84 m
r	0.22 m
D1	1.9 m
D2	1.9 m
yB	0.915 m
L Barraje Fijo	13.451 m

FUERZA HIDROSTATICA (FH1)	
P1	2.530 ton/m
P2	6.840 ton/m
L inclinado	6.2795 m
FH	29.419 ton
$\beta$	45 °
U Horizontal	20.803 ton
U Vertical	20.803 ton
Brazo para FS	
Brazo H	3.999 m
Brazo V	11.571 m
Brazo para Esfuerzos	
Brazo H	3.999 m
Brazo V	4.846 m

FUERZA HIDROSTATICA (FH2)	
P1	0.000 ton/m
P2	0.915 ton/m
FH	0.419 ton
centroide	0.305 m
Brazo FS	2.205 m
Brazo Esfuerzos	2.205 m

EMPUJE ACTIVO DEL TERRENO IZQ (E1)	
bMenor	6.840 ton/m
bMayor	10.847 ton/m
H izq	2.120 m
E1	18.748 ton
centroide	0.980 m
Brazo FS	0.980 m
Brazo Esfuerzos	0.980 m

EMPUJE ACTIVO DEL TERRENO DER (E2)	
bMenor	0.915 ton/m
bMayor	4.506 ton/m
H der	1.900 m
E2	5.150 ton
centroide	0.740 m
Brazo FS	0.740 m
Brazo Esfuerzos	0.740 m

SUBPRESION (U)	
H (izq)	8.960 m
bMayor (izq)	8.960 ton/m
h (der)	2.815 m
bMenor (der)	2.815 ton/m
Filtro	
H1	8.960 ton/m
H2	2.815 ton/m
x	0.00 m
L	13.45 m
E (eficiencia)	0%
H3	8.960 ton/m
Area	79.191 ton
U	79.191 ton
Brazo FS	7.895 m
Brazo Esfuerzos	1.170 m

PESO DE LA ESTRUCTURA (W)	
Area	55.6383 m <sup>2</sup>
Peso (W)	133.532 ton
Brazo FS	7.354 m
Brazo Esfuerzos	0.628 m

FUERZAS SISMICAS	
FUERZA SISMICA HORIZONTAL (FSH)	
F SH	13.353 ton
Brazo FS	2.331 m
Brazo Esfuerzos	2.331 m

FUERZA SISMICA VERTICAL (FSV)	
F SV	6.677 ton
Brazo FS	7.354 m
Brazo Esfuerzos	0.628 m

**MOMENTOS PARA CALCULAR LOS FACTORES DE SEGURIDAD AL VOLETO Y DESLIZAMIENTO**

**Punto de referencia: Extremo inferior derecho, en la cimentación**

dir	Descripción	Fuerza (Ton)	Brazo (m)	Momento (Ton*m)	
H	FUERZA HIDROSTATICA H (FH1)	20.803	3.999	83.198	↺
V	FUERZA HIDROSTATICA V (FH1)	-20.803	11.571	-240.714	↺
H	FUERZA HIDROSTATICA (FH2)	-0.419	2.205	-0.923	↺
H	EMPUJE ACTIVO DEL TERRENO IZQ (E1)	18.748	0.980	18.372	↺
H	EMPUJE ACTIVO DEL TERRENO DER (E2)	-5.150	0.740	-3.812	↺
V	SUBPRESION (U) Vertical	79.191	7.895	625.229	↺
V	PESO DE LA ESTRUCTURA (W)	-133.532	7.354	-981.940	↺
H	FUERZA SISMICA HORIZONTAL (FSH)	13.353	2.331	31.128	↺
V	FUERZA SISMICA VERTICAL (FSV)	6.677	7.354	49.097	↺

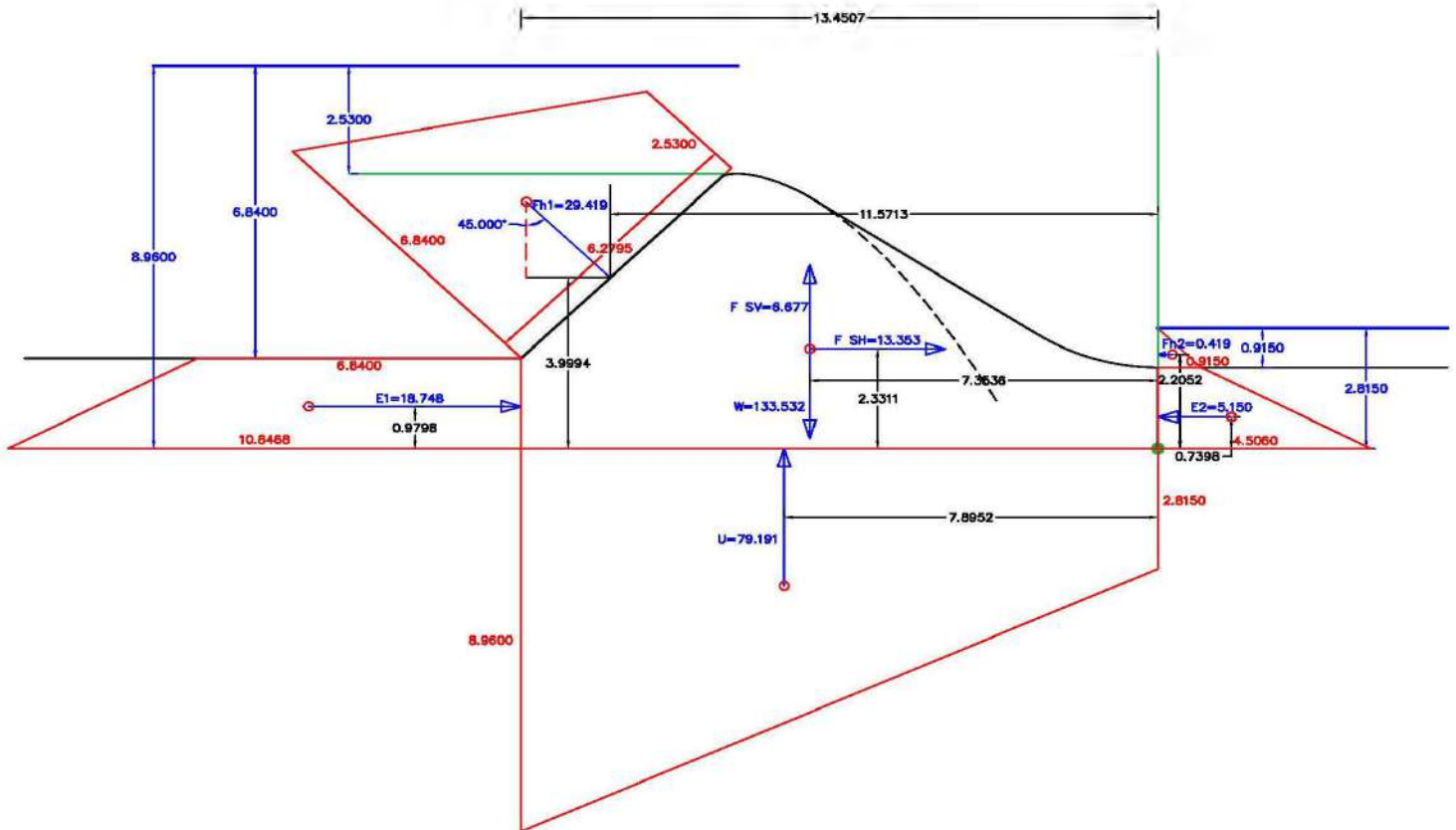
$\sum$  Mo. de fuerzas opuestas al volteo (ton\*m)      1227.390 ↺  
 $\sum$  Mo. de fuerzas activas al volteo (ton\*m)      807.024 ↻

F.S. VOLTEO      1.52      > 1.5      OK

$\sum$  Fuerzas Horizontales (ton)      47.335 →  
 $\sum$  Fuerzas Verticales (ton)      68.467 ↓

F.S. DESLIZAMIENTO      0.69      < 0.75      OK

**ESTABILIDAD DEL AZUD – MOMENTOS RESPECTO AL EXTREMO INFERIOR DERECHO  
BRAZOS PARA FACTORES DE SEGURIDAD**





**Anexo 6: Análisis de precios unitarios**



## Presupuesto

Presupuesto **1003003 ALTERNATIVA 1**  
 Subpresupuesto **001 ALTERNATIVA 1**  
 Cliente **ORGANISMO SUPERVISOR DE LA INVERSION EN ENERGIA Y MINERIA** Costo al **13/05/2024**  
 Lugar **HUANCAVELICA - HUANCAVELICA - MOYA**

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	<b>OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>2,000,850.06</b>
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION	glb	1.00	306,000.00	306,000.00
01.02	LIMPIEZA Y DESBROCE	ha	35.80	2,584.08	92,510.06
01.03	TRAZO Y REPLANTEO	m2	358,000.00	3.73	1,335,340.00
01.04	CAMPAMENTO	glb	1.00	216,000.00	216,000.00
01.05	OBRAS DE DESVIO	glb	1.00	51,000.00	51,000.00
02	<b>BOCATOMA</b>				<b>12,048,711.71</b>
02.01	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>2,109,742.43</b>
02.01.01	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	m3	22,189.54	8.54	189,498.67
02.01.02	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO BAJO AGUA	m3	26,275.91	9.03	237,271.47
02.01.03	RELLENO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m3	19,407.19	37.95	736,502.86
02.01.04	ENROCADO	m3	1,865.44	90.37	168,579.81
02.01.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	29,058.26	26.77	777,889.62
02.02	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>9,938,969.28</b>
02.02.01	SOLADO DE CONCRETO F'C=100 KG/CM2	m3	588.40	389.75	229,328.90
02.02.02	CONCRETO F'C=210 KG/CM2	m3	14,901.37	587.85	8,759,770.35
02.02.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	11,005.33	86.31	949,870.03
03	<b>DESRIPIADOR Y TRANSICIÓN</b>				<b>1,354,524.59</b>
03.01	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>803,017.32</b>
03.01.01	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	m3	15,813.69	8.54	135,048.91
03.01.02	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO BAJO AGUA	m3	5,971.02	9.03	53,918.31
03.01.03	RELLENO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m3	2,761.51	37.95	104,799.30
03.01.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	19,023.19	26.77	509,250.80
03.02	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>551,507.27</b>
03.02.01	SOLADO DE CONCRETO F'C=100 KG/CM2	m3	51.46	389.75	20,056.54
03.02.02	CONCRETO F'C=210 KG/CM2	m3	795.86	587.85	467,846.30
03.02.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	736.93	86.31	63,604.43
04	<b>CANAL DE CONDUCCION</b>				<b>19,067,649.44</b>
04.01	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>7,916,054.92</b>
04.01.01	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	m3	134,189.38	8.54	1,145,977.31
04.01.02	EXCAVACION EN ROCA SUELTA	m3	17,253.97	23.26	401,327.34
04.01.03	RELLENO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m3	3,473.08	37.95	131,803.39
04.01.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	147,970.27	42.15	6,236,946.88
04.02	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>11,151,594.52</b>
04.02.01	SOLADO DE CONCRETO F'C=100 KG/CM2	m3	1,554.80	389.75	605,983.30
04.02.02	CONCRETO F'C=210 KG/CM2	m3	11,743.39	413.22	4,852,603.62
04.02.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	65,960.00	86.31	5,693,007.60
05	<b>TUNEL DE CONDUCCION</b>				<b>4,430,012.84</b>
05.01	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>3,431,151.06</b>
05.01.01	EXCAVACION MASIVA EN ROCA FIJA	m3	4,990.62	552.00	2,754,822.24
05.01.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	4,990.62	135.52	676,328.82
05.02	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>648,861.78</b>
05.02.01	SHOTCRETE 5 CM DE ESPESOR	m3	334.81	1,938.00	648,861.78
05.03	<b>VARIOS</b>				<b>350,000.00</b>
05.03.01	PORTALES DE INGRESO Y SALIDA Y FALSO TUNEL	glb	1.00	350,000.00	350,000.00
	<b>Costo Directo</b>				<b>38,901,748.64</b>

SON : TRENTIOCHO MILLONES NOVECIENTOS UNO MIL SETECIENTOS CUARENTIOCHO Y 64/100 NUEVOS SOLES

## Presupuesto

Presupuesto **1003004 ALTERNATIVA 2**  
 Subpresupuesto **001 ALTERNATIVA 2**  
 Cliente **ORGANISMO SUPERVISOR DE LA INVERSION EN ENERGIA Y MINERIA** Costo al **13/05/2024**  
 Lugar **HUANCAVELICA - HUANCAVELICA - MOYA**

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	<b>OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>2,000,850.06</b>
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION	glb	1.00	306,000.00	306,000.00
01.02	LIMPIEZA Y DESBROCE	ha	35.80	2,584.08	92,510.06
01.03	TRAZO Y REPLANTEO	m2	358,000.00	3.73	1,335,340.00
01.04	CAMPAMENTO	glb	1.00	216,000.00	216,000.00
01.05	OBRAS DE DESVIO	glb	1.00	51,000.00	51,000.00
02	<b>BOCATOMA</b>				<b>13,696,161.07</b>
02.01	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>3,757,191.79</b>
02.01.01	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	m3	65,692.67	8.54	561,015.40
02.01.02	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO BAJO AGUA	m3	29,386.36	9.03	265,358.83
02.01.03	RELLENO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m3	19,407.19	37.95	736,502.86
02.01.04	ENROCADO	m3	1,865.44	90.37	168,579.81
02.01.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	75,671.83	26.77	2,025,734.89
02.02	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>9,938,969.28</b>
02.02.01	SOLADO DE CONCRETO F'C=100 KG/CM2	m3	588.40	389.75	229,328.90
02.02.02	CONCRETO F'C=210 KG/CM2	m3	14,901.37	587.85	8,759,770.35
02.02.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	11,005.33	86.31	949,870.03
03	<b>DESRIPIADOR Y TRANSICIÓN</b>				<b>1,982,542.28</b>
03.01	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>1,431,035.01</b>
03.01.01	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	m3	33,599.29	8.54	286,937.94
03.01.02	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO BAJO AGUA	m3	5,971.24	9.03	53,920.30
03.01.03	RELLENO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m3	2,761.51	37.95	104,799.30
03.01.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	36,809.02	26.77	985,377.47
03.02	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>551,507.27</b>
03.02.01	SOLADO DE CONCRETO F'C=100 KG/CM2	m3	51.46	389.75	20,056.54
03.02.02	CONCRETO F'C=210 KG/CM2	m3	795.86	587.85	467,846.30
03.02.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	736.93	86.31	63,604.43
04	<b>CANAL DE CONDUCCION</b>				<b>10,526,215.91</b>
04.01	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>4,010,742.81</b>
04.01.01	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	m3	55,450.19	8.54	473,544.62
04.01.02	EXCAVACION EN ROCA SUELTA	m3	18,467.80	23.26	429,561.03
04.01.03	RELLENO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m3	1,906.22	37.95	72,341.05
04.01.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	72,011.77	42.15	3,035,296.11
04.02	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>6,515,473.10</b>
04.02.01	SOLADO DE CONCRETO F'C=100 KG/CM2	m3	899.76	389.75	350,681.46
04.02.02	CONCRETO F'C=210 KG/CM2	m3	6,749.85	413.22	2,789,173.02
04.02.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	39,110.40	86.31	3,375,618.62
05	<b>TUNEL DE CONDUCCION</b>				<b>17,720,123.64</b>
05.01	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>13,989,113.82</b>
05.01.01	EXCAVACION MASIVA EN ROCA FIJA	m3	20,347.21	552.00	11,231,659.92
05.01.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	20,347.21	135.52	2,757,453.90
05.02	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>2,681,009.82</b>
05.02.01	SHOTCRETE 5 CM DE ESPESOR	m3	1,383.39	1,938.00	2,681,009.82
05.03	<b>VARIOS</b>				<b>1,050,000.00</b>
05.03.01	PORTALES DE INGRESO Y SALIDA Y FALSO TUNEL	glb	3.00	350,000.00	1,050,000.00
	<b>Costo Directo</b>				<b>45,925,892.96</b>

SON : CUARENTICINCO MILLONES NOVECIENTOS VEINTICINCO MIL OCHOCIENTOS NOVENTIDOS Y 96/100 NUEVOS SOLES

## Precios y cantidades de recursos requeridos por tipo

Obra 1003003 ALTERNATIVA 1  
 Subpresupuesto 001 ALTERNATIVA 1  
 Fecha 13/05/2024  
 Lugar 090112 HUANCAMELICA - HUANCAMELICA - MOYA

Código	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>MANO DE OBRA</b>					
0101010002	CAPATAZ	hh	8,011.1681	33.25	266,371.34
0101010003	OPERARIO	hh	79,635.5413	27.71	2,206,700.85
0101010004	OFICIAL	hh	178,770.1429	21.79	3,895,401.41
0101010005	PEON	hh	102,959.9310	19.71	2,029,340.24
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	57,114.3449	29.99	1,712,859.20
0101030000	TOPOGRAFO	hh	6,372.4000	28.78	183,397.67
					<b>10,294,070.71</b>
<b>MATERIALES</b>					
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg	15,540.4520	2.81	43,668.67
02040300010013	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	ton	35.8000	3,725.29	133,365.38
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg	7,770.2260	5.93	46,077.44
02041200010007	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"	kg	7,770.2260	5.93	46,077.44
02041200010009	CLAVO C/CABEZA P/CONSTRUCCION D. PROMEDIO	kg	179.0000	4.49	803.71
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	225,252.9600	25.06	5,644,839.18
02130200020004	CAL HIDRATADA BOLSA 30 kg	bol	3,580.0000	38.14	136,541.20
02221400020001	ADITIVO DESMOLDEADOR DE ENCOFRADOS	gal	388.5114	142.46	55,347.33
0231010001	MADERA TORNILLO	p2	246,704.6754	5.80	1,430,887.12
02310500010004	TRIPLAY LUPUNA 4 x 8 x 19 mm	pln	1,686.1391	84.00	141,635.68
0245020007	BARRENOS	und	69.0159	127.12	8,773.30
					<b>7,688,016.45</b>
<b>EQUIPOS</b>					
0301000011	TEODOLITO	hm	6,372.4000	11.64	74,174.74
0301000020	NIVEL TOPOGRAFICO	hm	6,372.4000	11.00	70,096.40
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			499,920.75
03010400030004	MOTOBOMBA DE 4" (12 HP)	hm	936.6403	30.82	28,867.25
0301140003	MARTILLO PERFORADOR (para compresora)	hm	1,416.5509	6.60	9,349.24
03011400060002	COMPRESORA NEUMATICA 125-175 PCM, 76 HP	hm	707.4128	97.31	68,838.34
03011600010004	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 160-195 HP 3.5 yd3	hm	141.9946	267.25	37,948.06
03011600010005	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-155 HP 3 yd3	hm	5,369.7259	224.64	1,206,255.23
03011700010001	EXCAVADORA SOBRE ORUGAS 115-165 HP	hm	6,509.5104	286.83	1,867,122.87
03011700020009	CARGADOR RETROEXCAVADOR 62 HP 1.0 YD3	hm	6,128.2423	136.62	837,240.46
03011800020001	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP	hm	64.5230	458.17	29,562.50
0301190003	RODILLO VIB. LISO AUTOP. 101-135 HP, 10-12 TN	hm	2,051.3424	190.23	390,226.86
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	23,880.6936	349.71	8,351,317.36
0301220005	CAMION CISTERNA	hm	2,051.3424	142.61	292,541.94
03012200050003	CAMION CISTERNA 3000 gl (AGUA)	hm	936.6403	214.96	201,340.20
03012500010004	GRUPO ELECTROGENO DE 150 KW.	hm	129.0459	249.75	32,229.21
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	11,074.7406	7.28	80,624.11
03012900030004	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (18 HP)	hm	921.7572	12.47	11,494.31
0301320001	HORMIGONERA AUTOCARGABLE 4 m3	hm	9,977.4094	110.00	1,097,515.03
03014000010003	CHANCADORA CONICA + ZARANDA 200 HP	hm	57.7195	306.07	17,666.21
03014000040001	ZARANDA VIBRATORIA 140 HP - 100 ton/h (INC. G.E.)	hm	4,512.1961	60.48	272,897.62
0301400005	CHANCADORA PRIMARIA 30x42"	hm	3,208.4187	268.32	860,882.91
					<b>16,338,111.60</b>
<b>SUBCONTRATOS</b>					
04020100020002	SC CONTENEDOR DE ALMACENES	dia	360.0000	600.00	216,000.00
0402040001	OBRAS DE DESVIO	glb	1.0000	51,000.00	51,000.00
0403010004	SC EXCAVACION MASIVA EN ROCA FIJA	m3	4,990.6200	552.00	2,754,822.24
0404020003	SC SHOTCRETE DE CONCRETO	m3	334.8100	1,938.00	648,861.78
0404020004	SC PORTALES DE INGRESO Y SALIDA Y FALSO TUNEL	glb	1.0000	350,000.00	350,000.00
04240100010001	SC MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO	glb	1.0000	306,000.00	306,000.00
0424010002	SC TRANSPORTE DE AGUA HASTA 5 km	m3	414.7907	70.00	29,035.35
0424010003	SC TRANSPORTE DE AGREGADOS HASTA 5 km	m3	3,226.1502	70.00	225,830.51
					<b>4,581,549.88</b>
				<b>Total S/.</b>	<b>38,901,748.64</b>

## Precios y cantidades de recursos requeridos por tipo

Obra 1003004 ALTERNATIVA 2  
 Subpresupuesto 001 ALTERNATIVA 2  
 Fecha 13/05/2024

Lugar 090112 HUANCAMELICA - HUANCAMELICA - MOYA

Código	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>MANO DE OBRA</b>					
0101010002	CAPATAZ	hh	7,208.5393	33.25	239,683.93
0101010003	OPERARIO	hh	54,442.3457	27.71	1,508,597.40
0101010004	OFICIAL	hh	128,524.2040	21.79	2,800,542.41
0101010005	PEON	hh	88,982.1646	19.71	1,753,838.46
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	55,425.0589	29.99	1,662,197.52
0101030000	TOPOGRAFO	hh	6,372.4000	28.78	183,397.67
					<b>8,148,257.39</b>
<b>MATERIALES</b>					
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg	10,170.5320	2.81	28,579.19
02040300010013	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	ton	35.8000	3,725.29	133,365.38
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg	5,085.2660	5.93	30,155.63
02041200010007	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"	kg	5,085.2660	5.93	30,155.63
02041200010009	CLAVO C/CABEZA P/CONSTRUCCION D. PROMEDIO	kg	179.0000	4.49	803.71
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	185,304.6400	25.06	4,643,734.28
02130200020004	CAL HIDRATADA BOLSA 30 kg	bol	3,580.0000	38.14	136,541.20
02221400020001	ADITIVO DESMOLDEADOR DE ENCOFRADOS	gal	254.2634	142.46	36,222.36
0231010001	MADERA TORNILLO	p2	161,457.1954	5.80	936,451.73
02310500010004	TRIPLAY LUPUNA 4 x 8 x 19 mm	pln	1,103.5028	84.00	92,694.24
0245020007	BARRENOS	und	73.8712	127.12	9,390.51
					<b>6,078,093.86</b>
<b>EQUIPOS</b>					
0301000011	TEODOLITO	hm	6,372.4000	11.64	74,174.74
0301000020	NIVEL TOPOGRAFICO	hm	6,372.4000	11.00	70,096.40
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			394,940.35
03010400030004	MOTOBOMBA DE 4" (12 HP)	hm	854.7462	30.82	26,343.28
0301140003	MARTILLO PERFORADOR (para compresora)	hm	1,516.2064	6.60	10,006.96
03011400060002	COMPRESORA NEUMATICA 125-175 PCM, 76 HP	hm	757.1798	97.31	73,681.17
03011600010004	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 160-195 HP 3.5 yd3	hm	99.6135	267.25	26,621.71
03011600010005	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-155 HP 3 yd3	hm	4,922.0656	224.64	1,105,692.82
03011700010001	EXCAVADORA SOBRE ORUGAS 115-165 HP	hm	6,143.9164	286.83	1,762,259.54
03011700020009	CARGADOR RETROEXCAVADOR 62 HP 1.0 YD3	hm	6,579.1602	136.62	898,844.87
03011800020001	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP	hm	45.2648	458.17	20,738.97
0301190003	RODILLO VIB. LISO AUTOP. 101-135 HP, 10-12 TN	hm	1,925.9936	190.23	366,381.76
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	24,763.5612	349.71	8,660,064.99
0301220005	CAMION CISTERNA	hm	1,925.9936	142.61	274,665.95
03012200050003	CAMION CISTERNA 3000 gl (AGUA)	hm	854.7462	214.96	183,736.24
03012500010004	GRUPO ELECTROGENO DE 150 KW.	hm	90.5296	249.75	22,609.77
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	8,931.5704	7.28	65,021.83
03012900030004	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (18 HP)	hm	646.6404	12.47	8,063.61
0301320001	HORMIGONERA AUTOCARGABLE 4 m3	hm	8,161.7583	110.00	897,793.41
03014000010003	CHANCADORA CONICA + ZARANDA 200 HP	hm	40.4920	306.07	12,393.39
03014000040001	ZARANDA VIBRATORIA 140 HP - 100 ton/h (INC. G.E.)	hm	4,118.7052	60.48	249,099.29
0301400005	CHANCADORA PRIMARIA 30x42"	hm	2,913.8523	268.32	781,844.85
					<b>15,985,075.90</b>
<b>SUBCONTRATOS</b>					
04020100020002	SC CONTENEDOR DE ALMACENES	dia	360.0000	600.00	216,000.00
0402040001	OBRAS DE DESVIO	glb	1.0000	51,000.00	51,000.00
0403010004	SC EXCAVACION MASIVA EN ROCA FIJA	m3	20,347.2100	552.00	11,231,659.92
0404020003	SC SHOTCRETE DE CONCRETO	m3	1,383.3900	1,938.00	2,681,009.82
0404020004	SC PORTALES DE INGRESO Y SALIDA Y FALSO TUNEL	glb	3.0000	350,000.00	1,050,000.00
04240100010001	SC MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO	glb	1.0000	306,000.00	306,000.00
0424010002	SC TRANSPORTE DE AGUA HASTA 5 km	m3	290.9881	70.00	20,369.17
0424010003	SC TRANSPORTE DE AGREGADOS HASTA 5 km	m3	2,263.2414	70.00	158,426.90
					<b>15,714,465.81</b>
				<b>Total S/.</b>	<b>45,925,892.96</b>

## Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1003003 ALTERNATIVA 1  
 Subpresupuesto 001 ALTERNATIVA 1  
 Fecha presupuesto 13/05/2024

Partida 01.01 MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION

Rendimiento glb/DIA MO. EQ. Costo unitario directo por : glb **306,000.00**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Subcontratos					
04240100010001	SC MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO	glb		1.0000	306,000.00	306,000.00
						306,000.00

Partida 01.02 LIMPIEZA Y DESBROCE

Rendimiento ha/DIA MO. 1.2000 EQ. 1.2000 Costo unitario directo por : ha **2,584.08**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.3000	2.0000	33.25	66.50
0101010005	PEON	hh	6.0000	40.0000	19.71	788.40
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	1.0000	6.6667	29.99	199.93
						1,054.83
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1,054.83	31.64
03011600010005	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-155 HP 3 yd3	hm	1.0000	6.6667	224.64	1,497.61
						1,529.25

Partida 01.03 TRAZO Y REPLANTEO

Rendimiento m2/DIA MO. 450.0000 EQ. 450.0000 Costo unitario directo por : m2 **3.73**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0036	33.25	0.12
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0178	21.79	0.39
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.0533	19.71	1.05
0101030000	TOPOGRAFO	hh	1.0000	0.0178	28.78	0.51
						2.07
	Materiales					
02040300010013	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	ton		0.0001	3,725.29	0.37
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.0160	25.06	0.40
02130200020004	CAL HIDRATADA BOLSA 30 kg	bol		0.0100	38.14	0.38
						1.15
	Equipos					
0301000011	TEODOLITO	hm	1.0000	0.0178	11.64	0.21
0301000020	NIVEL TOPOGRAFICO	hm	1.0000	0.0178	11.00	0.20
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	2.07	0.10
						0.51

Partida 01.04 CAMPAMENTO

Rendimiento glb/DIA MO. EQ. Costo unitario directo por : glb **216,000.00**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Subcontratos					
04020100020002	SC CONTENEDORDE ALMACENES	día		360.0000	600.00	216,000.00
						216,000.00

Partida 01.05 OBRAS DE DESVIO

Rendimiento glb/DIA MO. EQ. Costo unitario directo por : glb **51,000.00**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Subcontratos					
0402040001	OBRAS DE DESVIO	glb		1.0000	51,000.00	51,000.00
						51,000.00

### Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1003003 ALTERNATIVA 1  
Subpresupuesto 001 ALTERNATIVA 1  
Fecha presupuesto 13/05/2024

Partida 02.01.01 EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO

Rendimiento m3/DIA MO. 365.0000 EQ. 365.0000 Costo unitario directo por : m3 **8.54**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0044	33.25	0.15
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0219	21.79	0.48
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0438	19.71	0.86
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	1.0000	0.0219	29.99	0.66
<b>2.15</b>						
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	2.15	0.11
03011700010001	EXCAVADORA SOBRE ORUGAS 115-165 HP	hm	1.0000	0.0219	286.83	6.28
<b>6.39</b>						

Partida 02.01.02 EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO BAJO AGUA

Rendimiento m3/DIA MO. 345.0000 EQ. 345.0000 Costo unitario directo por : m3 **9.03**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0046	33.25	0.15
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0232	21.79	0.51
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0464	19.71	0.91
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	1.0000	0.0232	29.99	0.70
<b>2.27</b>						
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	2.27	0.11
03011700010001	EXCAVADORA SOBRE ORUGAS 115-165 HP	hm	1.0000	0.0232	286.83	6.65
<b>6.76</b>						

Partida 02.01.03 RELLENO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO

Rendimiento m3/DIA MO. 100.0000 EQ. 100.0000 Costo unitario directo por : m3 **37.95**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0800	33.25	2.66
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0800	21.79	1.74
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0800	19.71	1.58
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	2.0000	0.1600	29.99	4.80
<b>10.78</b>						
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	10.78	0.54
0301190003	RODILLO VIB. LISO AUTOP. 101-135 HP, 10-12 TN	hm	1.0000	0.0800	190.23	15.22
0301220005	CAMION CISTERNA	hm	1.0000	0.0800	142.61	11.41
<b>27.17</b>						

Partida 02.01.04 ENROCADO

Rendimiento m3/DIA MO. 1.0000 EQ. 1.0000 Costo unitario directo por : m3 **90.37**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Subpartidas</b>						
011002010205	SELECCION Y APILAMIENTO DE MATERIAL ROCOSO	m3		1.3000	11.29	14.68
011002010206	TRANSPORTE DE PIEDRA MEDIANA D=32 KM	m3		1.0000	75.69	75.69
<b>90.37</b>						

## Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1003003 ALTERNATIVA 1  
 Subpresupuesto 001 ALTERNATIVA 1  
 Fecha presupuesto 13/05/2024

Partida 02.01.05 ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE

Rendimiento m3/DIA MO. 400.0000 EQ. 400.0000 Costo unitario directo por : m3 **26.77**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0020	33.25	0.07
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0200	21.79	0.44
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	4.0000	0.0800	29.99	2.40
<b>2.91</b>						
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	2.91	0.15
03011700020009	CARGADOR RETROEXCAVADOR 62 HP 1.0 YD3	hm	1.0000	0.0200	136.62	2.73
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	3.0000	0.0600	349.71	20.98
<b>23.86</b>						

Partida 02.02.01 SOLADO DE CONCRETO F'C=100 KG/CM2

Rendimiento m3/DIA MO. 16.0000 EQ. 16.0000 Costo unitario directo por : m3 **389.75**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.5000	0.2500	33.25	8.31
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	1.0000	27.71	27.71
0101010004	OFICIAL	hh	4.0000	2.0000	21.79	43.58
<b>79.60</b>						
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	79.60	3.98
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	1.0000	0.5000	7.28	3.64
<b>7.62</b>						
<b>Subpartidas</b>						
011002010215	CONCRETO SIMPLE F'C=100 KG/CM2	m3		1.0500	288.12	302.53
<b>302.53</b>						

Partida 02.02.02 CONCRETO F'C=210 KG/CM2

Rendimiento m3/DIA MO. 22.0000 EQ. 22.0000 Costo unitario directo por : m3 **587.85**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0727	33.25	2.42
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.3636	27.71	10.08
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.3636	21.79	7.92
0101010005	PEON	hh	6.0000	2.1818	19.71	43.00
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	1.0000	0.3636	29.99	10.90
<b>74.32</b>						
<b>Materiales</b>						
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		8.0000	25.06	200.48
<b>200.48</b>						
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	74.32	3.72
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	1.0000	0.3636	7.28	2.65
0301320001	HORMIGONERA AUTOCARGABLE 4 m3	hm	1.0000	0.3636	110.00	40.00
<b>46.37</b>						
<b>Subpartidas</b>						
011002010231	TRANSPORTE DE AGUA	m3		0.1800	78.32	14.10
011002010242	MATERIAL PARA CONCRETO	m3		1.3000	194.29	252.58
<b>266.68</b>						

Partida 02.02.03 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO

Rendimiento m2/DIA MO. 1.0000 EQ. 1.0000 Costo unitario directo por : m2 **86.31**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Subpartidas</b>						
011002010227	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE ESTRUCTURAS NORMAL	m2		0.7500	80.76	60.57
011002010228	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE ESTRUCTURA CARAVISTA	m2		0.2500	102.97	25.74
<b>86.31</b>						

## Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1003003 ALTERNATIVA 1  
 Subpresupuesto 001 ALTERNATIVA 1  
 Fecha presupuesto 13/05/2024

Partida 03.01.01 EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO

Rendimiento m3/DIA MO. 365.0000 EQ. 365.0000 Costo unitario directo por : m3 **8.54**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0044	33.25	0.15
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0219	21.79	0.48
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0438	19.71	0.86
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	1.0000	0.0219	29.99	0.66
<b>2.15</b>						
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	2.15	0.11
03011700010001	EXCAVADORA SOBRE ORUGAS 115-165 HP	hm	1.0000	0.0219	286.83	6.28
<b>6.39</b>						

Partida 03.01.02 EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO BAJO AGUA

Rendimiento m3/DIA MO. 345.0000 EQ. 345.0000 Costo unitario directo por : m3 **9.03**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0046	33.25	0.15
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0232	21.79	0.51
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0464	19.71	0.91
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	1.0000	0.0232	29.99	0.70
<b>2.27</b>						
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	2.27	0.11
03011700010001	EXCAVADORA SOBRE ORUGAS 115-165 HP	hm	1.0000	0.0232	286.83	6.65
<b>6.76</b>						

Partida 03.01.03 RELLENO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO

Rendimiento m3/DIA MO. 100.0000 EQ. 100.0000 Costo unitario directo por : m3 **37.95**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0800	33.25	2.66
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0800	21.79	1.74
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0800	19.71	1.58
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	2.0000	0.1600	29.99	4.80
<b>10.78</b>						
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	10.78	0.54
0301190003	RODILLO VIB. LISO AUTOP. 101-135 HP, 10-12 TN	hm	1.0000	0.0800	190.23	15.22
0301220005	CAMION CISTERNA	hm	1.0000	0.0800	142.61	11.41
<b>27.17</b>						

Partida 03.01.04 ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE

Rendimiento m3/DIA MO. 400.0000 EQ. 400.0000 Costo unitario directo por : m3 **26.77**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0020	33.25	0.07
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0200	21.79	0.44
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	4.0000	0.0800	29.99	2.40
<b>2.91</b>						
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	2.91	0.15
03011700020009	CARGADOR RETROEXCAVADOR 62 HP 1.0 YD3	hm	1.0000	0.0200	136.62	2.73
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	3.0000	0.0600	349.71	20.98
<b>23.86</b>						

### Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1003003 ALTERNATIVA 1  
Subpresupuesto 001 ALTERNATIVA 1  
Fecha presupuesto 13/05/2024

Partida 03.02.01 SOLADO DE CONCRETO F'C=100 KG/CM2

Rendimiento m3/DIA MO. 16.0000 EQ. 16.0000 Costo unitario directo por : m3 **389.75**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.5000	0.2500	33.25	8.31
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	1.0000	27.71	27.71
0101010004	OFICIAL	hh	4.0000	2.0000	21.79	43.58
<b>79.60</b>						
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	79.60	3.98
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	1.0000	0.5000	7.28	3.64
<b>7.62</b>						
<b>Subpartidas</b>						
011002010215	CONCRETO SIMPLE F'C=100 KG/CM2	m3		1.0500	288.12	302.53
<b>302.53</b>						

Partida 03.02.02 CONCRETO F'C=210 KG/CM2

Rendimiento m3/DIA MO. 22.0000 EQ. 22.0000 Costo unitario directo por : m3 **587.85**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0727	33.25	2.42
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.3636	27.71	10.08
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.3636	21.79	7.92
0101010005	PEON	hh	6.0000	2.1818	19.71	43.00
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	1.0000	0.3636	29.99	10.90
<b>74.32</b>						
<b>Materiales</b>						
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		8.0000	25.06	200.48
<b>200.48</b>						
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	74.32	3.72
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	1.0000	0.3636	7.28	2.65
0301320001	HORMIGONERA AUTOCARGABLE 4 m3	hm	1.0000	0.3636	110.00	40.00
<b>46.37</b>						
<b>Subpartidas</b>						
011002010231	TRANSPORTE DE AGUA	m3		0.1800	78.32	14.10
011002010242	MATERIAL PARA CONCRETO	m3		1.3000	194.29	252.58
<b>266.68</b>						

Partida 03.02.03 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO

Rendimiento m2/DIA MO. 1.0000 EQ. 1.0000 Costo unitario directo por : m2 **86.31**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Subpartidas</b>						
011002010227	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE ESTRUCTURAS NORMAL	m2		0.7500	80.76	60.57
011002010228	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE ESTRUCTURA CARAVISTA	m2		0.2500	102.97	25.74
<b>86.31</b>						

Partida 04.01.01 EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO

Rendimiento m3/DIA MO. 365.0000 EQ. 365.0000 Costo unitario directo por : m3 **8.54**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0044	33.25	0.15
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0219	21.79	0.48
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0438	19.71	0.86
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	1.0000	0.0219	29.99	0.66
<b>2.15</b>						
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	2.15	0.11
03011700010001	EXCAVADORA SOBRE ORUGAS 115-165 HP	hm	1.0000	0.0219	286.83	6.28
<b>6.39</b>						

### Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1003003 ALTERNATIVA 1  
 Subpresupuesto 001 ALTERNATIVA 1  
 Fecha presupuesto 13/05/2024

Partida 04.01.02 EXCAVACION EN ROCA SUELTA

Rendimiento m3/DIA MO. 195.0000 EQ. 195.0000 Costo unitario directo por : m3 **23.26**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0041	33.25	0.14
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.0821	27.71	2.27
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0410	21.79	0.89
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0821	19.71	1.62
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	1.0000	0.0410	29.99	1.23
<b>6.15</b>						
<b>Materiales</b>						
0245020007	BARRENOS	und		0.0040	127.12	0.51
<b>0.51</b>						
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	6.15	0.31
0301140003	MARTILLO PERFORADOR (para compresora)	hm	2.0000	0.0821	6.60	0.54
03011400060002	COMPRESORA NEUMATICA 125-175 PCM, 76 HP	hm	1.0000	0.0410	97.31	3.99
03011700010001	EXCAVADORA SOBRE ORUGAS 115-165 HP	hm	1.0000	0.0410	286.83	11.76
<b>16.60</b>						

Partida 04.01.03 RELLENO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO

Rendimiento m3/DIA MO. 100.0000 EQ. 100.0000 Costo unitario directo por : m3 **37.95**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0800	33.25	2.66
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0800	21.79	1.74
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0800	19.71	1.58
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	2.0000	0.1600	29.99	4.80
<b>10.78</b>						
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	10.78	0.54
0301190003	RODILLO VIB. LISO AUTOP. 101-135 HP, 10-12 TN	hm	1.0000	0.0800	190.23	15.22
0301220005	CAMION CISTERNA	hm	1.0000	0.0800	142.61	11.41
<b>27.17</b>						

Partida 04.01.04 ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE

Rendimiento m3/DIA MO. 254.0000 EQ. 254.0000 Costo unitario directo por : m3 **42.15**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0031	33.25	0.10
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0315	21.79	0.69
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	4.0000	0.1260	29.99	3.78
<b>4.57</b>						
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	4.57	0.23
03011700020009	CARGADOR RETROEXCAVADOR 62 HP 1.0 YD3	hm	1.0000	0.0315	136.62	4.30
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	3.0000	0.0945	349.71	33.05
<b>37.58</b>						

### Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1003003 ALTERNATIVA 1  
 Subpresupuesto 001 ALTERNATIVA 1  
 Fecha presupuesto 13/05/2024

Partida 04.02.01 SOLADO DE CONCRETO F'C=100 KG/CM2

Rendimiento m3/DIA MO. 16.0000 EQ. 16.0000 Costo unitario directo por : m3 **389.75**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.5000	0.2500	33.25	8.31
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	1.0000	27.71	27.71
0101010004	OFICIAL	hh	4.0000	2.0000	21.79	43.58
<b>79.60</b>						
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	79.60	3.98
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	1.0000	0.5000	7.28	3.64
<b>7.62</b>						
<b>Subpartidas</b>						
011002010215	CONCRETO SIMPLE F'C=100 KG/CM2	m3		1.0500	288.12	302.53
<b>302.53</b>						

Partida 04.02.02 CONCRETO F'C=210 KG/CM2

Rendimiento m3/DIA MO. 22.0000 EQ. 22.0000 Costo unitario directo por : m3 **413.22**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0727	33.25	2.42
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.3636	27.71	10.08
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.3636	21.79	7.92
0101010005	PEON	hh	6.0000	2.1818	19.71	43.00
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	1.0000	0.3636	29.99	10.90
<b>74.32</b>						
<b>Materiales</b>						
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		8.0000	25.06	200.48
<b>200.48</b>						
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	74.32	3.72
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	1.0000	0.3636	7.28	2.65
0301320001	HORMIGONERA AUTOCARGABLE 4 m3	hm	1.0000	0.3636	110.00	40.00
<b>46.37</b>						
<b>Subpartidas</b>						
011002010217	TRANSPORTE DE AGUA	m3		0.1800	27.05	4.87
011002010225	MATERIAL PARA CONCRETO	m3		1.3000	67.06	87.18
<b>92.05</b>						

Partida 04.02.03 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO

Rendimiento m2/DIA MO. 1.0000 EQ. 1.0000 Costo unitario directo por : m2 **86.31**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Subpartidas</b>						
011002010227	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE ESTRUCTURAS NORMAL	m2		0.7500	80.76	60.57
011002010228	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE ESTRUCTURA CARAVISTA	m2		0.2500	102.97	25.74
<b>86.31</b>						

Partida 05.01.01 EXCAVACION MASIVA EN ROCA FIJA

Rendimiento m3/DIA MO. 116.0000 EQ. 116.0000 Costo unitario directo por : m3 **552.00**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Subcontratos</b>						
0403010004	SC EXCAVACION MASIVA EN ROCA FIJA	m3		1.0000	552.00	552.00
<b>552.00</b>						

### Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1003003 ALTERNATIVA 1  
 Subpresupuesto 001 ALTERNATIVA 1  
 Fecha presupuesto 13/05/2024

Partida 05.01.02 ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE

Rendimiento m3/DIA MO. 79.0000 EQ. 79.0000 Costo unitario directo por : m3 **135.52**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	<b>Mano de Obra</b>					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0101	33.25	0.34
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.1013	21.79	2.21
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	4.0000	0.4051	29.99	12.15
						<b>14.70</b>
	<b>Equipos</b>					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	14.70	0.74
03011700020009	CARGADOR RETROEXCAVADOR 62 HP 1.0 YD3	hm	1.0000	0.1013	136.62	13.84
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	3.0000	0.3038	349.71	106.24
						<b>120.82</b>

Partida 05.02.01 SHOTCRETE 5 CM DE ESPESOR

Rendimiento m3/DIA MO. 18.0000 EQ. 18.0000 Costo unitario directo por : m3 **1,938.00**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	<b>Subcontratos</b>					
0404020003	SC SHOTCRETE DE CONCRETO	m3		1.0000	1,938.00	1,938.00
						<b>1,938.00</b>

Partida 05.03.01 PORTALES DE INGRESO Y SALIDA Y FALSO TUNEL

Rendimiento glb/DIA MO. 1.0000 EQ. 1.0000 Costo unitario directo por : glb **350,000.00**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	<b>Subcontratos</b>					
0404020004	SC PORTALES DE INGRESO Y SALIDA Y FALSO TUNEL	glb		1.0000	350,000.00	350,000.00
						<b>350,000.00</b>

## Análisis de precios unitarios de subpartidas

Presupuesto **1003003** **ALTERNATIVA 1**  
 Subpresupuesto **001** **ALTERNATIVA 1**

Fecha presupuesto **13/05/2024**

(011002010205-1003003-01) SELECCION Y APILAMIENTO DE MATERIAL ROCOSO							
Partida							
Rendimiento	m3/DIA	MO.240.00	EQ.240.00	Costo unitario directo por : m3			11.29
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>							
0101010005	PEON		hh	1.0000	0.0333	19.71	0.66
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO		hh	1.0000	0.0333	29.99	1.00
							<b>1.66</b>
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	1.66	0.08
03011700010001	EXCAVADORA SOBRE ORUGAS 115-165 HP		hm	1.0000	0.0333	286.83	9.55
							<b>9.63</b>
(011002010206-1003003-01) TRANSPORTE DE PIEDRA MEDIANA D=32 KM							
Partida							
Rendimiento	m3/DIA	MO.270.00	EQ.270.00	Costo unitario directo por : m3			75.69
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>							
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.0296	21.79	0.64
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO		hh	7.0000	0.2074	29.99	6.22
							<b>6.86</b>
<b>Equipos</b>							
03011600010005	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-155 HP 3 yd3		hm	1.0000	0.0296	224.64	6.65
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3		hm	6.0000	0.1778	349.71	62.18
							<b>68.83</b>
(011002010208-1003003-01) TRANSPORTE INTERNO A ZARANDA D=0.5KM							
Partida							
Rendimiento	m3/DIA	MO.672.00	EQ.672.00	Costo unitario directo por : m3			12.55
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>							
0101010005	PEON		hh	1.0000	0.0119	19.71	0.23
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.0119	21.79	0.26
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO		hh	3.0000	0.0357	29.99	1.07
							<b>1.56</b>
<b>Equipos</b>							
03011600010005	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-155 HP 3 yd3		hm	1.0000	0.0119	224.64	2.67
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3		hm	2.0000	0.0238	349.71	8.32
							<b>11.00</b>
(011002010209-1003003-01) EXTRACCION CANTERA (SIN EXPLOSIVOS)							
Partida							
Rendimiento	m3/DIA	MO.400.00	EQ.400.00	Costo unitario directo por : m3			10.39
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>							
0101010002	CAPATAZ		hh	0.2000	0.0040	33.25	0.13
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.0200	21.79	0.44
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO		hh	1.0000	0.0200	29.99	0.60
							<b>1.17</b>
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	1.17	0.06
03011800020001	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP		hm	1.0000	0.0200	458.17	9.16
							<b>9.22</b>

## Análisis de precios unitarios de subpartidas

Presupuesto **1003003**    **ALTERNATIVA 1**  
 Subpresupuesto **001**        **ALTERNATIVA 1**

Fecha presupuesto **13/05/2024**

Partida (011002010210-1003003-01) ZARANDEO MECANICO PARA AGREGADO (CONCRETO)  
 Rendimiento **m3/DIA**                      MO.300.00                      EQ.300.00                      Costo unitario directo por : m3                      **23.43**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0267	21.79	0.58
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	1.0000	0.0267	29.99	0.80
<b>1.38</b>						
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	1.38	0.07
03012500010004	GRUPO ELECTROGENO DE 150 KW.	hm	1.0000	0.0267	249.75	6.67
03011600010004	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 160-195 HP 3.5 yd3	hm	1.0000	0.0267	267.25	7.14
03014000010003	CHANCADORA CONICA + ZARANDA 200 HP	hm	1.0000	0.0267	306.07	8.17
<b>22.04</b>						

Partida (011002010211-1003003-01) AGREGADO FINO PARA CONCRETO  
 Rendimiento **m3/DIA**                      MO.1.00                      EQ.1.00                      Costo unitario directo por : m3                      **46.37**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Subpartidas</b>						
011002010209	EXTRACCION CANTERA (SIN EXPLOSIVOS)	m3		1.0000	10.39	10.39
011002010208	TRANSPORTE INTERNO A ZARANDA D=0.5KM	m3		1.0000	12.55	12.55
011002010210	ZARANDEO MECANICO PARA AGREGADO (CONCRETO)	m3		1.0000	23.43	23.43
<b>46.37</b>						

Partida (011002010212-1003003-01) TRANSPORTE INTERNO A CHANCADORA D=0.5KM  
 Rendimiento **m3/DIA**                      MO.672.00                      EQ.672.00                      Costo unitario directo por : m3                      **13.06**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0119	19.71	0.23
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0119	21.79	0.26
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	3.0000	0.0357	29.99	1.07
<b>1.56</b>						
<b>Equipos</b>						
03011600010004	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 160-195 HP 3.5 yd3	hm	1.0000	0.0119	267.25	3.18
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	2.0000	0.0238	349.71	8.32
<b>11.50</b>						

Partida (011002010213-1003003-01) CHANCADO PARA AGREGADO GRUESO CONCRETO  
 Rendimiento **m3/DIA**                      MO.120.00                      EQ.120.00                      Costo unitario directo por : m3                      **57.54**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>						
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	1.0000	0.0667	29.99	2.00
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.1333	21.79	2.90
<b>4.90</b>						
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	4.90	0.25
03012500010004	GRUPO ELECTROGENO DE 150 KW.	hm	1.0000	0.0667	249.75	16.66
03011600010004	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 160-195 HP 3.5 yd3	hm	1.0000	0.0667	267.25	17.83
0301400005	CHANCADORA PRIMARIA 30x42"	hm	1.0000	0.0667	268.32	17.90
<b>52.63</b>						

## Análisis de precios unitarios de subpartidas

Presupuesto **1003003**    **ALTERNATIVA 1**  
 Subpresupuesto **001**        **ALTERNATIVA 1**

Fecha presupuesto **13/05/2024**

Partida (011002010214-1003003-01) AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO  
 Rendimiento **m3/DIA**                      MO.1.00                      EQ.1.00                      Costo unitario directo por : m3                      **63.69**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Subpartidas</b>						
011002010208	TRANSPORTE INTERNO A ZARANDA D=0.5KM	m3		0.5000	12.55	6.28
011002010212	TRANSPORTE INTERNO A CHANCADORA D=0.5KM	m3		0.5000	13.06	6.53
011002010209	EXTRACCION CANTERA (SIN EXPLOSIVOS)	m3		1.0000	10.39	10.39
011002010210	ZARANDEO MECANICO PARA AGREGADO (CONCRETO)	m3		0.5000	23.43	11.72
011002010213	CHANCADO PARA AGREGADO GRUESO CONCRETO	m3		0.5000	57.54	28.77
						<b>63.68</b>

Partida (011002010215-1003003-01) CONCRETO SIMPLE F'C=100 KG/CM2  
 Rendimiento **m3/DIA**                      MO.20.00                      EQ.20.00                      Costo unitario directo por : m3                      **288.12**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.5000	0.2000	33.25	6.65
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.8000	21.79	17.43
0101010005	PEON	hh	8.0000	3.2000	19.71	63.07
						<b>87.15</b>
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	87.15	4.36
03012900030004	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (18 HP)	hm	1.0000	0.4000	12.47	4.99
						<b>9.35</b>
<b>Subcontratos</b>						
0424010002	SC TRANSPORTE DE AGUA HASTA 5 km	m3		0.1800	70.00	12.60
0424010003	SC TRANSPORTE DE AGREGADOS HASTA 5 km	m3		1.4000	70.00	98.00
						<b>110.60</b>
<b>Subpartidas</b>						
011002010211	AGREGADO FINO PARA CONCRETO	m3		0.4700	46.37	21.79
011002010214	AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO	m3		0.9300	63.69	59.23
						<b>81.03</b>

Partida (011002010217-1003003-01) TRANSPORTE DE AGUA  
 Rendimiento **m3/DIA**                      MO.88.00                      EQ.88.00                      Costo unitario directo por : m3                      **27.05**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0909	21.79	1.98
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	1.0000	0.0909	29.99	2.73
						<b>4.71</b>
<b>Equipos</b>						
03010400030004	MOTOBOMBA DE 4" (12 HP)	hm	1.0000	0.0909	30.82	2.80
03012200050003	CAMION CISTERNA 3000 gl (AGUA)	hm	1.0000	0.0909	214.96	19.54
						<b>22.34</b>

## Análisis de precios unitarios de subpartidas

Presupuesto **1003003 ALTERNATIVA 1**  
 Subpresupuesto **001 ALTERNATIVA 1**

Fecha presupuesto **13/05/2024**

Partida	(011002010218-1003003-01) EXTRACCION DE CANTERA PARA CONCRETO CON EXCAVADORA 165HP						3.29
Rendimiento	m3/DIA	MO.880.00	EQ.880.00	Costo unitario directo por : m3			3.29
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0091	19.71	0.18	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0091	21.79	0.20	
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	1.0000	0.0091	29.99	0.27	
							<b>0.65</b>
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.65	0.03	
03011700010001	EXCAVADORA SOBRE ORUGAS 115-165 HP	hm	1.0000	0.0091	286.83	2.61	
							<b>2.64</b>
Partida	(011002010219-1003003-01) TRANSPORTE INTERNO D=1/2 KM (SIN CARGUIO)						8.43
Rendimiento	m3/DIA	MO.360.00	EQ.360.00	Costo unitario directo por : m3			8.43
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>							
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	1.0000	0.0222	29.99	0.67	
							<b>0.67</b>
<b>Equipos</b>							
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	1.0000	0.0222	349.71	7.76	
							<b>7.76</b>
Partida	(011002010220-1003003-01) ZARANDEO MECANICO PARA AGREGADO FINO PARA CONCRETO						8.00
Rendimiento	m3/DIA	MO.360.00	EQ.360.00	Costo unitario directo por : m3			8.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0222	19.71	0.44	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0222	21.79	0.48	
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	1.0000	0.0222	29.99	0.67	
							<b>1.59</b>
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	1.59	0.08	
03014000040001	ZARANDA VIBRATORIA 140 HP - 100 ton/h (INC. G.E.)	hm	1.0000	0.0222	60.48	1.34	
03011600010005	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-155 HP 3 yd3	hm	1.0000	0.0222	224.64	4.99	
							<b>6.41</b>
Partida	(011002010221-1003003-01) ARENA GRUESA PARA CONCRETO						41.00
Rendimiento	m3/DIA	MO.1.00	EQ.1.00	Costo unitario directo por : m3			41.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Subpartidas</b>							
011002010218	EXTRACCION DE CANTERA PARA CONCRETO CON EXCAVADORA 165HP	m3		2.0790	3.29	6.84	
011002010220	ZARANDEO MECANICO PARA AGREGADO FINO PARA CONCRETO	m3		2.0790	8.00	16.63	
011002010219	TRANSPORTE INTERNO D=1/2 KM (SIN CARGUIO)	m3		2.0790	8.43	17.53	
							<b>41.00</b>

## Análisis de precios unitarios de subpartidas

Presupuesto **1003003 ALTERNATIVA 1**  
 Subpresupuesto **001 ALTERNATIVA 1**

Fecha presupuesto **13/05/2024**

Partida	(011002010222-1003003-01) TRANSPORTE DE MATERIAL CON CARGUI D=6KM						
Rendimiento	m3/DIA	MO.660.00	EQ.660.00	Costo unitario directo por : m3		21.76	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0121	21.79	0.26	
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	5.0000	0.0606	29.99	1.82	
<b>2.08</b>							
<b>Equipos</b>							
03011600010005	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-155 HP 3 yd3	hm	1.0000	0.0121	224.64	2.72	
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	4.0000	0.0485	349.71	16.96	
<b>19.68</b>							

Partida	(011002010223-1003003-01) CHANCADO DE MATERIAL AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO						
Rendimiento	m3/DIA	MO.180.00	EQ.180.00	Costo unitario directo por : m3		28.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>Mano de Obra</b>							
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	1.0000	0.0444	29.99	1.33	
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.0889	21.79	1.94	
<b>3.27</b>							
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	3.27	0.16	
03014000040001	ZARANDA VIBRATORIA 140 HP - 100 ton/h (INC. G.E.)	hm	1.0000	0.0444	60.48	2.69	
03011600010005	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-155 HP 3 yd3	hm	1.0000	0.0444	224.64	9.97	
0301400005	CHANCADORA PRIMARIA 30x42"	hm	1.0000	0.0444	268.32	11.91	
<b>24.74</b>							

Partida	(011002010224-1003003-01) PIEDRA CHANCADA PARA CONCRETO						
Rendimiento	m3/DIA	MO.1.00	EQ.1.00	Costo unitario directo por : m3		84.44	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>Subpartidas</b>							
011002010218	EXTRACCION DE CANTERA PARA CONCRETO CON EXCAVADORA 165HP	m3		1.5780	3.29	5.19	
011002010219	TRANSPORTE INTERNO D=1/2 KM (SIN CARGUIO)	m3		1.5780	8.43	13.30	
011002010222	TRANSPORTE DE MATERIAL CON CARGUI D=6KM	m3		1.0000	21.76	21.76	
011002010223	CHANCADO DE MATERIAL AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO	m3		1.5783	28.00	44.19	
<b>84.45</b>							

Partida	(011002010225-1003003-01) MATERIAL PARA CONCRETO						
Rendimiento	m3/DIA	MO.0.00	EQ.0.00	Costo unitario directo por : m3		67.06	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>Subpartidas</b>							
011002010221	ARENA GRUESA PARA CONCRETO	m3		0.4000	41.00	16.40	
011002010224	PIEDRA CHANCADA PARA CONCRETO	m3		0.6000	84.44	50.66	
<b>67.06</b>							

## Análisis de precios unitarios de subpartidas

Presupuesto **1003003**  
Subpresupuesto **001**

**ALTERNATIVA 1**  
**ALTERNATIVA 1**

Fecha presupuesto **13/05/2024**

Partida	(011002010227-1003003-01) ENCOFRADO Y DEENCOFRADO DE ESTRUCTURAS NORMAL						
Rendimiento	m2/DIA	MO.10.00	EQ.10.00	Costo unitario directo por : m2		80.76	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.8000	27.71	22.17	
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	1.6000	21.79	34.86	
						<b>57.03</b>	
<b>Materiales</b>							
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.2000	2.81	0.56	
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.1000	5.93	0.59	
02041200010007	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"	kg		0.1000	5.93	0.59	
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		3.3000	5.80	19.14	
						<b>20.89</b>	
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	57.03	2.85	
						<b>2.85</b>	
Partida	(011002010228-1003003-01) ENCOFRADO Y DEENCOFRADO DE ESTRUCTURA CARAVISTA						
Rendimiento	m2/DIA	MO.8.00	EQ.8.00	Costo unitario directo por : m2		102.97	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	1.0000	27.71	27.71	
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	2.0000	21.79	43.58	
						<b>71.29</b>	
<b>Materiales</b>							
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.2000	2.81	0.56	
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.1000	5.93	0.59	
02041200010007	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"	kg		0.1000	5.93	0.59	
02221400020001	ADITIVO DESMOLDEADOR DE ENCOFRADOS	gal		0.0200	142.46	2.85	
02310500010004	TRIPLAY LUPUNA 4 x 8 x 19 mm	pln		0.0868	84.00	7.29	
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		2.8000	5.80	16.24	
						<b>28.13</b>	
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	71.29	3.56	
						<b>3.56</b>	
Partida	(011002010231-1003003-01) TRANSPORTE DE AGUA						
Rendimiento	m3/DIA	MO.30.40	EQ.30.40	Costo unitario directo por : m3		78.32	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.2632	21.79	5.74	
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	1.0000	0.2632	29.99	7.89	
						<b>13.63</b>	
<b>Equipos</b>							
03010400030004	MOTOBOMBA DE 4" (12 HP)	hm	1.0000	0.2632	30.82	8.11	
03012200050003	CAMION CISTERNA 3000 gl (AGUA)	hm	1.0000	0.2632	214.96	56.58	
						<b>64.69</b>	

## Análisis de precios unitarios de subpartidas

Presupuesto **1003003 ALTERNATIVA 1**  
 Subpresupuesto **001 ALTERNATIVA 1**

Fecha presupuesto **13/05/2024**

Partida		(011002010233-1003003-01) EXTRACCION DE CANTERA PARA CONCRETO CON EXCAVADORA 165HP					
Rendimiento	m3/DIA	MO.304.00	EQ.304.00	Costo unitario directo por : m3		9.51	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0263	19.71	0.52	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0263	21.79	0.57	
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	1.0000	0.0263	29.99	0.79	
<b>1.88</b>							
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	1.88	0.09	
03011700010001	EXCAVADORA SOBRE ORUGAS 115-165 HP	hm	1.0000	0.0263	286.83	7.54	
<b>7.64</b>							

Partida		(011002010234-1003003-01) TRANSPORTE INTERNO D=1/2 KM (SIN CARGUIO)					
Rendimiento	m3/DIA	MO.125.00	EQ.125.00	Costo unitario directo por : m3		24.30	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>							
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	1.0000	0.0640	29.99	1.92	
<b>1.92</b>							
<b>Equipos</b>							
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	1.0000	0.0640	349.71	22.38	
<b>22.38</b>							

Partida		(011002010235-1003003-01) ZARANDEO MECANICO PARA AGREGADO FINO PARA CONCRETO					
Rendimiento	m3/DIA	MO.124.00	EQ.124.00	Costo unitario directo por : m3		23.23	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0645	19.71	1.27	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0645	21.79	1.41	
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	1.0000	0.0645	29.99	1.93	
<b>4.61</b>							
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	4.61	0.23	
03014000040001	ZARANDA VIBRATORIA 140 HP - 100 ton/h (INC. G.E.)	hm	1.0000	0.0645	60.48	3.90	
03011600010005	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-155 HP 3 yd3	hm	1.0000	0.0645	224.64	14.49	
<b>18.62</b>							

Partida		(011002010236-1003003-01) ARENA GRUESA PARA CONCRETO					
Rendimiento	m3/DIA	MO.1.00	EQ.1.00	Costo unitario directo por : m3		118.59	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Subpartidas</b>							
011002010233	EXTRACCION DE CANTERA PARA CONCRETO CON EXCAVADORA 165HP	m3		2.0790	9.51	19.77	
011002010235	ZARANDEO MECANICO PARA AGREGADO FINO PARA CONCRETO	m3		2.0790	23.23	48.30	
011002010234	TRANSPORTE INTERNO D=1/2 KM (SIN CARGUIO)	m3		2.0790	24.30	50.52	
<b>118.59</b>							

## Análisis de precios unitarios de subpartidas

Presupuesto **1003003 ALTERNATIVA 1**  
 Subpresupuesto **001 ALTERNATIVA 1**

Fecha presupuesto **13/05/2024**

(011002010237-1003003-01) EXTRACCION DE CANTERA PARA CONCRETO CON EXCAVADORA 165HP								
Partida	Rendimiento		m3/DIA		MO.304.00	EQ.304.00	Costo unitario directo por : m3	9.51
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>								
0101010005	PEON		hh	1.0000	0.0263	19.71	0.52	
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.0263	21.79	0.57	
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO		hh	1.0000	0.0263	29.99	0.79	
							<b>1.88</b>	
<b>Equipos</b>								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	1.88	0.09	
03011700010001	EXCAVADORA SOBRE ORUGAS 115-165 HP		hm	1.0000	0.0263	286.83	7.54	
							<b>7.64</b>	

(011002010238-1003003-01) TRANSPORTE INTERNO D=1/2 KM (SIN CARGUIO)								
Partida	Rendimiento		m3/DIA		MO.125.00	EQ.125.00	Costo unitario directo por : m3	24.30
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>								
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO		hh	1.0000	0.0640	29.99	1.92	
							<b>1.92</b>	
<b>Equipos</b>								
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3		hm	1.0000	0.0640	349.71	22.38	
							<b>22.38</b>	

(011002010239-1003003-01) TRANSPORTE DE MATERIAL CON CARGUIO D=6KM								
Partida	Rendimiento		m3/DIA		MO.228.00	EQ.228.00	Costo unitario directo por : m3	63.00
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>								
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.0351	21.79	0.76	
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO		hh	5.0000	0.1754	29.99	5.26	
							<b>6.03</b>	
<b>Equipos</b>								
03011600010005	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-155 HP 3 yd3		hm	1.0000	0.0351	224.64	7.88	
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3		hm	4.0000	0.1404	349.71	49.10	
							<b>56.98</b>	

(011002010240-1003003-01) CHANCADO DE MATERIAL AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO								
Partida	Rendimiento		m3/DIA		MO.62.00	EQ.62.00	Costo unitario directo por : m3	81.35
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>								
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO		hh	1.0000	0.1290	29.99	3.87	
0101010004	OFICIAL		hh	2.0000	0.2581	21.79	5.62	
							<b>9.49</b>	
<b>Equipos</b>								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	9.49	0.47	
03014000040001	ZARANDA VIBRATORIA 140 HP - 100 ton/h (INC. G.E.)		hm	1.0000	0.1290	60.48	7.80	
03011600010005	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-155 HP 3 yd3		hm	1.0000	0.1290	224.64	28.98	
0301400005	CHANCADORA PRIMARIA 30x42"		hm	1.0000	0.1290	268.32	34.61	
							<b>71.87</b>	

## Análisis de precios unitarios de subpartidas

Presupuesto **1003003** **ALTERNATIVA 1**  
 Subpresupuesto **001** **ALTERNATIVA 1**

Fecha presupuesto **13/05/2024**

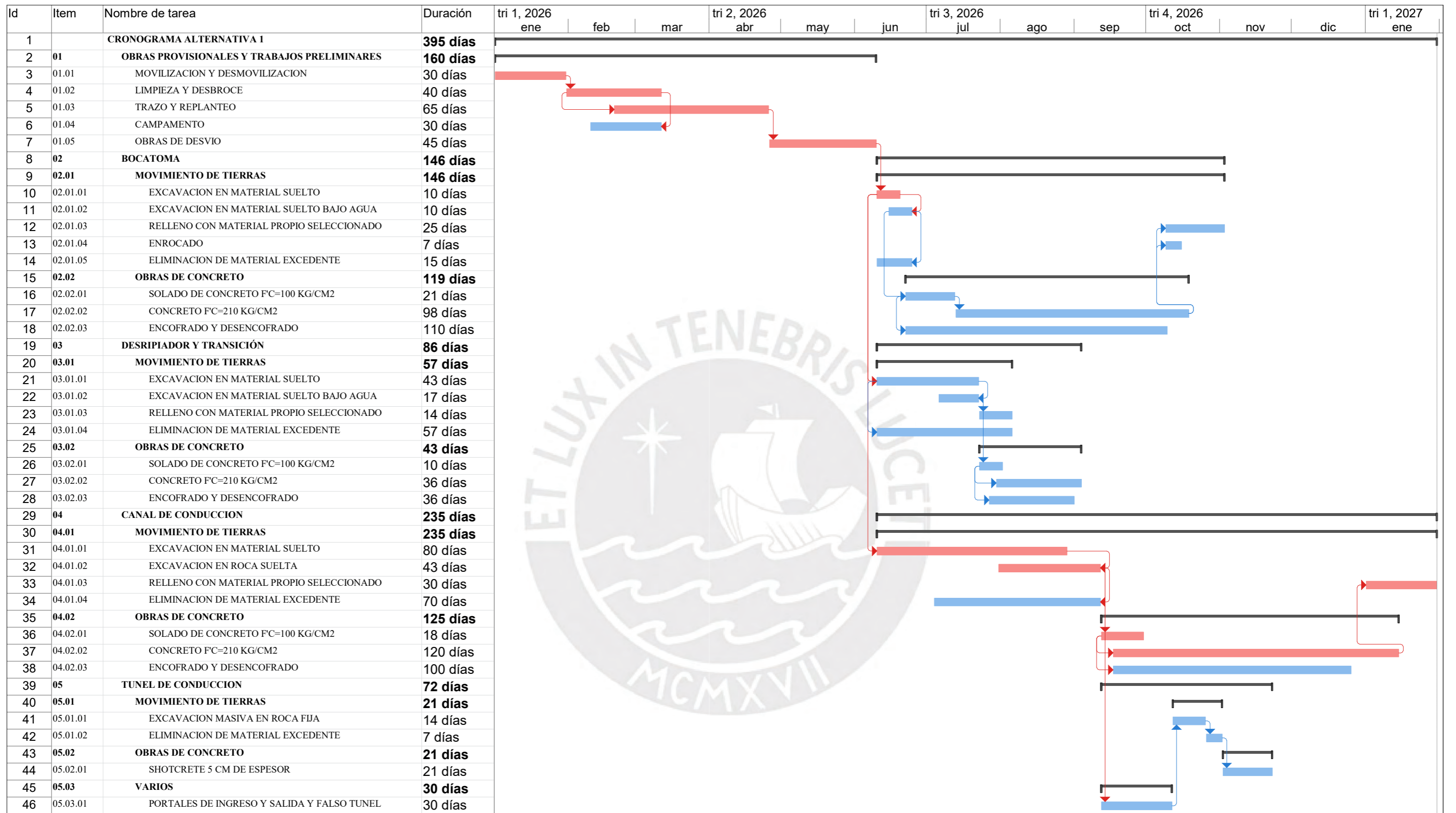
Partida (011002010241-1003003-01) PIEDRA CHANCADA PARA CONCRETO  
 Rendimiento **m3/DIA** MO.1.00 EQ.1.00 Costo unitario directo por : m3 **244.75**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Subpartidas</b>						
011002010237	EXTRACCION DE CANTERA PARA CONCRETO CON EXCAVADORA 165HP	m3		1.5780	9.51	15.01
011002010238	TRANSPORTE INTERNO D=1/2 KM (SIN CARGUIO)	m3		1.5780	24.30	38.35
011002010239	TRANSPORTE DE MATERIAL CON CARGUIO D=6KM	m3		1.0000	63.00	63.00
011002010240	CHANCADO DE MATERIAL AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO	m3		1.5783	81.35	128.39
						<b>244.75</b>

Partida (011002010242-1003003-01) MATERIAL PARA CONCRETO  
 Rendimiento **m3/DIA** MO.1.00 EQ.1.00 Costo unitario directo por : m3 **194.29**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Subpartidas</b>						
011002010236	ARENA GRUESA PARA CONCRETO	m3		0.4000	118.59	47.44
011002010241	PIEDRA CHANCADA PARA CONCRETO	m3		0.6000	244.75	146.85
						<b>194.29</b>





Proyecto: Cronograma Alternativa 1	Tarea		Hito externo		Informe de resumen manual		División crítica	
	División		Tarea inactiva		Resumen manual		Progreso	
	Hito		Hito inactivo		Sólo el comienzo		Progreso manual	
	Resumen		Resumen inactivo		Sólo fin			
	Resumen del proyecto		Tarea manual		Fecha límite			
	Tareas externas		Sólo duración		Tareas críticas			