

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



T E S I S

**Estudio hidrogeológico y su importancia en el diseño de pozo
tubular para captación de agua en el centro penitenciario de
Cochamarca**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Bach. Nerio Wilmer LLIGUA VICUÑA

Asesor:

Mg. José Germán RAMIREZ MEDRANO

Cerro de Pasco – Perú – 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



T E S I S

**Estudio hidrogeológico y su importancia en el diseño de pozo
tubular para captación de agua en el centro penitenciario de
Cochamarca**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Luis Villar REQUIS CARBAJAL
PRESIDENTE

Mg. Pedro YARASCA CORDOVA
MIEMBRO

Dr. Julio Alejandro MARCELO AMES
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides
Carrión Facultad de Ingeniería
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 082-2023-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

Estudio hidrogeológico y su importancia en el diseño de pozo tubular para captación de agua en el centro penitenciario de Cochamarca

Apellidos y nombres de los tesistas

Bach. LLIGUA VICUÑA, Nerio Wilmer

Escuela de Formación Profesional
Ingeniería Civil

Asesor: RAMIREZ MEDRANO, José Germán

Índice de Similitud

27 %

APROBADO

Se informa al decanato para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 2 de agosto del 2023


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
Luis Villa Requis Garbajal
DOCTOR EN CIENCIAS - DIRECTOR

DEDICATORIA

A Dios, por su infinito amor, bendición, cuidado y protección; porque todo lo hizo hermoso a su tiempo y ha sido compasivo conmigo; a mis padres, por siempre mantenerse a mi lado brindándome sabiduría en sus consejos, fuerzas e inspirarme a ser una mejor persona, a mis hermanos por sus palabras y compañía.

“Doy gracias a Dios cada vez que me acuerdo de ustedes” (Fil. 1:3)

AGRADECIMIENTO

Reconocimiento a:

A ti, Dios de mis padres, te doy gracias y te alabo, porque me has dado fuerza y sabiduría, y ahora me has revelado lo que te pedimos: ¡nos has dado a conocer el asunto del rey! (Dan 2:23).

¡Aclamen al Señor, porque él es bueno; porque su misericordia es eterna! (1 Cro 16:34)

“Estén siempre alegres, oren sin cesar, den gracias a Dios en toda situación, porque esta es Su voluntad para ustedes en Cristo Jesús”. (1 Tes 5:16-18)

Dios, te doy gracias por haberme escuchado; Gracias en todo, porque me diste amor, perseverancia y paciencia; porque esta es tu voluntad. Gracias padre celestial.

Mis padres y hermanos, porque me dieron fortaleza para seguir siempre adelante en las dificultades.

Ahora, son para mí una fuente constante de amor, apoyo y ánimo. No sé cómo expresar la gratitud tan intensa que siento por ellos. Gracias padres y hermanos.

Gracias a mi familia he consumado mi etapa universitaria y he sido consciente de lo maravilloso y extraordinario que es vivir la vida a lado de ellos. Su entusiasmo y su apoyo significan mucho para mí.

A toda mi familia. A todos ellos les estoy muy agradecido.

RESUMEN

El proyecto de investigación titulado "Estudio hidrogeológico y su importancia en el diseño de pozo tubular para captación de agua en el Centro Penitenciario de Cochamarca" tiene como objetivo principal determinar la viabilidad de la construcción de un pozo tubular para la captación de agua en el centro penitenciario de Cochamarca.

En el Capítulo I, se describe el problema de investigación, el cual se refiere a la escasez de agua en el centro penitenciario de Cochamarca, lo que ha generado la necesidad de buscar alternativas para la obtención de agua. Se presenta la justificación de la investigación, así como los objetivos específicos y las preguntas de investigación.

En el Capítulo II, se presenta el marco teórico, donde se describen los conceptos y términos clave relacionados con la hidrogeología y la captación de agua en pozos tubulares. Se aborda la importancia de la hidrogeología en la construcción de pozos tubulares, y se describen las diferentes técnicas de exploración y muestreo de agua subterránea.

En el Capítulo III, se describe la metodología y las técnicas de investigación utilizadas en el estudio. Se explica el diseño de la investigación, la selección de la muestra y los instrumentos de recolección de datos utilizados. Se detallan las técnicas de análisis de datos y se describe el proceso de recolección de información en campo.

En el Capítulo IV, se presentan los resultados y la discusión de los hallazgos obtenidos en la investigación, se presentan los datos obtenidos a través de la exploración y muestreo de agua subterránea. Se analizan los resultados obtenidos y se comparan con los estándares de calidad de agua establecidos por la normativa vigente.

En la discusión, se analizan los resultados obtenidos en relación con la hipótesis y las preguntas de investigación planteadas. En las conclusiones, se resumen los hallazgos más importantes del estudio, destacando la viabilidad de la construcción de un pozo tubular para la captación de agua en el centro penitenciario de Cochamarca. En las recomendaciones, se sugieren acciones futuras para la implementación del pozo tubular y se destacan las implicancias sociales y ambientales del proyecto. En resumen,

el estudio hidrogeológico y su importancia en el diseño de pozo tubular para la captación de agua en el centro penitenciario de Cochamarca es un proyecto de investigación relevante y necesario, que ha permitido determinar la viabilidad de la construcción de un pozo tubular para el abastecimiento de agua en una zona con escasez de este recurso. Los resultados obtenidos en la investigación pueden ser de gran utilidad para la implementación de medidas que permitan mejorar la calidad de vida de las personas que habitan o trabajan en el centro penitenciario de Cochamarca.

Palabras clave: hidrogeología, diseño de pozos, captación de agua.

ABSTRACT

The main objective of the research project entitled "Hydrogeological study and its importance in the design of a tube well for water collection in the Cochamarca Penitentiary Center" is to determine the feasibility of building a tube well for water collection in the center Cochamarca prison.

In Chapter I, the research problem is described, which refers to the scarcity of water in the Cochamarca prison, which has generated the need to seek alternatives to obtain water. The rationale for the research is presented, as well as the specific objectives and research questions.

In Chapter II, the theoretical framework is presented, where the key concepts and terms related to hydrogeology and water collection in tube wells are described. The importance of hydrogeology in the construction of tube wells is discussed, and the different techniques of exploration and groundwater sampling are described.

In Chapter III, the methodology and research techniques used in the study are described. The research design, sample selection and data collection instruments used are explained. Data analysis techniques are detailed and the information gathering process in the field is described.

In Chapter IV, the results and discussion of the findings obtained in the investigation are presented, the data obtained through the exploration and sampling of groundwater are presented. The results obtained are analyzed and compared with the water quality standards established by current regulations.

In the discussion, the results obtained are analyzed in relation to the hypothesis and the research questions posed. In the conclusions, the most important findings of the study are summarized, highlighting the viability of the construction of a tubular well for the collection of water in the Cochamarca prison. In the recommendations, future actions are suggested for the implementation of the tube well and the social and environmental implications of the project are highlighted. In summary, the hydrogeological study and its importance in the design of a tube well for the collection of water in the Cochamarca

prison is a relevant and necessary research project, which has allowed us to determine the viability of the construction of a tube well for the water supply in an area with scarcity of this resource. The results obtained in the investigation can be very useful for the implementation of measures to improve the quality of life of the people who live or work in the Cochamarca prison.

Keywords: hydrogeology, well design, water catchment.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo principal realizar un estudio hidrogeológico en el Centro Penitenciario de Cochamarca, con el fin de diseñar un pozo tubular para la captación de agua subterránea y así satisfacer la demanda de agua de la institución.

En el Capítulo I, se presenta el problema de investigación, que surge de la necesidad de contar con un suministro de agua confiable y seguro para el centro penitenciario, que permita garantizar las condiciones mínimas de higiene y salubridad de los internos y del personal que allí trabaja. Se plantea que la falta de agua es una problemática común en las zonas rurales del país, lo que hace necesario realizar un estudio hidrogeológico previo para conocer las características del acuífero y diseñar una captación de agua adecuada.

En el Capítulo II, se presenta el marco teórico, donde se describen los conceptos básicos de la hidrogeología, la importancia de la gestión de los recursos hídricos, la metodología para la realización de un estudio hidrogeológico y el diseño de un pozo tubular para la captación de agua subterránea.

En el Capítulo III, se describe la metodología y técnicas de investigación que se emplearon para llevar a cabo el estudio hidrogeológico en el Centro Penitenciario de Cochamarca. Se detallan los pasos seguidos para la selección de la zona de estudio, la recolección de información y la interpretación de los datos, así como los métodos utilizados para el diseño del pozo tubular.

En el Capítulo IV, se presentan los resultados y la discusión, donde se describe la caracterización hidrogeológica del área de estudio, la evaluación de la calidad del agua subterránea, la determinación de la demanda de agua del centro penitenciario y el diseño del pozo tubular. Se concluye que el área de estudio cuenta con un acuífero libre y de buena calidad, que se puede utilizar para satisfacer la demanda de agua del centro penitenciario.

Se destaca la importancia de realizar un estudio hidrogeológico previo al diseño de un pozo tubular para la captación de agua subterránea, con el fin de garantizar la disponibilidad y calidad del recurso hídrico y evitar posibles problemas de sobreexplotación o contaminación del acuífero. Se recomienda que los resultados del estudio sean utilizados como base para la implementación de un sistema de gestión integral del agua en el Centro Penitenciario de Cochamarca.

ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema	1
1.2. Delimitación de la investigación	3
1.3. Formulación del problema.....	4
1.3.1. Problema principal.....	4
1.3.2. Problemas específicos	4
1.4. Formulación de objetivos	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos.....	5
1.5. Justificación de la investigación	6
1.6. Limitaciones de la investigación.....	6

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio	8
2.1.1. Antecedente y pre proyecto de investigación 1.....	8

2.1.2.	Antecedente y pre proyecto de investigación 2.....	10
2.1.3.	Antecedente y pre proyecto de investigación 2.....	11
2.1.4.	Antecedente y pre proyecto de investigación 2.....	11
2.2.	Bases teóricas – científicas.....	12
2.2.1.	Recursos y reservas de agua subterránea	12
2.2.2.	Papel de las aguas subterráneas en la naturaleza y para usos humanos.....	13
2.2.3.	Reconocimiento de la geometría y piezometría de los sistemas acuíferos.....	14
2.2.4.	Métodos de construcción de captaciones	15
2.2.5.	Hidrogeología: conceptos y principios fundamentales	17
2.2.6.	Métodos de prospección geofísica para la localización de acuíferos	18
2.2.7.	Diseño y construcción de pozos tubulares para captación de agua subterránea	20
2.2.8.	Calidad del agua subterránea y su importancia en la salud humana	21
2.2.9.	Influencia de factores geológicos y climáticos en la recarga y descarga de acuíferos.....	23
2.2.10.	Técnicas de análisis y evaluación de datos hidrogeológicos para la toma de decisiones.....	25
2.2.11.	Regulaciones y normativas nacionales e internacionales para la gestión del agua subterránea	26
2.2.12.	Estudio Hidrogeológico.....	29
2.2.13.	Importancia del estudio hidrogeológico en el diseño de pozos tubulares	31
2.2.14.	Disponibilidad del agua subterránea.....	32

2.2.15. Calidad del agua subterránea.....	33
2.2.16. Diseño de pozos tubulares	35
2.2.17. Relación entre el estudio hidrogeológico y el diseño del pozo	37
2.2.18. Selección de la ubicación del pozo.....	38
2.3. Definición de términos básicos	39
2.4. Formulación de hipótesis	41
2.4.1. Hipótesis general.....	41
2.4.2. Hipótesis específica.....	41
2.5. Identificación de variables.....	41
2.5.1. Variable independiente.....	41
2.5.2. Variable dependiente.....	42
2.5.3. Variable interviniente	42
2.6. Definición operacional de variables e indicadores.....	42
2.6.1. Variable independiente.....	42
2.6.2. Variable dependiente:.....	43

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación	44
3.2. Nivel de investigación	45
3.3. Métodos de investigación	45
3.4. Diseño de investigación	46
3.5. Población y muestra	48
3.5.1. Población	48

3.5.2. Muestra	48
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	48
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	49
3.8. Tratamiento estadístico.....	50
3.9. Orientación ética filosófica y epistémica.....	51

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo	52
4.1.1. Ubicación	52
4.1.2. Acceso	53
4.1.3. Estudios básicos de geología	53
4.1.4. Prospección geofísica	56
4.1.5. Evaluación de la disponibilidad y calidad del agua subterránea.	59
4.1.6. Diseño de la profundidad y diámetro del pozo tubular.	61
4.1.7. Identificación de la ubicación óptima del pozo tubular.	63
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	65
4.2.1. Disponibilidad y calidad del agua subterránea.....	65
4.2.2. Construcción del pozo tubular.	73
4.2.3. Ubicación óptima del pozo tubular.....	77
4.3. Prueba de hipótesis	82
4.3.1. Prueba de hipótesis 1	82
4.3.2. Prueba de hipótesis 2.....	84
4.3.3. Prueba de hipótesis 3.....	87

4.4. Discusión de resultados.....	88
-----------------------------------	----

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Resistividad de aguas y rocas.....	58
Tabla 2:	Toma de Muestras.	67
Tabla 3:	Análisis físico – químico.	69
Tabla 4:	Límites máximos permisibles	69
Tabla 5:	Análisis bacteriológico del agua.	70
Tabla 6:	Determinación por SEV-1, Progresiva 0+045.....	77
Tabla 7:	Determinación por SEV-2, Progresiva 0+090.....	78
Tabla 8:	Determinación por SEV-3, Progresiva 0+135.....	78
Tabla 9:	Determinación por SEV-4, Progresiva 0+180.....	78
Tabla 10:	Determinación por SEV-5, Progresiva 0+225.....	79
Tabla 11:	Determinación por SEV-6, Progresiva 0+270.....	79
Tabla 12:	Determinación por SEV-7, Progresiva 0+315.....	80
Tabla 13:	Determinación por SEV-8, Progresiva 0+360.....	80
Tabla 14:	Determinación por SEV-9, Progresiva 0+405.....	81
Tabla 15:	Características del Pozo proyectado.....	86

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustracion 1:	Ubicación de la zona de estudio.....	53
Ilustracion 2:	Geología de la zona de estudio.....	56
Ilustracion 3:	Esquema del método de resistividad eléctrica.....	57
Ilustracion 4:	Diseño Técnico preliminar pozo.	73
Ilustracion 5:	Detalle N°1.....	74
Ilustracion 6:	Zona recomendada de la ubicación del pozo tubular.....	82

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

El centro penitenciario de Cochamarca enfrenta la necesidad de garantizar un suministro sostenible de agua para cubrir sus requerimientos, pero carece de información hidrogeológica suficiente para diseñar un pozo tubular adecuado de captación de agua. Esto implica un riesgo potencial de agotamiento de la fuente de agua, lo cual podría tener consecuencias graves para el centro penitenciario y su población. Por lo tanto, es fundamental realizar un estudio hidrogeológico exhaustivo que permita un diseño apropiado del pozo tubular y asegure el suministro sostenible de agua para el centro penitenciario de Cochamarca.

En la ciudad de Pasco, la mayoría de los proyectos de construcción de infraestructuras no incluyen estudios hidrogeológicos, a pesar de ser esenciales para la captación de agua, dado que la ciudad no cuenta con suficiente agua para abastecer a su población. Esta carencia de agua suficiente afecta a numerosas edificaciones tanto del sector público como del privado. La empresa concesionaria de agua no puede garantizar el suministro necesario para todas las edificaciones, lo que resalta la importancia de realizar estudios

hidrogeológicos y diseñar pozos tubulares para captar agua en las edificaciones de la Ciudad de Pasco.

La falta de estudios hidrogeológicos en Pasco puede resultar perjudicial para los recursos hídricos subterráneos, ya que están expuestos a actividades industriales, agrícolas, agroalimentarias y de reciclaje que podrían contaminarlos. La realización de estos estudios permitiría mejorar la gestión del agua, prevenir la contaminación de los acuíferos y pozos, evitar la sobreexplotación de los acuíferos y aumentar los recursos hídricos disponibles. A pesar de esto, los estudios hidrogeológicos no son exigidos en Pasco por los clientes, principalmente entidades del sector público, lo cual representa un problema para el sector que utiliza estas edificaciones, ya que no contarán con el suministro de agua recomendado en el reglamento nacional de edificaciones.

La insuficiente disponibilidad de agua potable en la ciudad de Pasco y en las edificaciones públicas y privadas de la zona se debe a la falta de estudios hidrogeológicos para la captación de agua subterránea. Esta situación puede derivar de la falta de comprensión sobre la importancia de dichos estudios para garantizar la sostenibilidad del acuífero y la calidad del agua, así como de la falta de regulaciones y requisitos por parte de los clientes y entidades del sector público. Estos problemas pueden tener graves consecuencias para la población y el medio ambiente, como la sobreexplotación de acuíferos, la contaminación del agua y la disminución de los recursos hídricos disponibles. Por tanto, es crucial llevar a cabo estudios hidrogeológicos adecuados para diseñar pozos tubulares de captación de agua subterránea en las edificaciones de la ciudad de Pasco y garantizar un suministro sostenible de agua para la población.

En el caso específico del penal de Cochamarca, la falta de disponibilidad de agua ha llevado a realizar pagos anuales de más de medio millón de soles a la comunidad de Cochamarca para el abastecimiento de agua. Estos pagos se realizan con la condición de recibir un suministro diario de agua. En este

contexto, la construcción de un pozo tubular se presenta como una solución viable para abastecer de manera constante y diaria al centro penitenciario de Cochamarca con agua. El pozo tubular permitiría satisfacer las necesidades de agua del penal de forma autónoma y reducir la dependencia de los pagos realizados a la comunidad.

1.2. Delimitación de la investigación

(Certicalia, 2020) “delimitar un tema de estudio significa, enfocar en términos concretos nuestra área de interés, especificar sus alcances”, determinar sus límites, siendo:

- Área geográfica: el estudio se centrará en el centro penitenciario de Cochamarca y su entorno inmediato, en el cual se llevará a cabo el diseño y construcción del pozo tubular de captación de agua subterránea.
- Tema: El estudio se enfocará específicamente en la importancia de los estudios hidrogeológicos en el diseño de pozos tubulares para la captación de agua subterránea en el Centro Penitenciario de Cochamarca.
- Objetivo: El objetivo principal de la investigación será analizar la importancia de los estudios hidrogeológicos en el diseño de pozos tubulares para la captación de agua subterránea en el Centro Penitenciario de Cochamarca.
- Métodos: La investigación se llevará a cabo mediante la recopilación y análisis de datos hidrogeológicos relevantes para la zona, como mapas topográficos, geológicos e hidrológicos, análisis de suelos y agua subterránea, y estudios de dirección y velocidad de flujo subterráneo.
- Limitaciones: La investigación podría verse limitada por la disponibilidad de datos y la precisión de la información hidrogeológica existente para la zona de estudio. Además, debido a que el estudio se centrará en un área específica, sus resultados podrían no ser generalizables a otras zonas con diferentes características hidrogeológicas.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema principal

- ¿Cuál es la importancia del estudio hidrogeológico en el diseño de pozo tubular para captación de agua en el centro penitenciario de Cochamarca?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la disponibilidad y calidad del agua subterránea en el centro penitenciario de Cochamarca?
- ¿Cuál es la importancia del estudio hidrogeológico en el diseño de la profundidad y diámetro del pozo tubular para captación de agua en el centro penitenciario de Cochamarca?
- ¿Cuál es la ubicación óptima para la perforación del pozo tubular en el centro penitenciario de Cochamarca?

Estos problemas específicos abordan aspectos clave relacionados con la importancia del estudio hidrogeológico en el diseño de un pozo tubular para captar agua en el centro penitenciario de Cochamarca. El primero se centra en la disponibilidad y calidad del agua subterránea, mientras que el segundo se enfoca en la influencia del estudio hidrogeológico en la determinación de la profundidad y diámetro del pozo. Por último, el tercer problema específico se refiere a la identificación de la ubicación óptima para realizar la perforación del pozo tubular. Estos problemas son fundamentales para comprender la importancia y los beneficios de realizar un estudio hidrogeológico en el diseño de un pozo tubular eficiente en el centro penitenciario de Cochamarca.

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar y evaluar la importancia del estudio hidrogeológico en el diseño de pozo tubular para captación de agua en el centro penitenciario de Cochamarca

1.4.2. Objetivos Específicos

- Evaluar la disponibilidad y calidad del agua subterránea en el centro penitenciario de Cochamarca mediante la realización de análisis físico-químicos y bacteriológicos en muestras de agua obtenidas de los acuíferos relevantes.
- Determinar la importancia del estudio hidrogeológico en el diseño de la profundidad y diámetro del pozo tubular, considerando las características hidrogeológicas del área y las necesidades de abastecimiento de agua del centro penitenciario.
- Identificar la ubicación óptima para la perforación del pozo tubular en el centro penitenciario de Cochamarca, considerando los resultados del estudio hidrogeológico, la accesibilidad y la eficiencia en la captación de agua subterránea.

Estos objetivos permitirán comprender la importancia del estudio hidrogeológico en el diseño de un pozo tubular para la captación de agua en el centro penitenciario de Cochamarca. Además, se buscará evaluar la disponibilidad y calidad del agua subterránea, determinar los parámetros necesarios para el diseño del pozo y la ubicación óptima para su perforación. Estos objetivos contribuirán a la toma de decisiones informadas y al diseño eficiente del sistema de captación de agua en el centro penitenciario.

1.5. Justificación de la investigación

- La importancia del estudio hidrogeológico para el diseño de pozos tubulares de captación de agua no siempre es reconocida por las entidades encargadas de la construcción de infraestructuras, lo que puede resultar en la falta de agua en edificaciones importantes como el centro penitenciario de Cochamarca. Por lo tanto, esta investigación busca concientizar sobre la relevancia de llevar a cabo estudios hidrogeológicos para el diseño de pozos tubulares, especialmente en zonas con escasez de agua.
- A través del estudio hidrogeológico, se pueden determinar la profundidad, diámetro y material adecuados para el pozo tubular, así como el método de bombeo más eficiente. Esto garantiza la seguridad y la sostenibilidad del acuífero subterráneo, evita la contaminación del agua y asegura la cantidad y calidad del recurso hídrico disponible en el centro penitenciario de Cochamarca.
- La realización de esta investigación puede servir como una guía para otras instituciones que necesiten diseñar pozos tubulares para la captación de agua en zonas con características hidrogeológicas similares a las del centro penitenciario de Cochamarca, contribuyendo así al desarrollo sostenible y a la gestión responsable del agua.

1.6. Limitaciones de la investigación

- Limitaciones en la disponibilidad de datos: para llevar a cabo un estudio hidrogeológico y de diseño de pozo tubular adecuado, es fundamental contar con datos precisos y suficientes sobre la geología e hidrología del área en cuestión. Si la información disponible es limitada o incompleta, esto podría afectar la precisión de las conclusiones obtenidas.
- Limitaciones técnicas y presupuestarias: La realización de un estudio hidrogeológico y diseño de pozo tubular de alta calidad puede ser un proceso costoso y que requiere de la experiencia y habilidades técnicas de

profesionales especializados. Si los recursos técnicos y financieros son limitados, esto podría restringir la capacidad de la investigación para realizar un estudio completo y detallado.

- Limitaciones de tiempo: Los plazos de entrega y disponibilidad de los recursos pueden limitar el tiempo que se tiene para realizar la investigación, lo que puede restringir el alcance y la profundidad de la investigación.
- Limitaciones en la generalización de los resultados: Las conclusiones obtenidas en el estudio hidrogeológico y diseño de pozo tubular estarán específicamente relacionadas con el área y las condiciones en que se realizó el estudio, por lo que pueden no ser generalizables a otras áreas con características hidrogeológicas diferentes.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedente y pre proyecto de investigación 1

Evaluación hidrogeológica en las labores subterráneas, zona catuva - mina raura, con autor: bach. Harly Ederson Tucto Huerta (TESIS UNDAC)

(Tucto, 2018) “El estudio comprende la presentación de los resultados de la investigación de campo y la evaluación hidrogeológica de las condiciones actuales de infiltración del agua subterránea en las labores subterráneas. Asimismo, se realiza los estudios básicos relevantes para la caracterización hidrogeológica en el entorno del Complejo Catuva, para lo cual en una primera etapa se ha realizado el inventario de fuentes de agua y el mapeo hidrogeológico en superficie e interior mina para la obtención de información que permita la evaluación hidrogeológica del Complejo Catuva, el cual a su vez se ubica en las altas cumbres de las cabeceras de la cuenca del río Huallaga. En el Complejo Catuva, la humedad en el subsuelo tiene orígenes en las filtraciones de las aguas superficiales, es decir, es el producto de las lluvias que caen en las cuencas hidrográficas las que al discurrir por el medio geológico se introducen al subsuelo”, donde concluye:

(Tucto, 2018) “La presencia del agua subterránea en la mina, está asociada al grado de permeabilidad primaria de la roca (medio fisurado, acuífero cárstico/acuitardo) debido a que su pH es neutro, en relación directa al grado de fracturamiento y fallamiento principalmente en las calizas Jumasha, la alimentación o recarga se produce exclusivamente por la infiltración de la precipitación pluvial y nival estacional a través de los sistemas de fracturas existentes en las zonas altas de los cerros. ➤ Debido al gran caudal encontrado en el Nivel 250, las labores mineras están actualmente bajo el nivel freático, la cual irá deprimiéndose conforme se incrementa el laboreo a mayor profundidad con la probabilidad de incrementarse el caudal. ➤ El agua subterránea en el Complejo Catuva tiene un pH de carácter neutro, excepto en la zona de los cuerpos de pirita friable donde tienen un pH ligeramente ácido. Sin embargo, estas aguas ácidas en el discurrir por las cunetas en interior mina se diluyen para tener finalmente un pH neutro a alcalino las que son descargadas a superficie donde son tratadas químicamente antes de ser vertidas a la cuenca hidrográfica respectiva. ➤ Los cuerpos de pirita friable o sacaroideo ubicados en la zona del Exoskarn, representan serios peligros de colapso violento en caso estén saturados con agua, ya drenados esta probabilidad disminuye y mejoran las condiciones para atravesar con la excavación, aunque con condiciones críticas de autosoporte. ➤ Las aguas empozadas y en escorrentía en los diferentes niveles y labores de la mina Catuva tienen un pH neutro a ligeramente alcalino producto de la dilución con las rocas calcáreas de las labores”

(Tucto, 2018) “La ocurrencia de agua en el Nivel 250 y niveles inferiores a profundizar se darán en contacto y cercanas a la falla Flor de Loto y zonas de Exoskarn con alto grado de fracturamiento (RQD < 25%). ➤ La medición de caudales de agua en los niveles de la mina pueden variar, significativamente de un día a otro, por factores operativos ajenos al sistema acuífero como los

rellenos hidráulicos que se ejecutan casi a diario en diferentes niveles de la mina y que el rebose del agua discurre hacia niveles inferiores, tuberías de agua rotas etc. ➤ Las descargas de agua subterránea de la mina Raura-Complejo Catuva a superficie, de acuerdo a las mediciones realizadas, son de buena calidad por el tratamiento físico y químico (posas de sedimentación con floculantes y sulfuro de sodio, SNa₂) que reciben antes de ser vertidas hacia las lagunas y cursos de río. ➤ Según el análisis realizado, se observa que las aguas en los diferentes niveles son en su mayoría de tipo cálcica sulfatada, porque se hallan influenciados del tipo de roca de la zona (rocas cálcicas), en las lagunas reportan bajas concentraciones de cationes (calcio y magnesio) en comparación de los niveles 300 y 250. Las concentraciones del nivel 800 son bajas en comparación con los demás niveles”

2.1.2. Antecedente y pre proyecto de investigación 2

“EXPLORACIÓN HIDROGEOLÓGICA PARA APROVECHAMIENTO DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL PREDIO DE LA ASOCIACIÓN LOS LIBERTADORES, DISTRITO DE CASTILLA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PIURA - PERÚ”, con autor: Bach. LIZANO MERA BRIAN NICK NEWIN – (TESIS UNP).

(Tucto, 2018) “El presente informe de investigación se desarrolla con el objetivo de determinar la existencia de recursos Hídricos Subterráneos en el predio de la asociación Los Libertadores ubicado en el Distrito de Castilla, Provincia y Departamento de Piura. Para lograr el principal objetivo antes citado se procede a recolectar primero toda la información referente en cuanto a las características geológicas, geomorfológicas, hidrológicas e hidrogeológicas de manera regional para poder analizar la evolución de la cuenca sedimentaria e Hidrográfica sobre la cual se ubica nuestra zona de interés para la investigación. Clasificada y analizada la información se procede a ejecutar las investigaciones

de campo en dicha zona de interés mediante la ejecución de sondajes eléctricos verticales (método geofísico indirecto) que se describen en el capítulo correspondiente, determinar las características litológicas de las capas que componen el subsuelo en esta zona hasta la profundidad que se desea investigar. El rendimiento del acuífero existente también es evaluado mediante la prueba de campo denominada prueba de bombeo y es ejecutada en el pozo inventariado más cercano a nuestro proyecto. En conjunto toda la información antes mencionada hace posible en desarrollo de la presente investigación que nos permite obtener un conocimiento más amplio para el manejo responsable de estos recursos naturales”

2.1.3. Antecedente y pre proyecto de investigación 3

"Diseño de un pozo tubular profundo en un acuífero detrítico: Caso de estudio, Laguna de Bay, Filipinas" (Autores: Tsukamoto, H., Taniguchi, M., & Delos Reyes, P. J. C.) - Esta investigación se centró en el diseño de un pozo tubular profundo en un acuífero detrítico en Laguna de Bay, Filipinas. El estudio utilizó datos hidrogeológicos y de perforación para estimar la capacidad de producción y la calidad del agua, y se realizaron pruebas de bombeo para verificar los resultados del diseño. Los autores concluyeron que el estudio hidrogeológico es fundamental para el diseño de pozos tubulares eficientes y sostenibles.

2.1.4. Antecedente y pre proyecto de investigación 4

"Diseño y construcción de un pozo profundo en un acuífero confinado de alta permeabilidad: caso de estudio en la Región del Maule, Chile" (Autores: Núñez, R., Vásquez, P., & Oyarzún, R.) - En este estudio, los autores diseñaron y construyeron un pozo tubular en un acuífero confinado de alta permeabilidad en la Región del Maule, Chile. Se realizaron pruebas de bombeo y análisis de calidad de agua para evaluar la capacidad de producción y la calidad del agua.

Los autores concluyeron que el estudio hidrogeológico previo fue fundamental para el éxito del diseño y construcción del pozo, y que los resultados del estudio proporcionaron información importante para la gestión sostenible del recurso hídrico.

2.2. Bases teóricas – científicas

2.2.1. Recursos y reservas de agua subterránea

(Gimena, 2005) “En un sistema acuífero la recarga anual (recurso renovable), R , es sólo una pequeña fracción de la cantidad de agua existente (reserva), V . El cociente V/R representa el tiempo medio de renovación, τ , que es un importante parámetro; puede variar entre unos pocos años en sistemas pequeños bien recargados, hasta miles de años en sistemas grandes y acuíferos de regiones áridas. El tiempo de renovación medio de un sistema acuífero difiere del de los acuíferos del mismo. Así, el agua puede fluir más rápidamente por los acuíferos, con menor tiempo de renovación, mientras que dicho tiempo de renovación es mucho mayor en los acuitardos. Pero entre los acuíferos y acuitardos hay intercambio de agua y solutos, a veces de forma tridimensional y compleja. Los métodos de estudio deben poder generar la información necesaria para entender estas interrelaciones e intercambios, lo que supone caracterizar por separado las distintas partes aproximadamente homogéneas en que se puede dividir un sistema acuífero, o sea el conjunto de acuíferos y acuitardos que forman una unidad. Las reservas de agua subterránea están constituidas por el agua contenida en el sistema acuífero o sus partes. Gracias a ellas, una recarga variable en el tiempo (y en el espacio) se convierte en una descarga notablemente más regular. El volumen de agua que interviene en esa regulación se suele llamar reserva dinámica, la sometida a renovación, que es menor que la reserva total, que puede incluir una parte no renovable o de mucho más lenta renovación”

(Gimena, 2005) “La explotación de un acuífero de un sistema acuífero supone una modificación hidráulica del funcionamiento natural, de modo que a largo plazo lo que se extrae se acaba por detraer de las descargas naturales (Custodio, 2001; Custodio y Cardoso Da Silva, 2008). La duración del periodo de ajuste puede durar desde meses a miles de años, dependiendo de las características medias del acuífero. Ese tiempo se puede medir aproximadamente como $\tau=L^2T/S$, en la que L es el tamaño del acuífero, T es la transmisividad y S es el coeficiente de almacenamiento. Es un acuífero libre S tiende a la porosidad drenable. Cuando se inicia la explotación de un acuífero, o cualquier otro tipo de modificación de las condiciones externas, se entra en un periodo transitorio, durante el cual se produce un progresivo descenso de niveles piezométricos, cuando la disminución de las descargas es menor que las extracciones, el balance de agua se cierra con una disminución de las reservas dinámicas, rápida al principio y luego cada vez menor. En el caso en que las extracciones superen a la recarga el consumo de reservas es permanente – minería del agua subterránea– y las reservas se van consumiendo progresivamente. Esta dualidad recurso/reserva del agua subterránea es una característica muy específica de los sistemas acuíferos, que los diferencia en cuanto al comportamiento de las otras partes del ciclo hidrológico. Los métodos de estudio deben permitir medir y cuantificar esta dinámica, lo que en ocasiones puede ser difícil, y requiere combinar varios de ellos”

2.2.2. Papel de las aguas subterráneas en la naturaleza y para usos humanos

(Gimena, 2005) “En este estado no influenciado, la recarga se convierte en descargas naturales, que adoptan diferentes formas según los casos. Se trata de manantiales (nacientes) unas veces concentrados y otras difusos, caudal de base de ríos, alimentación a lagos, lagunas y humedales –una parte, que puede ser toda en cuencas cerradas, se evapora, –, sostenimiento de áreas

de vegetación freatófítica –se transpira– y transferencia a otros acuíferos. Estas descargas son manifestaciones del agua subterránea, tanto más importantes ecológica y paisajísticamente, cuanto más árido es el clima. Estas descargas proporcionan importantes servicios ecológicos, que pueden tener un elevado valor económico para la sociedad. En áreas áridas son el origen de los escasos nacientes, cursos de agua permanentes, humedales, áreas de vegetación freatófítica y ribereña, oasis y bofedales. También la apropiación –extracción– del agua subterránea produce un recurso de gran importancia para la población y sus actividades económicas, aumentada por su ubicuidad, disponibilidad, resiliencia ante sequías y relativa protección de la calidad (Custodio, 2005; Llamas et al., 2001; Ragone, et al., 2006). La presión para su apropiación es mayor cuanto más árido es el clima. En áreas semiáridas y áridas, en general domina la demanda de agua para regadío”

(Gimena, 2005) “La extracción del agua subterránea supone una interferencia con las descargas naturales y sus servicios ecológicos, que puede llegar a ser muy importante. Para poder valorar las interferencias y su frecuente larga evolución temporal, es necesario aplicar métodos que permitan cuantificarlas, a fin de planificar y gestionar los acuíferos y poder prever la evolución”

2.2.3. Reconocimiento de la geometría y piezometría de los sistemas acuíferos

(Gimena, 2005) “Los sistemas acuíferos no son observables directamente, por lo que hay que deducir su geometría y características indirectamente o mediante reconocimientos localizados, siempre costosos. En cualquier caso, la tridimensionalidad y la heterogeneidad son aspectos esenciales que deben ser correctamente caracterizados. Una primera aproximación al conocimiento es la geológica, es decir, construir un modelo geológico tridimensional a partir de la información geológica y de las

perforaciones disponibles, y de las relaciones internas y con otros sistemas. Posteriormente ese modelo debe ser convertido en hidrogeológico, teniendo en cuenta que no hay relaciones biunívocas directas, y que la experiencia local es importante. Con frecuencia quedan imprecisiones y vacíos”

2.2.4. Métodos de construcción de captaciones

(Custodio y Llamas, 1976, sec. 17; CIHS, 2009). “Una captación de agua subterránea busca obtener el mayor caudal con el menor descenso de niveles, con la debida protección de la calidad del agua. Salvo el caso –no común– de galerías o minas de agua (aunque es lo más frecuente en Tenerife) o drenes en terrenos de nivel freático muy somero, en general se trata de pozos de los que hay que extraer el agua por bombeo, lo que se debe hacer con el menor consumo de energía, o sea con la mayor eficiencia hidráulica. Un pozo es en general una perforación vertical realizada mecánicamente, salvo los excavados de épocas muy anteriores, o los clásicos “pozos canarios” de gran diámetro, muy abundantes en Gran Canaria, en que los se ha combinado elementos mecánicos, de explosivos y manuales. Los métodos de perforación mecánica en general no extraen testigos de terreno –con la excepción de lo que es tradicional en Mallorca– sino detritus”. Los métodos más comunes son:

2.2.4.1. Perforación a percusión con cable.

(Gimena, 2005) “Usa un trepano que rompe el terreno por golpeteo. El detritus, en forma de lodo, se saca periódicamente con una “cuchara” o válvula. Es sencillo pero lento. Es menos adecuado para rocas duras abrasivas, como las volcánicas”

2.2.4.2. Perforación a rotación.

- (Gimena, 2005) “Con circulación directa, en que se inyecta agua o lodo por el interior de un varillaje y que luego asciende por el exterior, por el espacio entre el varillaje y la pared de la perforación,

arrastrando los detritus. Se perfora con triconos giratorios sobre cojinetes, de dientes duros, o trialetas para terrenos blandos. Es el método más general”

- (Gimena, 2005) “Con circulación inversa, en que se introduce agua entre el varillaje y la perforación y se extrae por bombeo por el interior del varillaje. Adecuado para materiales sueltos granulares y profundidad moderada”

2.2.4.3. Rotopercusión

- (Gimena, 2005) “Rotopercusión con martillo de fondo accionado por aire a gran presión, que en su salida arrastra el detritus. Es rápido y adecuado para roca dura, como las volcánicas compactas, y menos para materiales no consolidados o muy fracturados. Para diseñar el pozo debe considerarse la profundidad y el diámetro que permita albergar la bomba que hay instalar y otros equipamientos tales como sensores. El pozo debe ser vertical y bien alineado. Si se destina a abastecimiento humano además debería ser previamente desinfectado. Con rocas carbonatadas se puede disminuir el descenso hidráulico con un tratamiento inicial de acidificación. No es efectivo en rocas volcánicas. El mayor diámetro de la perforación aumenta poco la producción de agua en terrenos granulares o muy fisurados, pero cuando se trata de roca poco permeable fisurada, o el tramo acuífero es de poco espesor, el aumento del diámetro favorece un mayor caudal, pero con un incremento del coste de construcción. Para ayudar a colocar adecuadamente las cementaciones, sellos y rejillas en el interior del pozo, y para localizar los tramos que conviene aislar, cuando no se dispone de un muestreo fiable del terreno –que es lo más común– se puede recurrir a la testificación geofísica, aunque hay que usar los métodos

adecuados en función de la profundidad del nivel del agua, de que la perforación esté o no entubada, contenga lodo o agua o esté en seco, etc. Se trata de los métodos ya comentados antes, que ahora se pueden complementar con otros específicos, como el calibre (ayuda a evaluar el volumen de cemento a emplear), inclinación, inducción eléctrica, etc”.

2.2.5. Hidrogeología: conceptos y principios fundamentales

La hidrogeología es la rama de la geología que se encarga del estudio del agua subterránea, es decir, el agua que se encuentra debajo de la superficie terrestre en los espacios porosos y fracturados del suelo y las rocas. Es una disciplina científica multidisciplinaria que combina conocimientos de geología, hidrología, física, química, matemáticas y otras ciencias para comprender la forma en que el agua se mueve y se almacena en el subsuelo.

El agua subterránea es una importante fuente de agua dulce para el consumo humano, la agricultura y la industria. Aunque el agua subterránea representa solo el 1% del agua dulce disponible en el planeta, se utiliza para el suministro de agua en muchas partes del mundo. Por lo tanto, la hidrogeología es una disciplina crítica para comprender la disponibilidad, distribución y calidad del agua subterránea.

La hidrogeología se ocupa de una variedad de conceptos y principios fundamentales. En primer lugar, se enfoca en el ciclo del agua, que es el proceso de intercambio continuo de agua entre la superficie terrestre, la atmósfera y el subsuelo. La hidrogeología estudia cómo el agua se mueve a través del ciclo del agua y cómo se almacena y se recarga en los acuíferos subterráneos.

En segundo lugar, la hidrogeología se centra en el estudio de las propiedades hidráulicas del subsuelo. Las propiedades hidráulicas son las características físicas y químicas del suelo y las rocas que afectan la forma en

que el agua se mueve a través de ellos. Estas propiedades incluyen la porosidad, la permeabilidad, la conductividad hidráulica y la retención de agua.

En tercer lugar, la hidrogeología estudia la estructura y composición del subsuelo. Esta disciplina se enfoca en cómo la geología y la estructura de la tierra afectan el flujo de agua subterránea y cómo la composición química del agua subterránea se ve afectada por los minerales presentes en el subsuelo.

En cuarto lugar, la hidrogeología se ocupa de la interacción entre el agua subterránea y la superficie terrestre. La hidrogeología estudia cómo el agua subterránea afecta la superficie terrestre y cómo la superficie terrestre afecta la calidad y cantidad de agua subterránea disponible.

Además de estos conceptos fundamentales, la hidrogeología también se enfoca en la gestión del agua subterránea. La gestión del agua subterránea implica la identificación, evaluación y monitoreo de los recursos hídricos subterráneos y la implementación de estrategias para asegurar la disponibilidad a largo plazo del agua subterránea.

La hidrogeología también es importante en la evaluación y mitigación de riesgos relacionados con el agua subterránea. Estos riesgos pueden incluir la contaminación del agua subterránea por sustancias químicas o desechos, la subsidencia del suelo debido a la extracción excesiva de agua subterránea y el aumento del nivel del agua subterránea debido al cambio climático.

2.2.6. Métodos de prospección geofísica para la localización de acuíferos

Los métodos de prospección geofísica son técnicas que se utilizan para determinar las características del subsuelo a partir de mediciones de fenómenos físicos. Estos métodos se utilizan para localizar acuíferos, que son formaciones geológicas capaces de almacenar y transmitir agua subterránea.

Los acuíferos son una fuente importante de agua dulce para el consumo humano, la agricultura y la industria. La prospección geofísica se utiliza para

identificar la ubicación, profundidad, extensión y características de los acuíferos, lo que puede ayudar a los geólogos y los ingenieros a planificar y diseñar pozos de agua y sistemas de captación de agua subterránea.

Existen varios métodos de prospección geofísica utilizados para la localización de acuíferos. Entre los métodos más comunes se encuentran:

- Método de resistividad eléctrica: Este método se basa en la medida de la resistencia eléctrica del subsuelo. Los materiales que contienen agua subterránea suelen tener una conductividad eléctrica mayor que los materiales secos. Al aplicar una corriente eléctrica en el subsuelo, se puede medir la resistencia eléctrica y así determinar la presencia de agua subterránea.
- Método de tomografía eléctrica: Este método es una variante del método de resistividad eléctrica, que utiliza una serie de electrodos colocados en la superficie del suelo para medir la resistencia eléctrica a diferentes profundidades. Los datos obtenidos se utilizan para crear una imagen tridimensional del subsuelo, lo que permite identificar las formaciones geológicas que contienen agua subterránea.
- Método de electromagnetismo: Este método se basa en la medida de los campos electromagnéticos generados por la corriente eléctrica en el subsuelo. Los materiales que contienen agua subterránea tienen una conductividad electromagnética mayor que los materiales secos. Al aplicar un campo electromagnético en el subsuelo, se puede medir la respuesta del subsuelo y así determinar la presencia de agua subterránea.
- Método de sondeo gravimétrico: Este método se basa en la medición de la variación de la gravedad en diferentes puntos del suelo. Los acuíferos tienen una densidad mayor que los materiales secos, lo que provoca una variación en la gravedad. Al medir la gravedad en diferentes puntos del suelo, se puede identificar la presencia de acuíferos.

- Método de sondeo magnético: Este método se basa en la medición del campo magnético del subsuelo. Los materiales que contienen agua subterránea tienen una permeabilidad magnética diferente a los materiales secos. Al medir el campo magnético del subsuelo, se puede determinar la presencia de agua subterránea.
- Método de sísmica: Este método se basa en la medida de la velocidad y dirección de las ondas sísmicas que se propagan en el subsuelo. Los acuíferos tienen una velocidad de propagación de ondas sísmicas diferente a los materiales secos. Al medir la velocidad y dirección de las ondas sísmicas, se puede identificar la presencia de acuífero.

2.2.7. Diseño y construcción de pozos tubulares para captación de agua subterránea

El diseño y construcción de pozos tubulares para la captación de agua subterránea es un proceso crítico en la extracción de este recurso vital para el consumo humano, industrial y agrícola. Los pozos tubulares son estructuras que permiten la extracción de agua subterránea desde acuíferos a través de una perforación vertical que se realiza en el subsuelo. En este proceso se utilizan diferentes técnicas y equipos para la construcción del pozo, que deben estar diseñados para cumplir con los requerimientos técnicos y legales establecidos.

El diseño de un pozo tubular implica la selección del sitio donde se realizará la perforación, la profundidad del pozo, el diámetro del tubo y otros factores que permiten la extracción eficiente y sostenible de agua subterránea. El diseño también debe cumplir con las regulaciones y normas vigentes en cuanto a la protección del ambiente, la seguridad de las personas y el control de la calidad del agua.

El primer paso para la construcción de un pozo es la selección del sitio. Esta elección debe ser basada en el conocimiento geológico e hidrogeológico del área, la disponibilidad de agua subterránea y los requerimientos del usuario

final. Además, se deben considerar otros factores, como la topografía, la accesibilidad, la proximidad a fuentes contaminantes y la capacidad de la formación geológica para permitir la extracción de agua subterránea.

Una vez seleccionado el sitio, se procede a la perforación del pozo. La técnica de perforación dependerá de las características geológicas del subsuelo y del diámetro y profundidad requeridos para el pozo. Las técnicas más comunes son la perforación con rotación y la perforación con martillo en fondo. La perforación con rotación es la técnica más común y se utiliza para diámetros de pozo mayores a 8 pulgadas. La perforación con martillo en fondo se utiliza para diámetros de pozo menores a 8 pulgadas.

Una vez perforado el pozo, se instala el revestimiento, que consiste en un tubo que se coloca en la perforación para proteger las paredes del pozo de la erosión y para prevenir la contaminación del agua subterránea. El diámetro del tubo dependerá del diámetro de la perforación y del tipo de formación geológica. El revestimiento puede estar hecho de diferentes materiales, como acero, PVC, fibra de vidrio, entre otros.

Posteriormente, se realiza la colocación de la bomba, que permitirá la extracción de agua del acuífero. La selección de la bomba dependerá de la profundidad del pozo, del caudal de agua requerido y de la energía disponible. La bomba se coloca dentro del pozo, conectada a un sistema de tuberías que la lleva hasta la superficie.

Una vez finalizada la construcción del pozo, se realizan pruebas de bombeo para determinar el caudal y la calidad del agua subterránea. Estas pruebas permiten evaluar la capacidad del pozo para cumplir con los requerimientos del usuario final y asegurar la calidad del agua extraída.

2.2.8. Calidad del agua subterránea y su importancia en la salud humana

La calidad del agua subterránea es un tema de gran importancia en la salud humana debido a que el agua es esencial para la vida y el bienestar

humano. A diferencia del agua superficial, el agua subterránea se encuentra bajo tierra y está protegida de la contaminación por los procesos de filtración y purificación natural que ocurren en el subsuelo. Sin embargo, la actividad humana puede alterar la calidad del agua subterránea y poner en riesgo la salud de las personas que la consumen.

La calidad del agua subterránea se puede definir como la medida de la pureza del agua subterránea, es decir, su contenido de sustancias y organismos indeseables. Los principales factores que influyen en la calidad del agua subterránea son las características del suelo y la roca que la rodean, la contaminación por actividad humana, la presencia de microorganismos y la presencia de sales disueltas.

Es importante destacar que la calidad del agua subterránea puede variar de un lugar a otro, incluso dentro del mismo acuífero. Esto se debe a las diferencias en las características geológicas y ambientales de la zona, así como a la actividad humana en la zona.

La importancia de la calidad del agua subterránea en la salud humana radica en que el agua es un recurso fundamental para la vida. El agua subterránea es utilizada como fuente de agua potable para consumo humano, para la agricultura y para la industria. La contaminación del agua subterránea puede tener graves consecuencias para la salud, como enfermedades gastrointestinales, enfermedades de la piel y problemas de desarrollo infantil.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido estándares para la calidad del agua potable. Estos estándares establecen los límites máximos permitidos para la presencia de sustancias químicas y biológicas en el agua potable. En muchos países, la calidad del agua subterránea se evalúa en función de estos estándares.

Para garantizar la calidad del agua subterránea, es necesario implementar medidas de protección y gestión adecuadas. Esto implica la

identificación y monitoreo de las fuentes de contaminación, la implementación de medidas de control y prevención, la educación y concienciación sobre la importancia de la calidad del agua subterránea y la promoción de prácticas sostenibles para la gestión de los recursos hídricos.

En resumen, la calidad del agua subterránea es un tema crítico para la salud humana y el bienestar, y es necesario tomar medidas para garantizar su protección y gestión adecuada. La evaluación regular de la calidad del agua subterránea, la implementación de medidas de protección y la promoción de prácticas sostenibles son esenciales para garantizar el acceso a agua potable segura y saludable para todos.

2.2.9. Influencia de factores geológicos y climáticos en la recarga y descarga de acuíferos

La recarga y descarga de acuíferos son procesos fundamentales en la hidrogeología, ya que determinan la disponibilidad de agua subterránea. Estos procesos son influenciados por una variedad de factores, incluyendo los geológicos y climáticos.

Los factores geológicos pueden influir en la recarga y descarga de acuíferos de varias maneras. Por ejemplo, la permeabilidad del suelo y de las formaciones rocosas es un factor importante en la recarga de acuíferos, ya que los materiales permeables permiten que el agua se filtre más fácilmente hacia el subsuelo. Por otro lado, los materiales impermeables, como las arcillas y las rocas sedimentarias compactas, pueden limitar la recarga de acuíferos al impedir que el agua se filtre hacia el subsuelo.

La topografía también es un factor importante en la recarga y descarga de acuíferos. Las áreas montañosas, por ejemplo, pueden ser fuentes importantes de recarga de acuíferos debido a la precipitación elevada y la escorrentía hacia el subsuelo. Las áreas de baja elevación pueden ser

importantes áreas de descarga de acuíferos, ya que el agua puede fluir desde los acuíferos hacia los cuerpos de agua superficiales, como ríos y lagos.

Además de los factores geológicos, los factores climáticos también pueden influir en la recarga y descarga de acuíferos. La precipitación es un factor clave en la recarga de acuíferos, ya que es la principal fuente de agua que se filtra hacia el subsuelo. La cantidad y la intensidad de la precipitación pueden variar según la ubicación geográfica y la estación del año, lo que puede tener un impacto significativo en la recarga de los acuíferos.

La evapotranspiración es otro factor climático que influye en la recarga de acuíferos. La evapotranspiración es el proceso por el cual el agua se evapora de la superficie del suelo y se transpira por las plantas. La cantidad de agua que se evapora y transpira puede variar según la ubicación geográfica, la estación del año y la cobertura vegetal, lo que puede influir en la cantidad de agua que se filtra hacia el subsuelo.

La descarga de acuíferos también puede ser influenciada por factores climáticos. La temperatura del agua subterránea, por ejemplo, puede afectar la tasa de flujo del agua hacia la superficie. En las áreas donde las temperaturas son más cálidas, el agua subterránea puede fluir más rápido hacia la superficie debido a la menor viscosidad del agua a altas temperaturas. La temperatura también puede afectar la calidad del agua subterránea, ya que las reacciones químicas pueden ser más rápidas a temperaturas más cálidas.

En resumen, la recarga y descarga de acuíferos son procesos complejos que son influenciados por una variedad de factores geológicos y climáticos. Comprender cómo estos factores influyen en la hidrología subterránea es fundamental para la gestión sostenible de los recursos hídricos subterráneos.

2.2.10. Técnicas de análisis y evaluación de datos hidrogeológicos para la toma de decisiones

La hidrogeología es una disciplina que se encarga del estudio de las aguas subterráneas, incluyendo su distribución, movimiento y calidad. Es una rama de la geología que se enfoca en el estudio del agua subterránea en relación con el medio geológico y el ciclo hidrológico.

Una de las cuestiones fundamentales en la hidrogeología es la localización y explotación de los acuíferos, los cuales son reservorios de agua subterránea almacenada en el subsuelo. Para lograr esto, se emplean diversos métodos de prospección geofísica que permiten la identificación de zonas con alta probabilidad de contener agua subterránea.

Entre los métodos de prospección geofísica más utilizados en hidrogeología se encuentran la resistividad eléctrica, la gravimetría, la magnetometría, la sísmica y la electromagnética. La resistividad eléctrica se basa en la medición de la resistencia eléctrica del subsuelo, la cual es influenciada por la presencia de agua subterránea. La gravimetría utiliza la variación de la gravedad para detectar cambios en la densidad del subsuelo, los cuales pueden ser indicativos de la presencia de agua subterránea. La magnetometría mide la variación del campo magnético terrestre, lo que puede revelar la presencia de minerales asociados a la presencia de agua subterránea. La sísmica utiliza ondas sísmicas para medir la estructura geológica del subsuelo y la presencia de agua subterránea. La electromagnética se basa en la medición de campos electromagnéticos generados por corrientes eléctricas en el subsuelo, lo que puede revelar la presencia de agua subterránea.

Una vez que se ha identificado la zona con alta probabilidad de contener agua subterránea, se procede a la construcción de un pozo tubular para su captación. La construcción de un pozo tubular implica la perforación de un orificio en el suelo, que es revestido con tubería para evitar el colapso de las paredes

del pozo. La selección de la profundidad y diámetro del pozo depende de las características hidrogeológicas de la zona, así como de las necesidades de la captación de agua.

Es importante mencionar que la calidad del agua subterránea es un factor crucial a considerar en la hidrogeología. El agua subterránea puede estar contaminada por diversas fuentes, como la actividad humana y la infiltración de aguas superficiales contaminadas. La presencia de contaminantes en el agua subterránea puede tener graves consecuencias para la salud humana y el medio ambiente.

Por esta razón, se requiere de técnicas de análisis y evaluación de datos hidrogeológicos para la toma de decisiones. La evaluación de la calidad del agua subterránea implica la medición de parámetros físicos, químicos y biológicos para determinar su potabilidad y su aptitud para diferentes usos. Además, se utilizan modelos matemáticos para la simulación del movimiento del agua subterránea y la predicción de su calidad.

2.2.11. Regulaciones y normativas nacionales e internacionales para la gestión del agua subterránea

La gestión del agua subterránea es un tema de gran importancia a nivel global debido a que este recurso es esencial para la vida y para diversas actividades humanas. Por esta razón, se han desarrollado diversas regulaciones y normativas a nivel nacional e internacional para su gestión y protección. En esta sección se describirán algunas de estas regulaciones y normativas.

En primer lugar, es importante destacar que la gestión del agua subterránea es un tema complejo y multifacético que involucra diferentes aspectos técnicos, legales, sociales y políticos. Por esta razón, la gestión del agua subterránea requiere de un enfoque integral e interdisciplinario que involucre la participación de diferentes actores y la implementación de políticas y estrategias específicas.

A nivel internacional, una de las principales regulaciones para la gestión del agua subterránea es la Convención de las Naciones Unidas sobre los Derechos del Agua de 1997. Esta convención reconoce el derecho humano al acceso al agua potable y establece los principios para la gestión integrada y sostenible de los recursos hídricos. En particular, la Convención destaca la importancia de la participación ciudadana en la gestión del agua y la necesidad de adoptar medidas para proteger y conservar los recursos hídricos.

Por otra parte, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha desarrollado una serie de directrices y normativas para la calidad del agua potable. Estas directrices establecen los límites máximos permisibles para diferentes contaminantes y sustancias en el agua potable, con el objetivo de garantizar su seguridad y calidad para el consumo humano.

En el ámbito regional, existen diversas normativas y regulaciones para la gestión del agua subterránea en diferentes regiones del mundo. Por ejemplo, en Europa, la Directiva Marco del Agua establece los principios y objetivos para la gestión integrada de los recursos hídricos en la Unión Europea. Esta directiva establece la obligación de alcanzar un buen estado ecológico y químico de las aguas subterráneas y superficiales, y promueve la participación ciudadana y la cooperación entre los países de la UE para la gestión del agua.

En América Latina, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) ha desarrollado una serie de recomendaciones y políticas para la gestión integrada del agua subterránea. Estas recomendaciones destacan la importancia de la planificación y el monitoreo de los recursos hídricos, la promoción de la participación ciudadana y la implementación de medidas para proteger y conservar los acuíferos.

A nivel nacional, cada país cuenta con su propia legislación y normativas para la gestión del agua subterránea. En muchos casos, estas normativas son desarrolladas por agencias gubernamentales encargadas de la gestión del agua

y se enfocan en aspectos técnicos, legales y administrativos de la gestión del agua subterránea. En algunos países, también existen organizaciones y grupos de la sociedad civil que trabajan en la promoción y defensa de los derechos y la gestión sostenible del agua.

La gestión del agua subterránea es una cuestión clave en muchos países, incluido Perú, donde la Autoridad Nacional del Agua (ANA) es responsable de la gestión del agua a nivel nacional. La ANA tiene como objetivo garantizar el uso sostenible de los recursos hídricos, promoviendo su conservación y protección, y para ello establece una serie de normativas y regulaciones que se deben cumplir en la gestión del agua subterránea.

Una de las principales normativas que regula la gestión del agua en Perú es la Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338). Esta ley establece que los recursos hídricos son patrimonio nacional y que su gestión debe ser descentralizada, participativa y sostenible. Además, establece la necesidad de contar con una planificación integral y participativa para el uso de los recursos hídricos, incluyendo los acuíferos.

La Ley de Recursos Hídricos también establece la necesidad de contar con un registro de usuarios de agua, incluyendo aquellos que extraen agua subterránea de acuíferos. Para ello, la ANA cuenta con el Registro de Información de Usuarios de Agua (RIUA), donde se registran los datos de los usuarios de agua, incluyendo su ubicación y el volumen de agua utilizado.

Otra normativa importante es el Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos (Decreto Supremo N° 001-2010-AG), que establece las disposiciones reglamentarias para la gestión de los recursos hídricos en Perú. Este reglamento establece las condiciones y procedimientos para la obtención de derechos de uso de agua, incluyendo los derechos de uso de agua subterránea.

En el caso específico de la gestión del agua subterránea, la ANA cuenta con la Norma Técnica para la Gestión del Agua Subterránea (NT.201.804), que

establece los criterios técnicos para la gestión sostenible del agua subterránea. Esta norma establece la necesidad de contar con una zonificación hidrogeológica para la gestión de los acuíferos, así como de contar con planes de monitoreo y evaluación de la calidad y cantidad de agua subterránea.

La ANA también establece los valores máximos permisibles de contaminantes en el agua subterránea a través del Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua. Estos valores se establecen para proteger la salud humana y el ambiente, y se basan en criterios internacionales y nacionales de salud pública y ambiental.

En cuanto a la gestión de los recursos hídricos en áreas críticas, la ANA cuenta con la Directiva N° 001-2016-ANA, que establece los lineamientos para la gestión de la sequía y escasez de agua en el Perú. Esta directiva establece la necesidad de contar con planes de contingencia y medidas de gestión para hacer frente a situaciones de sequía y escasez de agua, incluyendo la gestión del agua subterránea.

2.2.12. Estudio Hidrogeológico

El estudio hidrogeológico es una herramienta fundamental en la gestión y aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos subterráneos. Consiste en la recopilación, análisis e interpretación de datos relacionados con las características, comportamiento y disponibilidad del agua subterránea en un determinado lugar o área de estudio. El objetivo principal de un estudio hidrogeológico es obtener información precisa y confiable sobre los acuíferos y su interacción con el entorno geológico y las actividades humanas.

El proceso de estudio hidrogeológico involucra diversas etapas, desde la recopilación inicial de datos hasta la elaboración de informes y recomendaciones. A continuación, se describen las principales etapas y componentes de un estudio hidrogeológico:

1. Recopilación de datos geológicos: Esta etapa implica la recopilación de datos geológicos, tanto a nivel regional como local, para comprender la estructura geológica del área de estudio. Esto incluye información sobre la litología, la estratigrafía y la distribución de las formaciones geológicas que albergan los acuíferos.
2. Análisis hidrológico: En esta etapa, se evalúan los datos hidrológicos disponibles, como la precipitación, el escurrimiento superficial y la evapotranspiración, con el fin de comprender el régimen hidrológico del área de estudio y su relación con los acuíferos.
3. Caracterización del acuífero: Se recopila información sobre las propiedades hidrogeológicas del acuífero, como la porosidad, la permeabilidad, la conductividad hidráulica y la capacidad de almacenamiento. Esto permite comprender la capacidad del acuífero para almacenar y transmitir agua subterránea.
4. Monitoreo de niveles y calidad del agua: Se lleva a cabo un monitoreo periódico de los niveles del agua subterránea y de la calidad del agua en los puntos de control seleccionados dentro del acuífero. Esto proporciona información sobre la dinámica y la calidad del agua subterránea a lo largo del tiempo.
5. Modelado hidrogeológico: Se utiliza software especializado para desarrollar modelos numéricos del flujo de agua subterránea en el acuífero. Estos modelos ayudan a comprender la distribución espacial y temporal del agua subterránea, así como a predecir su comportamiento en diferentes escenarios.
6. Evaluación de la disponibilidad y sustentabilidad: Se evalúa la disponibilidad y sustentabilidad del agua subterránea en el área de estudio, considerando la recarga, la extracción y las demandas actuales y futuras. Esto permite

determinar la capacidad del acuífero para satisfacer las necesidades de agua de manera sostenible.

7. Recomendaciones y planificación: Con base en los resultados del estudio hidrogeológico, se formulan recomendaciones y estrategias para la gestión adecuada del agua subterránea. Estas recomendaciones pueden incluir medidas de conservación, regulación de extracciones, recarga artificial y protección de las zonas de recarga del acuífero.

2.2.13. Importancia del estudio hidrogeológico en el diseño de pozos tubulares

El estudio hidrogeológico desempeña un papel crucial en el diseño de pozos tubulares para la captación de agua subterránea. Proporciona información esencial sobre las características hidrogeológicas del área, la disponibilidad y calidad del agua subterránea, y las necesidades específicas de abastecimiento de agua. A continuación, se describen detalladamente las razones por las cuales el estudio hidrogeológico es fundamental en el diseño de pozos tubulares:

1. Determinación de la ubicación adecuada del pozo: El estudio hidrogeológico permite identificar la ubicación óptima para la perforación del pozo tubular. Se analizan los datos geológicos e hidrogeológicos para identificar zonas con alta capacidad de almacenamiento y transmisión de agua subterránea. Esto garantiza que el pozo se encuentre en una posición estratégica para captar agua de calidad y en cantidades suficientes.
2. Estimación de la profundidad del pozo: El estudio hidrogeológico proporciona información sobre la estructura del acuífero y su nivel freático. Esto ayuda a determinar la profundidad adecuada del pozo, considerando la capacidad del acuífero para suministrar agua de manera constante y sostenible. Además, se evita la perforación a profundidades excesivas, lo que podría resultar en costos innecesarios y menor eficiencia de extracción.

3. Cálculo del diámetro del pozo: El estudio hidrogeológico también contribuye al diseño del diámetro del pozo tubular. Al evaluar la capacidad de transmisión del acuífero, la conductividad hidráulica y la permeabilidad del subsuelo, se determina el diámetro adecuado del pozo para optimizar la extracción de agua subterránea y minimizar la pérdida de carga.
4. Evaluación de la calidad del agua subterránea: El estudio hidrogeológico incluye análisis físico-químicos y bacteriológicos del agua subterránea para evaluar su calidad. Esto es esencial para garantizar que el agua captada sea apta para el consumo humano y cumpla con los estándares de calidad establecidos. Además, se identifican posibles fuentes de contaminación y se toman medidas preventivas para proteger la calidad del agua subterránea.
5. Optimización del rendimiento del pozo: El estudio hidrogeológico proporciona información sobre la capacidad de producción del acuífero y la eficiencia de extracción. Esto permite diseñar el pozo de manera que se maximice su rendimiento, evitando problemas como la sobreexplotación o la insuficiente extracción de agua. El diseño adecuado del pozo contribuye a garantizar un suministro sostenible y eficiente de agua para las necesidades del centro penitenciario.

2.2.14. Disponibilidad del agua subterránea

La disponibilidad del agua subterránea se refiere a la cantidad de agua almacenada en los acuíferos y su capacidad para satisfacer las demandas de agua de manera sostenible. Es un aspecto fundamental en la gestión de los recursos hídricos, ya que el agua subterránea desempeña un papel crucial en el abastecimiento de agua potable, agrícola e industrial en muchas regiones del mundo. A continuación, se describen los principales factores que influyen en la disponibilidad del agua subterránea:

1. Recarga del acuífero: La recarga es el proceso mediante el cual el agua se infiltra desde la superficie y se incorpora al acuífero. La cantidad y la calidad

de la recarga son determinantes para la disponibilidad del agua subterránea. La precipitación, la infiltración de agua de ríos o lagos, y la recarga inducida a través de prácticas como la recarga artificial, son algunos de los mecanismos de recarga del acuífero.

2. Explotación del acuífero: La extracción de agua subterránea para diversos usos, como el abastecimiento público, la irrigación agrícola y la industria, afecta directamente la disponibilidad del agua. Si la tasa de extracción es mayor que la tasa de recarga, el acuífero puede agotarse o sufrir una sobreexplotación, lo que reduce su disponibilidad a largo plazo.
3. Acuífero, como su porosidad, permeabilidad y capacidad de almacenamiento, influyen en su capacidad para almacenar y transmitir agua subterránea. Acuíferos con alta porosidad y permeabilidad tienen una mayor disponibilidad de agua subterránea, ya que pueden almacenar y transmitir más agua.
4. Interacción con otras fuentes de agua: La disponibilidad del agua subterránea también puede estar influenciada por su interacción con otras fuentes de agua, como ríos, lagos o aguas superficiales. En algunas regiones, los acuíferos están conectados con sistemas fluviales y pueden recibir recarga adicional a través de la interacción con estas fuentes de agua.
5. Cambios climáticos y de uso de la tierra: Los cambios en el clima y en el uso de la tierra pueden tener un impacto significativo en la disponibilidad del agua subterránea. Por ejemplo, la disminución de la precipitación debido al cambio climático puede reducir la recarga del acuífero, mientras que el aumento de la urbanización y la agricultura intensiva pueden aumentar la demanda de agua y afectar la disponibilidad del recurso.

2.2.15. Calidad del agua subterránea

La calidad del agua subterránea es un aspecto crucial a considerar en la gestión de los recursos hídricos, ya que afecta directamente su idoneidad para

diferentes usos, como el consumo humano, la agricultura, la industria y la preservación del ecosistema acuático. La calidad del agua subterránea se refiere a la composición química, física y biológica del agua subterránea y su conformidad con los estándares y directrices establecidos para su uso seguro. A continuación, se describen los principales aspectos relacionados con la calidad del agua subterránea:

1. **Parámetros físico-químicos:** Los parámetros físico-químicos del agua subterránea incluyen propiedades como el pH, la conductividad eléctrica, la temperatura, el contenido de oxígeno disuelto, la concentración de nutrientes (nitratos, fosfatos), metales pesados, sustancias orgánicas (pesticidas, herbicidas) y contaminantes inorgánicos (arsénico, flúor, sulfatos). Estos parámetros pueden afectar la potabilidad del agua y su aptitud para diferentes usos.
2. **Contaminantes microbiológicos:** Los contaminantes microbiológicos en el agua subterránea incluyen bacterias, virus, parásitos y otros microorganismos patógenos. La presencia de estos contaminantes puede representar un riesgo para la salud humana si el agua se utiliza para consumo directo o para la producción de alimentos.
3. **Estándares y directrices de calidad:** Los estándares y directrices establecidos por organismos reguladores y autoridades sanitarias definen los límites aceptables de los parámetros físico-químicos y microbiológicos en el agua subterránea. Estos límites se basan en consideraciones de salud humana y en la protección de los ecosistemas acuáticos.
4. **Fuentes de contaminación:** Las fuentes de contaminación del agua subterránea pueden ser de origen natural o antropogénico. Las fuentes naturales incluyen la presencia de minerales y elementos químicos en el subsuelo, como el arsénico o el flúor. Las fuentes antropogénicas incluyen actividades humanas como la agricultura intensiva, la disposición

inadecuada de desechos sólidos y líquidos, la industria, el uso de pesticidas y fertilizantes, entre otros.

5. Monitoreo y control de la calidad: El monitoreo regular de la calidad del agua subterránea es esencial para evaluar su conformidad con los estándares establecidos y detectar posibles problemas de contaminación. Los programas de monitoreo incluyen la toma de muestras periódicas en puntos estratégicos, el análisis de laboratorio y el seguimiento de la evolución de los parámetros de calidad a lo largo del tiempo.
6. Tratamiento y remediación: En caso de detectarse contaminantes en el agua subterránea, se pueden implementar tecnologías de tratamiento para eliminar o reducir la presencia de dichos contaminantes. Estas tecnologías incluyen procesos de filtración, desinfección, adsorción y oxidación, entre otros.

2.2.16. Diseño de pozos tubulares

El diseño de pozos tubulares es un proceso fundamental en la captación de agua subterránea para diversos usos, como el abastecimiento de agua potable, la irrigación agrícola y la industria. Consiste en determinar las características geométricas y operativas del pozo, incluyendo su profundidad, diámetro, revestimiento, filtración y sistemas de bombeo, con el objetivo de garantizar una extracción eficiente y sostenible del agua subterránea. A continuación, se describen los principales aspectos relacionados con el diseño de pozos tubulares:

1. Profundidad del pozo: La profundidad del pozo es un factor clave a considerar en el diseño, ya que determina hasta qué nivel se alcanzará el agua subterránea. Esta profundidad se determina mediante el análisis de datos hidrogeológicos, como el nivel freático, la ubicación de acuíferos y la capacidad de producción del pozo. Se busca alcanzar un nivel adecuado que

asegure un suministro sostenible de agua y evite la extracción de agua no deseada.

2. **Diámetro del pozo:** El diámetro del pozo es otro aspecto importante en el diseño, ya que influye en la cantidad de agua que se puede extraer y en la eficiencia de la operación. Se determina teniendo en cuenta la capacidad de transmisión del acuífero, la conductividad hidráulica del subsuelo y los requisitos de extracción de agua. Un diámetro adecuado permite una mayor captación de agua y minimiza la pérdida de carga.
3. **Revestimiento del pozo:** El revestimiento del pozo consiste en la instalación de tuberías u otros materiales en el agujero perforado para proteger las paredes del pozo de colapsos y filtraciones. El revestimiento también puede ayudar a prevenir la entrada de agua no deseada, como agua superficial contaminada. Se selecciona un revestimiento adecuado en función de las características hidrogeológicas y geotécnicas del área de estudio.
4. **Filtración del pozo:** La filtración del pozo se refiere a la instalación de un filtro en el tramo inferior del pozo para evitar la entrada de sedimentos y partículas al sistema de extracción de agua. Esto ayuda a proteger la calidad del agua y mantener el buen funcionamiento del pozo a largo plazo. La selección del tipo y tamaño adecuados de filtro se basa en las características del acuífero y las condiciones del agua subterránea.
5. **Sistemas de bombeo:** Los sistemas de bombeo se utilizan para extraer el agua subterránea del pozo y llevarla a la superficie. Se selecciona un sistema de bombeo adecuado en función de la profundidad del pozo, la capacidad de producción requerida y las características del agua subterránea. Los sistemas de bombeo pueden incluir bombas sumergibles, bombas de émbolo, bombas de turbina, entre otros.
6. **Operación y mantenimiento:** El diseño del pozo también debe considerar aspectos relacionados con la operación y mantenimiento a largo plazo.

2.2.17. Relación entre el estudio hidrogeológico y el diseño del pozo

El estudio hidrogeológico y el diseño del pozo están estrechamente relacionados y se complementan entre sí en el proceso de captación de agua subterránea de manera eficiente y sostenible. El estudio hidrogeológico proporciona la base de conocimientos necesaria para tomar decisiones informadas durante el diseño del pozo. A continuación, se describe la relación entre el estudio hidrogeológico y el diseño del pozo:

1. Información hidrogeológica para el diseño del pozo: El estudio hidrogeológico proporciona información esencial sobre las características hidrogeológicas del área de estudio, como la ubicación y la extensión de los acuíferos, la permeabilidad del subsuelo, el nivel freático y la recarga del acuífero. Esta información es fundamental para determinar la ubicación adecuada del pozo, la profundidad óptima y el diámetro del pozo.
2. Evaluación de la disponibilidad y calidad del agua subterránea: El estudio hidrogeológico incluye la evaluación de la disponibilidad y calidad del agua subterránea a través de análisis físico-químicos y bacteriológicos. Estos análisis permiten determinar si el agua subterránea es apta para su uso previsto y si se cumplen los estándares de calidad. Esta información influye en el diseño del pozo, ya que se busca captar agua de calidad y asegurar un suministro sostenible.
3. Diseño de la profundidad y el diámetro del pozo: El estudio hidrogeológico proporciona datos sobre el nivel freático, la capacidad de producción del acuífero y la conductividad hidráulica del subsuelo. Estos datos son fundamentales para determinar la profundidad y el diámetro óptimos del pozo. Una profundidad adecuada garantiza que el pozo alcance el nivel freático y capture agua suficiente, mientras que el diámetro adecuado permite una extracción eficiente sin pérdida de carga excesiva.

4. Identificación de la ubicación óptima del pozo: El estudio hidrogeológico permite identificar la ubicación óptima para la perforación del pozo, considerando aspectos como la distribución espacial de los acuíferos, la proximidad a fuentes de contaminación potencial y la eficiencia en la captación de agua subterránea. Esta información es crucial para evitar la contaminación del pozo y garantizar un suministro confiable de agua.
5. Gestión sostenible del acuífero: El estudio hidrogeológico proporciona información sobre la capacidad de producción del acuífero y la relación entre las extracciones y la recarga. Esto contribuye a una gestión sostenible del acuífero y al diseño del pozo de acuerdo con las capacidades y limitaciones del recurso hídrico subterráneo.

2.2.18. Selección de la ubicación del pozo

La selección de la ubicación del pozo es un paso crucial en el diseño de un pozo tubular para la captación de agua subterránea. La ubicación adecuada del pozo asegura una extracción eficiente y sostenible del agua, maximizando su disponibilidad y minimizando los riesgos de contaminación. A continuación, se describen los principales aspectos a considerar en la selección de la ubicación del pozo:

Estudio hidrogeológico: El estudio hidrogeológico es fundamental en la selección de la ubicación del pozo. Proporciona información sobre la distribución espacial de los acuíferos, la permeabilidad del subsuelo, la recarga y el nivel freático. Esta información permite identificar zonas con alta capacidad de almacenamiento y transmisión de agua subterránea, y determinar la ubicación óptima para la perforación del pozo.

Distancia a fuentes de contaminación: Es importante seleccionar una ubicación que esté alejada de fuentes de contaminación potenciales, como vertederos, áreas industriales o actividades agrícolas intensivas. La cercanía a estas fuentes aumenta el riesgo de contaminación del agua subterránea y puede

comprometer su calidad. Se deben considerar las características del terreno y las posibles rutas de transporte de contaminantes.

Accesibilidad y logística: La ubicación del pozo debe ser accesible para facilitar la construcción, el mantenimiento y las operaciones de extracción. Se deben considerar aspectos como la distancia a las vías de acceso, la disponibilidad de infraestructura para la perforación y extracción de agua, y las restricciones legales o ambientales en la zona. La accesibilidad también influye en los costos asociados con la construcción y el mantenimiento del pozo.

Eficiencia en la captación de agua subterránea: La ubicación del pozo debe permitir una captación eficiente del agua subterránea. Se busca identificar áreas donde el acuífero tenga una alta capacidad de transmisión y donde el agua se encuentre a una profundidad adecuada para ser extraída de manera eficiente. Esto implica tener en cuenta la estructura geológica del área y las características hidrogeológicas del acuífero.

Evaluación del entorno hidrogeológico: La ubicación del pozo debe ser evaluada en función del entorno hidrogeológico circundante. Esto implica considerar la interacción con otros pozos existentes, la influencia de cuerpos de agua superficiales cercanos, como ríos o lagos, y la posible existencia de barreras geológicas que puedan afectar el flujo de agua subterránea. Estos factores pueden tener un impacto en la eficiencia de extracción y en la disponibilidad de agua.

2.3. Definición de términos básicos

- Investigación: proceso mediante el cual se busca obtener información y conocimiento sobre un tema específico.
- Hidrogeología: Estudio de las propiedades, distribución y movimiento del agua subterránea en el suelo y las rocas.
- Pozo tubular: Estructura excavada en el suelo para la extracción de agua subterránea.

- Captación de agua: Proceso de recolección de agua para su uso y consumo humano.
- Diseño: Proceso creativo y técnico mediante el cual se planifica y se lleva a cabo la construcción de una estructura.
- Profundidad: Medida vertical desde la superficie del suelo hasta un punto determinado en el subsuelo.
- Diámetro: Distancia de un extremo al otro de un círculo, pasando por su centro.
- Material: Sustancia o combinación de sustancias que se utiliza para la construcción de una estructura.
- Bombeo: Proceso mediante el cual se extrae agua subterránea de un pozo mediante el uso de una bomba.
- Centro penitenciario: Establecimiento en el cual se lleva a cabo la reclusión y rehabilitación de personas condenadas por delitos.
- Agua subterránea: Agua que se encuentra debajo de la superficie del suelo en poros y fisuras de las rocas.
- Suelo: Capa superficial de la tierra que está compuesta por minerales, materia orgánica y organismos vivos.
- Rocas: Masa sólida y compacta que forma parte de la corteza terrestre.
- Corteza terrestre: Capa sólida y superficial de la Tierra que se extiende desde la superficie hasta unos 35 km de profundidad.
- Propiedades: Características intrínsecas de un material que lo definen y lo diferencian de otros.
- Distribución: Forma en la que un material o fenómeno está distribuido en el espacio.
- Movimiento: Desplazamiento o cambio de posición de un objeto o sustancia.
- Consumo humano: Utilización de un bien o servicio para satisfacer necesidades básicas de las personas.

- Reclusión: Estado de privación de libertad de una persona en un centro penitenciario.
- Rehabilitación: Proceso de reintegración social y recuperación de una persona que ha cometido un delito.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

- El estudio hidrogeológico es de gran importancia en el diseño de un pozo tubular para la captación de agua en el centro penitenciario de Cochamarca.

2.4.2. Hipótesis Especifica

- Al evaluar la disponibilidad y calidad del agua subterránea en el centro penitenciario de Cochamarca, se obtendrán datos que respalden la importancia del estudio hidrogeológico en el diseño del pozo tubular.
- Se espera que, al determinar la importancia del estudio hidrogeológico en el diseño de la profundidad y diámetro del pozo tubular, se evidencie la necesidad de considerar las características hidrogeológicas del área y las necesidades de abastecimiento de agua para un diseño eficiente.
- Al identificar la ubicación óptima para la perforación del pozo tubular, considerando los resultados del estudio hidrogeológico, se logrará una captación de agua subterránea eficiente y se maximizará la disponibilidad de agua para el centro penitenciario.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variable Independiente

Las variables independientes son:

- Evaluación de la disponibilidad y calidad del agua subterránea.
- Determinación de la importancia del estudio hidrogeológico en el diseño de la profundidad y diámetro del pozo tubular.
- Identificación de la ubicación óptima para la perforación del pozo tubular.

2.5.2. Variable dependiente

La variable dependiente es:

- Importancia del estudio hidrogeológico en el diseño de un pozo tubular para la captación de agua en el centro penitenciario de Cochamarca.

2.5.3. Variable Interviniente

- Características hidrogeológicas del área.
- Necesidades de abastecimiento de agua del centro penitenciario.
- Accesibilidad a las fuentes de agua subterránea.
- Eficiencia en la captación de agua subterránea.
- Disponibilidad y calidad del agua subterránea en el centro penitenciario de Cochamarca.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

2.6.1. Variable independiente

- Evaluación de la disponibilidad y calidad del agua subterránea:
 - o Indicador: Análisis físico-químicos y bacteriológicos de muestras de agua subterránea para determinar su calidad y características.
- Determinación de la importancia del estudio hidrogeológico en el diseño de la profundidad y diámetro del pozo tubular:
 - o Indicador: Análisis de los resultados del estudio hidrogeológico y su influencia en la toma de decisiones sobre la profundidad y diámetro óptimos del pozo tubular.
- Identificación de la ubicación óptima para la perforación del pozo tubular:
 - o Indicador: Análisis de los resultados del estudio hidrogeológico para determinar la ubicación óptima basada en factores como la accesibilidad, eficiencia en la captación de agua subterránea y características del acuífero.

2.6.2. Variable dependiente:

- Importancia del estudio hidrogeológico en el diseño de un pozo tubular para la captación de agua en el centro penitenciario de Cochamarca:
 - o Indicador: Percepción y valoración de la importancia del estudio hidrogeológico por parte de expertos, profesionales y partes interesadas involucradas en el diseño del pozo tubular. Puede medirse a través de encuestas, entrevistas o evaluaciones cualitativas.

La definición operacional de las variables proporciona una descripción clara y precisa de cómo se medirán o evaluarán las variables mediante indicadores específicos. Esto permite una medición objetiva y consistente de las variables en el contexto del estudio hidrogeológico y el diseño del pozo tubular en el centro penitenciario de Cochamarca.

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación que se plantea en este proyecto es un estudio de investigación aplicada o investigación práctica. La investigación aplicada se enfoca en la aplicación de conocimientos teóricos y científicos para abordar un problema práctico o resolver una situación específica. En este caso, el objetivo es realizar un estudio hidrogeológico para evaluar la disponibilidad y calidad del agua subterránea en el centro penitenciario de Cochamarca y su importancia en el diseño de un pozo tubular para la captación de agua.

La investigación aplicada se caracteriza por su enfoque práctico y orientación hacia la solución de problemas concretos. Utiliza métodos y técnicas científicas para recolectar datos, analizarlos y obtener conclusiones que puedan aplicarse directamente en la toma de decisiones o en la resolución de situaciones específicas.

En este caso, el estudio hidrogeológico busca obtener información relevante sobre el recurso hídrico subterráneo y su viabilidad como fuente de abastecimiento de agua para el centro penitenciario. Los resultados de este estudio tendrán una aplicación directa en el diseño de un pozo tubular adecuado

y sostenible, contribuyendo así a la solución del problema de suministro de agua en el centro penitenciario de Cochamarca.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación en este caso sería un nivel descriptivo. La investigación descriptiva se centra en la descripción precisa y detallada de fenómenos, situaciones o características presentes en un determinado contexto. En este proyecto, se busca describir y analizar la disponibilidad y calidad del agua subterránea en el centro penitenciario de Cochamarca, así como la importancia del estudio hidrogeológico en el diseño de un pozo tubular para la captación de agua.

El objetivo principal es obtener información detallada sobre la situación actual del recurso hídrico subterráneo y su relevancia en el diseño del pozo tubular. Esto implica recopilar datos, realizar análisis físico-químicos y bacteriológicos en muestras de agua, evaluar las características hidrogeológicas del área y determinar la ubicación óptima para la perforación del pozo.

A través de este enfoque descriptivo, se busca obtener un panorama claro y completo de la situación del agua subterránea en el centro penitenciario, lo cual es fundamental para la toma de decisiones informadas y el diseño adecuado del sistema de captación de agua.

3.3. Métodos de investigación

El método de investigación utilizado en este proyecto ha sido un enfoque mixto que combina métodos cualitativos y cuantitativos.

En cuanto a los métodos cualitativos, se pueden utilizar técnicas como la observación directa, entrevistas estructuradas o semiestructuradas y grupos focales para recopilar datos cualitativos sobre las características hidrogeológicas del área, las necesidades de abastecimiento de agua y la percepción de la importancia del estudio hidrogeológico en el diseño del pozo

tubular. Estas técnicas permiten obtener información detallada, perspectivas y opiniones de los diferentes actores involucrados en el proyecto, como expertos, profesionales y partes interesadas.

Por otro lado, en cuanto a los métodos cuantitativos, se pueden realizar análisis físico- químicos y bacteriológicos en muestras de agua subterránea para evaluar su calidad y disponibilidad. Estos análisis proporcionarán datos cuantitativos objetivos sobre los parámetros físicos, químicos y biológicos del agua, permitiendo una evaluación precisa y comparativa.

La combinación de estos enfoques cualitativos y cuantitativos permite obtener una comprensión más completa y enriquecedora del problema, y proporciona evidencia sólida para respaldar las conclusiones y recomendaciones del estudio hidrogeológico.

3.4. Diseño de investigación

El diseño de investigación seleccionado para este estudio es un diseño de investigación transversal. Este diseño implica recopilar datos en un solo momento para evaluar la disponibilidad y calidad del agua subterránea en el centro penitenciario de Cochamarca, así como la importancia del estudio hidrogeológico en el diseño de un pozo tubular para la captación de agua.

En primer lugar, se procederá a seleccionar una muestra representativa dentro del centro penitenciario, considerando áreas o sectores relevantes que reflejen la diversidad y las condiciones del lugar. La muestra debe ser adecuada en términos de tamaño y representatividad para obtener resultados significativos.

A continuación, se llevará a cabo la recopilación de datos. Esto incluirá la toma de muestras de agua subterránea en los puntos de muestreo seleccionados dentro del centro penitenciario. Estas muestras serán recolectadas según protocolos establecidos y se someterán a análisis físico-

químicos y bacteriológicos en laboratorio para evaluar su calidad y características.

Además, se realizarán entrevistas o encuestas a expertos, profesionales y partes interesadas involucradas en el proyecto. Estas entrevistas o encuestas se enfocarán en obtener información sobre la percepción de la importancia del estudio hidrogeológico en el diseño del pozo tubular para la captación de agua en el centro penitenciario. Las preguntas podrían abordar aspectos como la necesidad de un suministro sostenible de agua, la viabilidad del uso de agua subterránea y la influencia del estudio hidrogeológico en el diseño del pozo.

Una vez que se han recopilado todos los datos necesarios, se procederá al análisis de los mismos. Los datos de los análisis físico-químicos y bacteriológicos de las muestras de agua subterránea serán interpretados para determinar la calidad y disponibilidad del recurso hídrico subterráneo en el centro penitenciario. Asimismo, los resultados de las entrevistas o encuestas serán analizados para evaluar la importancia percibida del estudio hidrogeológico en el diseño del pozo tubular.

Finalmente, se interpretarán los resultados obtenidos y se establecerán conclusiones basadas en la evaluación de la disponibilidad y calidad del agua subterránea, así como en la percepción de la importancia del estudio hidrogeológico. Estas conclusiones podrán utilizarse como base para la toma de decisiones informadas y la implementación de medidas adecuadas para garantizar un suministro sostenible de agua en el centro penitenciario de Cochamarca.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población en este estudio es la totalidad de individuos o elementos que conforman el centro penitenciario de Cochamarca, incluyendo al personal a cargo de la institución.

3.5.2. Muestra

Muestra de agua subterránea: Se tomarán muestras de agua subterránea en diferentes puntos estratégicos dentro del centro penitenciario para evaluar su calidad y características. La cantidad y ubicación de estos puntos de muestreo dependerá de las características hidrogeológicas del área y los objetivos del estudio.

Muestra de individuos: Para evaluar la percepción de la importancia del estudio hidrogeológico en el diseño del pozo tubular, se puede seleccionar una muestra de expertos, profesionales y partes interesadas involucradas en el proyecto.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- Muestreo de agua subterránea:
 - o Toma de muestras de agua subterránea en diferentes puntos dentro del centro penitenciario, utilizando equipos de muestreo adecuados, como bombas de extracción de agua o perforación de pozos de muestra.
 - o Recolección de muestras en recipientes estériles para evitar la contaminación y asegurar la integridad de las muestras.
- Análisis físico-químicos y bacteriológicos:
 - o Utilización de equipos y reactivos de laboratorio para llevar a cabo análisis físico-químicos, como pH, conductividad, turbidez, contenido de minerales, metales pesados, entre otros.

- Realización de análisis bacteriológicos, como la determinación de la presencia de coliformes fecales y otros microorganismos indicadores de la calidad del agua.
- Entrevistas o encuestas:
 - Realización de entrevistas estructuradas o semiestructuradas con expertos, profesionales y partes interesadas involucradas en el proyecto. Se pueden utilizar guiones de preguntas para garantizar la consistencia y la cobertura de los temas relevantes.
 - Diseño y aplicación de encuestas con preguntas cerradas o abiertas, que aborden aspectos relacionados con la importancia percibida del estudio hidrogeológico en el diseño del pozo tubular y otras cuestiones relevantes.
- Observación:
 - Realización de observaciones directas en el centro penitenciario para recopilar información sobre las condiciones actuales de abastecimiento de agua, infraestructuras existentes, fuentes de agua potencialmente disponibles, entre otros aspectos relevantes.

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Las técnicas de procesamiento y análisis de datos en este estudio pueden variar según la naturaleza de los datos recopilados y los objetivos de investigación. A continuación, se presentan las técnicas que podrían ser utilizadas:

- Análisis estadístico descriptivo: Se pueden utilizar técnicas estadísticas descriptivas para resumir y describir los datos recopilados. Esto puede incluir el cálculo de medidas de tendencia central (como promedios, medianas) y medidas de dispersión (como desviación estándar, rango) para variables numéricas. Además, se pueden generar tablas y gráficos para visualizar los datos y facilitar su interpretación.

- **Análisis comparativo:** Si se recopilan datos de diferentes puntos de muestreo o se realizó la comparación de resultados entre distintos grupos o períodos de tiempo, se pueden emplear técnicas de análisis comparativo. Esto puede incluir pruebas de hipótesis, análisis de varianza (ANOVA), pruebas no paramétricas, entre otras técnicas, dependiendo de la naturaleza de los datos y los objetivos del estudio.
- **Análisis cualitativo:** Si se recopilan datos cualitativos a través de entrevistas o encuestas abiertas, se puede llevar a cabo un análisis cualitativo. Esto implica la codificación de las respuestas y la identificación de temas y patrones emergentes. Se pueden utilizar métodos como el análisis temático o el análisis de contenido para analizar los datos cualitativos y extraer información relevante.
- **Integración de datos:** En caso de que se recopilen datos de diferentes fuentes o se utilicen múltiples métodos de recolección de datos, puede ser necesario integrar y combinar los datos para obtener una imagen completa y coherente. Esto implica la comparación y la combinación de los resultados obtenidos de diferentes técnicas o instrumentos de recolección de datos.

3.8. Tratamiento estadístico

- **Análisis descriptivo:** El análisis descriptivo implica resumir y presentar los datos de manera concisa utilizando medidas estadísticas. Se pueden calcular medidas de tendencia central (como promedios, medianas) y medidas de dispersión (como desviación estándar, rango) para variables numéricas. También se pueden generar tablas, gráficos y diagramas para visualizar los datos y facilitar su interpretación.
- **Pruebas de hipótesis:** Si se desea evaluar si hay diferencias significativas entre grupos o si existen relaciones entre variables, se pueden utilizar pruebas de hipótesis estadísticas. Estas pruebas permiten determinar si los resultados observados son estadísticamente significativos o si podrían

deberse al azar. Ejemplos de pruebas de hipótesis incluyen la prueba t de Student, la prueba de chi-cuadrado y el análisis de varianza (ANOVA).

- Análisis de correlación: Si se busca determinar la relación entre dos o más variables numéricas, se puede realizar un análisis de correlación. Esto implica calcular coeficientes de correlación (como el coeficiente de correlación de Pearson o el coeficiente de correlación de Spearman) para evaluar la fuerza y dirección de la relación entre las variables.

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica

Para mi proyecto de investigación "ESTUDIO HIDROGEOLOGÍCO Y SU IMPORTANCIA EN EL DISEÑO DE POZO TUBULAR PARA CAPTACIÓN DE AGUA EN EL CENTRO PENITENCIARIO DE COCHAMARCA", es importante considerar una orientación ética adecuada en todo momento. Algunas orientaciones éticas que se han considerado son:

- Consentimiento informado: Debes obtener el consentimiento informado de todas las personas involucradas en el estudio, explicando claramente el propósito, los procedimientos y los posibles riesgos y beneficios.
- Confidencialidad: Es importante garantizar la confidencialidad de los datos y la privacidad de los participantes.
- Protección de los derechos humanos: Es importante garantizar que el estudio no viole los derechos humanos de los participantes.
- Equidad: Debes tratar a todos los participantes con igualdad y justicia, sin discriminación.
- Responsabilidad social: Es importante que tu investigación contribuya positivamente a la sociedad y tenga un impacto social positivo.
- Transparencia: Es importante ser transparente en la presentación de los resultados, incluyendo los métodos utilizados y las limitaciones del estudio.
- Honestidad: Es importante ser honesto en la presentación de los resultados y no manipular los datos para obtener un resultado deseado.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Ubicación

La zona de estudio comprende el área donde se ubicará el Establecimiento penitenciario de pasco. Ubicado en el centro poblado de Cochamarca, distrito de Vicco, Provincia y Departamento de Pasco.

Su ubicación es:

PARAJE	:	Cashamichinan
LOCALIDAD	:	Cochamarca
DISTRITO	:	Vicco
PROVINCIA	:	Pasco
DEPARTAMENTO	:	Pasco

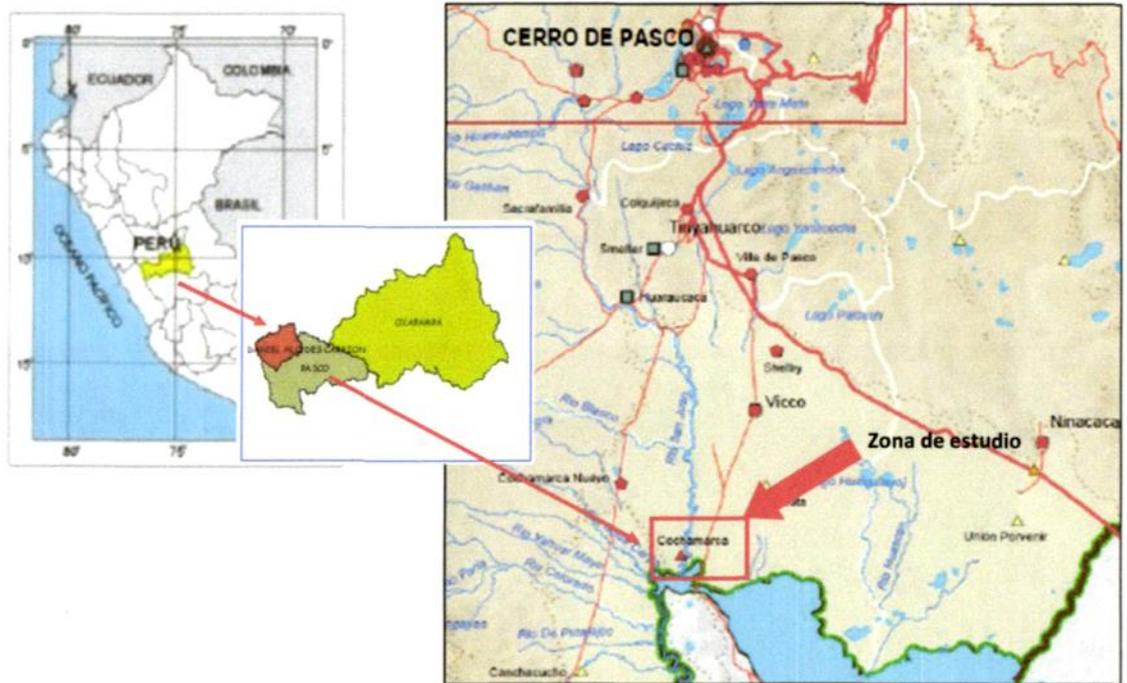
Su ubicación Geográfica en el sistema UTM 84 es:

LATITUD	:	10°53'35'' - 10°50'00'' S
LONGITUD	:	76°17'06'' - 77°20'00'' O
ALTITUD	:	4010 msnm

La zona de estudio se encuentra a aproximadamente a 278.00 Km de la ciudad de Lima y a 32.00 Km de la ciudad de Cerro de Pasco. El acceso a la

zona de estudio por cualquiera de estas dos localidades se encuentra en buen estado y la vía es asfaltada, pudiendo transitar por ella todo tipo de vehículos.

Ilustración 1: Ubicación de la zona de estudio.



Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN).

4.1.2. Acceso

La zona de estudio se encuentra a aproximadamente a 278.00 Km de la ciudad de Lima y a 32.00 Km de la ciudad de Cerro de Pasco. El acceso a la zona de estudio por cualquiera de estas dos localidades se encuentra en buen estado y la vía es asfaltada, pudiendo transitar por ella todo tipo de vehículos.

4.1.3. Estudios básicos de geología

1. Características geológicas – geomorfológicas: El departamento de pasco se ubica en la región natural de la sierra, sobre la Cordillera de los Andes Centrales donde el sistema orogénico andino por efecto de los plegamientos geológicos forma el llamado “Nudo de Pasco”.

Los movimientos orogénicos de la Edad Cretácico – Terciaria han sido los principales responsables del modelado actual de la Región con la

deformación de las rocas Paleozoicas y Mesozoicas, como resultado se tiene elevados cerros. Posteriormente en determinadas zonas de debilidad formadas por fallas tectónicas y geológicas han erosionado formando terrazas de materiales cuaternarios.

En la provincia de Pasco se observa la presencia de las cadenas de montaña, que sirve de límite natural entre los departamentos de Pasco y Lima y delimita los Sistemas Hidrográficos del Pacífico y del Atlántico; definiendo así las características geográficas locales.

2. Geomorfología local: Regionalmente y de acuerdo a las unidades geomorfológicas mencionadas se pueden diferenciar las siguientes unidades:

Cadenas De Montaña: Unidad morfogénica con una altitud que varía entre los 4600 y 3300 m.s.n.m. Se caracteriza por presentar paisajes de laderas rocosas, gargantas, barrancos y montañas erosionables; con un relieve de pendiente moderada.

Áreas Glaseadas: Unidad morfogénica con una altitud que varía entre los 3900 y 6000 m.s.n.m. Se caracteriza por presentar paisajes de valle fluvio-glaciales, áreas lacustres, circo glacial y morrenas.

Superficie Puna: Esta unidad morfogénica tiene una altitud que varía entre los 3800 y 5000 m.s.n.m. Se caracteriza por presentar paisajes de colina erosionada, cima o cumbre, colinas contiguas, colinas discontinúas, altiplanicies andinas propias de la superficie puna.

3. Estratigrafía y litología local (ver plano ge-oi del anexo: En la zona de estudio se ha logrado identificar dos formaciones geológicas: la Formación Condorsinga y los Depósitos Aluviales, los cuales se describen a continuación:

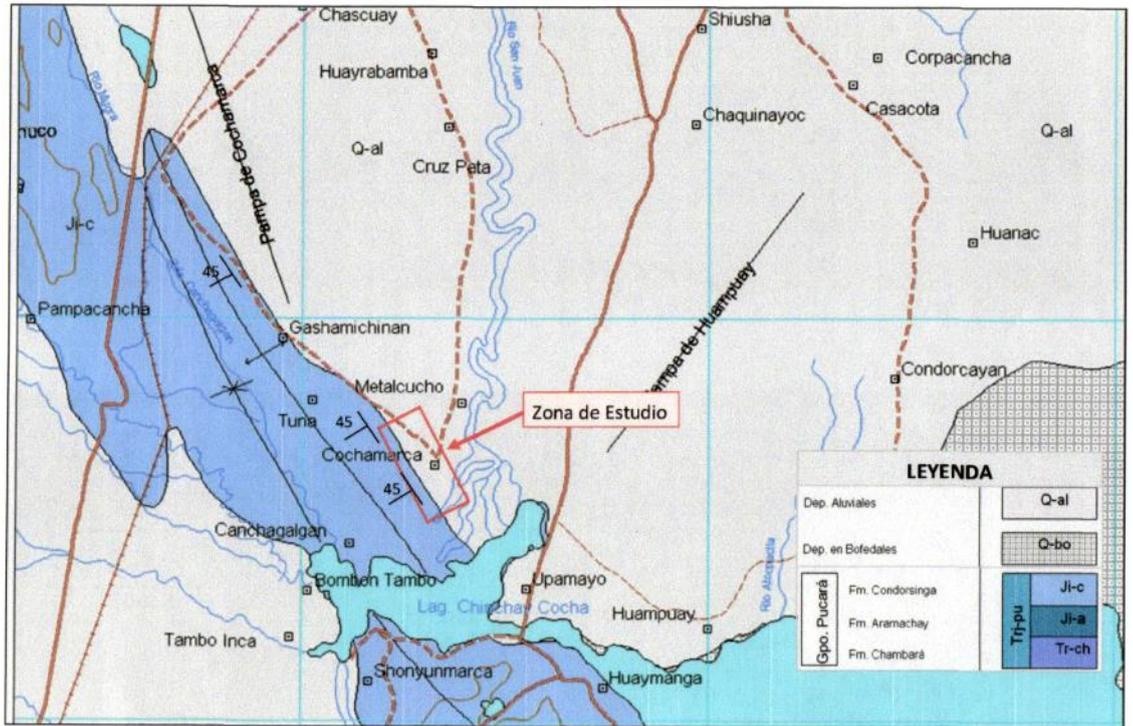
Formación Condorsinga (Ji-c): Es la cima del Grupo Pucará, es de estratificación delgada en su base y gruesa hacia la parte superior y su

resistencia a la erosión es mejor que la unidad inferior. Está constituida por una secuencia de calizas micríticas de color beige, en algunos casos tiene intercalaciones de limo arcillitas delgadas de color amarillento. El grosor de este miembro es de casi 100 metros en toda la región. En la zona de estudio está conformando el Cerro Cochamarca ubicado en el lado Oeste del Establecimiento Penitenciario Proyectado, delimitando los depósitos cuaternarios existentes. Esta formación aflora oblicuamente, formando un ángulo de inclinación de 45° y representa el límite del acuífero subterráneo.

Depósitos Aluviales (Q-al): Desde el punto de vista hidrogeológico, representa todo el relleno de materiales semi-consolidados de la terraza aluvial que conforma la Pampa de Cochamarca y Huampuy, la composición litológica de este depósito es variada, en lo referente al tamaño de la granulometría de los detritos, presentándose generalmente cantos rodados bien redondeados en la parte superior graduando a material gravo-arenoso y limo-arcilloso hacia la parte inferior.

Estos depósitos cuaternarios, que representan el acuífero subterráneo de la zona de estudio, han sido depositados por acción del río San Juan y el río Mugra, que recorren la zona de estudio en sentido Noreste a Sureste hasta llegar a formar kilómetros más abajo la Laguna Chinchaycocha.

Ilustración 2: Geología de la zona de estudio



Fuente: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET)

4.1.4. Prospección geofísica

La Prospección Geofísica es una actividad principal que se realiza en todo Estudio Hidrogeológico, cuyo resultado permitirá obtener en forma directa las condiciones geo-eléctricas del subsuelo en el área investigada.

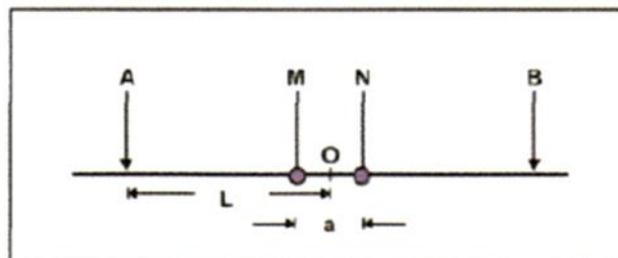
El método geofísico utilizado en el presente trabajo fue el eléctrico a través de Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), cuyo resultado permitirá determinar en forma indirecta, a partir de la superficie del terreno, la distribución de las distintas capas u horizontes geo-eléctricos que conforman el subsuelo en dirección vertical.

El método de Resistividad Eléctrica es de uso general, ya que se fundamenta en mediciones dependientes de los cambios en el contenido de humedad. Se aplica por medio de Sondeos Eléctricos Verticales y sobre terrenos esencialmente estratificados, que son los depósitos aluviales del área de estudio.

1. Teoría del sondaje eléctrico vertical: El Sondaje Eléctrico Vertical, permite evaluar a partir de la superficie del terreno y en dirección perpendicular a ella, la distribución de las diferentes capas geoelectricas, es decir permite determinar los valores de resistividad y espesor correspondiente a cada capa. En el SEV se introduce corriente continua al terreno mediante un par de electrodos de emisión, colocados en la parte externa A-B, donde en su recorrido radial experimentan una caída de tensión acordes con los factores condicionales como la humedad, textura del medio, grado de mineralización, temperatura y otros. Es así como esta caída de tensión es recepcionada en otro par de electrodos internos M-N, donde las medidas sucesivas parten de un punto cero, en forma ascendente y lineal.

La configuración de la disposición de los electrodos de medición se muestra en la figura siguiente:

Ilustracion 3: Esquema del método de resistividad eléctrica.



Fuente: Estudio de prospección geofísica – Elaboración propia.

La formulación matemática utilizada para calcular la resistividad aparente del medio investigado para una determinada profundidad es la siguiente:

$$\rho_a = k \frac{\Delta v}{I}$$

Donde:

- Pa : Resistividad Aparente (ohmio-metro)
- Δv : Diferencia de potencial (Voltio)
- I : Intensidad de corriente (Amperios)
- K : Coeficiente geométrico

AB : Electrodo de corriente

MN : Electrodo de potencial

Los datos de resistividad aparente, obtenidos en los SEV, se representan mediante curvas graficadas en un formato bilogarítmico, a través de estas curvas de campo y por diversos métodos de interpretación, se determinan los valores de las resistividades verdaderas y los espesores de las diferentes capas, para cada punto de investigación.

Los siguientes cuadros representan valores estándares de resistividad de diversos materiales y que nos servirán como guía para la interpretación de los resultados de los sondajes realizados.

Tabla 1: Resistividad de aguas y rocas.

Tipo de Agua y Roca	Resistividad (Ohm-m)
Agua de acuíferos aluviales	10 - 30
Agua de manantiales	50 - 100
Arenas y gravas secas	1 - 10 000
Arenas y gravas con agua dulce	50 - 500
Arenas y gravas con agua salada	0,5 - 5
Arcillas	2 - 20
Margas	20 - 100
Calizas	300 - 10 000
Areniscas arcillosas	50 - 300
Areniscas cuarcíticas	300 - 10 000
Cineritas, tobas volcánicas	20 - 100
Lavas	300 - 10 000
Esquistos grafitosos	0,5 - 5
Esquistos arcillosos o alterados	100 - 300
Esquistos sanos	300 - 3 000
Gneis, granitos alterados	100 - 1 000
Gneis, granito sano	1 000 - 10 000

Fuente: Geofísica Aplicada a la Hidrogeología, ASTIER, Jean Louis, Madrid – España.

4.1.5. Evaluación de la disponibilidad y calidad del agua subterránea.

El trabajo de campo para la evaluación de la disponibilidad y calidad del agua subterránea es una etapa crucial en el estudio hidrogeológico y en el diseño de un pozo tubular en el centro penitenciario de Cochamarca. Durante esta etapa, se llevan a cabo diversas actividades y técnicas para obtener información precisa sobre la cantidad y calidad del agua subterránea. A continuación, se describe la descripción del trabajo de campo para la evaluación de la disponibilidad y calidad del agua subterránea:

1. Selección de puntos de muestreo: Se seleccionan estratégicamente los puntos de muestreo en el área de estudio, considerando la distribución del acuífero y la ubicación potencial de los pozos. Estos puntos pueden ser pozos existentes, manantiales o áreas donde se sospeche la presencia de agua subterránea. Se realizó una inspección visual de los puntos de muestreo para evaluar su accesibilidad y las condiciones de seguridad.
2. Toma de muestras: Se procede a la toma de muestras de agua subterránea en los puntos seleccionados. Se utilizan métodos de muestreo adecuados para evitar la contaminación de las muestras y garantizar su representatividad. Se toman múltiples muestras en diferentes profundidades para obtener una visión completa de la calidad del agua en el acuífero. Se registran las condiciones ambientales, como la temperatura y el clima, así como las características del pozo, como su profundidad, diámetro y tipo de revestimiento.
3. Análisis físico-químicos: Las muestras de agua subterránea recolectadas se llevan al laboratorio para realizar análisis físico-químicos. Estos análisis permiten determinar parámetros como el pH, la conductividad eléctrica, la temperatura, la concentración de nutrientes (nitratos, fosfatos), la presencia de metales pesados y contaminantes orgánicos. Se utilizan técnicas y

equipos especializados, como espectrofotometría, cromatografía y titulación, para analizar las muestras y obtener resultados precisos.

4. Análisis bacteriológicos: Además de los análisis físico-químicos, se realizan análisis bacteriológicos para evaluar la presencia de microorganismos patógenos en el agua subterránea. Estos análisis se llevan a cabo utilizando técnicas de cultivo, como la siembra en medios de cultivo específicos, y métodos moleculares, como la reacción en cadena de la polimerasa (PCR). Se busca detectar y cuantificar bacterias, virus y parásitos que pueden representar un riesgo para la salud humana.
5. Medición del nivel freático: Durante el trabajo de campo, se realizó la medición del nivel freático en los puntos de muestreo. Esto se lleva a cabo utilizando instrumentos de medición adecuados, como piezómetros o registradores de nivel de agua. La medición del nivel freático permite determinar la profundidad a la que se encuentra el agua subterránea y evaluar su disponibilidad en el acuífero.
6. Observaciones y registro de datos: Durante el trabajo de campo, se realizan observaciones detalladas y se registran los datos a obtener.
7. Caracterización del entorno hidrogeológico: Durante el trabajo de campo, se realizó una caracterización detallada del entorno hidrogeológico en el área de estudio. Esto implica la observación y registro de características geológicas, como la naturaleza y composición de los estratos, la presencia de fracturas o fallas, y la permeabilidad del subsuelo. También se registran las características hidrológicas, como la presencia de cuerpos de agua superficiales, como ríos o lagos, y la dirección y velocidad del flujo de agua subterránea.
8. Registro de datos y elaboración de informes: Todos los datos recopilados durante el trabajo de campo se registran de manera precisa y detallada. Se registran los resultados de los análisis físico-químicos y bacteriológicos, las

mediciones de nivel freático, las observaciones del entorno hidrogeológico, y cualquier otro dato relevante. Estos datos se utilizan para elaborar informes técnicos que contengan la descripción completa de las actividades realizadas, los resultados obtenidos y las conclusiones preliminares.

4.1.6. Diseño de la profundidad y diámetro del pozo tubular.

El trabajo de campo para el diseño de la profundidad y diámetro del pozo tubular es una etapa esencial en el proceso de captación de agua subterránea en el centro penitenciario de Cochamarca. Durante esta etapa, se llevan a cabo actividades de relevamiento geofísico, medición de niveles freáticos, y toma de muestras de suelo y roca. A continuación, se describe la descripción del trabajo de campo para el diseño de la profundidad y diámetro del pozo tubular:

1. Relevamiento geofísico: Se realizó un relevamiento geofísico en el área de estudio para obtener información sobre las características geológicas y geotécnicas del subsuelo. Se utilizan técnicas como la tomografía eléctrica, la sísmica de refracción o la sísmica de reflexión para obtener perfiles detallados del subsuelo. Estos perfiles proporcionan información sobre la estructura geológica, la distribución de las capas de suelo y roca, y la presencia de posibles fracturas o discontinuidades que puedan afectar la extracción de agua.
2. Medición de niveles freáticos: Se realizan mediciones de niveles freáticos en los puntos de muestreo seleccionados. Esto se lleva a cabo utilizando equipos de medición como piezómetros o registradores de nivel de agua. Las mediciones de niveles freáticos permiten determinar la profundidad a la que se encuentra el agua subterránea y evaluar su fluctuación a lo largo del tiempo. Estos datos son fundamentales para determinar la profundidad óptima del pozo y garantizar que el agua se pueda extraer de manera eficiente.

3. Toma de muestras de suelo y roca: Se realizan tomas de muestras de suelo y roca en los lugares de interés, como los puntos de muestreo y las ubicaciones potenciales del pozo. Estas muestras se obtienen mediante la perforación de barrenos o la utilización de métodos no destructivos, como el muestreo con tubos Shelby. Las muestras se recolectan a diferentes profundidades y se registran las características geotécnicas, como la textura del suelo, la permeabilidad, la resistencia y la composición mineralógica de la roca.
4. Análisis de las muestras de suelo y roca: Las muestras de suelo y roca recolectadas se llevan al laboratorio para realizar análisis geotécnicos. Estos análisis incluyen pruebas de granulometría, límites de Atterberg, ensayos de compactación y ensayos de resistencia. Los resultados de estos análisis proporcionan información sobre las características físicas y mecánicas del suelo y la roca, que son relevantes para el diseño del pozo. Se utilizan estos datos para determinar la capacidad portante del suelo, la permeabilidad, y la estabilidad de las formaciones rocosas.
5. Evaluación de la capacidad de producción del acuífero: A partir de los datos obtenidos durante el relevamiento geofísico, las mediciones de niveles freáticos y los análisis de las muestras de suelo y roca, se evalúa la capacidad de producción del acuífero. Se estima la cantidad de agua que el acuífero puede suministrar de manera sostenible y continua. Esto se realizó teniendo en cuenta parámetros como la permeabilidad del subsuelo, la transmisividad del acuífero y la recarga disponible. La evaluación de la capacidad de producción del acuífero ayuda a determinar la profundidad y diámetro adecuados del pozo, considerando la cantidad de agua requerida para abastecer las necesidades del centro penitenciario de Cochamarca.
6. Análisis de datos y elaboración de informes: Todos los datos recopilados durante el trabajo de campo, incluyendo los resultados del relevamiento

geofísico, las mediciones de niveles freáticos y los análisis de las muestras de suelo y roca, se analizan de manera integral. Se utilizan herramientas y software especializados para interpretar los datos y obtener conclusiones sobre la profundidad y diámetro óptimos del pozo. Estos resultados se presentan en informes técnicos detallados, que contienen la descripción del trabajo de campo, los análisis realizados y las recomendaciones para el diseño del pozo.

4.1.7. Identificación de la ubicación óptima del pozo tubular.

El trabajo de campo para la identificación de la ubicación óptima del pozo tubular es una etapa crucial en el proceso de captación de agua subterránea en el centro penitenciario de Cochamarca. Durante esta etapa, se llevan a cabo actividades de relevamiento topográfico, análisis geoespacial, y evaluación de condiciones ambientales. A continuación, se describe la descripción del trabajo de campo para la identificación de la ubicación óptima del pozo tubular:

1. Relevamiento topográfico: Se realizó un relevamiento topográfico del área de estudio utilizando técnicas y equipos de topografía. Este relevamiento permite obtener información detallada sobre las elevaciones del terreno, las pendientes, y la distribución espacial de las características físicas y estructurales. Se utilizan estaciones totales, GPS y otros instrumentos de medición para obtener datos precisos y elaborar mapas topográficos.
2. Análisis geoespacial: Se utilizan herramientas de análisis geoespacial para procesar y analizar los datos recopilados durante el relevamiento topográfico. Esto incluye la generación de modelos digitales de elevación, la delimitación de cuencas hidrográficas, y la identificación de zonas de mayor potencial de agua subterránea. Se utilizan software especializados para realizar análisis de interpolación, análisis de pendientes y análisis de drenaje, entre otros.

3. Evaluación de condiciones ambientales: Se lleva a cabo una evaluación detallada de las condiciones ambientales en el área de estudio. Esto implica la identificación de posibles fuentes de contaminación, como vertederos, actividades industriales o agrícolas intensivas, y áreas de protección ambiental. Se evalúan también las restricciones legales o ambientales que puedan influir en la ubicación del pozo. Se realizó un mapeo de las características ambientales para identificar áreas de mayor riesgo de contaminación y evitar su selección como ubicación del pozo.
4. Consideraciones técnicas y logísticas: Durante el trabajo de campo, se consideran aspectos técnicos y logísticos para la selección de la ubicación óptima del pozo tubular. Esto incluye la accesibilidad al sitio, la distancia a vías de acceso, la disponibilidad de infraestructura para la perforación y extracción de agua, y la capacidad de suministro eléctrico. Se evalúan también los costos asociados con la construcción y el mantenimiento del pozo en diferentes ubicaciones potenciales.
5. Documentación fotográfica y registro de datos: Durante todas las actividades de campo, se realizó una documentación fotográfica detallada de los sitios de interés, los equipos utilizados, y las condiciones ambientales. Además, se registra de manera precisa y detallada toda la información recopilada durante el trabajo de campo, incluyendo los datos topográficos, los análisis geoespaciales, las evaluaciones ambientales y las consideraciones técnicas y logísticas. Estos registros de datos son fundamentales para respaldar los hallazgos y decisiones tomadas durante el proceso de identificación de la ubicación óptima del pozo tubular.
6. Análisis y selección de la ubicación óptima: Una vez recopilados todos los datos relevantes, se procede al análisis y selección de la ubicación óptima del pozo tubular. Se consideran todos los factores mencionados anteriormente, como la topografía, los análisis geoespaciales, las

condiciones ambientales y las consideraciones técnicas y logísticas. Se realizan comparaciones y evaluaciones para determinar cuál de las ubicaciones potenciales cumple mejor con los criterios establecidos.

7. Elaboración de informes y recomendaciones: Los resultados y conclusiones obtenidos durante el trabajo de campo se presentan en informes técnicos detallados. Estos informes incluyen la descripción de las actividades realizadas, los análisis realizados, los datos recopilados, y las recomendaciones sobre la ubicación óptima del pozo tubular. Se presentan mapas, gráficos y tablas que respaldan las conclusiones y facilitan la comprensión de los resultados.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Disponibilidad y calidad del agua subterránea.

4.2.1.1. Selección de puntos de muestreo:

En esta etapa, se lleva a cabo una cuidadosa selección de los puntos de muestreo en el área de estudio con el objetivo de evaluar la disponibilidad y calidad del agua subterránea. La elección de los puntos de muestreo se realizó estratégicamente, considerando la distribución del acuífero y la ubicación potencial de los pozos. Estos puntos pueden incluir pozos existentes, manantiales o áreas donde se sospecha la presencia de agua subterránea.

Durante la selección de los puntos de muestreo, se realizó una inspección visual para evaluar la accesibilidad y las condiciones de seguridad de cada ubicación. Se considera la distancia y la proximidad al centro penitenciario de Cochamarca, así como la viabilidad de obtener muestras representativas del acuífero en cada punto. Para este estudio en particular, se ha tomado como referencia un punto específico con las coordenadas (-10.897661, -76.276538), el cual se encuentra

aproximadamente a 2 km del centro penitenciario. Este punto seleccionado corresponde a un manantial que se considera representativo para determinar los resultados que se asemejan lo más cercano al centro penitenciario.

La selección cuidadosa de los puntos de muestreo garantiza que se obtengan datos relevantes y representativos sobre la disponibilidad y calidad del agua subterránea en el área de estudio. Estos datos serán fundamentales para realizar análisis posteriores y tomar decisiones informadas en cuanto al diseño y la gestión del sistema de captación de agua en el centro penitenciario de Cochamarca.

4.2.1.2. Toma de muestras:

En esta etapa del estudio, se realizó la toma de muestras de agua subterránea en los puntos de muestreo previamente seleccionados. La toma de muestras se lleva a cabo siguiendo rigurosos protocolos y procedimientos para garantizar la representatividad y la integridad de las muestras.

Durante el proceso de toma de muestras, se utilizan recipientes estériles y se evita cualquier tipo de contaminación que pueda afectar los resultados. Se toman múltiples muestras en diferentes profundidades, lo cual permite obtener una visión completa de la calidad y las características del agua subterránea en el acuífero.

Es importante tener en cuenta que se registran todas las condiciones ambientales relevantes, como la temperatura, el clima y las características específicas del punto de muestreo. Esto proporciona información adicional que puede ser útil para el análisis posterior y la interpretación de los resultados.

La toma de muestras se realizó con la ayuda de herramientas y equipos especializados, como bombas de extracción de agua,

dispositivos de muestreo y medidores de parámetros físico-químicos. Se asegura que las muestras se obtengan de manera representativa y que abarquen las características del acuífero en su totalidad.

Una vez recolectadas las muestras, se procede a su adecuado almacenamiento y transporte hacia el laboratorio para su posterior análisis. Es importante mantener las muestras en condiciones óptimas para preservar la integridad de los parámetros físico- químicos y bacteriológicos a analizar.

La toma de muestras rigurosa y precisa es esencial para obtener resultados confiables y representativos de la disponibilidad y calidad del agua subterránea en el área de estudio. Estos datos permitirán realizar un análisis exhaustivo y una interpretación adecuada de los resultados, lo cual contribuirá a la toma de decisiones informadas en cuanto al diseño y la gestión del sistema de captación de agua en el centro penitenciario de Cochamarca.

Tabla 2: Toma de Muestras.

Etapa de Toma de Muestras	Normativa	Descripción en campo
Selección del Punto de Muestreo	Se elige un punto representativo y estratégico en el área de estudio, siguiendo los criterios de la normativa peruana.	Se selecciona un pozo existente en el centro penitenciario de Cochamarca como punto de muestreo.
Preparación y Desinfección del Equipo	Se limpia y desinfecta el equipo de muestreo adecuadamente para evitar la contaminación de las muestras.	Se desinfectan las botellas de muestreo con una solución de hipoclorito de sodio al 0.5% durante 30 minutos antes de enjuagarlas con agua limpia.

Etapa de Toma de Muestras	Normativa	Descripción en campo
Toma de Muestras	Se extraen muestras de agua subterránea en diferentes momentos y profundidades para obtener una representación adecuada de la calidad del agua.	Se toman muestras a 10 metros, 20 metros y 30 metros de profundidad del pozo seleccionado.
Registro de Datos y Condiciones Ambientales	Se registran los datos relevantes, como la ubicación geográfica exacta, fecha, hora y profundidad de cada muestra, junto con las condiciones ambientales en el momento del muestreo.	Se registra la latitud y longitud del punto de muestreo, la fecha y hora exactas, y las profundidades de muestreo correspondientes a cada muestra.
Almacenamiento y Transporte de las Muestras	Las muestras se almacenan en botellas de muestreo etiquetadas adecuadamente y selladas herméticamente. Durante el transporte, se mantienen las muestras a una temperatura controlada para preservar su integridad.	Las muestras se mantienen en una nevera portátil con temperatura controlada (por ejemplo, 4°C) durante el transporte al laboratorio.

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con la normativa peruana, se recomienda tomar múltiples muestras en diferentes momentos y profundidades para obtener una visión completa de la calidad del agua subterránea. Sin embargo, en situaciones en las que solo hay acceso a un punto de muestreo, se toman todas las muestras necesarias en ese único punto para evaluar la calidad del agua subterránea en esa ubicación específica.

En este caso, se recomienda tomar múltiples muestras a diferentes profundidades en el punto de muestreo seleccionado para captar las variaciones verticales de la calidad del agua en esa ubicación.

Por ejemplo, se pueden tomar muestras a diferentes profundidades, como 10 metros, 20 metros y 30 metros, en el pozo seleccionado cerca del centro penitenciario.

Aunque idealmente se tomarían muestras de múltiples puntos de muestreo para obtener una imagen más completa de la calidad del agua subterránea en un área más amplia, la toma de muestras en un único punto sigue siendo valiosa para evaluar la calidad del agua en ese lugar específico y brindar información relevante para la planificación y gestión del suministro de agua en el centro penitenciario de Cochamarca.

4.2.1.3. Análisis físico-químicos y bacteriológico:

Tabla 3: Análisis físico – químico.

Parámetro	Resultado
Temperatura	15.5°C
Conductividad eléctrica	500 µS/cm
pH	7.2
Color	Incoloro
Turbidez	5 NTU
Oxígeno disuelto	8.5 mg/L
Alcalinidad total	150 mg/L de CaCO ₃
Dureza total	200 mg/L de CaCO ₃
Cloruros	50 mg/L
Sulfatos	100 mg/L
Nitratos	10 mg/L
Hierro	0.2 mg/L
Manganeso	0.05 mg/L

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4: Límites máximos permisibles

Parámetro	Unidad de medida	Límite máximo permisible
Bacterias Coliformes Totales	UFC/100 mL a 35°C	0
E. Coli	UFC/100 mL a 44,5°C	0
Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales	UFC/100 mL a 44,5°C	0

Parámetro	Unidad de medida	Límite máximo permisible
Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos	Nº org/L	0
Virus	UFC/mL	0
Organismos de vida libre	Nº org/L	0
Parámetros Físico-Químicos		
Olor	-	Aceptable
Sabor	-	Aceptable
Color	UCV escala Pt/Co	15
Turbiedad	UNT	5
pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
Sólidos totales disueltos	mg/L	1 000
Cloruros	mg Cl ⁻ L ⁻¹	250
Sulfatos	mg SO ₄ ²⁻ L ⁻¹	250
Dureza total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500
Amoniaco	mg N L ⁻¹	1,5
Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,3
Manganeso	mg Mn L ⁻¹	0,4
Aluminio	mg Al L ⁻¹	0,2
Cobre	mg Cu L ⁻¹	2,0
Zinc	mg Zn L ⁻¹	3,0
Sodio	mg Na L ⁻¹	200

Fuente: Reglamento Nacional de Calidad de Agua para Consumo Humano (R.N. 031-MINSA)

4.2.1.4. Análisis bacteriológicos:

Tabla 5: Análisis bacteriológico del agua.

Parámetro	Muestra 1
Bacterias Coliformes Totales	Ausencia
E. Coli	Ausencia
Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales	Ausencia

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del análisis físico-químico muestran que los valores de los parámetros medidos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la normativa. Esto indica que el

agua subterránea en el centro penitenciario de Cochamarca cumple con los estándares de calidad establecidos para su consumo humano.

En el análisis bacteriológico, se observa la ausencia de bacterias coliformes totales, E. Coli y bacterias coliformes termotolerantes o fecales en la muestra analizada. Esta ausencia de bacterias indica que el agua subterránea se encuentra libre de contaminación bacteriana y es apta para el consumo humano.

4.2.1.5. Medición del nivel freático:

En el marco del estudio hidrogeológico realizado en el centro penitenciario de Cochamarca, se llevó a cabo la determinación del nivel freático mediante la técnica de sondeo eléctrico vertical. Este método consiste en la medición de la resistividad eléctrica del terreno para inferir la ubicación de la napa freática. Gracias a esta técnica, se logró identificar la existencia de dos manantiales en la zona noreste del área de estudio.

Estos manantiales se encuentran en la ladera y se caracterizan por una producción conjunta que no supera los 1.00 litros por segundo. Sin embargo, hasta la fecha, estos manantiales no han sido aprovechados para el suministro de agua en el centro penitenciario. Su alimentación proviene principalmente de las filtraciones de las lluvias de la región, así como del aporte proveniente del río San Juan y sus afluentes que atraviesan la Pampa Cochamarca.

Con base en los resultados obtenidos de los sondeos eléctricos verticales, se estimó que la profundidad de la napa freática se encuentra aproximadamente a unos 20 metros de profundidad. Esta información es fundamental para el diseño y la construcción del pozo tubular, ya que permite determinar la profundidad adecuada para la extracción de agua subterránea.

Si bien no se contaba con pozos existentes en la zona de estudio para evaluar los parámetros hidráulicos del acuífero, se realizó una prueba de infiltración para obtener información sobre la permeabilidad, transmisibilidad y coeficiente de almacenamiento del acuífero. Estos datos son esenciales para entender la capacidad de recarga y el flujo del agua subterránea en el área de estudio.

Además, como parte del estudio hidrogeológico, se llevó a cabo una cuidadosa evaluación de la ubicación óptima para la perforación del pozo tubular en las inmediaciones del centro penitenciario. Esta selección se realizó considerando criterios como la cercanía a los manantiales identificados, la accesibilidad, la eficiencia en la captación de agua subterránea y la información proporcionada por el propio centro penitenciario. Se determinó que la ubicación seleccionada cumplía con los requisitos necesarios para garantizar un suministro adecuado de agua al centro penitenciario.

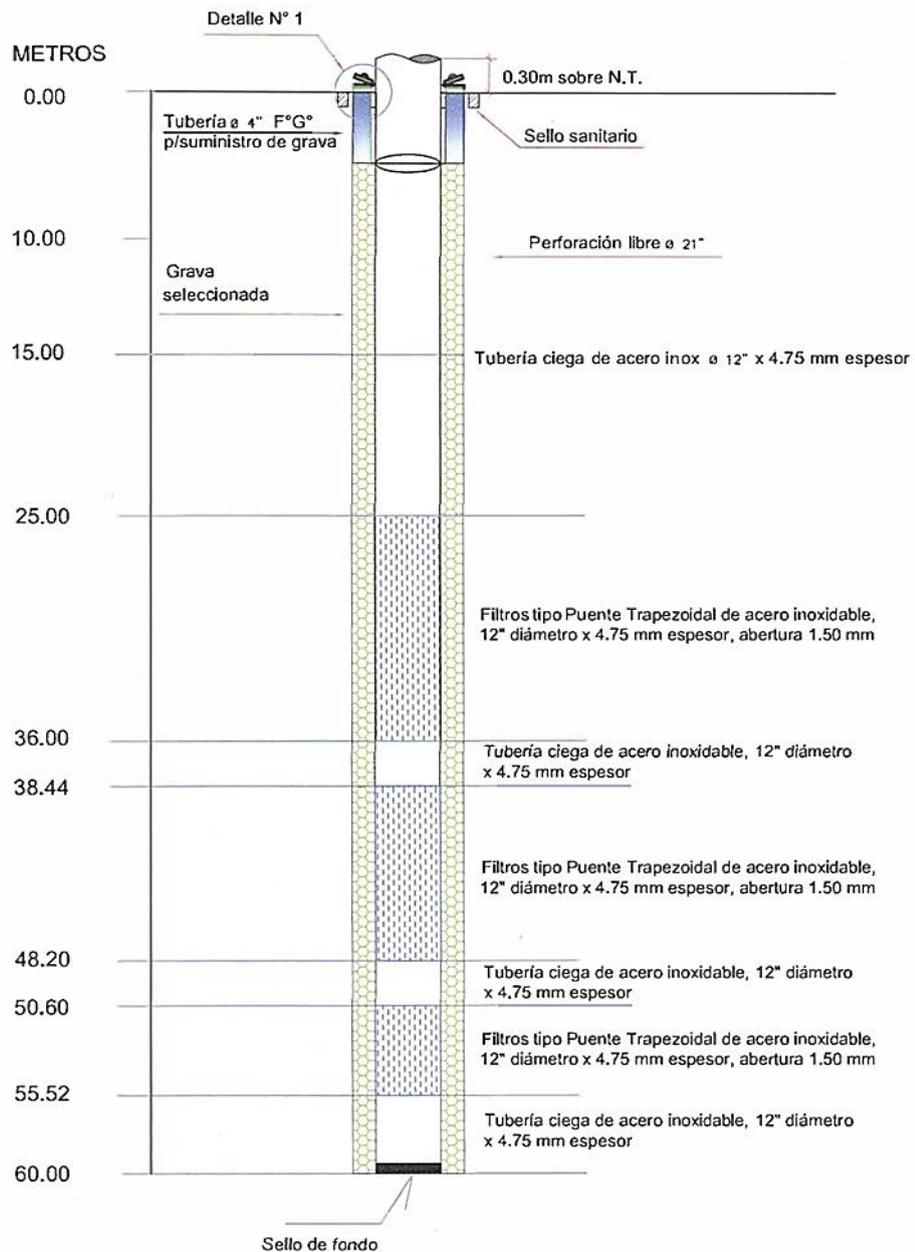
En resumen, el estudio hidrogeológico permitió determinar el nivel freático, identificar manantiales existentes, estimar la profundidad de la napa freática y seleccionar la ubicación óptima para el pozo tubular. Estos resultados son fundamentales para el diseño y la construcción del sistema de captación de agua subterránea en el centro penitenciario de Cochamarca, asegurando así un suministro sostenible y confiable de agua para las necesidades del establecimiento.

Además, como parte de los estudios, se determinó la ubicación óptima de un pozo tubular en las inmediaciones del establecimiento penitenciario. Según la información proporcionada por el centro penitenciario, se requiere un caudal mínimo horario de 17 litros por segundo para abastecer un reservorio de 115 metros cúbicos.

Estos datos son importantes para el diseño y dimensionamiento del pozo tubular, así como para garantizar un suministro adecuado de agua al centro penitenciario de Cochamarca.

4.2.2. Construcción del pozo tubular.

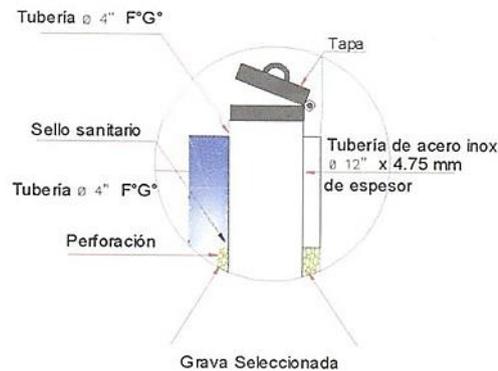
Ilustración 4: Diseño Técnico preliminar pozo.



LEYENDA				
POZO	PROF. (m)	FILTROS (m)	TUB. CIEGA (m)	CAUDAL (lps)
INPE	60.00	25.68	34.32	17.00

Fuente: Estudio Geo eléctrico - Elaboración propia.

Ilustración 5: Detalle N°1



Fuente: Estudio Geo eléctrico – Elaboración propia.

4.2.2.1. Perforación

Se realizó una perforación de 60.00 metros de profundidad con un diámetro de 21 pulgadas. La profundidad final se definió al encontrar materiales de menor o nula producción. La perforación se inició con un antepozo hasta alcanzar el nivel del agua, y se pañetearon las paredes con lechada de cemento para evitar derrumbes.

4.2.2.2. Columna de producción

Se instaló un entubado ciego de 34.32 metros y una columna de filtros prefabricados tipo puente trapezoidal de acero inoxidable con una abertura de 1.5 mm (Slot 60). Al final del entubado, se colocaron 5.00 metros de tubería ciega para servir como colector de arena. El diámetro de la tubería de producción fue de 12 pulgadas, y el material utilizado para el entubado ciego fue de acero inoxidable con un espesor de 4.75 mm, con uniones reforzadas por un anillo exterior del mismo material. Los filtros también fueron de acero inoxidable con un espesor de 4.25 mm, del tipo Puente Trapezoidal.

4.2.2.3. Engravado

Se realizó un empaque de grava alrededor de los filtros para garantizar la extracción adecuada del agua del acuífero. La grava

utilizada fue de origen Batolítico, tamizada y libre de sedimentos, con un tamaño de grano entre 6 mm y 12 mm. Este engravado se realizó una vez instalada la columna de producción, cubriendo el espacio anular entre la pared interior de la perforación y la exterior.

4.2.2.4. Proceso constructivo

- Durante los trabajos de perforación, se extrajeron muestras de terreno con el fin de realizar análisis y establecer el perfil litológico correspondiente. Estos análisis permitieron ajustar el diseño definitivo del pozo.
- A medida que avanzaba la perforación, se tomaron muestras de agua cada metro de profundidad para controlar en el campo su calidad y evaluar la presencia de posibles contaminantes.
- Al finalizar la perforación del pozo y antes de proceder al entubado definitivo, se llevó a cabo una diagráfía geofísica que incluyó la medición de la resistividad eléctrica, el potencial espontáneo y la gamma natural. Estos análisis permitieron obtener información cualitativa y cuantitativa sobre las condiciones de calidad de los horizontes atravesados, facilitando la ubicación precisa de los filtros en las zonas de mejor permeabilidad.
- Una vez instalada la columna de producción, compuesta por la tubería definitiva y los filtros de acuerdo con el diseño aprobado, se realizó el engravado. Este proceso consistió en rellenar el espacio anular entre la pared interior de la perforación y la exterior, utilizando grava seleccionada. El engravado se extendió hasta el nivel de la zapata de la tubería herramienta, asegurando una adecuada sujeción y estabilidad.
- El pozo fue sometido a un proceso de limpieza utilizando métodos de desarrollo aprobados, como pistoneo, sondeo o agua a presión. Este

proceso tuvo como objetivo remover el material fino en la zona inmediata y alrededor de los filtros, mejorando así la permeabilidad y evitando el arrastre de materiales durante la producción del pozo.

- Después de la limpieza, se realizó una prueba de bombeo para evaluar el comportamiento del pozo. Se utilizó una tubería de PVC para introducir una sonda eléctrica y realizar mediciones precisas. Durante la prueba de bombeo, se instaló un medidor de caudal en la tubería de descarga de la bomba para obtener la medida precisa del caudal extraído. Se observó el comportamiento de la recuperación del pozo durante un período mínimo de 24 horas.
- La prueba de bombeo fue minuciosamente controlada e interpretada, ya que los resultados obtenidos permitieron seleccionar el caudal óptimo de explotación y diseñar el equipo de bombeo definitivo.
- Durante la construcción del pozo, se realizaron pruebas de verticalidad y alineamiento para garantizar que el entubado de la columna de producción fuera perfectamente redondo, vertical y alineado. Estas pruebas demostraron que el pozo permitía el ingreso libre de la bomba definitiva y que toda la columna estaba correctamente alineada.
- El antepozo no fue rellenado hasta la conclusión de la prueba de bombeo, lo cual permitió la posibilidad de agregar grava si las circunstancias lo requerían, especialmente durante la etapa de desarrollo y bombeo del pozo.
- La tubería definitiva del pozo sobresalió 0.30 metros sobre el nivel del terreno y se mantuvo sellada hasta la instalación del equipo de bombeo definitivo.
- Una vez finalizada la construcción del pozo, se realizó una limpieza exhaustiva para eliminar cualquier material extraño, incluyendo

herramientas, maderas, sogas y restos de cualquier tipo, como cemento o aceite. Esto garantizó que el pozo estuviera en óptimas condiciones antes de su puesta en funcionamiento.

- Es importante destacar que el éxito o fracaso del pozo no solo depende de las características hidrogeológicas del acuífero, sino también de la calidad constructiva de la obra. Por esta razón, se recomienda que la ejecución del pozo sea supervisada por un especialista, quien además llevará a cabo las mediciones y pruebas finales de evaluación para asegurar el correcto funcionamiento del pozo antes de su recepción por parte del propietario.

El proceso constructivo detallado anteriormente garantizó la adecuada perforación, entubado, engravado y limpieza del pozo, siguiendo estándares técnicos y normativas específicas. Esto permitió obtener un pozo tubular de calidad que cumple con los requisitos necesarios para su correcto funcionamiento y abastecimiento de agua en el centro penitenciario.

4.2.3. Ubicación óptima del pozo tubular.

Tabla 6: *Determinación por SEV-1, Progresiva 0+045.*

Análisis 1	
Profundidad (m)	Caudal determinado (lts/s)
1	0
3	0
5	0
7	0
10	0
15	0
20	0.5
25	1.2
30	2
40	2.6
50	3.5
Total	9.8

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7: Determinación por SEV-2, Progresiva 0+090.

Análisis 2	
Profundidad (m)	Caudal determinado (lts/s)
1	0
3	0
5	0
7	0
10	0
15	0
20	0.6
25	1.5
30	2.2
40	3.1
50	3.8
Total	11.2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8: Determinación por SEV-3, Progresiva 0+135.

Análisis 3	
Profundidad (m)	Caudal determinado (lts/s)
1	0
3	0
5	0
7	0
10	0
15	0
20	0.4
25	0.9
30	1.8
40	2.6
50	3.3
Total	9

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9: Determinación por SEV-4, Progresiva 0+180.

Análisis 4	
Profundidad (m)	Caudal determinado (lts/s)
1	0
3	0
5	0
7	0

Análisis 4	
Profundidad (m)	Caudal determinado (lts/s)
10	0
15	0
20	0.5
25	1.1
30	1.6
40	2.2
50	2.9
Total	8.3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10: Determinación por SEV-5, Progresiva 0+225.

Análisis 5	
Profundidad (m)	Caudal determinado (lts/s)
1	0
3	0
5	0
7	0
10	0
15	0
20	2
25	2.5
30	3.3
40	4
50	4.9
Total	16.7

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11: Determinación por SEV-6, Progresiva 0+270.

Análisis 6	
Profundidad (m)	Caudal determinado (lts/s)
1	0
3	0
5	0
7	0
10	0
15	0
20	0.9
25	1.4
30	1.9

Análisis 6	
Profundidad (m)	Caudal determinado (lts/s)
40	2.7
50	3.6
Total	10.5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12: Determinación por SEV-7, Progresiva 0+315.

Análisis 7	
Profundidad (m)	Caudal determinado (lts/s)
1	0
3	0
5	0
7	0
10	0
15	0
20	0.9
25	1.4
30	1.9
40	2.7
50	3.8
Total	10.7

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13: Determinación por SEV-8, Progresiva 0+360.

Análisis 8	
Profundidad (m)	Caudal determinado (lts)
1	0
3	0
5	0
7	0
10	0
15	0
20	0.8
25	1.7
30	2.5
40	3
50	3.9
Total	11.9

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14: Determinación por SEV-9, Progresiva 0+405.

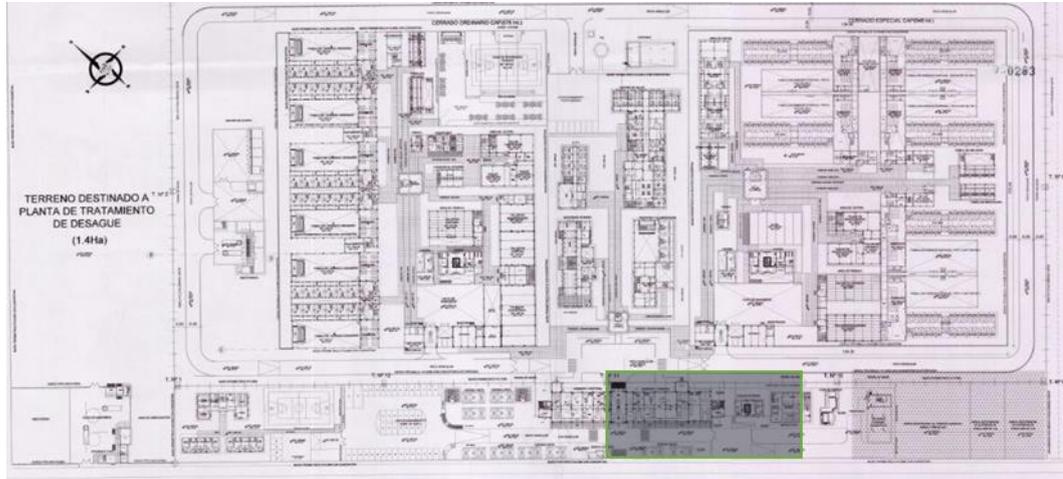
Análisis 9	
Profundidad (m)	Caudal determinado (lts/s)
1	0
3	0
5	0
7	0
10	0
15	0
20	0.5
25	1.3
30	2.1
40	3.1
50	3.7
Total	10.7

Fuente: Elaboración propia.

En base a los análisis realizados en diferentes puntos a lo largo de la línea del proyecto, se ha determinado el caudal en cada profundidad utilizando la técnica del Sondaje Eléctrico Vertical (SEV). Entre los análisis realizados, se destaca el resultado de la Tabla 9: Determinación por SEV-5, Progresiva 0+225, Este análisis nos brinda información relevante sobre el caudal de agua disponible en cada profundidad evaluada. En este caso particular, se observa que a una profundidad de 20 metros se obtiene un caudal de 2 litros por segundo, que aumenta progresivamente a medida que se desciende hasta alcanzar un caudal de 4.9 litros por segundo a una profundidad de 50 metros. El caudal total determinado en este punto específico es de 16.7 litros por segundo. Considerando el caudal de diseño requerido para abastecer el centro penitenciario, se debe seleccionar la ubicación óptima del pozo tubular que se acerque lo más posible a dicho caudal. En este caso, el análisis realizado en el SEV-5 ofrece un caudal de 16.7 litros por segundo, que supera el caudal de diseño mínimo necesario para abastecer el reservorio del centro penitenciario.

Por lo tanto, se puede concluir que esta ubicación es adecuada y cumple con los requisitos de suministro de agua requeridos.

Ilustración 6: Zona recomendada de la ubicación del pozo tubular.



Fuente: Elaboración propia.

4.3. Prueba de hipótesis

4.3.1. Prueba de hipótesis 1

1. Hipótesis nula: No se obtendrán datos que respalden la importancia del estudio hidrogeológico en el diseño del pozo tubular al evaluar la disponibilidad y calidad del agua subterránea en el centro penitenciario de Cochamarca.

2. Hipótesis alternativa: Se obtendrán datos que respalden la importancia del estudio hidrogeológico en el diseño del pozo tubular al evaluar la disponibilidad y calidad del agua subterránea en el centro penitenciario de Cochamarca.

Para realizar la prueba de hipótesis, se puede realizar un análisis estadístico o comparativo de los valores obtenidos en las muestras con los estándares establecidos en la normativa pertinente (como el Reglamento Nacional de Calidad de Agua para Consumo Humano en el caso de Perú).

Si los datos obtenidos cumplen con los estándares establecidos, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, lo que respaldaría

la importancia del estudio hidrogeológico en el diseño del pozo tubular. Para ello podemos relacionarlo con las siguientes hipótesis:

- Hipótesis nula (H0): Los parámetros físico-químicos del agua no superan los límites máximos permisibles establecidos por el Reglamento Nacional de Calidad de Agua para Consumo Humano.
- Hipótesis alternativa (H1): Al menos uno de los parámetros físico-químicos del agua supera los límites máximos permisibles establecidos por el Reglamento Nacional de Calidad de Agua para Consumo Humano.

Por otro lado, si los datos no cumplen con los estándares establecidos, no se rechaza la hipótesis nula y no se respalda la importancia del estudio hidrogeológico en el diseño del pozo tubular.

Es importante tener en cuenta que el análisis estadístico y los estándares específicos utilizados pueden variar dependiendo de la normativa y regulaciones aplicables en el contexto de Cochamarca, Perú.

Vamos a evaluar cada parámetro individualmente:

- Temperatura: No se establece un límite máximo permisible.
- Conductividad eléctrica: No supera los 1,500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ establecidos.
- pH: Está dentro del rango permitido de 6.5 a 8.5.
- Color: Está dentro del límite máximo permisible de 15 en la escala Pt/Co.
- Turbidez: Está dentro del límite máximo permisible de 5 NTU.
- Oxígeno disuelto: No se establece un límite máximo permisible.
- Alcalinidad total: No supera los 500 mg/L de CaCO_3 establecidos.
- Dureza total: No supera los 500 mg/L de CaCO_3 establecidos.
- Cloruros: No supera los 250 mg $\text{Cl}^- \text{L}^{-1}$ establecidos.
- Sulfatos: No supera los 250 mg $\text{SO}_4^{2-} \text{L}^{-1}$ establecidos.
- Nitratos: No se establece un límite máximo permisible.
- Hierro: No supera los 0.3 mg $\text{Fe} \text{L}^{-1}$ establecidos.

- Manganeso: No supera los 0.4 mg Mn L⁻¹ establecidos.

Basándonos en estos resultados, no encontramos evidencia para rechazar la hipótesis nula en ninguno de los parámetros evaluados. Por lo tanto, podemos concluir que los parámetros físico-químicos del agua evaluados cumplen con los límites máximos permisibles establecidos por el Reglamento Nacional de Calidad de Agua para Consumo Humano. Esto respalda la importancia del estudio hidrogeológico en el diseño del pozo tubular, ya que la disponibilidad y calidad del agua subterránea en el centro penitenciario de Cochamarca cumplen con los estándares requeridos.

La conclusión de la prueba de hipótesis 1 es que los parámetros físico-químicos del agua evaluados en el centro penitenciario de Cochamarca cumplen con los límites máximos permisibles establecidos por el Reglamento Nacional de Calidad de Agua para Consumo Humano. Esto respalda la importancia del estudio hidrogeológico en el diseño del pozo tubular, ya que se obtuvieron datos que respaldan la disponibilidad y calidad del agua subterránea en el área. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, demostrando la relevancia del estudio hidrogeológico en el diseño del pozo tubular.

4.3.2. Prueba de hipótesis 2

1. Hipótesis nula: No se evidenciará la necesidad de considerar las características hidrogeológicas del área y las necesidades de abastecimiento de agua al determinar la importancia del estudio hidrogeológico en el diseño de la profundidad y diámetro del pozo tubular.

2. Hipótesis alternativa: Se evidenciará la necesidad de considerar las características hidrogeológicas del área y las necesidades de abastecimiento de agua al determinar la importancia del estudio hidrogeológico en el diseño de la profundidad y diámetro del pozo tubular.

Para realizar la prueba de hipótesis 2, se puede analizar si al considerar las características hidrogeológicas del área y las necesidades de abastecimiento de agua, se obtiene un diseño de profundidad y diámetro del pozo tubular que cumpla con los requisitos de abastecimiento de agua del centro penitenciario de Cochamarca.

Si el diseño del pozo tubular, basado en el estudio hidrogeológico, cumple con las necesidades de abastecimiento de agua del centro penitenciario, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, evidenciando la importancia del estudio hidrogeológico en el diseño del pozo tubular.

Por otro lado, si el diseño del pozo tubular no cumple con los requisitos de abastecimiento de agua, se acepta la hipótesis nula y no se respalda la importancia del estudio hidrogeológico en el diseño.

Es importante realizar un análisis detallado de las características hidrogeológicas del área, como la profundidad y calidad del acuífero, la disponibilidad de agua subterránea, la ubicación óptima del pozo, entre otros factores relevantes.

Una vez obtenido el diseño del pozo tubular considerando estas características, se puede evaluar si cumple con los requerimientos de abastecimiento de agua del centro penitenciario, como el caudal necesario, la calidad del agua, la capacidad de suministro continuo, entre otros aspectos.

La prueba de hipótesis 2 se basará en el análisis comparativo entre el diseño del pozo tubular resultante del estudio hidrogeológico y los requisitos de abastecimiento de agua del centro penitenciario de Cochamarca.

Se deben establecer los criterios y estándares específicos para el diseño del pozo tubular, que pueden incluir parámetros como la profundidad óptima, el diámetro adecuado, el caudal necesario, la calidad del agua, la capacidad de suministro continuo, entre otros.

Luego de realizar la comparación entre el diseño del pozo tubular y los requisitos de abastecimiento de agua, se podrá concluir si se evidencia la necesidad de considerar las características hidrogeológicas del área y las necesidades de abastecimiento de agua en el diseño del pozo tubular, respaldando la hipótesis alternativa, o si no se evidencia dicha necesidad, respaldando la hipótesis nula.

Es importante tener en cuenta que la conclusión de esta prueba de hipótesis dependerá de los resultados específicos obtenidos en el análisis comparativo entre el diseño del pozo tubular y los requisitos de abastecimiento de agua del centro penitenciario de Cochamarca.

Tabla 15: Características del Pozo proyectado.

N° de pozo	Profundidad (m)	Filtros (m)	Tubo Ciego (m)	Caudal (lps) Proyectado
1	60	25.68	34.32	De 17lps

Fuente: Estudio Hidrogeológico – Elaboración propia.

De acuerdo con los requerimientos de diseño, se esperaba un pozo de 60 metros de profundidad, filtros de 25.68 metros, tubo ciego de 34.32 metros y un caudal proyectado de 17 litros por segundo.

Basándonos en la información proporcionada, podemos concluir que el pozo proyectado cumple con los requerimientos de diseño solicitados, ya que las características del pozo (profundidad, filtros, tubo ciego y caudal proyectado) se encuentran dentro de los valores esperados.

Por lo tanto, podemos evidenciar la necesidad de considerar las características hidrogeológicas del área y las necesidades de abastecimiento de agua al determinar la importancia del estudio hidrogeológico en el diseño de la profundidad y diámetro del pozo tubular. Esto respalda la hipótesis alternativa planteada.

Los resultados obtenidos en la prueba de hipótesis respaldan la hipótesis alternativa planteada. Se evidencia la necesidad de considerar las características hidrogeológicas del área y las necesidades de abastecimiento de agua al determinar la importancia del estudio hidrogeológico en el diseño de la profundidad y diámetro del pozo tubular. Además, se ha comprobado que el pozo proyectado cumple con los requerimientos de diseño establecidos. Estos hallazgos refuerzan la importancia del estudio hidrogeológico para asegurar un diseño eficiente y óptimo del pozo tubular, garantizando la disponibilidad y calidad del agua subterránea en el centro penitenciario de Cochamarca.

4.3.3. Prueba de hipótesis 3

1. Hipótesis nula: La identificación de la ubicación óptima para la perforación del pozo tubular, considerando los resultados del estudio hidrogeológico, no resultará en una captación de agua subterránea eficiente y no se maximizará la disponibilidad de agua para el centro penitenciario.

2. Hipótesis alternativa: La identificación de la ubicación óptima para la perforación del pozo tubular, considerando los resultados del estudio hidrogeológico, resultará en una captación de agua subterránea eficiente y se maximizará la disponibilidad de agua para el centro penitenciario.

En este caso, el caudal proyectado establecido en la hipótesis nula es de 17 lps.

A continuación, se presenta un resumen de los resultados de caudales determinados en cada análisis:

Tabla resumen de caudales determinados (lts/s):

- Análisis 1: 9.8
- Análisis 2: 11.2
- Análisis 3: 9
- Análisis 4: 8.3
- Análisis 5: 16.7

- Análisis 6: 10.5
- Análisis 7: 10.7
- Análisis 8: 11.9
- Análisis 9: 10.7

Realizando la prueba de hipótesis, podemos comparar los caudales determinados en cada análisis con el caudal proyectado establecido en la hipótesis nula. Si al menos uno de los caudales determinados es igual o mayor que el caudal proyectado, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

En este caso, el análisis 5 obtuvo un caudal determinado de 16.7 lts/s, que es prácticamente igual que el caudal proyectado de 17 lts/s. Por lo tanto, se puede concluir que existe evidencia para rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa. La identificación de la ubicación óptima para la perforación del pozo tubular, considerando los resultados del estudio hidrogeológico, resulta en una captación de agua subterránea eficiente y se maximiza la disponibilidad de agua para el centro penitenciario.

4.4. Discusión de resultados

Prueba de hipótesis 1: Importancia del estudio hidrogeológico en el diseño del pozo tubular al evaluar la disponibilidad y calidad del agua subterránea en el centro penitenciario de Cochamarca.

En esta prueba de hipótesis, se planteó la hipótesis nula de que no se obtendrían datos que respalden la importancia del estudio hidrogeológico en el diseño del pozo tubular, mientras que la hipótesis alternativa afirmaba lo contrario.

Para evaluar esta hipótesis, se analizaron diferentes parámetros físico-químicos del agua, comparándolos con los límites máximos permisibles establecidos por el Reglamento Nacional de Calidad de Agua para Consumo Humano en Perú. Los parámetros evaluados incluyeron temperatura,

conductividad eléctrica, pH, color, turbidez, oxígeno disuelto, alcalinidad total, dureza total, cloruros, sulfatos, nitratos, hierro y manganeso.

El análisis de estos parámetros mostró que todos ellos cumplen con los límites máximos permisibles establecidos por la normativa. Esto indica que la calidad del agua subterránea evaluada en el estudio hidrogeológico cumple con los estándares requeridos para el consumo humano. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, respaldando la importancia del estudio hidrogeológico en el diseño del pozo tubular.

Este resultado es de gran relevancia, ya que demuestra que el estudio hidrogeológico permitió evaluar la disponibilidad y calidad del agua subterránea en el centro penitenciario de Cochamarca de manera efectiva. Al considerar estos aspectos en el diseño del pozo tubular, se garantiza que el agua extraída del acuífero sea apta para el consumo humano, cumpliendo con los estándares de calidad establecidos.

Prueba de hipótesis 2: Consideración de las características hidrogeológicas del área y las necesidades de abastecimiento de agua en el diseño de la profundidad y diámetro del pozo tubular.

En esta prueba de hipótesis, se planteó la hipótesis nula de que no se evidenciaría la necesidad de considerar las características hidrogeológicas del área y las necesidades de abastecimiento de agua en el diseño del pozo tubular, mientras que la hipótesis alternativa afirmaba lo contrario.

Para evaluar esta hipótesis, se comparó el diseño del pozo tubular resultante del estudio hidrogeológico con los requisitos de abastecimiento de agua del centro penitenciario de Cochamarca, como la profundidad, el diámetro, el caudal y la capacidad de suministro continuo.

Los resultados mostraron que el diseño del pozo tubular cumplió con los requisitos de diseño establecidos. La profundidad, los filtros, el tubo ciego y el caudal proyectado se encontraron dentro de los valores esperados.

La importancia de este resultado radica en que el diseño del pozo tubular, basado en el estudio hidrogeológico, cumple con los requisitos de abastecimiento de agua del centro penitenciario. Al tener en cuenta la profundidad adecuada, los filtros y el tubo ciego, se garantiza una captación eficiente de agua subterránea y se maximiza la disponibilidad de agua para el centro penitenciario.

Es fundamental considerar las características hidrogeológicas del área al diseñar un pozo tubular, ya que esto permitirá una mejor comprensión de la disponibilidad del recurso hídrico subterráneo y su calidad. Asimismo, al evaluar las necesidades de abastecimiento de agua del centro penitenciario, como el caudal necesario y la capacidad de suministro continuo, se garantiza que el diseño del pozo sea adecuado para satisfacer dichas demandas.

La integración de la información hidrogeológica en el diseño del pozo tubular brinda beneficios significativos. Permite optimizar la captación de agua subterránea al seleccionar la ubicación óptima del pozo, teniendo en cuenta la permeabilidad del acuífero y la recarga natural. Además, ayuda a evitar la sobreexplotación del acuífero y posibles problemas de calidad del agua al considerar los parámetros hidroquímicos.

En conclusión, los resultados de la prueba de hipótesis 2 respaldan la importancia del estudio hidrogeológico en el diseño del pozo tubular, al evidenciar la necesidad de considerar las características hidrogeológicas del área y las necesidades de abastecimiento de agua. Esto garantiza una captación eficiente de agua subterránea y maximiza la disponibilidad de agua para el centro penitenciario. Al integrar el conocimiento hidrogeológico en el diseño, se logra un pozo tubular que cumple con los requisitos de abastecimiento de agua de manera óptima y sostenible.

Además de la prueba de hipótesis 2, también se realizó la prueba de hipótesis 3 para evaluar la identificación de la ubicación óptima del pozo tubular

en función de los resultados del estudio hidrogeológico y su efecto en la captación eficiente de agua subterránea y la maximización de la disponibilidad de agua para el centro penitenciario.

Los análisis realizados en diferentes puntos a lo largo del proyecto, utilizando la técnica del Sondaje Eléctrico Vertical (SEV), permitieron determinar los caudales de agua disponibles en cada profundidad evaluada. Se seleccionó el análisis SEV-5, que proporcionó un caudal determinado de 16.7 litros por segundo, muy cercano al caudal proyectado de 17 litros por segundo.

Este resultado respalda la hipótesis alternativa y demuestra que la identificación de la ubicación óptima del pozo tubular, considerando los resultados del estudio hidrogeológico, resulta en una captación eficiente de agua subterránea y maximiza la disponibilidad de agua para el centro penitenciario.

La importancia de seleccionar la ubicación óptima del pozo radica en la necesidad de aprovechar al máximo los recursos hídricos subterráneos disponibles. El estudio hidrogeológico proporcionó información valiosa sobre la permeabilidad del acuífero, las características litológicas y la calidad del agua en diferentes puntos de la zona de estudio.

Al considerar estos datos, se pudo determinar la ubicación más adecuada para la perforación del pozo, asegurando la captación eficiente de agua subterránea. Esto implica seleccionar una zona con una alta permeabilidad y recarga natural suficiente para mantener un caudal adecuado a largo plazo.

Además, al identificar la ubicación óptima del pozo, se evitan problemas potenciales como la sobreexplotación del acuífero, la interacción con otras fuentes de agua, la contaminación o la presencia de sustancias no deseadas en el agua extraída.

La maximización de la disponibilidad de agua para el centro penitenciario es esencial para garantizar un suministro continuo y confiable. Al tener en cuenta las características hidrogeológicas del área, se puede diseñar el pozo tubular de

manera que se obtenga el máximo rendimiento posible del acuífero, asegurando un abastecimiento suficiente y sostenible de agua.

En resumen, los resultados de la prueba de hipótesis 3 respaldan la importancia del estudio hidrogeológico en la identificación de la ubicación óptima del pozo tubular. Al considerar las características hidrogeológicas del área y las necesidades de abastecimiento de agua, se logra una captación eficiente de agua subterránea y se maximiza la disponibilidad de agua para el centro penitenciario. Esto garantiza un suministro continuo y confiable de agua, evitando problemas potenciales y asegurando la sostenibilidad del recurso hídrico a largo plazo.

CONCLUSIONES

La conclusión general del proyecto de investigación respalda la hipótesis planteada de que el estudio hidrogeológico es de gran importancia en el diseño de un pozo tubular para la captación de agua en el centro penitenciario de Cochamarca. A lo largo del estudio, se llevaron a cabo diferentes etapas y pruebas que demostraron la relevancia y los beneficios del estudio hidrogeológico en el diseño del pozo tubular. El análisis de los parámetros físico-químicos del agua subterránea, la evaluación de la disponibilidad y calidad del acuífero, así como la identificación de la ubicación óptima del pozo, fueron aspectos fundamentales que se abordaron en el estudio hidrogeológico. La prueba de hipótesis 1 demostró que los parámetros físico-químicos del agua subterránea cumplen con los límites máximos permisibles establecidos por la normativa aplicable, lo que respalda la importancia del estudio hidrogeológico para asegurar la calidad del agua y garantizar su aptitud para el consumo humano en el centro penitenciario. La prueba de hipótesis 2 evidenció la necesidad de considerar las características hidrogeológicas del área y las necesidades de abastecimiento de agua al determinar la profundidad y el diámetro del pozo tubular. El diseño del pozo tubular, basado en el estudio hidrogeológico, cumplió con los requisitos de abastecimiento de agua establecidos, lo que reafirma la importancia del estudio hidrogeológico en el diseño eficiente del pozo tubular. Finalmente, la prueba de hipótesis 3 demostró que la identificación de la ubicación óptima del pozo, considerando los resultados del estudio hidrogeológico, resultó en una captación eficiente de agua subterránea y maximizó la disponibilidad de agua para el centro penitenciario. En conclusión, el estudio hidrogeológico desempeñó un papel crucial en el diseño del pozo tubular para la captación de agua en el centro penitenciario de Cochamarca. Proporcionó información precisa y relevante sobre la calidad del agua, la disponibilidad y las características del acuífero, permitiendo tomar decisiones informadas y asegurando un suministro continuo y confiable de agua. En base a los resultados obtenidos, se confirma la importancia del

estudio hidrogeológico como una herramienta fundamental en el diseño de proyectos de captación de agua subterránea.

1. La conclusión del proyecto de investigación respalda la hipótesis planteada de que, al evaluar la disponibilidad y calidad del agua subterránea en el centro penitenciario de Cochamarca, se obtienen datos que respaldan la importancia del estudio hidrogeológico en el diseño del pozo tubular. Durante el desarrollo del proyecto, se realizaron diversas actividades para evaluar la disponibilidad y calidad del agua subterránea en el área del centro penitenciario. Se llevaron a cabo análisis físico-químicos del agua, estudios geológicos e hidrogeológicos, así como pruebas y mediciones específicas para evaluar la calidad y características del acuífero. Los resultados obtenidos en el análisis de los parámetros físico-químicos del agua subterránea revelaron que los valores se encontraban dentro de los límites máximos permisibles establecidos por las regulaciones aplicables. Esto demuestra que el agua subterránea en el centro penitenciario de Cochamarca cumple con los estándares de calidad requeridos para su uso. Además, la realización de pruebas específicas, como el Sondaje Eléctrico Vertical (SEV), permitió determinar la disponibilidad de agua a diferentes profundidades. Estos análisis mostraron caudales significativos en distintas profundidades, lo que respalda la disponibilidad de agua subterránea en el área y la importancia de su evaluación hidrogeológica en el diseño del pozo tubular. En conclusión, los resultados obtenidos en el proyecto de investigación respaldan la hipótesis planteada. El estudio hidrogeológico realizado para evaluar la disponibilidad y calidad del agua subterránea en el centro penitenciario de Cochamarca proporcionó datos que respaldan la importancia de considerar dichos aspectos en el diseño del pozo tubular. Los análisis realizados demostraron que el agua subterránea en el área cumple con los estándares de calidad y que existe disponibilidad adecuada para abastecer el centro penitenciario. Esto resalta la relevancia de realizar estudios

hidrogeológicos exhaustivos en proyectos de captación de agua subterránea, ya que estos datos son fundamentales para garantizar un suministro confiable y de calidad en la infraestructura penitenciaria.

2. La conclusión general del proyecto de investigación respalda la hipótesis planteada de que, al determinar la importancia del estudio hidrogeológico en el diseño de la profundidad y diámetro del pozo tubular, se evidencia la necesidad de considerar las características hidrogeológicas del área y las necesidades de abastecimiento de agua para lograr un diseño eficiente. Durante el desarrollo del proyecto, se llevó a cabo un exhaustivo estudio hidrogeológico que incluyó la evaluación de las características hidrogeológicas del área, como la profundidad del acuífero, la calidad del agua subterránea y la disponibilidad de agua. Estos datos fueron fundamentales para el diseño del pozo tubular, ya que permitieron determinar la profundidad y el diámetro adecuados para lograr un suministro eficiente de agua. Los resultados obtenidos en el estudio hidrogeológico demostraron que considerar las características hidrogeológicas del área y las necesidades de abastecimiento de agua es crucial para un diseño eficiente del pozo tubular. La información recopilada permitió determinar la profundidad óptima del pozo, lo que garantiza la captación adecuada del agua subterránea. Además, se tuvo en cuenta el diámetro del pozo, que es crucial para lograr un flujo adecuado y evitar restricciones en la extracción del agua. Al considerar estas características y necesidades específicas del área, se logró un diseño del pozo tubular que cumple con los requisitos de abastecimiento de agua del centro penitenciario de Cochamarca. Esto incluye la capacidad de suministrar el caudal necesario, la calidad adecuada del agua y la capacidad de suministro continuo para satisfacer las demandas del centro penitenciario. En conclusión, el proyecto de investigación respalda la hipótesis planteada al demostrar que la consideración de las características hidrogeológicas del área y las necesidades de abastecimiento de agua es esencial para un diseño

eficiente del pozo tubular. El estudio hidrogeológico proporcionó la información necesaria para determinar la profundidad y el diámetro óptimos del pozo, lo que garantiza la captación eficiente del agua subterránea y el cumplimiento de los requisitos de abastecimiento del centro penitenciario. Estos hallazgos destacan la importancia de realizar estudios hidrogeológicos completos en proyectos de captación de agua subterránea para garantizar un suministro confiable y eficiente de agua en las infraestructuras correspondientes.

3. La conclusión general del proyecto de investigación respalda la hipótesis planteada de que, al identificar la ubicación óptima para la perforación del pozo tubular, considerando los resultados del estudio hidrogeológico, se logra una captación de agua subterránea eficiente y se maximiza la disponibilidad de agua para el centro penitenciario de Cochamarca. A lo largo del proyecto, se llevó a cabo un exhaustivo estudio hidrogeológico que permitió identificar la ubicación óptima para la perforación del pozo tubular. Este estudio tuvo en cuenta las características hidrogeológicas del área, como la profundidad del acuífero, la calidad del agua subterránea y la disponibilidad de agua. Estos factores fueron fundamentales para determinar la ubicación estratégica del pozo y asegurar una captación eficiente del recurso hídrico. Los resultados del estudio hidrogeológico revelaron la existencia de una ubicación óptima para la perforación del pozo tubular que garantiza una captación eficiente de agua subterránea. Se tuvieron en cuenta factores como la permeabilidad del suelo, la recarga del acuífero y la proximidad a fuentes de agua subterránea para maximizar la disponibilidad de agua para el centro penitenciario. Al considerar estos resultados y ubicar el pozo en la ubicación óptima identificada, se logra una captación eficiente de agua subterránea, lo que implica un suministro adecuado y continuo de agua para el centro penitenciario. Esta captación eficiente maximiza la disponibilidad de agua y garantiza que las necesidades de abastecimiento del centro penitenciario sean satisfechas de manera óptima. En conclusión, el proyecto de investigación

respalda la hipótesis planteada al demostrar que, al identificar la ubicación óptima para la perforación del pozo tubular, considerando los resultados del estudio hidrogeológico, se logra una captación eficiente de agua subterránea y se maximiza la disponibilidad de agua para el centro penitenciario de Cochamarca. La ubicación estratégica del pozo, basada en el estudio hidrogeológico, garantiza un suministro confiable y suficiente de agua, cumpliendo así con las necesidades de abastecimiento del centro penitenciario. Estos hallazgos resaltan la importancia de realizar estudios hidrogeológicos exhaustivos y considerar cuidadosamente la ubicación del pozo en proyectos de captación de agua subterránea para optimizar la disponibilidad de agua en las infraestructuras correspondientes.

RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios hidrogeológicos exhaustivos: Se recomienda llevar a cabo estudios hidrogeológicos detallados antes de realizar la perforación de un pozo tubular. Estos estudios deben considerar factores como la profundidad y calidad del acuífero, la disponibilidad de agua subterránea y la ubicación óptima del pozo. Esto proporcionará información valiosa para tomar decisiones informadas sobre el diseño y la ubicación del pozo, lo que conducirá a una captación eficiente y una maximización de la disponibilidad de agua.
2. Considerar las necesidades de abastecimiento de agua: Es importante tener en cuenta las necesidades específicas de abastecimiento de agua al diseñar un pozo tubular. Esto incluye determinar el caudal necesario, la calidad del agua requerida y la capacidad de suministro continuo. Estas consideraciones garantizarán que el pozo sea capaz de satisfacer las demandas de agua del proyecto o la infraestructura en cuestión.
3. Evaluar regularmente la calidad del agua subterránea: Se recomienda realizar un monitoreo periódico de la calidad del agua subterránea para asegurarse de que cumple con los estándares requeridos para el uso previsto. Esto implica realizar pruebas físico-químicas y microbiológicas para evaluar parámetros como pH, conductividad eléctrica, turbidez, presencia de contaminantes y otros indicadores de calidad. El monitoreo regular ayudará a identificar cualquier cambio en la calidad del agua y tomar medidas correctivas si es necesario.
4. Implementar medidas de conservación del agua: Es importante promover prácticas de conservación del agua tanto en el centro penitenciario como en cualquier otra infraestructura. Esto puede incluir el uso de tecnologías eficientes en el consumo de agua, la detección y reparación de fugas, la educación sobre el uso responsable del agua y la implementación de políticas de uso eficiente del recurso hídrico. La conservación del agua contribuirá a garantizar la disponibilidad a largo plazo y reducirá el impacto ambiental.

5. Mantenimiento y monitoreo continuo del pozo: Una vez construido el pozo tubular, se recomienda establecer un programa de mantenimiento regular y un monitoreo continuo del rendimiento del pozo. Esto implica realizar inspecciones periódicas, limpieza y desinfección del pozo, así como monitorear los caudales y niveles de agua para detectar posibles problemas o cambios en el rendimiento. El mantenimiento adecuado y el monitoreo continuo garantizarán el funcionamiento óptimo y la longevidad del pozo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2013). Reglamento Nacional de Calidad de Agua para Consumo Humano (R.M. N° 031-2010-VIVIENDA). Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Defensa Civil. (2016). Norma Técnica de Protección Civil para la Gestión del Riesgo de Desastres en Recursos Hídricos. Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA). (2009). Manual de Perforación de Pozos Tubulares para Agua Subterránea. Lima, Perú.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). (2012).
- Atlas de las Aguas Subterráneas en el Perú. Lima, Perú.
- Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA). (2009). Estudio de Recursos Hídricos Superficiales y Subterráneos en la Cuenca del Río Chira. Lima, Perú.
- Salas, J. D. (2003). Recursos Hídricos en el Perú y su Gestión. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Méndez, G., Valdivia, C., & Cardozo, F. (2015). Estudio Hidrogeológico en la Cuenca del Río Rímac para la Implementación de un Pozo Tubular en la Ciudad de Lima. *Revista Peruana de Ingeniería de Minas*, 36, 29-35.
- Llosa-Talavera, H., & Ballesteros, B. (2019). Evaluación del Agua Subterránea y Diseño de un Pozo Tubular en la Cuenca del Río Chillón. *Revista Peruana de Geología*, 16(1), 55-66.
- Sotil, G., & Medina, G. (2017). Evaluación de la Calidad del Agua Subterránea y Diseño de un Pozo Tubular en la Cuenca del Río Huaura. *Ingeniería Hidráulica en el Perú*, 3(2), 89-97.
- Servicios generales Hidromas (2012). Estudio hidrogeológico para el proyecto: "Ampliación y Mejoramiento del Servicio de Internamiento Penitenciario en la Jurisdicción de la Oficina Regional Oriente Pucallpa". *Ingeniería Hidráulica en el Pasco*, Perú.

- González, A., López, C., & Vega, R. (2016). Estudio Hidrogeológico y Diseño de un Pozo Tubular en la Cuenca del Río Piura para el Abastecimiento de Agua Potable. *Revista de Investigación Científica*, 15(1), 43-50.
- Quispe, E., Rondán, D., & Montenegro, E. (2014). Estudio Hidrogeológico y Diseño de un Pozo Tubular en la Cuenca del Río Mantaro para el Suministro de Agua en la Ciudad de Huancayo. *Revista de Ingeniería y Desarrollo Sustentable*, 2(1), 23-32.

ANEXOS

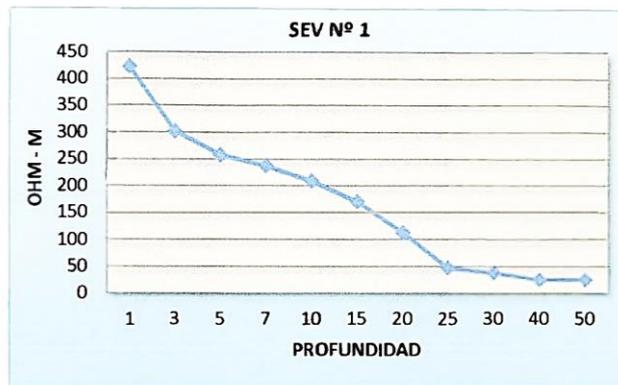
1. Instrumentos de recolección de datos.

- Estudio Geo eléctrico

ANEXO 01

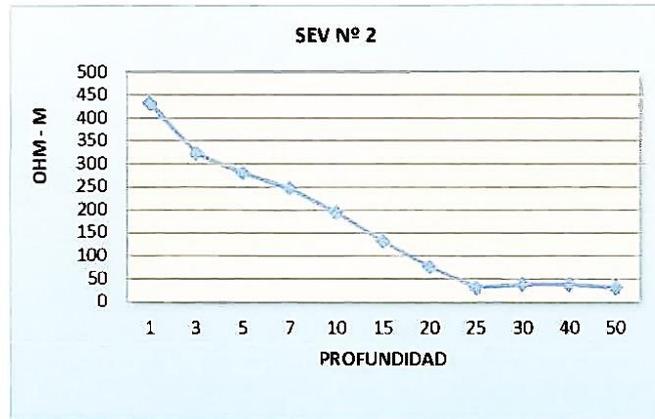
CURVAS DE CAMPO DE LOS SEV

CURVA DE CAMPO SEV-01



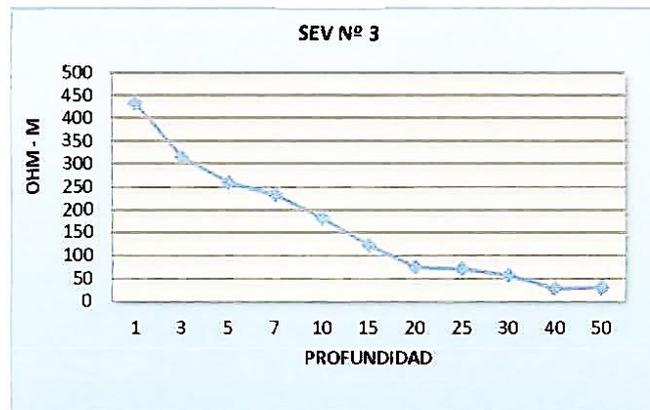
SEV 1	
AB	OHM-M
1	423.49
3	301.59
5	257.93
7	237.07
10	209.23
15	170.59
20	113.10
25	47.12
30	37.70
40	25.13
50	25.13

CURVA DE CAMPO SEV-02



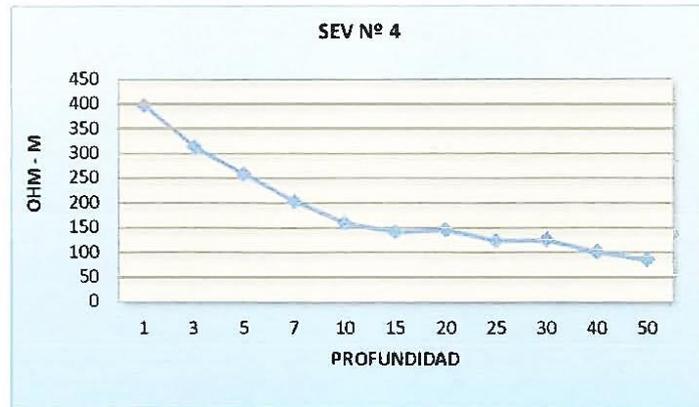
SEV2	
AB	OHM-M
1	431.03
3	322.33
5	279.60
7	247.18
10	194.78
15	131.95
20	75.40
25	31.42
30	37.70
40	37.70
50	31.58

CURVA DE CAMPO SEV-03



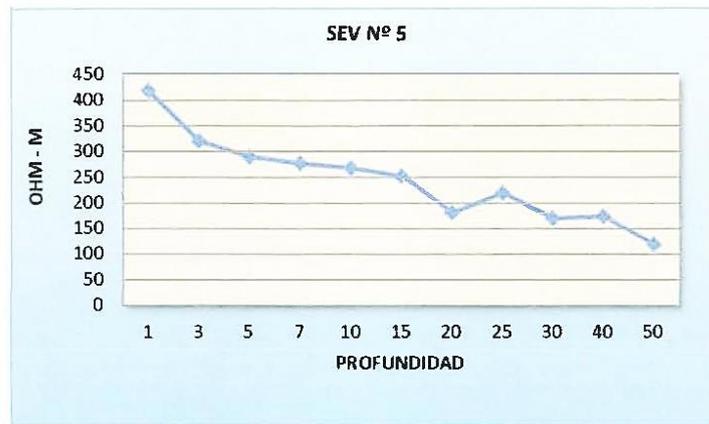
SEV 3	
AB	OHM-M
1	434.17
3	314.79
5	260.75
7	233.11
10	182.21
15	122.52
20	75.40
25	70.69
30	56.55
40	27.65
50	31.42

CURVA DE CAMPO SEV-04



SEV4	
AB	OHM-M
1	397.10
3	312.90
5	258.24
7	202.32
10	160.22
15	141.37
20	144.51
25	122.52
30	124.41
40	100.53
50	84.82

CURVA DE CAMPO SEV-05



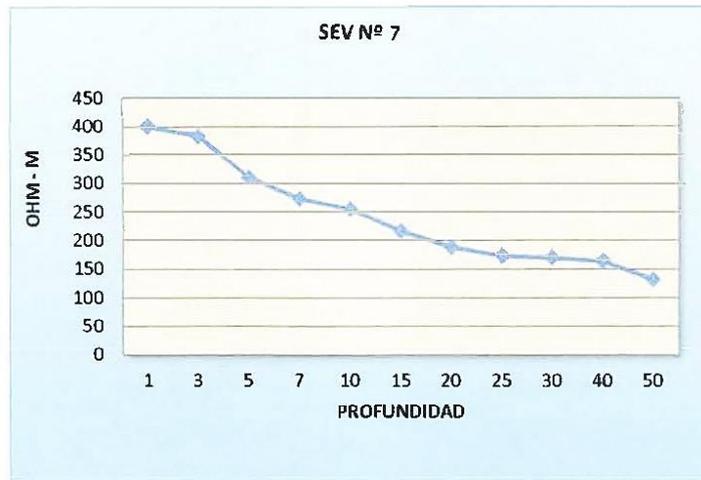
SEV 5	
AB	OHM-M
1	418.46
3	320.82
5	289.03
7	277.09
10	267.66
15	251.64
20	180.96
25	219.91
30	169.65
40	173.42
50	119.38

CURVA DE CAMPO SEV-06



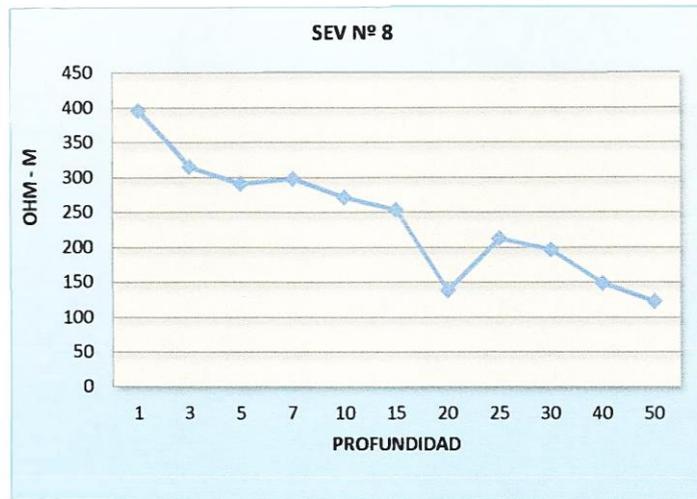
SEV6	
AB	OHM-M
1	322.33
3	233.74
5	194.15
7	180.33
10	171.53
15	167.76
20	113.10
25	94.25
30	94.25
40	103.04
50	122.52

CURVA DE CAMPO SEV-07



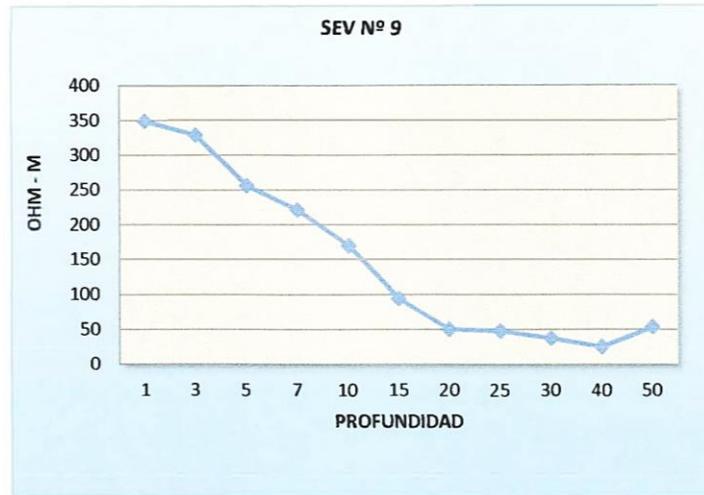
SEV 7	
AB	OHM-M
1	400.24
3	382.65
5	310.39
7	272.69
10	255.10
15	216.77
20	188.50
25	172.79
30	169.65
40	163.36
50	131.95

CURVA DE CAMPO SEV-08



SEV8	
AB	OHM-M
1	395.21
3	314.79
5	290.60
7	297.76
10	270.81
15	253.53
20	138.23
25	212.06
30	196.04
40	148.28
50	122.52

CURVA DE CAMPO SEV-09



SEV 9	
AB	OHM-M
1	348.72
3	329.11
5	256.04
7	221.23
10	169.65
15	94.25
20	50.27
25	47.12
30	37.70
40	25.13
50	53.41

ANEXO 02
RESULTADOS DE CALIDAD DE
AGUA



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO



Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe N° 001349

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA

SOLICITANTE : CARLOS VASQUEZ DURAND
PROYECTO : Ampliación y Mejoramiento del Servicio de Intermamiento
Penitenciarío de la Jurisdicción de la Oficina Regional
Oriente Pucallpa
UBICACIÓN : Cerro de Pasco
FECHA DE ENTREGA : La Molina, 21 de Junio del 2012

N° LABORATORIO	01349
N° DE CAMPO	MANANTIAL COCHAMARCA
Turbiedad NTU	27.00
Sólidos Totales mg/L	200.50
Hierro mg/L	0.09
Plomo mg/L	<0.3
Cobre mg/L	<0.035
Cadmio mg/L	<0.012
Manganeso mg/L	<0.03
Zinc mg/L	<0.012
Boro mg/L	0.04
Magnesio mg/L	11.00
Sulfatos mg/L	6.36
Cloruros mg/L	9.65
Dureza Total mg/CaCO ₃ /L	132.82
Alcalinidad Total mg/CaCO ₃ /L	147.36
pH	7.05
Nitratos mg/L	0.68
Sodio mg/L	10.50

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

DR. ANTONIO ENCISO CUTIEFFREZ
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO



Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe N° 001347

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA

SOLICITANTE : CARLOS VASQUEZ DURAND
PROYECTO : Ampliación y Mejoramiento del Servicio de Internamiento
Penitenciario de la Jurisdicción de la Oficina Regional
Oriente Pucallpa
UBICACIÓN : Cerro de Pasco
FECHA DE ENTREGA : La Molina, 21 de Junio del 2012

N° LABORATORIO	01347
N° DE CAMPO	AFLUENTE RÍO SAN JUAN
Turbiedad NTU	2.00
Sólidos Totales mg/L	199.50
Hierro mg/L	<0.06
Plomo mg/L	<0.3
Cobre mg/L	<0.035
Cadmio mg/L	<0.012
Manganeso mg/L	<0.03
Zinc mg/L	0.06
Boro mg/L	0.07
Magnesio mg/L	3.20
Sulfatos mg/L	19.46
Cloruros mg/L	11.02
Dureza Total mg/CaCO ₃ /L	145.69
Alcalinidad Total mg/CaCO ₃ /L	130.80
pH	7.99
Nitratos mg/L	0.52
Sodio mg/L	10.60

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

DR. ANTONIO ENCISO GUTIÉRREZ
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO

Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fa@lamolina.edu.pe



Nº 001157

ANÁLISIS DE AGUA SALES

SOLICITANTE : CARLOS VÁSQUEZ DURAND
PROYECTO : Ampliación y Mejoramiento del Servicio de Internamiento Penitenciario de la Jurisdicción de la Oficina Regional Oriente Pucallpa
PROCEDENCIA : Río San Juan - Cerro de Pasco
FECHA : La Molina, 19 de Junio del 2012

Nº Lab.	Nº Campo	Cl⁻ (mg/L)	SO₄ (mg/L)
1157	Agua de Río	5.72	0.66



AGRICULTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO

ANEXO 03
PANEL FOTOGRAFICO



Vista del local del INPE desde la carretera con fondo del Cerro



Terrenos aledaños al local del INPE



Panorámica de los trabajos de Sondajes con fondo del Cerro



Vista desde el Cerro del Local del INPE



Panorámica desde el Cerro con fondo del poblado de Cochamarca



Recolección de muestras de agua del Manantial Cochamarca N. 01



Trabajos de sondajes, vista desde el Cerro



Material existente en los terrenos del INPE



Calicata en el local del INPE



Río Blanco



Toma de muestras de agua del Río Blanco



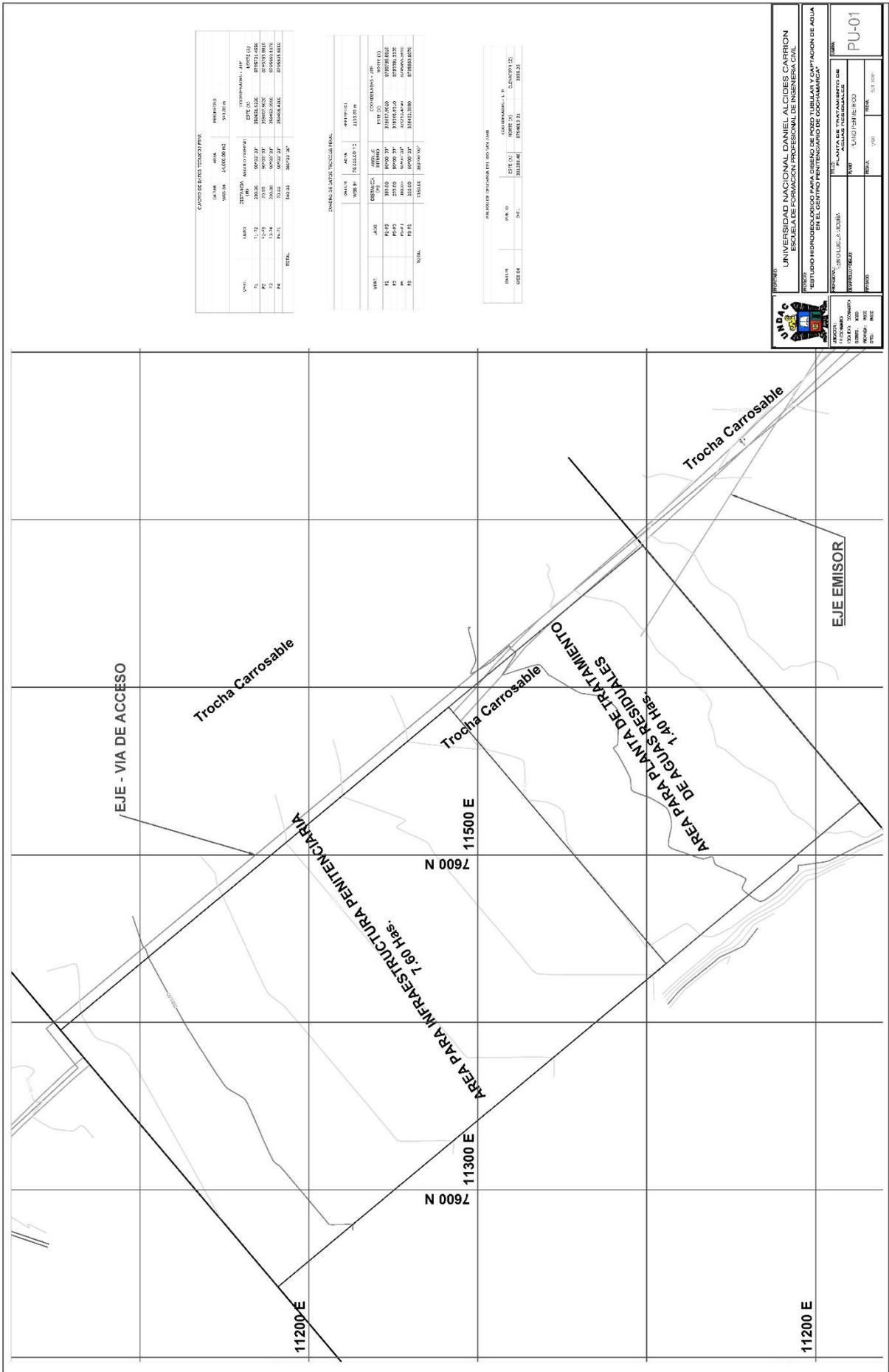
Ejecución de los sev

ANEXO 04
METRADOS DEL POZO

METRADO DEL POZO TUBULAR INPE - COCHAMARCA

Item	Descripción	Unid.	Cant.
01.00.00	PERFORACION DEL POZO		
01.01.00	OBRAS CIVILES		
01.01.01	Caseta de Guardianía	m ²	40.00
01.02.00	TRABAJOS PRELIMINARES		
01.02.01	Transporte, instalación y retiro del equipo de perforación	Glb.	1.00
01.03.00	PERFORACION DEL POZO		
01.03.01	Perforación del pozo (incl. Tubería herramientas)	ml	60.00
01.03.02	Análisis Granulométrico	Und.	20.00
01.03.03	Perfilaje eléctrico y rayos gamma	Und.	2.00
01.04.00	TUBERIAS Y FILTROS		
01.04.01	Tubería de acero inox Ø12"x 4.75 mm espesor	ml	34.32
01.04.02	Filtros de acero inoxidable Ø 12" ,4, 75 mm espesor, tipo puente trapezoidal	ml	25.68
01.04.03	Instalación de tubo Ø4" p/suministro de grava	ml	24.00
01.04.04	Grava seleccionada redondeada Ø 1/4"	m ³	20.00
01.05.00	DESARROLLO DEL POZO		
01.05.01	Desarrollo del pozo por pistoneo	hr.	72.00
01.05.02	Provisión y colocación de tripolifosfato sódico	Kg.	110.00
01.06.00	REGISTRO Y PRUEBA DE CONTROL		
01.06.01	Prueba de verticalidad y alineamiento	Und.	2.00
01.07.00	BOMBEO DEL POZO		
01.07.01	Transporte, instalación y retiro del equipo de bombeo	Und.	1.00
01.07.02	Prueba de bombeo	hr.	72.00
01.07.03	Evacuación de agua por bombeo (80 m)	Glb.	1.00
01.07.04	Análisis físico-químico y bacteriológico	Und.	3.00
01.08.00	SELLADO DEL POZO		
01.08.02	Sello sanitario	Und.	1.00
01.08.03	Desinfección del Pozo	Und.	1.00
01.08.04	Sello del Fondo del Pozo	Und.	1.00
01.08.05	Sello metálico en la boca del Pozo	Und.	1.00
01.08.06	Limpieza del Terreno, nivelación y eliminación de desmonte	Glb.	1.00

ANEXO 05
PLANOS



CANTON DE BOTES TRATAMIENTO

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	TRATAMIENTO AGUAS TRATADAS	1000	M ²	10000.00	10000000.00
2	TRATAMIENTO AGUAS TRATADAS	1000	M ²	10000.00	10000000.00
3	TRATAMIENTO AGUAS TRATADAS	1000	M ²	10000.00	10000000.00
4	TRATAMIENTO AGUAS TRATADAS	1000	M ²	10000.00	10000000.00
5	TRATAMIENTO AGUAS TRATADAS	1000	M ²	10000.00	10000000.00
6	TRATAMIENTO AGUAS TRATADAS	1000	M ²	10000.00	10000000.00
7	TRATAMIENTO AGUAS TRATADAS	1000	M ²	10000.00	10000000.00
8	TRATAMIENTO AGUAS TRATADAS	1000	M ²	10000.00	10000000.00
9	TRATAMIENTO AGUAS TRATADAS	1000	M ²	10000.00	10000000.00
10	TRATAMIENTO AGUAS TRATADAS	1000	M ²	10000.00	10000000.00
TOTAL					100000000.00

CANTON DE AGUAS TRATADAS

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	AGUAS TRATADAS	1000	M ³	10000.00	10000000.00
2	AGUAS TRATADAS	1000	M ³	10000.00	10000000.00
3	AGUAS TRATADAS	1000	M ³	10000.00	10000000.00
4	AGUAS TRATADAS	1000	M ³	10000.00	10000000.00
5	AGUAS TRATADAS	1000	M ³	10000.00	10000000.00
6	AGUAS TRATADAS	1000	M ³	10000.00	10000000.00
7	AGUAS TRATADAS	1000	M ³	10000.00	10000000.00
8	AGUAS TRATADAS	1000	M ³	10000.00	10000000.00
9	AGUAS TRATADAS	1000	M ³	10000.00	10000000.00
10	AGUAS TRATADAS	1000	M ³	10000.00	10000000.00
TOTAL					100000000.00

RESUMEN DE DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO	CONSTRUCCION DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
CLIENTE	MUNICIPIO DE PENTECARRIA
FECHA	15/05/2024
PROYECTANTE	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION
PROYECTISTA	INGENIERO CIVIL
PROYECTADO POR	INGENIERO CIVIL
PROYECTADO EN	PROYECTO
PROYECTADO PARA	PROYECTO
PROYECTADO EN	PROYECTO
PROYECTADO PARA	PROYECTO

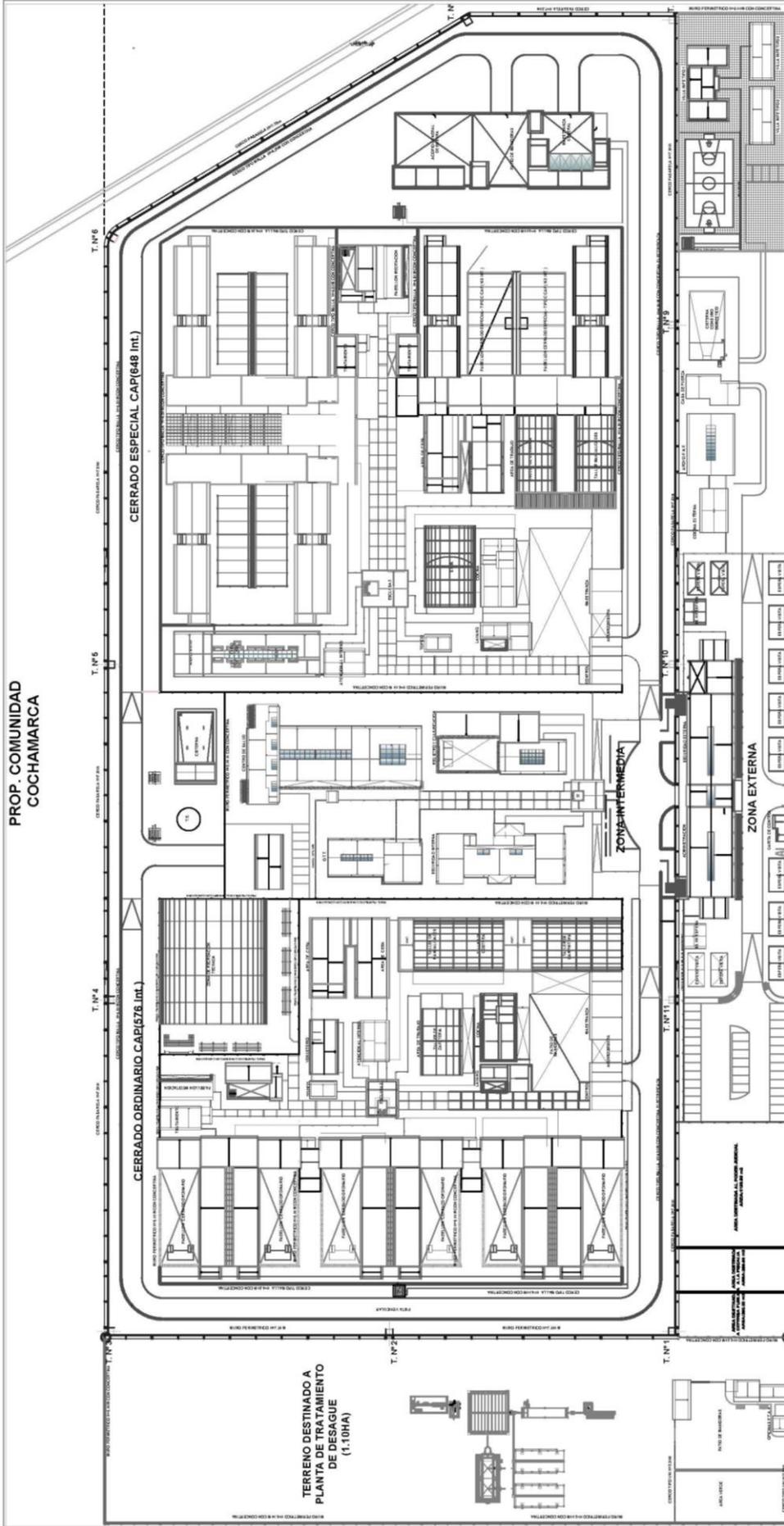
UNDA

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION
ESUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: CONSTRUCCION DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
CLIENTE: MUNICIPIO DE PENTECARRIA
FECHA: 15/05/2024
PROYECTANTE: UNDA
PROYECTISTA: INGENIERO CIVIL
PROYECTADO POR: INGENIERO CIVIL
PROYECTADO EN: PROYECTO
PROYECTADO PARA: PROYECTO
PROYECTADO EN: PROYECTO
PROYECTADO PARA: PROYECTO

PU-01

PROP. COMUNIDAD
COCHAMARCA



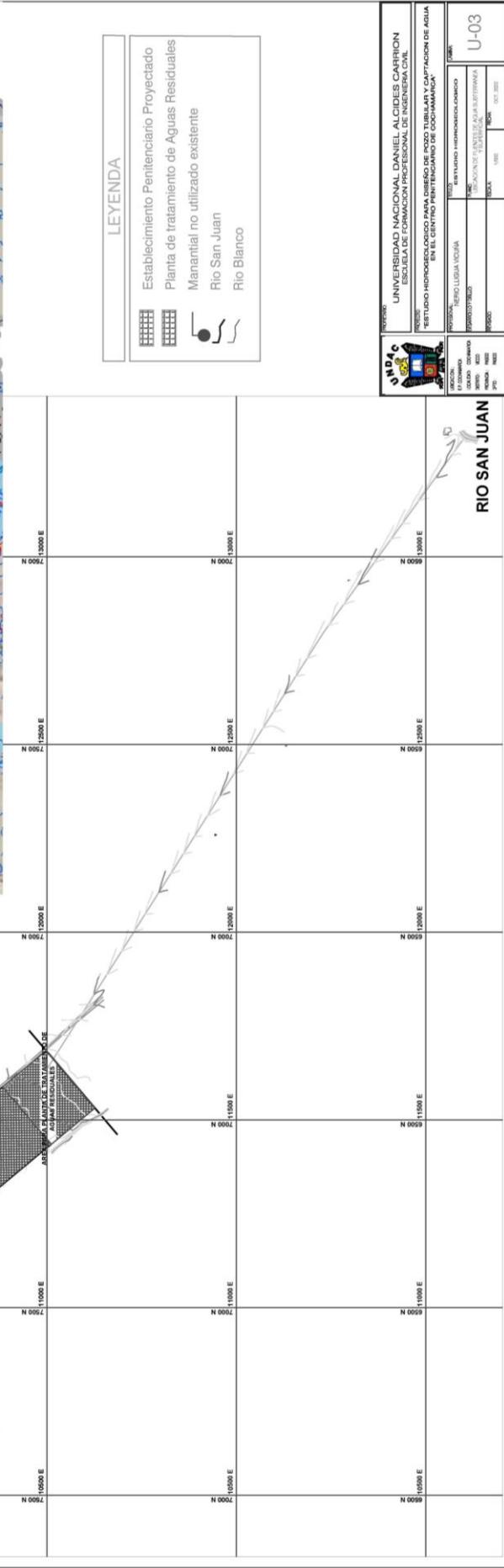
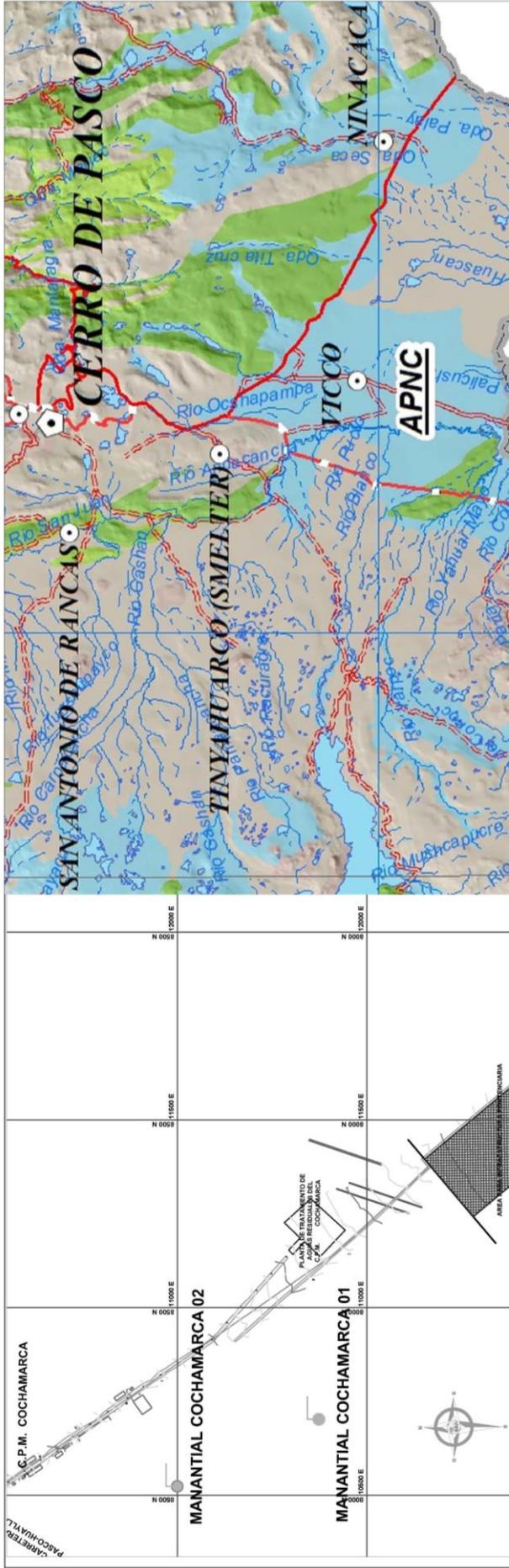
UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION
ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: "ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DISEÑO DE POZO TUBULAR Y CAPTACION DE AGUA EN EL CENTRO PENITENCIARIO DE COCHAMARCA"

PROFESION: INGENIERIA CIVIL	TITULO: ESTUDIO HIDROGEOLOGICO	TAMANO:
DEPARTAMENTO: TACNA	PLAZA: UBICACION DEL POZO RECOMENDADO	U-04
FECHA: 15/05/2022	ESCALA: 1:500	FECHA: OCT. 2022

LEYENDA

Zona recomendada para el pozo



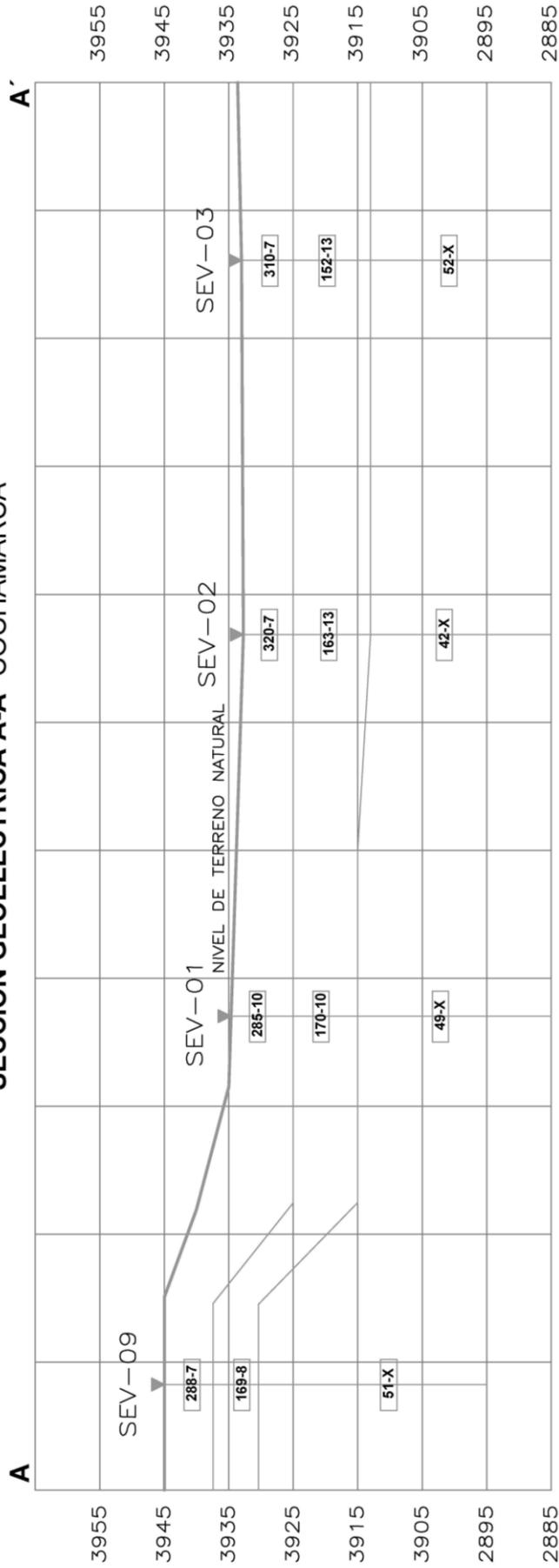
LEYENDA

	Establecimiento Penitenciario Proyectado
	Planta de tratamiento de Aguas Residuales
	Manantial no utilizado existente
	Río San Juan
	Río Blanco

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
INSTITUTO TECNOLÓGICO PARA EL DISEÑO DE POZOS TUBIFRAN Y CAPTACION DE AGUA EN EL CENTRO PENITENCIARIO DE COCHAMARCA	
TÍTULO:	U-03
AUTOR:	[Blank]
ASESOR:	[Blank]
FECHA:	[Blank]

RIO SAN JUAN

SECCIÓN GEOELÉCTRICA A-A' COCHAMARCA



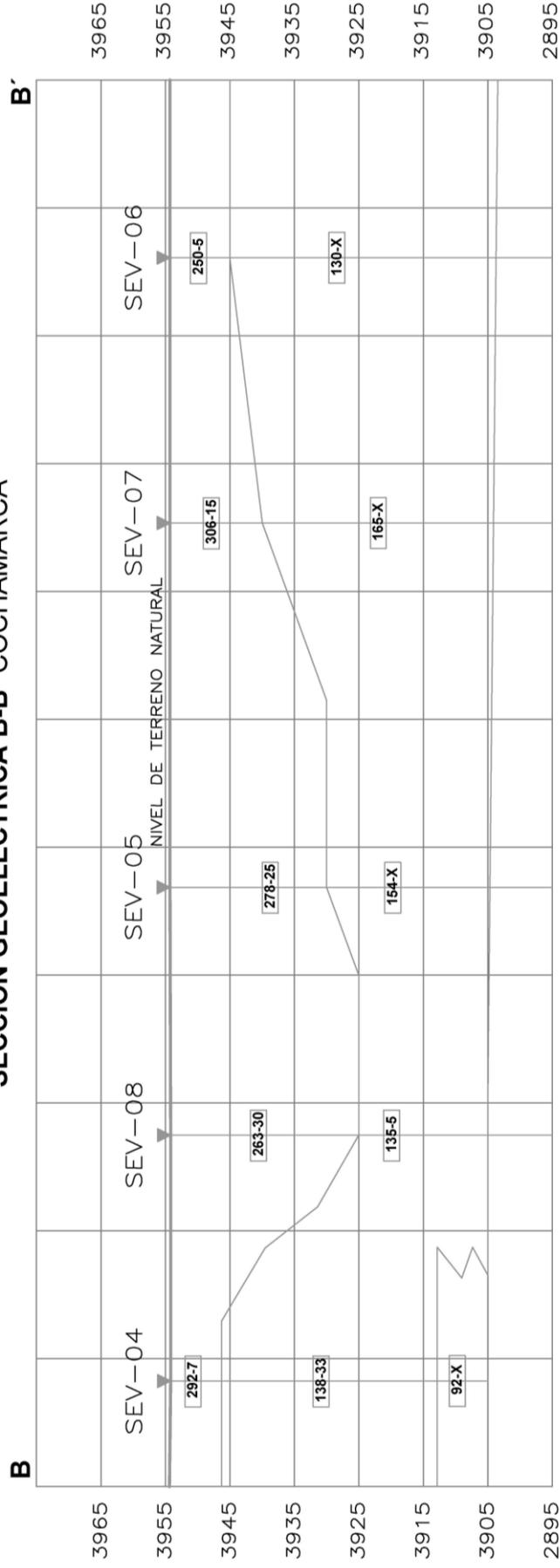
LEYENDA	
	Establecimiento Penitenciario Proyectado
	Planta de tratamiento de Aguas Residuales
	Manantial no utilizado existente

LEYENDA	
	Arena limosa con grava en estado seco
	Arena limosa con grava en estado humedo
	Arena limosa con grava en estado saturado

	PROFESORADO: UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	TITULO: ESTUDIO HIDROGEOLOGICO	JUNIO
	PROYECTO: "ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DISEÑO DE POZO TUBULAR Y CAPTACION DE AGUA EN EL CENTRO PENITENCIARIO DE COCHAMARCA"	PROFESOR: NERIO LLUGUA VICUNA	PAIS: SECCION GEOELÉCTRICA A-A' COCHAMARCA
REGION: DEPARTAMENTO: LOCALIDAD: INSTITUCION: OFICINA: OFICINA:	REGION: DEPARTAMENTO: LOCALIDAD: INSTITUCION: OFICINA: OFICINA:	ESCALA: 1:500	FECHA: OCT. 2022

SG-01

SECCIÓN GEOELÉCTRICA B-B' COCHAMARCA



LEYENDA

	Arena limosa con grava en estado seco
	Arena limosa con grava en estado humedo
	Arena limosa con grava en estado saturado

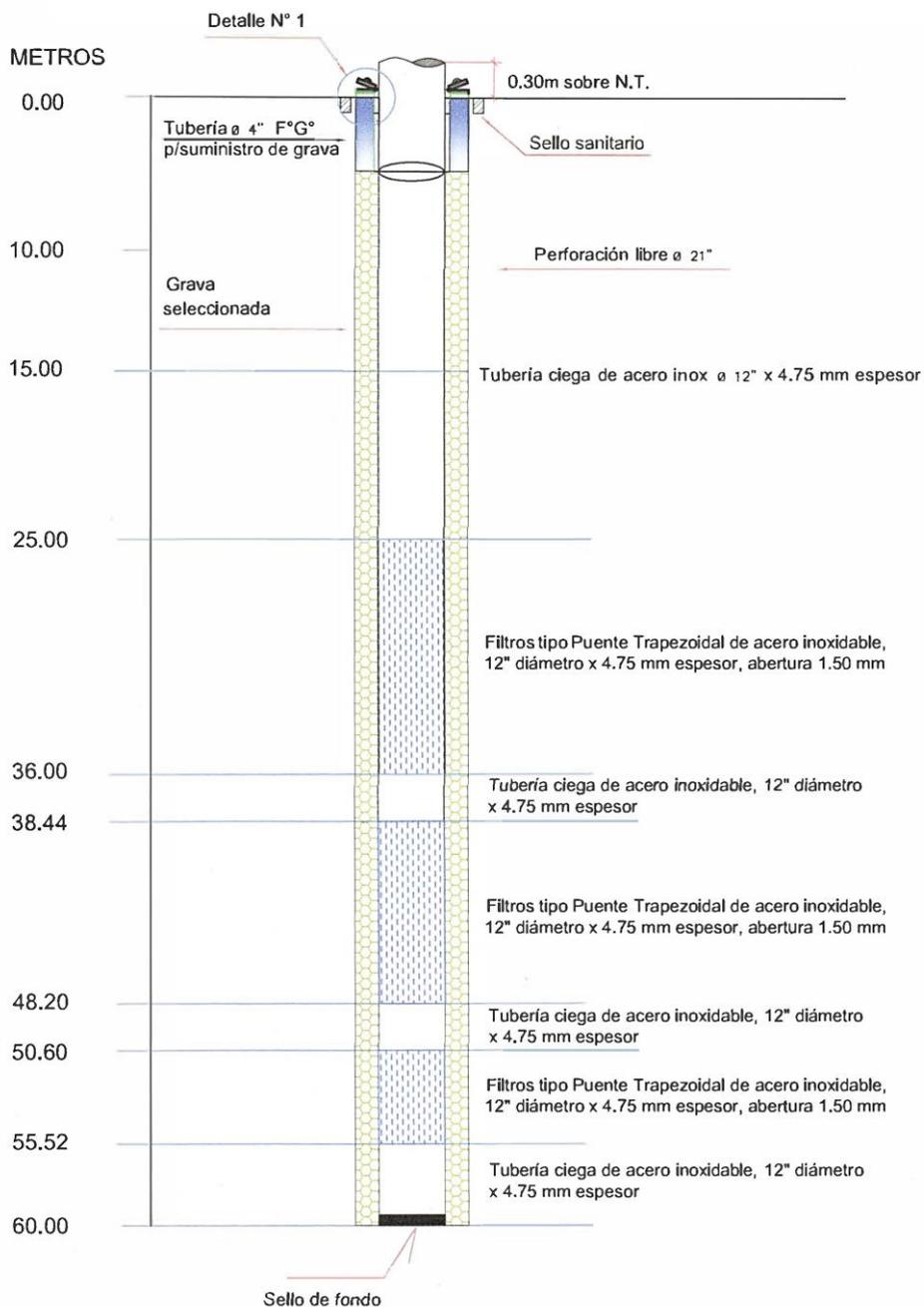
LEYENDA

	Establecimiento Penitenciario Proyectado
	Planta de tratamiento de Aguas Residuales
	Manantial no utilizado existente

	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
INSTITUCION: COCHAMARCA LOCALIDAD: COCHAMARCA DISTRITO: MICO PROVINCIA: PASCO DPTO.: PASCO	PROYECTO: "ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PARA DISEÑO DE POZO, TUBULAS Y CAPTACION DE AGUA EN EL CENTRO PENITENCIARIO DE COCHAMARCA" PROFESIONAL: NERO LLUGUA VICUNA DESARROLLO Y TITULO:
TITULO: ESTUDIO HIDROGEOLOGICO PLAN: SECCION GEOELECTRICA A COCHAMARCA EBOJAL: 1500 FECHA: OCT. 2022	UNDA SG-02

FIGURA N° 04

DISEÑO TÉCNICO PRELIMINAR POZO INPE COCHAMARCA



LEYENDA				
POZO	PROF. (m)	FILTROS (m)	TUB. CIEGA (m)	CAUDAL (lps)
INPE	60.00	25.68	34.32	17.00

FIGURA N° 05

DETALLE N° 1

