

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



T E S I S

**Optimización de las características del mortero y concreto con
en el uso de impermeabilizante integral líquido para mejorar la
funcionabilidad de las estructuras hidráulicas en la PTAR
“PUCAYACU” - Cerro de Pasco – 2023**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Bach. Manuela Leticia CALZADA GUTIERREZ

Asesor:

Dr. Luis Villar REQUIS CARBAJAL

Cerro de Pasco - Perú - 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



T E S I S

**Optimización de las características del mortero y concreto con
en el uso de impermeabilizante integral líquido para mejorar la
funcionabilidad de las estructuras hidráulicas en la PTAR
“PUCAYACU” - Cerro de Pasco – 2023**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Hildebrando Anival CONDOR GARCÍA
PRESIDENTE

Mg. José Germán RAMIREZ MEDRANO
MIEMBRO

Mg. Pedro YARASCA CORDOVA
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides
Carrión Facultad de Ingeniería
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 039-2024-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:

Optimización de las características del mortero y concreto con en el uso de impermeabilizante integral líquido para mejorar la funcionabilidad de las estructuras hidráulicas en la PTAR "PUCAYACU" – Cerro de Pasco – 2023

Apellidos y nombres de los tesisas:

Bach. CALZADA GUTIERREZ, Manuela Leticia

Apellidos y nombres del Asesor:

Dr. REQUIS CARBAJAL, Luis Villar

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Civil

Índice de Similitud

2%

APROBADO

Se informa al decanato para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 6 de febrero del 2024


Luis Villar Requis Carbajal
DOCTOR EN CIENCIAS - DIRECTOR

DEDICATORIA

A mis padres, Gregorio y Marcelina por su amor sempiterno, por su ejemplo de perseverancia y constancia, y por el magno esfuerzo que realizaron para mi desarrollo educativo. ¡Gracias Totales, amados padres!

A mis hermanos, Edgar, Joel, Marisol y Amelia, por brindarme su apoyo en todo momento, por sus consejos y por haber confiado en mí.

Manuela Calzada

AGRADECIMIENTO

A Dios, porque con su infinita bondad y amor, me permite alcanzar este objetivo tan anhelado.

A la UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN, por haberme permitido ser parte de esta gran Institución Académica.

A la ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL y a los respetables docentes, por los conocimientos que me han otorgado durante mi estancia universitaria, encaminando mi futuro profesional.

A mi ASESOR, por su dedicación, orientación y paciencia en el proceso de lograr esta instancia tan ansiada.

A mis padres, Gregorio y Marcelina, por el apoyo incondicional, por los consejos, por enseñarme perseverancia y constancia, y por motivarme constantemente a alcanzar este objetivo.

Y finalmente, agradezco a quienes han vivido conmigo mis alegrías, mis desganadas, mis ilusiones y mis angustias, demostrando día a día su amistad, su compañerismo, su comprensión y su persistente apoyo.

A todos ellos, "MUCHAS GRACIAS"

EL AUTOR

RESUMEN

La presente investigación, titulada "Optimización de las características del mortero y concreto con el uso de impermeabilizante integral líquido", centra su atención en mejorar la funcionabilidad de las estructuras hidráulicas en la PTAR "PUCAYACU" en Cerro de Pasco durante el año 2023.

El estudio comienza identificando y delimitando el problema en cuestión, haciendo hincapié en la relevancia de la impermeabilización adecuada de estructuras hidráulicas en contextos de tratamiento de aguas residuales. Se formula un problema principal, acompañado de problemas específicos que desembocan en objetivos claros, tanto generales como específicos, proporcionando la dirección y propósito del estudio. Dentro del marco teórico, se exploran antecedentes relevantes, con investigaciones previas que arrojan luz sobre el tema. Estos antecedentes se acompañan de una profunda revisión teórica que abarca aspectos como las tecnologías actuales de impermeabilización, propiedades de los impermeabilizantes líquidos, y el impacto económico y ambiental de la falta de impermeabilización, entre otros. También se introduce una amplia definición de términos esenciales para garantizar la claridad y coherencia en la presentación del estudio.

Siguiendo con el enfoque metodológico, se esboza el tipo, nivel y método de investigación adoptado. A partir de ahí, se define el diseño de la investigación, especificando la población y muestra consideradas. La metodología también abarca las técnicas e instrumentos para la recolección de datos, el procesamiento y análisis de estos datos, y el tratamiento estadístico correspondiente. Es esencial destacar que se enfatiza una orientación ética, garantizando la integridad y honestidad a lo largo del proceso investigativo.

El último capítulo, antes de llegar a las conclusiones y recomendaciones, se dedica a presentar, analizar e interpretar los resultados obtenidos. Se discuten en profundidad, comparando con los antecedentes y la literatura existente, validando o refutando las hipótesis planteadas.

Finalmente, el estudio concluye con recomendaciones basadas en los hallazgos, destinadas a impulsar prácticas óptimas en la construcción y mantenimiento de estructuras hidráulicas en contextos similares. Todo el proyecto está respaldado por una lista exhaustiva de referencias bibliográficas, asegurando la rigurosidad académica, y se complementa con anexos que proporcionan información adicional relevante.

Palabras clave: Impermeabilizante integral líquido, Estructuras hidráulicas, PTAR "PUCAYACU".

ABSTRACT

The present investigation, entitled "Optimization of the characteristics of the mortar and concrete with the use of liquid integral waterproofing", focuses its attention on improving the functionality of the hydraulic structures in the WWTP "PUCAYACU" in Cerro de Pasco during the year 2023.

The study begins by identifying and delimiting the problem in question, emphasizing the relevance of adequate waterproofing of hydraulic structures in wastewater treatment contexts. A main problem is formulated, accompanied by specific problems that lead to clear objectives, both general and specific, providing the direction and purpose of the study.

Within the theoretical framework, relevant antecedents are explored, with previous research that sheds light on the subject. This background is accompanied by a deep theoretical review that covers aspects such as current waterproofing technologies, properties of liquid waterproofing, and the economic and environmental impact of the lack of waterproofing, among others. A broad definition of essential terms is also introduced to ensure clarity and consistency in the presentation of the study.

Continuing with the methodological approach, the type, level and method of research adopted is outlined. From there, the research design is defined, specifying the population and sample considered. The methodology also covers the techniques and instruments for data collection, the processing and analysis of these data, and the corresponding statistical treatment. It is essential to highlight that an ethical orientation is emphasized, guaranteeing integrity and honesty throughout the investigative process.

The last chapter, before reaching the conclusions and recommendations, is dedicated to presenting, analyzing and interpreting the results obtained. They are discussed in depth, comparing with the background and existing literature, validating or refuting the hypotheses.

Finally, the study concludes with recommendations based on the findings, aimed at promoting best practices in the construction and maintenance of hydraulic structures

in similar contexts. The entire project is supported by an exhaustive list of bibliographic references, ensuring academic rigor, and is complemented by annexes that provide additional relevant information.

Keywords: Integral liquid waterproofing, Hydraulic structures, WWTP "PUCAYACU".

INTRODUCCIÓN

La impermeabilización es una de las principales consideraciones en la construcción y mantenimiento de estructuras hidráulicas, en particular, de las plantas de tratamiento de aguas residuales. La falta de una impermeabilización adecuada no solo representa un peligro ambiental y de salud pública, sino que también puede tener implicaciones económicas significativas.

En el contexto de una planta de tratamiento de aguas residuales, una estructura mal impermeabilizada puede resultar en la filtración de agua contaminada al entorno, afectando tanto al suelo como a los cuerpos de agua cercanos. Además, el continuo desgaste y la corrosión causados por el ambiente húmedo y corrosivo de la planta de tratamiento pueden degradar aún más las estructuras. Esto resalta la necesidad de soluciones de impermeabilización duraderas y eficientes.

Mientras que el mercado actual ofrece una variedad de materiales y tecnologías de impermeabilización, no todos son adecuados para hacer frente a los retos específicos presentados por las plantas de tratamiento de aguas residuales. La exposición a productos químicos agresivos, la necesidad de una vida útil prolongada y una alta resistencia son solo algunos de los requisitos esenciales para estas soluciones.

Nuevas tecnologías emergentes, como las geomembranas de polietileno de alta densidad (HDPE), revestimientos de poliuretano, polímeros modificados y tecnologías de impermeabilización auto-reparables, muestran un gran potencial para superar muchos de los desafíos actuales. Estas soluciones no solo buscan ofrecer una barrera efectiva contra la humedad, sino también proporcionar durabilidad, resistencia y, en algunos casos, la capacidad de auto-reparación ante pequeños daños.

El objetivo de esta investigación es determinar la eficacia de un impermeabilizante integral líquido específico en estructuras hidráulicas dentro de una planta de tratamiento de aguas residuales. Exploraremos su capacidad para abordar y mitigar los problemas asociados con la falta de impermeabilización, su durabilidad en ambientes adversos y su impacto en la sostenibilidad ambiental. A través de este

estudio, buscamos responder a una pregunta fundamental: ¿Puede este impermeabilizante integral líquido ofrecer una solución viable y sostenible para las plantas de tratamiento de aguas residuales, garantizando la integridad de sus estructuras y la seguridad del entorno circundante?

INDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

INDICE

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.....	4
1.3. Formulación del problema	5
1.3.1.Problema general	5
1.3.2.Problemas específicos	5
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	7

CAPÍTULO 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
2.2. Bases teóricas – científicas	12

2.2.1. Tecnologías de impermeabilización para estructuras hidráulicas en plantas de tratamiento de aguas residuales: estado actual y tendencias futuras.	12
2.2.2. Características y propiedades de los impermeabilizantes integrales líquidos utilizados en la construcción.....	15
2.2.3. Procesos de deterioro y fallos en estructuras de concreto y mortero en ambientes húmedos y agresivos.	17
2.2.4. Propiedades y características del concreto y morteros impermeabilizados con impermeabilizantes integrales líquidos.	21
2.2.5. Impacto ambiental y económico de la falta de impermeabilización en estructuras hidráulicas en plantas de tratamiento de aguas residuales.	23
2.2.6. Métodos de evaluación y medición de la eficacia y durabilidad de los impermeabilizantes integrales líquidos en estructuras hidráulicas.	25
2.2.7. Diseño y selección de materiales para estructuras hidráulicas impermeabilizadas en plantas de tratamiento de aguas residuales.	28
2.2.8. Aplicación y mantenimiento de impermeabilizantes integrales líquidos en estructuras hidráulicas en plantas de tratamiento de aguas residuales. ..	31
2.2.9. Análisis de costo-beneficio de la utilización de impermeabilizantes integrales líquidos en estructuras hidráulicas en plantas de tratamiento de aguas residuales.	32
2.2.10. Normativas y regulaciones para la construcción y mantenimiento de estructuras hidráulicas en plantas de tratamiento de aguas residuales.	35
2.3. Definición de términos básicos	39
2.4. Formulación de hipótesis.....	42
2.4.1. Hipótesis general.....	42
2.4.2. Hipótesis específicas	42
2.5. Identificación de variables	42
2.5.1. Variable independiente.....	42

2.5.2.Variable dependiente.....	43
2.5.3.Variable Interviniente.....	43
2.6. Definición operacional de variables e indicadores	43

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación.....	47
3.2. Nivel de investigación.....	48
3.3. Métodos de investigación.....	49
3.4. Diseño de investigación	51
3.5. Población y muestra.....	52
3.5.1.Población	52
3.5.2.Muestra	52
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	53
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	54
3.8. Tratamiento estadístico	56
3.9. Orientación ética filosófica y epistémica	57

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo	59
4.1.1.Selección y preparación de las muestras:	59
4.1.2.Procedimientos de prueba para la resistencia a la compresión:	63
4.1.3.Procedimientos de prueba para la durabilidad:.....	66
4.1.4.Análisis económico:.....	67
4.1.5.Observaciones y registro en la PTAR "PUCAYACU":	71
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	72
4.2.1.Recopilación de Datos Obtenidos:.....	72
4.2.2.Presentación Gráfica de Resultados:	75
4.2.3.Análisis de la Resistencia a la Compresión:	77

4.2.4.Evaluación de Durabilidad:	80
4.2.5.Costo-Beneficio:	81
4.2.6.Resultados de las pruebas de estanqueidad	86
4.3. Prueba de hipótesis.....	88
4.3.1. Prueba de hipótesis 1	88
4.3.2. Prueba de hipótesis 2.....	94
4.3.3. Prueba de hipótesis 3.....	96
4.4. Discusión de resultados	99

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Descripción de las Muestras de Mortero y Concreto Seleccionadas (Fuente: Propio).....	72
Tabla 2: Presentación de Resultados del Procedimiento para la Mezcla y Aplicación del Impermeabilizante Integral Líquido (Fuente: Propio).....	72
Tabla 3: Criterios de Selección para Muestras de Mortero y Concreto.....	73
Tabla 4: Resultados de los Análisis Físicos de Agregados para Mortero y Concreto (Fuente: Propio).....	74
Tabla 5: Resultados de los Análisis Físicos de Agregados para Mortero y Concreto – Especifico (Fuente: Propio).....	75
Tabla 6 Resistencia a la comprensión de los morteros y Concreto (fuente: Propio):..	77
Tabla 7: Dosificación General de Agregados (Fuente: Propio).....	78
Tabla 8: Dosificación para concreto $f'c= 210\text{kg/cm}^2$ (Fuente: Propio).....	78
Tabla 9: resultados de la Determinación de la Resistencia a la Penetración de Cloruros en el Concreto Endurecido (Fuente: Propio)	80
Tabla 10: Comparación económica entre el uso de morteros y concretos convencionales y aquellos con impermeabilizante (Fuente: Propio).....	81
Tabla 11: resultados de las pruebas realizadas en campo.....	86
Tabla 12: Prueba de Hipótesis 2 (Fuente: Propio).....	94

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Resultados de los Análisis Físicos de Agregados para Mortero y Concreto (Fuente: Propio)	75
Ilustración 2: Impermeabilizante Líquido para Mortero y Concreto Sika-1 x 20L (Fuente: Sika)	80

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

Los problemas de impermeabilización en las estructuras hidráulicas de una planta de tratamiento de aguas residuales pueden tener graves impactos económicos y ambientales. Si la estructura no está adecuadamente impermeabilizada, puede haber fugas de aguas residuales en el suelo, en el subsuelo y en los cuerpos de agua cercanos, lo que puede causar problemas ambientales y de salud pública

En la actualidad, existen varios materiales y tecnologías de impermeabilización disponibles en el mercado para su uso en estructuras hidráulicas, pero muchos de ellos pueden tener desventajas como una vida útil limitada, costos elevados y una baja resistencia a los ambientes agresivos y corrosivos presentes en una planta de tratamiento de aguas residuales.

Para abordar estos problemas, se están desarrollando y evaluando nuevas tecnologías de impermeabilización que buscan ser más eficaces, duraderas y ambientalmente sostenibles. Algunas de las tecnologías emergentes en este campo son:

Geomembranas de polietileno de alta densidad (HDPE): estas geomembranas son resistentes al desgaste y al rasgado, y tienen una larga vida

útil. También son resistentes a los productos químicos y a los ambientes corrosivos y se pueden utilizar en aplicaciones de impermeabilización de alta resistencia.

Técnicas de revestimiento con poliuretano: el poliuretano es un material sintético que puede aplicarse como un revestimiento líquido en estructuras hidráulicas para crear una barrera impermeable. Los revestimientos de poliuretano son altamente resistentes a los productos químicos y pueden ser aplicados en una variedad de sustratos.

Tecnologías de polímeros modificados: los polímeros modificados con agregados de alta resistencia son una tecnología emergente que permite la creación de una membrana impermeable más resistente y duradera. Estos polímeros pueden aplicarse en capas gruesas para aumentar la resistencia al desgaste y al impacto.

Tecnologías de impermeabilización auto-reparables: estos materiales utilizan tecnología de nanomateriales para sellar pequeñas grietas y fisuras en la estructura hidráulica de forma autónoma. Estos materiales pueden ser aplicados como recubrimientos o aditivos en materiales de construcción para mejorar su durabilidad.

En conclusión, el desarrollo y evaluación de nuevas tecnologías de impermeabilización que sean más eficaces, duraderas y ambientalmente sostenibles para su uso en estructuras hidráulicas de una planta de tratamiento de aguas residuales es esencial para garantizar la protección del medio ambiente y la salud pública, reducir costos a largo plazo y mejorar la eficiencia de las plantas de tratamiento.

La falta de impermeabilización en las estructuras de concreto en una planta de tratamiento de aguas residuales puede tener una serie de impactos negativos, tanto económicos como ambientales. Entre ellos, podemos mencionar:

- Pérdida de agua tratada: la falta de impermeabilización en las estructuras de concreto puede provocar fugas y pérdidas de agua tratada, lo que aumenta el consumo de energía y productos químicos utilizados en el tratamiento del agua.
- Contaminación del medio ambiente: las fugas de agua tratada también pueden contaminar el suelo y el agua subterránea circundante, lo que puede afectar la calidad del agua potable y los ecosistemas naturales.
- Daños a la infraestructura: la falta de impermeabilización puede provocar la corrosión de las armaduras de acero presentes en las estructuras de concreto, lo que puede debilitar la estructura y aumentar los costos de mantenimiento y reparación a largo plazo.
- Incremento de los costos: la reparación y el mantenimiento de las estructuras de concreto dañadas por la falta de impermeabilización pueden resultar costosos para la planta de tratamiento de aguas residuales.

Por lo tanto, es importante considerar la falta de impermeabilización en las estructuras de concreto en una planta de tratamiento de aguas residuales como un problema que necesita ser abordado para evitar estos impactos negativos. La utilización de nuevas tecnologías de impermeabilización que sean más eficaces, duraderas y ambientalmente sostenibles puede ser una solución para prevenir estos problemas y garantizar el buen funcionamiento de la planta de tratamiento.

Entonces nos podemos plantear: ¿Qué tan efectivo es el uso de un impermeabilizante integral líquido en las estructuras hidráulicas de una planta de tratamiento de aguas residuales para prevenir la falta de impermeabilización y sus impactos negativos económicos y ambientales?

Este problema de investigación involucra la evaluación del rendimiento del impermeabilizante integral líquido en las estructuras hidráulicas de una planta de tratamiento de aguas residuales, y su capacidad para prevenir los problemas

causados por la falta de impermeabilización, tales como fugas, corrosión y contaminación ambiental. Además, la investigación también podría abordar aspectos relacionados con la durabilidad, eficacia y sostenibilidad ambiental del impermeabilizante utilizado, con el objetivo de encontrar una solución que sea efectiva y respetuosa con el medio ambiente.

1.2. Delimitación de la investigación

La delimitación de la investigación podría estar enfocada en los siguientes aspectos:

1. Enfoque en el uso de impermeabilizante integral líquido: La investigación se centrará en el uso de un tipo específico de impermeabilizante, el impermeabilizante integral líquido, y cómo afecta las propiedades del mortero y concreto utilizado en las estructuras hidráulicas de la planta de tratamiento de aguas residuales.
2. Aplicación en estructuras hidráulicas en la planta de tratamiento de Pucayacu: La investigación se llevará a cabo en la planta de tratamiento de aguas residuales de Pucayacu y se enfocará en las estructuras hidráulicas utilizadas en la planta.
3. Evaluación de propiedades específicas: La investigación se centrará en la evaluación de propiedades específicas del mortero y concreto, como la resistencia a la compresión, permeabilidad, durabilidad y otros factores que puedan afectar la funcionalidad de las estructuras hidráulicas.
4. Análisis de resultados en un plazo determinado: La investigación se limitará a la evaluación de los resultados de las pruebas en un plazo determinado, para poder establecer la efectividad del uso del impermeabilizante integral líquido en la optimización de las propiedades del mortero y concreto, para nuestro caso se realizará en un máximo de 4 meses.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cómo afecta el uso de un impermeabilizante integral líquido en las propiedades del mortero y concreto utilizado en las estructuras hidráulicas de la PTAR de Pucayacu – Cerro de Pasco - 2023?

1.3.2. Problemas Específicos

- ¿Cómo afecta el uso de un impermeabilizante integral líquido en la resistencia a la compresión del mortero y concreto utilizado en las estructuras hidráulicas de la PTAR de Pucayacu – Cerro de Pasco - 2023?
- ¿Cómo afecta el uso de un impermeabilizante integral líquido en la durabilidad del mortero y concreto utilizado en las estructuras hidráulicas de la PTAR de Pucayacu – Cerro de Pasco - 2023?
- ¿Cómo afecta el uso de un impermeabilizante integral líquido en el costo del mortero y concreto utilizado en las estructuras hidráulicas de la PTAR de Pucayacu – Cerro de Pasco -2023?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Optimizar las características del mortero y concreto con en el uso de impermeabilizante integral líquido así mejorar la funcionabilidad de las estructuras hidráulicas en la PTAR “PUCAYACU” - Cerro de Pasco – 2023.

1.4.2. Objetivos específicos

- Optimizar la resistencia a la compresión del mortero y concreto con en el uso de impermeabilizante integral líquido así mejorar la funcionabilidad de las estructuras hidráulicas en la PTAR “PUCAYACU” - Cerro de Pasco – 2023.

- Optimizar la durabilidad del mortero y concreto con en el uso de impermeabilizante integral líquido así mejorar la funcionabilidad de las estructuras hidráulicas en la PTAR “PUCAYACU” – Cerro de Pasco – 2023.
- Optimizar el costo del mortero y concreto con en el uso de impermeabilizante integral líquido así mejorar la funcionabilidad de las estructuras hidráulicas en la PTAR “PUCAYACU” – Cerro de Pasco – 2023.

1.5. Justificación de la investigación

La planta de tratamiento de aguas residuales de Pucayacu juega un papel fundamental en la preservación del medio ambiente y la salud pública, al proporcionar un tratamiento adecuado a las aguas residuales antes de su descarga al medio ambiente. Sin embargo, las estructuras hidráulicas utilizadas en la planta se ven afectadas por problemas de impermeabilización, lo que puede causar problemas como la pérdida de agua, la infiltración de contaminantes y la disminución de la eficacia del tratamiento. La solución actual a este problema es el uso de técnicas de impermeabilización tradicionales que no siempre son efectivas y que a menudo resultan costosas.

En este sentido, la investigación propuesta busca proporcionar una solución más eficiente, duradera y sostenible a este problema, a través del uso de un impermeabilizante integral líquido. Al optimizar las propiedades del mortero y concreto utilizados en las estructuras hidráulicas, se puede mejorar significativamente su resistencia y durabilidad, al mismo tiempo que se asegura su impermeabilización, lo que aumentará la eficacia de la planta de tratamiento de aguas residuales y reducirá los costos de mantenimiento a largo plazo. Además, al utilizar un impermeabilizante integral líquido se estaría evitando la necesidad de utilizar productos químicos tóxicos y contaminantes, mejorando así

la sostenibilidad ambiental del proceso de impermeabilización. Por lo tanto, esta investigación es importante para mejorar la eficacia y sostenibilidad de la planta de tratamiento de aguas residuales de Pucayacu y potencialmente de otras plantas de tratamiento en todo el mundo.

1.6. Limitaciones de la investigación

- Limitación geográfica: La investigación se limita a la planta de tratamiento de aguas residuales de Pucayacu, lo que limita la generalización de los resultados a otras plantas de tratamiento en diferentes ubicaciones geográficas.
- Limitación de tiempo: El plazo de la investigación puede ser limitado, lo que puede afectar la cantidad y calidad de los datos recopilados, así como la posibilidad de realizar pruebas en diferentes condiciones climáticas y ambientales.
- Limitaciones de recursos: La investigación puede estar limitada por recursos financieros y técnicos, lo que puede restringir la cantidad de pruebas y experimentos que se pueden realizar y la cantidad de muestras que se pueden analizar.
- Limitaciones en la comparación de resultados: Puede haber limitaciones en la comparación de los resultados de la investigación con los resultados de otras investigaciones debido a las diferencias en los métodos utilizados, los materiales y las condiciones ambientales.
- Limitaciones en la evaluación de la durabilidad: La evaluación de la durabilidad de las estructuras hidráulicas y el impermeabilizante integral líquido puede ser difícil de realizar a largo plazo debido a la naturaleza del ambiente de la planta de tratamiento de aguas residuales y la dificultad para replicar las condiciones reales en un entorno de laboratorio.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedente y Pre Proyecto de Investigación 1

Evaluación de aditivos impermeabilizantes para la eficiencia del concreto en estructuras hidráulicas del Distritocuribaya – Candarave – Tacna, 2018, elaborada por Albert Chambilla Pino.

(Chambilla, 2018) “La investigación consistió en la utilización de tres aditivos impermeabilizantes líquidos: Z 1, Chema 1 y Sika 1 en proporciones de 0,5 %; 1,0 %; 1,5 %; 2,0 %; 2,5 %; 3,0 %; 3,5 %; 4,0 %; 4,5 % y 5,0 % del peso del cemento, con lo cual se obtuvo sesenta testigos, así mismo se obtuvieron seis testigos de concreto sin aditivo, dichos testigos fueron curados sumergidos en agua por 28 días y posterior a ello secados a temperatura ambiente, dichos procedimientos fueron de acuerdo a la NTP 339,183. Los testigos de concreto fueron sometidos a ensayos de permeabilidad, a través del cual se identificó las profundidades de penetración y se calculó los coeficientes de permeabilidad, los cuales se compararon y clasificaron según los parámetros indicados en la norma NTC 4483, la cual indica < 30 mm permeabilidad baja, 30 mm a 60 mm permeabilidad media y > 60 mm permeabilidad alta; en la presente investigación las máximas profundidades de penetración por el agua en presión, fueron: con

aditivos 28 mm en $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y 20 mm en $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y sin aditivo 37 mm en $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, con ello se determinó la eficiencia alcanzada en el concreto”.

Donde se concluye:

- (Chambilla, 2018) “Se alcanzó eficiencia en el concreto, ya que la norma NTC 4483 considerada como referencia por la presente investigación, indica: profundidad de penetración $< 30 \text{ mm}$, es permeabilidad bajo, en este caso las profundidades máximas penetradas en el concreto por la acción del agua en presión fueron: $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ de 28 mm y en 210 kg/cm^2 de 20 mm, encontrándose por debajo de 30 mm. Cabe señalar que, a mayor resistencia del concreto, se reduce la permeabilidad del mismo”.
- (Chambilla, 2018) “Se identificó las profundidades penetradas en los testigos de concreto, por la acción del agua en presión dichas profundidades revelan el comportamiento permeable de la muestra, en este caso son sesenta y seis testigos, de los cuales: $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con Z 1 líquido 10, sin aditivo 03, con Chema 1 líquido 10 y Sika 1 líquido 10; $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con Z 1 líquido 10, sin aditivo 03, con Chema 1 líquido 10 y Sika 1 líquido 10”.
- (Chambilla, 2018) “Se clasificó los coeficientes de permeabilidad (K) del concreto en tres niveles , para lo cual se consideró la norma NTC 4483, la cual señala: $< E-12$ permeabilidad baja, $E-12$ a $E-10$ permeabilidad media y $> E-10$ permeabilidad alta; los coeficientes de permeabilidad (K) del concreto más elevado fueron: Z 1 líquido 1 % – $2,48 E-12 \text{ m/s}$, sin aditivo $5,38 E-12 \text{ m/s}$, Chema 1 líquido 1 % – $1,25 E-12 \text{ m/s}$ y Sika 1 líquido 1 % – $1,34 E-12 \text{ m/s}$; los cuatro casos se encuentran en permeabilidad media, cabe señalar que dichos coeficientes se dieron en concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ ”.
- (Chambilla, 2018) “Se determinó el porcentaje de aditivo impermeabilizante con el cual se alcanzó eficiencia del concreto, en $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$: Z 1 líquido

desde 3,5 %; Chema 1 líquido desde 2 % y Sika 1 líquido desde 2 % en $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$: Z 1 líquido desde 1,5 %, Chema 1 líquido desde 0,5 % y Sika 1 líquido desde 0,5 %”.

2.1.2. Antecedente Y Pre Proyecto De Investigación 2

La Impermeabilización En Construcciones Nuevas Y Existentes Elaborado Por: Edwin Santiago Simba Cumbajín.

(Santiago, 2007) “Al Tecnólogo como a un Ingeniero interesa sobremanera el conocimiento más perfecto posible de la, o los sistemas de impermeabilización en una construcción nueva o existente de nuestro medio, lo que confía el éxito de sus obras. El estudio no puede limitarse solo al análisis de las condiciones externas de la impermeabilización, sino que tiene que abarcar las internas, lo cual puede conseguirse mediante el conocimiento de su fabricación del producto químico o aditivo o a su vez de un material adecuado para la aplicación. Todo lo dicho justifica la enorme importancia técnica, científica, industrial y económica que en estos últimos tiempos ha adquirido el estudio de las impermeabilizaciones”

(Santiago, 2007) “CAPÍTULO I PRIMERO En este capítulo se hablará acerca de las generalidades del hormigón, mortero, permeabilidad e impermeabilización, se comentará las propiedades en las cuales influye las impermeabilizaciones al momento de aplicar un determinado sistema como prevención o como solución en una construcción”

(Santiago, 2007) “CAPÍTULO II (SEGUNDO) Aquí se darán a conocer todo lo referente a Impermeabilizaciones Rígidas, que es la primera división de una impermeabilización, se considerará las impermeabilizaciones de hormigón con aditivo Plastocrete DM, Sikament FF y Plastiment BV-40, de estos se analizará al máximo de sus características, usos, ventajas, modo de empleo, precauciones, almacenamiento, dosificaciones y otros, con el fin de garantizar la prevención de futuros problemas en la construcción. De la misma manera se realizará el estudio de las impermeabilizaciones de mortero, en el cual se tomará en cuenta el

producto químico o aditivo Sika 1, Sika Top 77, Sikafume, tomando en consideración los mismos conceptos básicos que se analizó en las impermeabilizaciones de hormigón. Hay que mencionar que estos productos químicos (aditivos) son de Sika Ecuador”

(Santiago, 2007) “CAPÍTULO III (TERCERO) En este caso entenderemos la segunda división de una impermeabilización que son las Impermeabilizaciones Flexibles, la misma tiene que ver con la utilización de productos químicos y materiales que se usarán para prevenir o solucionar un problema en la construcción, en principio se obtendrá información de impermeabilizaciones con Acrílicos, en la misma se recopilará las impermeabilizaciones con recubrimiento elastomérico, que son productos químicos provenientes de México, de la casa IMPAC, se estudiará toda la gama que componen este producto al realizar su aplicación, se usan para impermeabilizar losas, cubiertas en general. A continuación, se conocerá todas las características principales de las impermeabilizaciones con láminas de PVC, Sikaplan, de la casa Sika. Y por último de este capítulo veremos lo referente a impermeabilizaciones con láminas asfálticas, provenientes de Colombia, de la casa Fiber Glass”

(Santiago, 2007) “CAPÍTULO IV (CUARTO) Este capítulo presenta algunas de las soluciones con los pasos a seguir al momento de efectuar la instalación, readecuación y otros, y dar mejor presentación a un ambiente fenomenal. Podremos llevar a cabo los pasos que se van a seguir al momento de ejecutar una obra requerida, con la ayuda de los productos químicos (aditivos), que se conocieron en los capítulos anteriores. Entre éstos tenemos: Solución de problemas en paredes, en muros, jardineras, superficies enterradas, losas, cubiertas, cisternas y piscinas”

(Santiago, 2007) “CAPÍTULO V (QUINTO) En este capítulo se presentará un pequeño formato, de cómo presentar o calcular los costos al momento de presentar una cotización”

2.2. Bases teóricas – científicas

2.2.1. Tecnologías de impermeabilización para estructuras hidráulicas en plantas de tratamiento de aguas residuales: estado actual y tendencias futuras.

- La impermeabilización de estructuras hidráulicas en plantas de tratamiento de aguas residuales es crucial para garantizar el buen funcionamiento y la durabilidad de estas estructuras. La falta de impermeabilización puede conducir a la infiltración de agua y productos químicos corrosivos, lo que puede causar graves daños a la estructura y comprometer su capacidad de tratamiento de aguas residuales.
- En la actualidad, existen diversas tecnologías de impermeabilización disponibles para estructuras hidráulicas en plantas de tratamiento de aguas residuales, que van desde soluciones tradicionales, como la aplicación de revestimientos de láminas de impermeabilización o el uso de membranas asfálticas, hasta tecnologías más recientes, como el uso de impermeabilizantes integrales líquidos.
- Las soluciones tradicionales tienen algunas limitaciones. Por ejemplo, los revestimientos de láminas de impermeabilización pueden ser costosos y difíciles de instalar, especialmente en estructuras con formas irregulares. Además, los materiales de impermeabilización pueden ser propensos a la ruptura y el desgaste debido a la exposición a los elementos y la erosión.
- En contraste, los impermeabilizantes integrales líquidos son una tecnología más reciente que ha ganado popularidad en la construcción de estructuras hidráulicas en plantas de tratamiento de aguas residuales. Estos materiales son líquidos que se aplican directamente a la superficie del concreto o mortero, formando una capa impermeable que se integra con la estructura. Los impermeabilizantes integrales líquidos pueden ser más duraderos y

resistentes al desgaste que los materiales tradicionales, ya que no tienen costuras o juntas que puedan fallar con el tiempo.

- Otra tendencia reciente en la tecnología de impermeabilización es la utilización de materiales más sostenibles y respetuosos con el medio ambiente. Por ejemplo, algunos fabricantes están desarrollando impermeabilizantes integrales líquidos a base de materiales biodegradables y no tóxicos. Esto puede ser beneficioso tanto para el medio ambiente como para la salud de los trabajadores que manipulan los materiales.
- En general, el uso de impermeabilizantes integrales líquidos es una tendencia en aumento en la construcción de estructuras hidráulicas en plantas de tratamiento de aguas residuales debido a su eficacia, durabilidad y facilidad de aplicación. Además, se espera que la tendencia hacia materiales más sostenibles y respetuosos con el medio ambiente continúe impulsando la innovación en este campo.
- En resumen, la tecnología de impermeabilización para estructuras hidráulicas en plantas de tratamiento de aguas residuales ha evolucionado en las últimas décadas, y el uso de impermeabilizantes integrales líquidos se está convirtiendo en una solución cada vez más popular debido a su eficacia y durabilidad. Se espera que la tendencia hacia materiales más sostenibles y respetuosos con el medio ambiente continúe impulsando la innovación en este campo, lo que resultará en soluciones de impermeabilización más efectivas y ecológicas en el futuro.

Las estructuras hidráulicas en plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) tienen una responsabilidad crucial, ya que están constantemente en contacto con aguas cargadas de agentes químicos que pueden comprometer su integridad. La impermeabilización, por lo tanto, desempeña un papel vital en la protección y prolongación de la vida útil de estas estructuras.

Hasta la fecha, las tecnologías de impermeabilización han evolucionado considerablemente. Tradicionalmente, las **membranas impermeables**, que son láminas flexibles hechas de materiales como PVC, EPDM y TPO, se han utilizado para cubrir las superficies de estas estructuras y evitar el paso del agua (Girard, 2015). Estas membranas, por su resistencia y durabilidad, se han consolidado como una solución confiable en la PTAR.

Por otro lado, los **impermeabilizantes líquidos** han ganado terreno. Estos son recubrimientos que, una vez aplicados, crean una barrera impermeable contra la penetración del agua. Su facilidad de aplicación, ya sea con rodillo, brocha o aspersión, y su base generalmente de resinas poliméricas, los hacen favorables para ciertos escenarios (Jones & Turner, 2014).

En la misma línea, los **aditivos integrales** ofrecen otra solución contemporánea. Estos se incorporan directamente en el concreto durante su preparación, potenciando sus propiedades y reduciendo su permeabilidad (Chalee, Jaturapitakkul, & Chindapasirt, 2009). El concreto tratado de esta manera es más resistente no solo al agua, sino también a la penetración de cloruros y otros contaminantes.

Mirando hacia el futuro, la **nanotecnología** se presenta como una tendencia emergente en el campo de la impermeabilización. La incorporación de nanopartículas, como el dióxido de titanio y nanosílice, está transformando las propiedades tradicionales de los revestimientos, brindando una mejor impermeabilización y durabilidad (Li, Xiao, & Ou, 2004).

Una innovación particularmente intrigante es el desarrollo de sistemas **auto-reparables**. Imagina un material que, cuando detecta una grieta o perforación, puede "autocurarse". Estos materiales tienen el potencial de revolucionar la industria, ya que pueden prolongar significativamente la vida útil de las estructuras y reducir los costos de mantenimiento (Joseph et al., 2010).

Por último, en una era donde la sostenibilidad es imperativa, los **biopolímeros y materiales sostenibles** están siendo explorados. Estos materiales biodegradables y de origen biológico prometen ofrecer soluciones de impermeabilización con un menor impacto ambiental (Sarasini et al., 2012).

En conclusión, la impermeabilización en estructuras hidráulicas, especialmente en PTAR, es un campo en constante evolución, donde el equilibrio entre la eficacia, durabilidad y sostenibilidad es esencial.

2.2.2. Características y propiedades de los impermeabilizantes integrales líquidos utilizados en la construcción.

Los impermeabilizantes integrales líquidos son una solución eficaz y económica para prevenir la entrada de agua en las estructuras de construcción. Se aplican directamente sobre el sustrato y penetran en la superficie, creando una barrera impermeable que evita la filtración de agua.

Entre las características y propiedades de los impermeabilizantes integrales líquidos utilizados en la construcción, se encuentran las siguientes:

1. **Resistencia al agua:** La principal función de los impermeabilizantes es impedir que el agua penetre en la superficie tratada. Por lo tanto, es importante que los impermeabilizantes integrales líquidos sean resistentes al agua y puedan soportar las condiciones climáticas extremas.
2. **Elasticidad:** Los impermeabilizantes deben tener una cierta flexibilidad para poder adaptarse a los movimientos del sustrato sin sufrir daños. La elasticidad también ayuda a que el material se adhiera correctamente a la superficie tratada.
3. **Adhesión:** La capacidad de adhesión es fundamental para asegurar que el impermeabilizante se adhiera adecuadamente a la superficie y forme una barrera sólida. El adhesivo debe ser lo suficientemente fuerte para evitar que se despegue con el tiempo.

4. Durabilidad: Los impermeabilizantes integrales líquidos deben ser resistentes al desgaste y al envejecimiento. Esto implica que deben conservar sus propiedades a lo largo del tiempo y resistir la acción de agentes externos como la luz solar, el viento y la lluvia.
5. Facilidad de aplicación: Es importante que los impermeabilizantes integrales líquidos sean fáciles de aplicar para asegurar una buena adherencia y una cobertura uniforme en toda la superficie tratada.
6. Compatibilidad: Los impermeabilizantes deben ser compatibles con el sustrato y con otros materiales utilizados en la construcción, como los morteros y los adhesivos. De lo contrario, puede producirse una reacción química que afecte la eficacia del impermeabilizante.
7. Ambientalmente sostenibles: Actualmente, se busca cada vez más el uso de impermeabilizantes integrales líquidos que sean amigables con el medio ambiente. Por lo tanto, es importante que sean biodegradables y no contaminantes para reducir su impacto en el entorno.

Los impermeabilizantes integrales líquidos han sido una adición esencial en la industria de la construcción, ofreciendo protección contra la penetración de agua y otros líquidos que pueden comprometer la integridad de las estructuras. Estos productos son especialmente vitales en estructuras que están expuestas constantemente al agua o humedad. A continuación, se presenta una revisión de las características y propiedades de estos impermeabilizantes.

1. **Composición:** La composición de los impermeabilizantes líquidos integrales varía, pero comúnmente incluyen polímeros como el poliuretano, epoxi, y polímeros acrílicos (Hou et al., 2016). Estas sustancias ofrecen una adherencia excepcional y crean una barrera impermeable una vez endurecidas.

2. **Aplicabilidad:** Los impermeabilizantes líquidos se pueden aplicar en una variedad de superficies, como concreto, mampostería, metal, y más. Son aplicados mediante rociado, rodillo, o brocha (Turanli et al., 2005).
3. **Resistencia a Productos Químicos:** Ofrecen resistencia contra una variedad de productos químicos, incluyendo sales, ácidos, y bases. Esto los hace ideales para ambientes industriales o áreas expuestas a aguas residuales (Zhang et al., 2012).
4. **Flexibilidad:** Los impermeabilizantes líquidos suelen ser flexibles, lo que les permite adaptarse a las expansiones y contracciones naturales del material subyacente sin agrietarse (Illescas et al., 2017).
5. **Durabilidad y Vida Útil:** Si se aplican correctamente, pueden proporcionar protección a largo plazo contra la humedad y la penetración de agua, contribuyendo a la durabilidad general de la estructura (Molavi et al., 2013).
6. **Impacto Ambiental:** Con el creciente énfasis en la construcción sostenible, algunos impermeabilizantes líquidos están siendo formulados con componentes más respetuosos con el medio ambiente (Wang et al., 2019).
7. **Propiedades Estéticas:** Además de su funcionalidad, estos impermeabilizantes pueden ser tintados para coincidir o complementar la apariencia de la estructura subyacente, ofreciendo no solo protección sino también apelación estética (Vickridge et al., 2016).
8. **Compatibilidad con Otros Materiales:** Por último, la compatibilidad con otros materiales de construcción es vital, y muchos impermeabilizantes líquidos han sido diseñados para trabajar en conjunto con otros aditivos y acabados sin interferir en sus propiedades (Siddique et al., 2011).

2.2.3. Procesos de deterioro y fallos en estructuras de concreto y mortero en ambientes húmedos y agresivos.

- Las estructuras de concreto y mortero en ambientes húmedos y agresivos están sujetas a procesos de deterioro y fallos que pueden comprometer su

integridad estructural y funcionalidad. En ambientes húmedos, las estructuras están expuestas a la acción de agentes químicos y biológicos que pueden corroer y erosionar el concreto y el mortero, lo que puede afectar la resistencia y la durabilidad de la estructura. En ambientes agresivos, como en las plantas de tratamiento de aguas residuales, las estructuras están expuestas a la acción de ácidos, sulfatos, cloruros y otros productos químicos que pueden corroer y disolver el concreto y el mortero.

- Entre los procesos de deterioro más comunes en las estructuras de concreto y mortero en ambientes húmedos y agresivos se encuentran la corrosión de las armaduras de acero, la carbonatación, la sulfatación, la erosión y la disolución. La corrosión de las armaduras de acero es un problema crítico que puede provocar la pérdida de sección transversal de la barra de acero y, por lo tanto, reducir la capacidad portante de la estructura. La carbonatación es un proceso químico que afecta el pH del concreto y disminuye la alcalinidad, lo que puede provocar la corrosión de las armaduras de acero. La sulfatación es un proceso químico que afecta el cemento y puede provocar la descomposición del concreto y del mortero. La erosión y la disolución son procesos físicos y químicos que afectan la superficie del concreto y del mortero, lo que puede provocar la pérdida de espesor y la formación de grietas.
- Para prevenir y controlar los procesos de deterioro y fallos en las estructuras de concreto y mortero en ambientes húmedos y agresivos, se requiere de un adecuado diseño, construcción y mantenimiento de las estructuras, así como de la aplicación de técnicas de impermeabilización y protección superficial. Entre las técnicas de impermeabilización más utilizadas se encuentra el uso de impermeabilizantes integrales líquidos, que se aplican al concreto y al mortero durante la mezcla o después del fraguado para mejorar la impermeabilidad y la resistencia a la corrosión.

- Es importante destacar que el uso de impermeabilizantes integrales líquidos no es una solución universal para prevenir los procesos de deterioro y fallos en las estructuras de concreto y mortero en ambientes húmedos y agresivos, sino que debe ser combinado con otras técnicas de protección superficial, tales como revestimientos, pinturas, membranas y materiales de refuerzo. Además, es fundamental realizar un adecuado mantenimiento de las estructuras, que incluye la limpieza, el sellado de fisuras y la reparación de las áreas dañadas. De esta manera, se puede garantizar la durabilidad y la funcionalidad de las estructuras en ambientes húmedos y agresivos, lo que contribuye a la protección del medio ambiente y a la seguridad y bienestar de la población.

El concreto y el mortero son materiales ampliamente utilizados en la construcción debido a su resistencia y durabilidad. Sin embargo, cuando se exponen a ambientes húmedos y agresivos, pueden experimentar diversos procesos de deterioro que afectan su integridad y función.

1. **Carbonatación:** La carbonatación es un proceso químico en el que el dióxido de carbono (CO_2) del aire reacciona con el hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) en el concreto para formar carbonato de calcio (CaCO_3). Esto reduce el pH del concreto, lo que puede provocar la corrosión del acero de refuerzo en el interior (Bertolini et al., 2004).
2. **Corrosión del acero de refuerzo:** En presencia de humedad y oxígeno, el acero de refuerzo puede comenzar a corroerse, especialmente si el pH del concreto se ha reducido debido a la carbonatación. Esta corrosión puede generar un volumen hasta 6 veces mayor que el acero original, lo que provoca fisuras y desprendimientos en el concreto circundante (Andrade & Alonso, 2001).
3. **Ataque por sulfatos:** Los sulfatos presentes en el suelo o en las aguas subterráneas pueden reaccionar con los componentes del concreto,

formando compuestos expansivos que generan presión interna y, eventualmente, fisuración y desprendimiento (Neville, 2004).

4. **Alcali-Agregado Reacción (AAR):** Es una reacción química entre los álcalis en el cemento y ciertos tipos de agregados. Esta reacción produce un gel expansivo que, al absorber agua, provoca presiones internas y la consiguiente fisuración (Swamy, 1992).
5. **Lixiviación:** En ambientes altamente ácidos, el hidróxido de calcio del concreto puede ser lixiviado, debilitando la matriz del concreto y reduciendo su resistencia y durabilidad (Glasser et al., 2008).
6. **Ataque microbiológico:** En ambientes húmedos, especialmente en sistemas de tratamiento de aguas residuales, las bacterias pueden producir ácidos que atacan el concreto. Este tipo de deterioro, conocido como corrosión microbiana del concreto, puede llevar a un rápido deterioro del material (Sánchez & De Belie, 2016).
7. **Ciclos de congelación y deshielo:** Si el agua penetra en los poros del concreto y luego se congela, su expansión puede causar fisuras en el material. Con repetidos ciclos de congelación y deshielo, estas fisuras pueden agrandarse y conducir a un fallo estructural (Valenza & Scherer, 2006).
8. **Ataque por cloruros:** Los cloruros, comúnmente presentes en agua de mar, pueden penetrar en el concreto y provocar la corrosión del acero de refuerzo, llevando a un deterioro significativo (Ann & Song, 2007).
9. **Desgaste abrasivo:** El flujo constante de agua cargada de partículas sólidas puede causar un desgaste en la superficie del concreto o mortero, reduciendo su espesor y resistencia con el tiempo (Tikal'sky et al., 2004).

2.2.4. Propiedades y características del concreto y morteros impermeabilizados con impermeabilizantes integrales líquidos.

Los impermeabilizantes integrales líquidos son un tipo de aditivo que se agregan al concreto y al mortero durante su mezclado para mejorar su capacidad de resistencia al agua y al deterioro. Estos aditivos suelen estar compuestos por resinas sintéticas y otros compuestos químicos que se combinan para formar una barrera impermeable en el interior del material.

Las principales propiedades y características del concreto y morteros impermeabilizados con impermeabilizantes integrales líquidos incluyen:

- Impermeabilidad: El impermeabilizante integral líquido forma una barrera impermeable en el interior del concreto o mortero, lo que evita que el agua y otros líquidos penetren en el material.
- Durabilidad: Al ser impermeabilizado, el concreto o mortero se vuelve más resistente al deterioro, lo que aumenta su vida útil.
- Resistencia a la corrosión: Al evitar la penetración de agua y otros líquidos, se reduce la posibilidad de corrosión en las armaduras de acero y otros elementos metálicos que se encuentren en el interior del material.
- Flexibilidad: Los impermeabilizantes integrales líquidos también pueden mejorar la flexibilidad del concreto o mortero, lo que permite que se adapte mejor a los cambios de temperatura y a la contracción y expansión que se producen durante su uso.
- Resistencia al impacto: Al aumentar la densidad y la resistencia del concreto o mortero, los impermeabilizantes integrales líquidos también pueden mejorar su resistencia a impactos y a otros tipos de daños mecánicos.
- Mejora de la adherencia: Algunos impermeabilizantes integrales líquidos pueden mejorar la adherencia del concreto o mortero a otros materiales, lo que aumenta la resistencia del conjunto.

El concreto y el mortero, cuando se mezclan con impermeabilizantes integrales líquidos, presentan características y propiedades mejoradas en términos de impermeabilidad y durabilidad. Estos impermeabilizantes actúan en la matriz del material, ofreciendo resistencia al agua y a otros agentes agresivos.

- 1. Impermeabilidad mejorada:** Una de las características más evidentes de estos materiales es la impermeabilidad mejorada. Los impermeabilizantes líquidos se integran en el concreto y mortero, sellando sus poros y reduciendo la permeabilidad del material (Malhotra & Carette, 1991).
- 2. Mejora en la durabilidad:** La resistencia al deterioro en ambientes agresivos, como áreas con alta humedad o exposición a químicos, es significativamente mejorada gracias a la impermeabilización (Polder, 2001).
- 3. Resistencia al ataque de sulfatos y cloruros:** Estos materiales muestran una resistencia mejorada a los ataques de sulfatos y cloruros, dos de los principales agentes destructivos para el concreto en entornos marinos y algunas áreas industriales (Basheer et al., 2001).
- 4. Reducción de la absorción de agua:** Los ensayos demuestran que el concreto y mortero impermeabilizado presentan una disminución en la absorción de agua, protegiendo la integridad estructural del material y previniendo la formación de eflorescencias (Monteiro & Helene, 2009).
- 5. Mejora en la resistencia a la congelación y deshielo:** La resistencia a ciclos de congelación y deshielo se ve incrementada, ya que el agua no penetra fácilmente en el material, reduciendo el riesgo de daños por expansión de agua congelada (Valenza & Scherer, 2006).
- 6. Resistencia al desgaste abrasivo:** Al reducir la permeabilidad del concreto y mortero, también se mejora la resistencia al desgaste abrasivo, especialmente en áreas con flujo constante de agua (Tikalsky et al., 2004).

7. **Apariencia estética:** Algunos impermeabilizantes líquidos ofrecen acabados estéticos, reduciendo la decoloración y la aparición de manchas en la superficie del concreto (Ramezani pour et al., 2014).
8. **Protección contra la corrosión:** La inhibición de la penetración de agua y agentes agresivos protege al acero de refuerzo contra la corrosión, garantizando una mayor vida útil de las estructuras de concreto armado (Broomfield, 2007).
9. **Flexibilidad:** Algunos impermeabilizantes líquidos, especialmente aquellos basados en polímeros, pueden impartir cierta flexibilidad al concreto y mortero, permitiendo movimientos estructurales sin el riesgo de fisuración (Beeldens, 2005).

2.2.5. Impacto ambiental y económico de la falta de impermeabilización en estructuras hidráulicas en plantas de tratamiento de aguas residuales.

La falta de impermeabilización en las estructuras hidráulicas de las plantas de tratamiento de aguas residuales puede tener un impacto significativo tanto en el medio ambiente como en la economía. A continuación, se detallan algunos de estos impactos:

1. **Contaminación del agua:** Si las estructuras hidráulicas no están correctamente impermeabilizadas, puede ocurrir una filtración de agua contaminada hacia el suelo o acuíferos subterráneos. Esto puede tener un impacto negativo en la calidad del agua y en la salud pública, ya que el agua contaminada puede llegar a ser consumida por las personas.
2. **Pérdida de recursos:** La filtración de agua puede llevar a la pérdida de agua tratada, lo que resulta en un desperdicio de recursos valiosos y en costos adicionales para tratar más agua. Además, la falta de impermeabilización puede aumentar la necesidad de reparaciones y mantenimiento, lo que también puede aumentar los costos operativos.

3. Impacto en la vida silvestre: La contaminación del agua y la pérdida de recursos pueden tener un impacto negativo en la vida silvestre y en los ecosistemas circundantes. Los organismos acuáticos y la fauna que dependen de los cuerpos de agua pueden sufrir daños si se exponen a aguas contaminadas.
4. Riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores: Si la estructura hidráulica no está correctamente impermeabilizada, puede haber un mayor riesgo de accidentes para los trabajadores. El agua que se filtra en las estructuras puede crear superficies resbaladizas y peligrosas para los trabajadores que deben trabajar en las estructuras.
5. Costos de reparación y mantenimiento: La falta de impermeabilización puede llevar a una mayor necesidad de reparaciones y mantenimiento, lo que puede ser costoso y afectar el presupuesto general de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Las estructuras hidráulicas en plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) desempeñan un papel crucial en la gestión y tratamiento del agua. La falta de impermeabilización adecuada en estas estructuras puede tener graves repercusiones tanto en el ambiente como en la economía.

1. **Contaminación del suelo y agua subterránea:** Si las estructuras no están adecuadamente impermeabilizadas, las aguas residuales pueden filtrarse al suelo, llevando consigo contaminantes y patógenos al agua subterránea y potencialmente a fuentes de agua cercanas (Levine et al., 2007).
2. **Pérdida de recursos hídricos:** El agua que se filtra de las estructuras es una pérdida de recurso que podría haber sido tratada y reutilizada, exacerbando problemas de escasez de agua en algunas regiones (Lazarova et al., 2001).
3. **Costos de reparación y mantenimiento:** Las estructuras que no están adecuadamente impermeabilizadas requieren reparaciones más frecuentes

debido al deterioro acelerado causado por la humedad y los agentes agresivos presentes en las aguas residuales. Estas reparaciones representan costos adicionales (Tam & Tam, 2007).

4. **Interrupción del servicio:** Las reparaciones y el mantenimiento resultantes de la falta de impermeabilización pueden llevar a interrupciones temporales en el servicio de la planta, afectando a las comunidades y empresas dependientes de sus servicios (Fatta-Kassinou et al., 2011).
5. **Reducción de la vida útil de las estructuras:** El deterioro acelerado de las estructuras debido a la falta de impermeabilización puede reducir significativamente su vida útil, llevando a reemplazos prematuros y a inversiones más altas a largo plazo (Zhang & Gjørv, 1996).
6. **Aumento del impacto ambiental:** Las filtraciones pueden provocar eutrofización en cuerpos de agua cercanos debido a la liberación de nutrientes como nitrógeno y fósforo, lo que puede resultar en crecimiento excesivo de algas y la consecuente disminución de oxígeno en el agua (Smith et al., 1999).
7. **Costos asociados con multas y sanciones:** Las autoridades ambientales pueden imponer multas y sanciones a las PTAR que no cumplan con los estándares regulatorios debido a problemas de filtración y contaminación (Boyd et al., 2002).
8. **Reputación y responsabilidad social:** La falta de impermeabilización adecuada puede afectar negativamente la reputación de las entidades responsables de la PTAR, y estas pueden ser vistas como negligentes en su responsabilidad social y ambiental (Harremoës, 2002).

2.2.6. Métodos de evaluación y medición de la eficacia y durabilidad de los impermeabilizantes integrales líquidos en estructuras hidráulicas.

La evaluación y medición de la eficacia y durabilidad de los impermeabilizantes integrales líquidos en estructuras hidráulicas son aspectos

fundamentales para garantizar la protección y durabilidad de las estructuras. Existen diversos métodos de evaluación y medición que permiten evaluar el desempeño de los impermeabilizantes, a continuación, se describen algunos de ellos:

1. Pruebas de permeabilidad: Las pruebas de permeabilidad se realizan para determinar la capacidad del impermeabilizante para resistir la penetración de agua. La prueba más comúnmente utilizada es la prueba de carga hidrostática, que consiste en aplicar agua a una presión determinada sobre la superficie impermeabilizada y medir la cantidad de agua que se filtra a través del material
2. Pruebas de adherencia: Las pruebas de adherencia se utilizan para evaluar la capacidad del impermeabilizante para adherirse a la superficie del sustrato. La prueba de corte en ángulo y la prueba de tracción son las más utilizadas. Estas pruebas miden la fuerza necesaria para separar el impermeabilizante del sustrato.
3. Pruebas de flexibilidad: Las pruebas de flexibilidad evalúan la capacidad del impermeabilizante para soportar las deformaciones causadas por los movimientos del sustrato. La prueba de flexión es la más comúnmente utilizada, que mide la capacidad del material para doblarse sin agrietarse.
4. Pruebas de resistencia química: Las pruebas de resistencia química evalúan la capacidad del impermeabilizante para resistir la exposición a productos químicos. Se pueden realizar pruebas de inmersión para evaluar la resistencia a diferentes productos químicos.
5. Inspecciones visuales: Las inspecciones visuales periódicas son una herramienta importante para detectar tempranamente problemas con el impermeabilizante y tomar medidas preventivas antes de que se produzca un daño mayor

Evaluar y medir la eficacia y durabilidad de los impermeabilizantes integrales líquidos en estructuras hidráulicas es esencial para garantizar su desempeño a largo plazo. Estos métodos pueden variar en función de la complejidad y precisión requerida.

- 1. Ensayos de permeabilidad:** Estos ensayos, como el ensayo de permeabilidad al agua bajo presión (DIN 1048), miden la capacidad del concreto tratado para resistir la penetración del agua bajo condiciones de presión específicas (Neville, 2000).
- 2. Absorción capilar:** Mide la cantidad de agua absorbida por el concreto o mortero a través de sus poros en un tiempo determinado. Es una indicación directa de la eficacia del impermeabilizante (RILEM, 1984).
- 3. Prueba de difusión de cloruro:** Evaluando la penetración de iones cloruro en concreto tratado puede proporcionar información sobre la eficacia del impermeabilizante contra la corrosión inducida por cloruros (Andrade & Alonso, 2004).
- 4. Pruebas de carbonatación:** Estas pruebas evalúan la resistencia del concreto al ataque de dióxido de carbono, lo que puede causar la descomposición de los componentes alcalinos del concreto (Papadakis et al., 1991).
- 5. Evaluación visual:** La inspección visual regular de las estructuras tratadas puede ofrecer información sobre posibles defectos, desprendimientos o áreas de deterioro prematuro (Beeldens, 2005).
- 6. Espectroscopía infrarroja (FTIR):** Este método se utiliza para analizar la composición química de la superficie del concreto y determinar la presencia y uniformidad del impermeabilizante aplicado (Chung, 2002).
- 7. Pruebas de adhesión:** Miden la fuerza requerida para despegar o romper una muestra de concreto tratado, indicando la eficacia del impermeabilizante en términos de adhesión (ASTM C1583, 2013).

- 8. Evaluación de vida útil:** A través de la simulación acelerada de las condiciones ambientales (como ciclos de congelación/deshielo y exposición a UV), se puede predecir la durabilidad y vida útil del impermeabilizante (Basheer et al., 2001).
- 9. Monitorización de sensores:** La incorporación de sensores en el concreto puede ayudar a monitorear condiciones como humedad, pH y potencial de corrosión, proporcionando datos en tiempo real sobre el desempeño del impermeabilizante (Gjørsv, 2009).
- 10. Ensayos de resistencia al desgaste:** Evaluando la resistencia del concreto tratado al desgaste abrasivo, se puede obtener información sobre la protección proporcionada por el impermeabilizante (Sadowski et al., 2008).

2.2.7. Diseño y selección de materiales para estructuras hidráulicas impermeabilizadas en plantas de tratamiento de aguas residuales.

El diseño y selección de materiales para estructuras hidráulicas impermeabilizadas en plantas de tratamiento de aguas residuales es un aspecto crítico para garantizar la eficacia y durabilidad de la impermeabilización, así como para asegurar la estabilidad y seguridad estructural a largo plazo.

En el diseño de estructuras hidráulicas impermeabilizadas, es importante considerar la resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión, la permeabilidad, la adhesión y la durabilidad de los materiales utilizados. Los materiales más comúnmente utilizados en la construcción de estructuras hidráulicas incluyen concreto, mortero, ladrillo, acero y otros materiales compuestos.

En el caso de la impermeabilización de estructuras hidráulicas, es importante seleccionar materiales que sean resistentes al agua y que puedan proporcionar una barrera efectiva contra la penetración de agua y otros fluidos. Los impermeabilizantes integrales líquidos son una opción comúnmente utilizada en la impermeabilización de estructuras hidráulicas, ya que pueden proporcionar

una protección duradera contra la penetración de agua y otros fluidos, y pueden ser aplicados en una variedad de superficies y materiales.

Al seleccionar los materiales para la construcción de estructuras hidráulicas impermeabilizadas, es importante considerar el entorno en el que se utilizarán, incluyendo la temperatura, la humedad y los niveles de sustancias químicas presentes en el agua residual tratada. También es importante considerar la capacidad de los materiales para soportar cargas estructurales y las condiciones ambientales a largo plazo, así como su capacidad para resistir la corrosión y la erosión.

En cuanto al diseño de la estructura en sí misma, es importante considerar factores como la resistencia de la estructura a cargas hidrostáticas y de viento, la forma y tamaño de la estructura, y la ubicación y distribución de los elementos estructurales, como las vigas y los pilares. También es importante considerar la ubicación de los sistemas de drenaje y de ventilación para garantizar un flujo adecuado de aire y agua y prevenir la acumulación de humedad y gases.

El diseño y selección de materiales para estructuras hidráulicas en plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) es un proceso meticuloso que debe considerar no solo la funcionalidad y durabilidad, sino también la impermeabilización efectiva para garantizar la integridad estructural y operativa a largo plazo.

- 1. Consideración del ambiente agresivo:** Las PTAR tienen ambientes química y biológicamente agresivos, con una variada gama de sustancias corrosivas presentes, desde ácidos hasta sales y microorganismos (Mehta & Monteiro, 2006). Por lo tanto, los materiales seleccionados deben resistir estos ataques.
- 2. Concreto de alta resistencia:** Utilizar concretos de alta resistencia y baja relación agua/cemento puede reducir la permeabilidad del concreto, mejorando la resistencia a la infiltración y exfiltración (Neville, 2011).

3. **Uso de aditivos y suplementos:** Aditivos como los humectantes y los aditivos superplastificantes pueden mejorar la trabajabilidad del concreto, mientras que suplementos como las cenizas volantes y la escoria de alto horno pueden mejorar la densidad y la resistencia a la corrosión (Malhotra & Mehta, 1996).
4. **Refuerzos anticorrosivos:** En lugar de usar el tradicional acero al carbono, se pueden emplear barras de refuerzo de acero inoxidable o recubiertas de epoxy para resistir la corrosión en ambientes agresivos (Ann & Song, 2007).
5. **Impermeabilizantes integrales líquidos:** Estos se mezclan con el concreto durante la etapa de mezcla y proporcionan impermeabilización al reaccionar químicamente con los componentes del concreto, formando una barrera hidrofóbica (Whittaker & Peggs, 2008).
6. **Membranas impermeabilizantes externas:** Las membranas aplicadas a la superficie del concreto proporcionan una barrera adicional contra la infiltración y exfiltración (Koerner, 2012).
7. **Sistema de juntas selladas:** Las juntas entre secciones de concreto son puntos vulnerables para la filtración. Se deben seleccionar selladores duraderos y flexibles que puedan expandirse y contraerse con las fluctuaciones de temperatura y carga (Brown, 2003).
8. **Diseño estructural:** El diseño debe considerar cargas operativas, hidrostáticas y ambientales, y debe facilitar el acceso para inspección, mantenimiento y reparación (Hamill, 2010).
9. **Control de calidad y pruebas:** Antes de la implementación, los materiales seleccionados deben ser probados bajo condiciones simuladas para verificar su desempeño. Además, un riguroso control de calidad durante la construcción garantiza que se sigan las especificaciones (ACI Committee 350, 2001).

10. Evaluación periódica y mantenimiento: Incluso con un diseño robusto y materiales de calidad, es esencial realizar evaluaciones periódicas y mantenimiento para garantizar la integridad a largo plazo de la estructura (Hewlett, 1998).

2.2.8. Aplicación y mantenimiento de impermeabilizantes integrales líquidos en estructuras hidráulicas en plantas de tratamiento de aguas residuales.

La aplicación y mantenimiento adecuado de impermeabilizantes integrales líquidos es esencial para garantizar su eficacia y durabilidad en estructuras hidráulicas en plantas de tratamiento de aguas residuales. A continuación, se describen algunos aspectos importantes a considerar durante la aplicación y mantenimiento de estos impermeabilizantes

2.2.8.1. Aplicación

La aplicación de los impermeabilizantes integrales líquidos debe realizarse de acuerdo con las instrucciones del fabricante, siguiendo un proceso cuidadoso y riguroso. Es importante asegurarse de que la superficie a tratar esté limpia, seca y libre de polvo, grasa, aceite y cualquier otro tipo de contaminación. La superficie también debe estar libre de grietas, fisuras y otros defectos estructurales.

El método de aplicación puede variar según el tipo de impermeabilizante y la superficie a tratar. En general, se pueden aplicar mediante rodillo, brocha o pistola de pulverización. Es importante asegurarse de que el impermeabilizante se aplique en una capa uniforme y continua, sin dejar áreas sin tratar.

2.2.8.2. Mantenimiento:

El mantenimiento regular de las estructuras hidráulicas impermeabilizadas es esencial para garantizar su durabilidad y eficacia a lo largo del tiempo. Algunas recomendaciones para el mantenimiento son:

- Inspeccionar regularmente las superficies impermeabilizadas para detectar posibles daños, como grietas, fisuras o desprendimientos.
- Limpiar regularmente las superficies impermeabilizadas para evitar la acumulación de suciedad, polvo u otros contaminantes que puedan afectar su rendimiento.
- Realizar reparaciones inmediatas en caso de detectar cualquier tipo de daño en la superficie impermeabilizada.
- Aplicar una nueva capa de impermeabilizante si se detecta desgaste o pérdida de eficacia en la capa existente.

Es importante recordar que el mantenimiento adecuado de las estructuras hidráulicas impermeabilizadas no solo garantiza su durabilidad y eficacia, sino que también puede ayudar a reducir los costos de reparación y reemplazo a largo plazo.

2.2.9. Análisis de costo-beneficio de la utilización de impermeabilizantes integrales líquidos en estructuras hidráulicas en plantas de tratamiento de aguas residuales.

La utilización de impermeabilizantes integrales líquidos en estructuras hidráulicas en plantas de tratamiento de aguas residuales puede tener un impacto significativo en los costos y beneficios a largo plazo. Aunque la instalación de impermeabilizantes integrales líquidos puede ser costosa inicialmente, puede resultar en ahorros significativos en el mantenimiento y reparación de estructuras hidráulicas. Además, el uso de impermeabilizantes integrales líquidos puede aumentar la vida útil de las estructuras hidráulicas, lo que puede disminuir los costos de reemplazo a largo plazo.

Por otro lado, la falta de impermeabilización adecuada en las estructuras hidráulicas puede llevar a problemas de filtración, lo que puede aumentar los costos de tratamiento de aguas residuales y dañar el medio ambiente. La filtración también puede causar daños en la estructura, lo que puede resultar en costosas reparaciones y reemplazos.

Para realizar un análisis de costo-beneficio adecuado, es importante considerar los costos de la instalación de los impermeabilizantes integrales líquidos, los costos de mantenimiento y reparación a largo plazo de las estructuras hidráulicas, los costos de tratamiento de aguas residuales y los costos de reemplazo de estructuras hidráulicas a largo plazo. Además, también se deben considerar los beneficios ambientales de utilizar impermeabilizantes integrales líquidos en términos de prevención de la contaminación de las aguas subterráneas y la reducción de la huella de carbono.

Es importante destacar que el análisis de costo-beneficio puede variar dependiendo de la ubicación geográfica, el tamaño de la planta de tratamiento de aguas residuales y las condiciones climáticas locales. Por lo tanto, se deben realizar estudios detallados para determinar los costos y beneficios específicos de la utilización de impermeabilizantes integrales líquidos en estructuras hidráulicas en cada caso particular.

El análisis de costo-beneficio es una herramienta fundamental para tomar decisiones informadas en la construcción y mantenimiento de estructuras. Cuando se trata de estructuras hidráulicas en plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), se vuelve aún más crucial debido a las implicaciones financieras y operativas de la implementación de impermeabilizantes integrales líquidos.

1. Costo inicial de los impermeabilizantes: La adopción de impermeabilizantes integrales líquidos puede tener un costo inicial superior

en comparación con otros métodos tradicionales de impermeabilización (Smith, 2015).

2. **Ahorro en costos de reparación y mantenimiento:** Dada la capacidad de estos impermeabilizantes para mejorar la resistencia del concreto al ataque químico y reducir la infiltración, se espera una disminución en los costos asociados con reparaciones y mantenimiento a largo plazo (Jones & Rostami, 2017).
3. **Prolongación de la vida útil de la estructura:** El aumento de la durabilidad puede prolongar la vida útil de la estructura, lo que se traduce en ahorros al retrasar las reconstrucciones o reemplazos (Taylor, 2006).
4. **Ahorro en costos operativos:** Las estructuras bien impermeabilizadas pueden resultar en una reducción de pérdidas de agua tratada y, por lo tanto, reducir los costos operativos al minimizar el volumen de agua que necesita ser tratado nuevamente (Metcalf & Eddy, 2003).
5. **Beneficios medioambientales:** La reducción de la exfiltración minimiza el riesgo de contaminación del suelo y las fuentes de agua circundantes, lo que podría tener implicaciones costosas en términos de remediación ambiental y sanciones legales (EPA, 2012).
6. **Costo de oportunidad:** La inversión en impermeabilizantes de alta calidad podría desplazar otros gastos o inversiones. Es importante ponderar estos costos de oportunidad con los beneficios a largo plazo (Ross, 2004).
7. **Valor residual:** Las estructuras que han sido adecuadamente impermeabilizadas y mantenidas pueden tener un mayor valor residual, en caso de que se considere una futura desinversión o reconversión del sitio (Hillebrandt, 2000).
8. **Reducción del riesgo y la incertidumbre:** Una estructura adecuadamente impermeabilizada reduce los riesgos asociados con fallos estructurales, lo

que podría tener implicaciones costosas en términos de interrupciones operativas y responsabilidad legal (Watson, 2010).

9. **Reputación y percepción pública:** Una planta que demuestra preocupación y diligencia en sus infraestructuras puede generar una percepción pública positiva, lo que podría tener beneficios indirectos en términos de relaciones comunitarias y licencias de operación (Clarkson & Wylie, 1996).

2.2.10. Normativas y regulaciones para la construcción y mantenimiento de estructuras hidráulicas en plantas de tratamiento de aguas residuales.

En la construcción y mantenimiento de estructuras hidráulicas en plantas de tratamiento de aguas residuales, es importante tener en cuenta las normativas y regulaciones establecidas por las entidades encargadas de supervisar y regular estas instalaciones. Estas normativas y regulaciones están diseñadas para garantizar la seguridad y la calidad de las estructuras hidráulicas, así como para proteger la salud pública y el medio ambiente.

En muchos países, existen normativas específicas para la construcción y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales. Estas normativas pueden incluir requisitos para el diseño y construcción de las estructuras hidráulicas, especificaciones para los materiales utilizados en la construcción, requisitos para las pruebas de calidad y seguridad, y protocolos de mantenimiento y monitoreo.

Por ejemplo, en los Estados Unidos, la Agencia de Protección Ambiental (EPA) establece regulaciones y normas para las plantas de tratamiento de aguas residuales. Estas normas incluyen requisitos para la construcción y diseño de las estructuras hidráulicas, así como especificaciones para la calidad del agua tratada y los niveles de emisiones de contaminantes.

En la Unión Europea, la Directiva Marco del Agua establece normativas para la gestión del agua en los países miembros, incluyendo requisitos para la

construcción y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales. Además, existen normas específicas establecidas por cada país miembro para regular la construcción y mantenimiento de estas instalaciones.

Es importante que los constructores, ingenieros y encargados del mantenimiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales estén al tanto de las normativas y regulaciones aplicables en su país o región. El incumplimiento de estas normativas puede resultar en sanciones legales, multas y daños a la reputación de la organización responsable.

En el Perú, la construcción y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) está regulada por la normativa técnica del sector saneamiento, la cual establece los criterios y estándares que deben cumplir las infraestructuras hidráulicas para garantizar su correcto funcionamiento y protección del medio ambiente.

En cuanto al uso de impermeabilizantes en las estructuras de las PTAR, la normativa establece que deben ser utilizados materiales y productos que cumplan con las especificaciones técnicas y normativas nacionales e internacionales, así como con los requisitos de durabilidad, eficiencia y sostenibilidad.

En este sentido, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú ha establecido una serie de normas técnicas para la construcción y mantenimiento de las infraestructuras hidráulicas en las PTAR, incluyendo la norma NTP 399.601:2017, que establece los requisitos técnicos para el uso de impermeabilizantes en estructuras de concreto.

La norma establece que los impermeabilizantes deben ser aplicados en capas uniformes y sin fisuras, y que deben cumplir con requisitos de adherencia, resistencia a la abrasión, permeabilidad al vapor de agua y resistencia a los agentes químicos presentes en las aguas residuales tratadas.

Asimismo, la normativa establece que las empresas encargadas de la construcción y mantenimiento de las PTAR deben contar con personal capacitado y con experiencia en el uso de impermeabilizantes, así como con los equipos y herramientas necesarios para su correcta aplicación y control de calidad.

El cumplimiento de normativas y regulaciones es esencial en la construcción y mantenimiento de estructuras hidráulicas, especialmente en el ámbito de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), donde la seguridad, integridad estructural y protección del medio ambiente son primordiales.

- 1. Normativas internacionales:** La Asociación Americana de Ingenieros Ambientales y de Agua (AWWA) y la Asociación Internacional de Agua (IWA) ofrecen directrices sobre el diseño, operación y mantenimiento de plantas de tratamiento (AWWA, 2012; IWA, 2014).
- 2. Regulaciones nacionales:** La mayoría de los países cuenta con regulaciones específicas para las PTAR. Estas regulaciones abordan aspectos como la calidad del efluente, la integridad estructural y la seguridad operacional (DIN, 2008; BSI, 2010).
- 3. Códigos de construcción:** Los códigos de construcción nacionales e internacionales establecen estándares para la calidad del concreto, el acero de refuerzo y otros materiales, así como para la práctica de construcción (ACI 350, 2006; Eurocode 2, 2004).
- 4. Normativas de impermeabilización:** Estas normativas se enfocan en la selección, aplicación y evaluación de materiales impermeabilizantes, garantizando que las estructuras hidráulicas estén protegidas contra la infiltración y exfiltración (ASTM D5885, 2016; EN 14891, 2012).
- 5. Regulaciones medioambientales:** Estas regulaciones están diseñadas para proteger el medio ambiente, incluyendo la calidad del agua superficial y

subterránea, la biodiversidad y el ecosistema circundante (EPA, 2000; WHO, 2017).

- 6. Normativas de seguridad y salud:** Establecen directrices para proteger a los trabajadores y al público durante la construcción, operación y mantenimiento de las PTAR (OSHA 1926, 2015; ISO 45001, 2018).
- 7. Regulaciones de mantenimiento:** Estas regulaciones se centran en la inspección regular, mantenimiento y renovación de las estructuras hidráulicas para garantizar su funcionamiento seguro y eficiente a lo largo de su vida útil (ISO 55000, 2014).
- 8. Directrices de gestión de riesgos:** Estas directrices ayudan a las PTAR a identificar, evaluar y mitigar riesgos asociados con fallos estructurales, desbordamientos y otros eventos no deseados (ISO 31000, 2018).
- 9. Normativas de sostenibilidad:** Estas normativas buscan garantizar que las PTAR sean diseñadas y operadas de manera sostenible, minimizando su huella de carbono y su impacto en el medio ambiente circundante (LEED, 2009; BREEAM, 2014).
- 10. Normativas y regulaciones peruanas para la construcción y mantenimiento de estructuras hidráulicas en plantas de tratamiento de aguas residuales.**
- 11. Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE):** Establece los requisitos y especificaciones técnicas de diseño y construcción para obras civiles en Perú, lo que incluye estructuras hidráulicas en PTAR (RNE, 2006).
- 12. Ley General de Aguas, Decreto Ley N° 17752:** Regula el uso y manejo de los recursos hídricos y sus aplicaciones, incluyendo el tratamiento de aguas residuales (Decreto Ley N° 17752, 1969).
- 13. Reglamento de Calidad de Agua, Decreto Supremo N° 031-2010-SA:** Establece los criterios de calidad de agua que deben cumplir las PTAR para

su descarga en cuerpos naturales o sistemas de alcantarillado (Decreto Supremo N° 031-2010-SA, 2010).

14. Normas Técnicas Peruanas (NTP):

Son estándares elaborados por el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). Puede haber NTPs relacionadas con la construcción, materiales y procesos en PTAR (INDECOPI, Varios años).

15. Reglamento de Operadores de Servicios de Saneamiento (ROSS):

Regula la operación de servicios de saneamiento a nivel nacional y se aplicaría directamente a PTAR (ROSS, 2005).

16. Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, Decreto Supremo N° 001-2010-AG:

Establece el marco regulatorio para la gestión integral y sostenible de los recursos hídricos en Perú, incluyendo su tratamiento y reúso (Decreto Supremo N° 001-2010-AG, 2010).

17. Normas ambientales para el manejo de lodos generados en PTAR,

Resolución Ministerial N° 262-2009-MINAM:

Establece criterios para la gestión y disposición final de lodos generados en PTAR (Resolución Ministerial N° 262-2009-MINAM, 2009).

2.3. Definición de términos básicos

Impermeabilización

Se refiere al proceso de hacer que un material o estructura sea impermeable, es decir, que no permita la filtración de líquidos a través de él.

Estructuras hidráulicas

Son aquellas construcciones que tienen la función de almacenar, transportar o controlar el agua, como, por ejemplo, los tanques de almacenamiento, los canales, las tuberías y los sistemas de drenaje.

Agua residual

Es el agua que ha sido utilizada en actividades humanas, como en el hogar, la industria o la agricultura, y que contiene contaminantes como bacterias, virus, productos químicos, entre otros.

Planta de tratamiento de aguas residuales

Es una instalación donde se procesa el agua residual para eliminar los contaminantes y devolverla al medio ambiente en condiciones seguras.

Mortero

Es una mezcla de cemento, agua y arena que se utiliza para unir o revestir elementos de construcción, como ladrillos o bloques de concreto.

Concreto

Es una mezcla de cemento, agua, arena y grava que se utiliza para crear estructuras sólidas y resistentes, como columnas, muros, cimientos, entre otros.

Aditivo

Es una sustancia que se añade a la mezcla de concreto o mortero con el fin de mejorar sus propiedades, como la resistencia, la adherencia o la impermeabilidad.

Durabilidad

Se refiere a la capacidad de un material o estructura de mantener sus propiedades y funciones en el tiempo, frente a factores como el uso, la exposición a condiciones climáticas y la presencia de agentes agresivos.

Normativa

Son las regulaciones, leyes o normas establecidas por las autoridades competentes que deben ser cumplidas en la construcción y mantenimiento de las estructuras hidráulicas y plantas de tratamiento de aguas residuales.

Estructuras hidráulicas

Son aquellas construcciones que tienen como objetivo controlar y manejar el agua, como por ejemplo presas, canales, tanques de almacenamiento, entre otros.

Agua residual

También conocida como agua residual urbana o aguas negras, es el agua que proviene de los desechos de actividades humanas y que debe ser tratada antes de ser vertida al medio ambiente.

Mortero

Es una mezcla de cemento, arena y agua que se utiliza para unir materiales de construcción como ladrillos, bloques de concreto, entre otros.

Concreto

Es una mezcla de cemento, arena, agua y agregados (como grava, piedra triturada, entre otros) que se utiliza como material de construcción para la elaboración de estructuras.

Impermeabilización

Es el proceso de proteger una superficie o estructura para evitar que el agua o la humedad penetren en ella.

Impermeabilizante integral líquido

Es un producto químico que se agrega a la mezcla de concreto o mortero para hacerlo impermeable.

Durabilidad

Es la capacidad de un material o estructura de resistir el desgaste y el deterioro con el paso del tiempo.

Adherencia

Es la capacidad de un material de unirse a otro sin despegarse.

Costo-Beneficio

Es el análisis que se realiza para determinar si el costo de una inversión o proyecto es justificado por los beneficios que se obtienen a largo plazo.

Mantenimiento

Son las acciones que se realizan para asegurar que una estructura o equipo siga funcionando correctamente y en óptimas condiciones durante su vida útil.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Al optimizar las características del mortero y concreto con en el uso de impermeabilizante integral líquido mejoramos la funcionabilidad de las estructuras hidráulicas en la PTAR “PUCAYACU” – Cerro de Pasco – 2023

2.4.2. Hipótesis específicas

- Al Optimizar la resistencia a la compresión del mortero y concreto con en el uso de impermeabilizante integral líquido mejoramos la funcionabilidad de las estructuras hidráulicas en la PTAR “PUCAYACU” – Cerro de Pasco - 2023
- Al Optimizar la durabilidad del mortero y concreto con en el uso de impermeabilizante integral líquido mejoramos la funcionabilidad de las estructuras hidráulicas en la PTAR “PUCAYACU” – Cerro de Pasco - 2023
- Al Optimizar el costo del mortero y concreto con en el uso de impermeabilizante integral líquido mejoramos la funcionabilidad de las estructuras hidráulicas en la PTAR “PUCAYACU” – Cerro de Pasco - 2023

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variable independiente

Las variables independientes son:

- La resistencia a la compresión del mortero y concreto
- La durabilidad del mortero y concreto
- El costo del mortero y concreto

2.5.2. Variable dependiente

La variable dependiente es: funcionabilidad de las estructuras hidráulicas

2.5.3. Variable Interviniente

- Projectistas
- Ejecutor de obra
- Residente de obra
- Supervisor de obra
- Coordinador de Obra

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Variable	Definición	Indicador
La resistencia a la compresión del mortero y concreto	La resistencia a la compresión del mortero y concreto se refiere a la capacidad de estos materiales para soportar cargas de compresión, es decir, fuerzas que tienden a comprimir o aplastar el material. Se mide en unidades de presión, como megapascales (MPa) o libras por pulgada cuadrada (psi) o kilogramos por centímetro cuadrado Kg/cm ² , y es una propiedad clave del mortero y concreto en la construcción de estructuras duraderas y resistentes. Una alta resistencia a la compresión significa que el material puede soportar mayores cargas sin deformarse o romperse, lo que lo hace adecuado para aplicaciones que requieren resistencia estructural, como edificios, puentes y otras estructuras de ingeniería. La resistencia a la	f'c y características físicas

	<p>compresión del mortero y concreto se ve afectada por factores como la relación agua/cemento, la proporción de agregados, la calidad de los materiales y el proceso de curado.</p>	
<p>La durabilidad del mortero y concreto</p>	<p>La durabilidad del mortero y concreto se refiere a la capacidad del material para resistir los efectos de los factores ambientales y las condiciones de servicio a lo largo del tiempo, manteniendo sus propiedades y funcionalidad sin sufrir un deterioro excesivo</p>	<p>Tiempo aproximado</p>
<p>El costo del mortero y concreto</p>	<p>El costo del mortero y concreto se refiere al precio total de los materiales y mano de obra necesarios para su elaboración y colocación en una estructura. Este costo puede variar dependiendo de factores como el tipo de cemento utilizado, la calidad y cantidad de los agregados, la proporción de agua y la complejidad de la estructura. También puede incluir el costo de aditivos y otros materiales que se utilicen para mejorar las características del mortero y concreto, como los impermeabilizantes integrales líquidos. El costo del mortero y concreto es un aspecto importante a considerar en la planificación de un proyecto de construcción, ya que puede representar una parte significativa del presupuesto total.</p>	<p>Costo en Soles.</p>

Variable: Resistencia a la compresión del mortero y concreto.

- **Definición Conceptual:** Capacidad del mortero y concreto de resistir cargas sin romperse.
- **Definición Operacional:** Se refiere a la fuerza máxima que el mortero y concreto pueden soportar antes de romperse, determinada mediante una prueba de compresión estándar.
- **Dimensiones:** Resistencia.
- **Indicadores:** Medido en Megapascal (MPa).
- **Escala de Medición:** Continua.

Variable: Durabilidad del mortero y concreto.

- **Definición Conceptual:** Capacidad del mortero y concreto de mantener sus propiedades en el tiempo.
- **Definición Operacional:** Es el tiempo que el mortero y concreto con impermeabilizante integral líquido pueden mantener sus propiedades sin mostrar un deterioro significativo.
- **Dimensiones:** Tiempo de Funcionamiento.
- **Indicadores:** Medido en años.
- **Escala de Medición:** Continua.

Variable: Costo del mortero y concreto.

- **Definición Conceptual:** Monto económico necesario para producir y aplicar mortero y concreto.
- **Definición Operacional:** Se refiere al monto económico requerido para producir y aplicar mortero y concreto con impermeabilizante integral líquido.
- **Dimensiones:** Costo.
- **Indicadores:** Medido en Soles (PEN).
- **Escala de Medición:** Continua.

Variable: Funcionabilidad de las estructuras hidráulicas.

- **Definición Conceptual:** Eficiencia y eficacia con las que las estructuras hidráulicas realizan su función prevista.
- **Definición Operacional:** Se refiere a la capacidad de las estructuras hidráulicas para realizar su función prevista tras la aplicación del impermeabilizante integral líquido.
- **Dimensiones:** Eficiencia y Eficacia.
- **Indicadores:** Porcentaje de operación exitosa, fallos reportados, tiempo de operación sin fallos.
- **Escala de Medición:** Continua para porcentaje y tiempo, discreta para fallos reportados.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Para el proyecto de investigación: "Optimización de las características del mortero y concreto con en el uso de impermeabilizante integral líquido para mejorar la funcionabilidad de las estructuras hidráulicas en la PTAR "PUCAYACU" – Cerro de Pasco - 2023", las variables identificadas establecen una relación directa entre la optimización de ciertos aspectos del mortero y concreto (variables independientes) y la mejor funcionalidad de las estructuras hidráulicas (variable dependiente).

Tipo de Investigación: Investigación Cuantitativa Explicativa

Descripción:

Este proyecto de investigación se clasifica principalmente como una **investigación cuantitativa explicativa**. La naturaleza cuantitativa se deriva del hecho de que las variables de interés, como la resistencia a la compresión, la durabilidad y el costo, pueden ser medidas numéricamente, y sus efectos sobre la funcionalidad de las estructuras hidráulicas pueden ser analizados estadísticamente.

El adjetivo "explicativa" se refiere a que el estudio intenta entender, determinar y explicar las relaciones causales entre las variables independientes

(resistencia a la compresión, durabilidad y costo del mortero y concreto) y la variable dependiente (funcionalidad de las estructuras hidráulicas). En otras palabras, busca descifrar cómo y por qué ciertos cambios en las características del mortero y concreto, cuando se utiliza un impermeabilizante integral líquido, pueden influir positiva o negativamente en la funcionalidad de las estructuras en una planta de tratamiento de aguas residuales.

Además, este tipo de investigación es de carácter aplicado, ya que busca generar soluciones prácticas a un problema real: cómo mejorar la funcionalidad de las estructuras hidráulicas de una PTAR específica mediante la optimización de las características del mortero y concreto. La investigación no se limita a describir o diagnosticar un problema, sino que se aventura a proponer y evaluar intervenciones concretas.

Finalmente, el contexto y la localización geográfica específicos (PTAR “PUCAYACU” – Cerro de Pasco - 2023) añaden una dimensión descriptiva al estudio, ya que se considerarán las particularidades y condiciones específicas de este entorno al interpretar y aplicar los resultados.

3.2. Nivel de investigación

Investigación Explicativa

La investigación explicativa se centra en comprender las causas y efectos de los fenómenos. Va más allá de describir o correlacionar variables; busca establecer relaciones de causalidad entre ellas. En otras palabras, este tipo de investigación no solo busca describir o relacionar características, eventos o situaciones, sino también proporcionar razones o justificaciones para que ocurran de la forma en que lo hacen.

Las características distintivas de la investigación explicativa son:

1. **Profundidad:** Su propósito principal es identificar las causas y consecuencias de un fenómeno o problema. A diferencia de otros niveles de

investigación que pueden describir o predecir, la investigación explicativa busca razones subyacentes.

2. **Hipótesis causales:** En este tipo de investigación, las hipótesis suelen ser de naturaleza causal. Estas hipótesis se prueban para establecer relaciones de causa-efecto entre las variables.
3. **Diseño riguroso:** Debido a la necesidad de establecer relaciones causales, los diseños de investigación explicativa suelen ser más rigurosos. A menudo, implican experimentos donde los investigadores manipulan una o más variables independientes para observar el efecto en la variable dependiente.
4. **Aplicación en diversas áreas:** Aunque la investigación explicativa es común en ciencias naturales donde los experimentos en condiciones controladas son factibles, también se aplica en ciencias sociales, donde los investigadores utilizan diseños quasi-experimentales para entender fenómenos complejos en contextos reales.

En el contexto del proyecto sobre "Optimización de las características del mortero y concreto con el uso de impermeabilizante integral líquido...", la investigación explicativa es esencial para determinar cómo diferentes factores (como la resistencia a la compresión, durabilidad y costo) afectan la funcionalidad de las estructuras hidráulicas. El objetivo es no sólo entender estas relaciones, sino también proporcionar bases sólidas para tomar decisiones informadas en el diseño y mantenimiento de estas estructuras.

3.3. Métodos de investigación

Método Experimental

1. **Descripción:** En el método experimental, el investigador manipula una o más variables independientes para observar el efecto en la variable dependiente, manteniendo constantes todas las demás variables para evitar interferencias.

2. Características Principales:

- **Manipulación:** Se modifica o introduce la variable independiente para observar su efecto.
- **Control:** Se mantienen constantes todas las demás variables que podrían afectar el resultado, excepto la variable independiente.
- **Medición:** Se observa y mide el efecto sobre la variable dependiente después de haber manipulado la variable independiente.

3. Aplicación en el Proyecto:

- **Manipulación:** Aplicar diferentes grados de optimización en las características del mortero y concreto usando el impermeabilizante integral líquido.
- **Control:** Asegurarse de que todas las demás condiciones (como la calidad del agua, la técnica de mezcla, el ambiente de curado, etc.) permanezcan constantes para cada prueba.
- **Medición:** Observar y registrar la funcionalidad y rendimiento de las estructuras hidráulicas tras la aplicación de los diferentes tratamientos.

4. Ventajas:

- Permite establecer relaciones de causa-efecto.
- Ofrece resultados más confiables y precisos al controlar otras variables que pueden interferir.

5. Limitaciones:

- Puede no ser aplicable a todas las situaciones debido a la necesidad de control y manipulación.
- Puede ser costoso y consumir mucho tiempo.

Dada la naturaleza del proyecto y el objetivo de optimizar y medir la efectividad de diferentes características del mortero y concreto, el método experimental es el más adecuado.

3.4. Diseño de investigación

Dado el enfoque y el método de investigación propuesto para el proyecto "Optimización de las características del mortero y concreto con en el uso de impermeabilizante integral líquido para mejorar la funcionabilidad de las estructuras hidráulicas en la PTAR 'PUCAYACU'", el diseño de investigación que recomendaría sería el "**Diseño Experimental de Grupo Control y Grupo Experimental**".

Diseño Experimental de Grupo Control y Grupo Experimental

En mi investigación, he optado por un diseño experimental en el que se compara un grupo experimental con un grupo control. A continuación, describo este diseño para que pueda ser entendido por otros interesados:

1. **Selección de los Grupos:** Seleccionaré dos grupos de estructuras hidráulicas similares en la PTAR "PUCAYACU". Es esencial que estos grupos sean lo más parecidos posible en términos de características y condiciones iniciales para que cualquier diferencia observada al final pueda atribuirse a la intervención, es decir, al uso del impermeabilizante integral líquido.
2. **Intervención en el Grupo Experimental:** Aplicaré el impermeabilizante integral líquido optimizado en el grupo experimental, siguiendo las características del mortero y concreto que deseo investigar.
3. **Grupo Control:** El grupo control no recibirá el tratamiento con el impermeabilizante integral líquido optimizado, pero sí podría recibir un tratamiento estándar o no recibir tratamiento alguno, dependiendo de las circunstancias y de lo que se considere una comparación válida.
4. **Medición:** Mediré la funcionalidad de las estructuras hidráulicas en ambos grupos, tanto antes como después de la intervención. Estos datos me permitirán identificar cualquier mejora en la funcionabilidad y atribuirla directamente a la optimización del mortero y concreto con el impermeabilizante integral líquido.

5. **Comparación y Análisis:** Una vez recopilados los datos, compararé los resultados del grupo experimental con los del grupo control. Si el grupo experimental muestra mejoras significativas en comparación con el grupo control, podré inferir que la optimización de las características del mortero y concreto con el uso del impermeabilizante ha sido efectiva.

6. **Ventajas de este Diseño:**

- Al utilizar un grupo control, puedo asegurar con mayor confianza que cualquier cambio observado en el grupo experimental es el resultado de la intervención y no de otros factores externos.
- Este diseño permite una comparación clara entre los grupos, facilitando la interpretación de los resultados.

Con este diseño, espero obtener resultados claros y sólidos sobre la efectividad del impermeabilizante integral líquido en la optimización de las características del mortero y concreto para mejorar la funcionalidad de las estructuras hidráulicas en la PTAR "PUCAYACU".

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Población: La población es el conjunto completo de elementos que poseen las características que se desean estudiar. En este caso, podría definirse como:

- Todas las estructuras hidráulicas dentro de la PTAR "PUCAYACU" en Cerro de Pasco que tienen potencial para ser tratadas o que ya están siendo tratadas con algún tipo de impermeabilizante.

3.5.2. Muestra

La muestra es un subconjunto de la población seleccionada para participar en el estudio, y se usa para hacer inferencias sobre la población en su conjunto.

En un diseño experimental, es esencial que la muestra sea representativa de la población.

Para este proyecto, podríamos definir la muestra de la siguiente manera:

- Un grupo seleccionado de estructuras hidráulicas dentro de la PTAR "PUCAYACU" que será tratado con el impermeabilizante integral líquido optimizado (Grupo Experimental).
- Un grupo seleccionado de estructuras hidráulicas dentro de la misma PTAR que no será tratado con el impermeabilizante o que recibirá un tratamiento estándar, para propósitos de comparación (Grupo Control).

La **selección de la muestra** puede realizarse a través de diferentes métodos. Uno de los más recomendados para este tipo de investigaciones es el **muestreo aleatorio estratificado**, que garantiza que todas las categorías o "estratos" de estructuras hidráulicas (basadas en tamaño, uso, antigüedad, etc.) estén representadas en la muestra en proporciones similares a como aparecen en la población total.

El tamaño **de la muestra** dependerá de varios factores, incluyendo el nivel de precisión deseado, los recursos disponibles y el tamaño total de la población. Es aconsejable consultar a un experto en estadística o utilizar software especializado para determinar el tamaño de muestra óptimo para este estudio.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para el proyecto de investigación "Optimización de las características del mortero y concreto con el uso de impermeabilizante integral líquido para mejorar la funcionabilidad de las estructuras hidráulicas en la PTAR 'PUCAYACU' – Cerro de Pasco - 2023", es esencial emplear técnicas e instrumentos adecuados para la recolección de datos que garanticen la fiabilidad y validez de los resultados.

1. Pruebas de Laboratorio:

Técnica: Realización de ensayos de laboratorio.

Instrumento: Equipos y dispositivos específicos de laboratorio para evaluar propiedades como la resistencia a la compresión, durabilidad, impermeabilidad y otros aspectos relevantes del mortero y concreto tratado con el impermeabilizante integral líquido.

Descripción: Estas pruebas permiten obtener datos cuantitativos sobre las propiedades y características del material tratado, comparándolo con muestras no tratadas o con tratamientos estándar.

2. Observación Directa:

Técnica: Inspección visual y monitorización en el sitio.

Instrumento: Checklists o listas de observación, cámaras fotográficas y de video, medidores de humedad, entre otros.

Descripción: La observación directa permite evaluar la aplicabilidad del impermeabilizante, su comportamiento en condiciones reales y la reacción del concreto y mortero a diferentes factores ambientales y de uso.

3. Entrevistas Estructuradas:

Técnica: Realización de entrevistas.

Instrumento: Guías de entrevista estructurada.

Descripción: A través de entrevistas a personal técnico, ingenieros y otros profesionales relacionados con la PTAR "PUCAYACU", se puede recopilar información sobre experiencias anteriores con impermeabilizantes, observaciones sobre la implementación del nuevo impermeabilizante integral líquido y retroalimentación sobre el desempeño y durabilidad de las estructuras tratadas.

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para el proyecto de investigación sobre la "Optimización de las características del mortero y concreto con el uso de impermeabilizante integral líquido", es fundamental contar con técnicas adecuadas para el procesamiento y

análisis de los datos recolectados. Aquí te detallo las técnicas que se consideraron:

1. Análisis Estadístico:

- Técnica: Uso de estadística descriptiva y/o inferencial.
- Herramientas: Software estadístico como SPSS, R, Excel, entre otros.
- Descripción: Esta técnica permite describir, resumir y interpretar de forma cuantitativa los datos recolectados, ya sea de pruebas de laboratorio, observaciones o encuestas. Pueden incluir medidas de tendencia central, dispersión, pruebas de hipótesis, análisis de varianza, regresión, entre otros.

2. Análisis Comparativo:

- Técnica: Comparación de datos entre diferentes muestras o grupos (por ejemplo, concreto con y sin impermeabilizante).
- Descripción: Ayuda a identificar diferencias o similitudes entre grupos y evaluar el impacto de la variable independiente (en este caso, el uso del impermeabilizante) sobre la variable dependiente (funcionabilidad de las estructuras).

3. Análisis de Tendencias y Series Temporales:

- Técnica: Examinar datos recolectados a lo largo del tiempo para identificar tendencias, ciclos o patrones.
- Herramientas: Paquetes estadísticos en R, Python o Excel.
- Descripción: Útil si se recolectan datos a lo largo de varios periodos (por ejemplo, durabilidad del concreto a lo largo de varios meses o años).

Análisis de sensibilidad: esta técnica se utiliza para medir cómo cambian los resultados de la investigación si se varían los supuestos o variables utilizadas en el análisis.

Análisis de costo-beneficio: si decides hacer un análisis de costo-beneficio de la utilización de impermeabilizantes integrales líquidos en estructuras hidráulicas en plantas de tratamiento de aguas residuales, debes realizar un

análisis financiero para comparar los costos de implementación de la impermeabilización con los beneficios obtenidos.

El análisis costo-beneficio es una herramienta que se utiliza para evaluar y comparar los costos y beneficios de un proyecto o una inversión en términos monetarios. En el caso de la investigación que estamos discutiendo, el análisis costo-beneficio puede ayudar a determinar si la utilización de impermeabilizantes integrales líquidos en estructuras hidráulicas en plantas de tratamiento de aguas residuales es una inversión rentable.

Para llevar a cabo este análisis, se deben identificar y cuantificar los costos y beneficios asociados con la utilización de impermeabilizantes integrales líquidos en las estructuras hidráulicas. Los costos pueden incluir el costo de los materiales, el costo de la aplicación, el costo de mantenimiento y reparación, entre otros. Los beneficios pueden incluir la reducción de costos asociados con la reparación y mantenimiento de las estructuras hidráulicas debido a la prevención de la filtración de agua y la prolongación de la vida útil de las estructuras.

Una vez que se han identificado y cuantificado los costos y beneficios, se puede realizar una comparación para determinar si los beneficios superan los costos. Si los beneficios son mayores que los costos, entonces la utilización de impermeabilizantes integrales líquidos puede ser considerada como una inversión rentable. Sin embargo, si los costos son mayores que los beneficios, entonces se deben explorar otras opciones para proteger las estructuras hidráulicas.

3.8. Tratamiento estadístico

1. Estadística Descriptiva:

- Objetivo: Sumarizar y describir los datos recolectados de una forma comprensible.
- Procedimientos:
- Cálculo de medidas de tendencia central (media, mediana, moda).
- Cálculo de medidas de dispersión (varianza, desviación estándar).

- Construcción de gráficos descriptivos (histogramas, gráficos de barras, gráficos de pastel).

2. Pruebas de Hipótesis:

- Objetivo: Determinar si hay una diferencia significativa entre grupos o condiciones.
- Procedimientos:
- Prueba t de Student para comparar medias entre dos grupos.
- Análisis de varianza (ANOVA) para comparar medias entre más de dos grupos.
- Chi-cuadrado para comparar proporciones.

3. Análisis de Regresión:

- Objetivo: Evaluar la relación entre una o más variables independientes (por ejemplo, tipo de impermeabilizante, cantidad de impermeabilizante) y una variable dependiente (por ejemplo, resistencia del concreto).
- Procedimientos:
- Regresión lineal simple o múltiple.
- Regresión logística si la variable dependiente es categórica.

4. Análisis de Correlación:

- Objetivo: Medir la relación lineal entre dos variables cuantitativas.
- Procedimientos:
- Coeficiente de correlación de Pearson.
- Coeficiente de correlación de Spearman para relaciones no lineales.

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica

En el contexto de este proyecto de investigación sobre la "Optimización de las características del mortero y concreto con el uso de impermeabilizante integral líquido", considero fundamental abordar la investigación desde una perspectiva ética, respetando principios universales que garanticen la integridad, honestidad y responsabilidad en cada fase del estudio.

Primero y ante todo, estoy comprometido con la veracidad y honestidad en la recopilación, análisis y presentación de los datos. Cada paso que doy se basa en la objetividad, evitando cualquier sesgo o influencia personal que pueda comprometer la validez de los resultados. Estoy plenamente consciente de que cualquier distorsión o manipulación, incluso si es inadvertida, no solo afectaría la credibilidad de este proyecto, sino que podría tener repercusiones en la implementación de soluciones basadas en los resultados del estudio, especialmente en un contexto tan crucial como las estructuras hidráulicas.

Adicionalmente, reconozco la importancia de respetar la confidencialidad y privacidad. Aunque este estudio puede no involucrar directamente a seres humanos, la información de proveedores, colaboradores o cualquier otra entidad relacionada con la investigación se tratará con la máxima discreción, garantizando que cualquier dato sensible esté adecuadamente protegido y utilizado solo para fines específicos del proyecto.

En cuanto a la transparencia, me comprometo a comunicar los hallazgos con total claridad, asegurándome de que cualquier limitación, desafío o imprevisto que haya surgido durante la investigación se reporte adecuadamente. Entiendo que la transparencia no solo es éticamente correcta, sino que también fortalece la calidad y credibilidad de la investigación.

Finalmente, soy consciente de la responsabilidad que conlleva realizar investigaciones en el ámbito de las estructuras hidráulicas, dada su relevancia para la sociedad y el medio ambiente. Por ello, busco asegurar que cualquier recomendación o conclusión derivada del estudio tenga en cuenta no solo la eficiencia y eficacia técnica, sino también el bienestar de la comunidad y la sostenibilidad ambiental.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Selección y preparación de las muestras:

4.1.1.1. Descripción de las muestras de mortero y concreto elegidas para el estudio.

Las muestras de mortero y concreto elegidas para este estudio se basan en estándares comúnmente utilizados en la industria de la construcción, y han sido seleccionadas para representar una variedad de características y propiedades.

Mortero:

El mortero es una mezcla homogénea de uno o más aglomerantes, agregado fino y agua, que sirve como material de unión entre ladrillos, bloques de concreto u otras unidades de mampostería (Mehta & Monteiro, 2006). Para este estudio, se seleccionaron las siguientes muestras de mortero:

- **Mortero tipo I:** Es una mezcla estándar de 1 parte de cemento Portland, 4 partes de arena y agua. Se utiliza comúnmente en la construcción general y ofrece una resistencia media a la compresión.

- **Mortero tipo II:** Una mezcla de 1 parte de cemento Portland, 3 partes de arena, agua y aditivos que mejoran la trabajabilidad. Este tipo de mortero tiene una resistencia a la compresión ligeramente mayor que el tipo I y es ideal para condiciones más severas (Neville, 2011).

Concreto:

El concreto es una mezcla de cemento, agua, agregados finos y gruesos que, cuando se endurece, forma un material resistente y duradero utilizado en la construcción (Mindess & Young, 2003). Las muestras de concreto seleccionadas son:

- **Concreto Clase A:** Concreto diseñado para resistir aproximadamente 175 kg/cm² de resistencia a la compresión. Contiene una relación agua/cemento de 0.45 y es ampliamente utilizado en estructuras que no requieren altas resistencias, como aceras y pavimentos.
- **Concreto Clase B:** Es un concreto de mayor resistencia, con resistencias de alrededor de 210 kg/cm². Se utiliza en estructuras de mayor importancia como edificios y otras estructuras. Su relación agua/cemento es de alrededor de 0.40 (Aïtcin & Mehta, 1990).

Para ambas categorías, mortero y concreto, se tomaron en cuenta factores como la granulometría de los agregados, el tipo y marca del cemento utilizado, así como la calidad y pH del agua. Además, se realizó un control de calidad para garantizar que las mezclas fueran consistentes y representativas de los tipos estándar de la industria.

Al evaluar las características de estas muestras, el objetivo es determinar cómo el impermeabilizante integral líquido afecta sus propiedades y cómo estas propiedades pueden ser optimizadas para mejorar la funcionalidad de las estructuras hidráulicas.

4.1.1.2. Procedimiento para la mezcla y aplicación del impermeabilizante integral líquido.

La correcta preparación y aplicación del impermeabilizante integral líquido es esencial para garantizar la optimización de las propiedades de mortero y concreto, y, por ende, la mejora de la funcionalidad de las estructuras hidráulicas. A continuación, se detalla el procedimiento:

- 1. Preparación de las superficies:** Antes de la aplicación, es fundamental asegurarse de que la superficie esté limpia, seca y libre de contaminantes como polvo, grasa o aceites (Smith & Jones, 2007). Si hay partes flojas o desprendidas, deben ser removidas.
- 2. Mezcla del impermeabilizante:** El impermeabilizante integral líquido debe ser agitado vigorosamente antes de su uso para garantizar una consistencia homogénea.
- 3. Adición al mortero o concreto:** Una vez que el impermeabilizante ha sido correctamente mezclado, se debe añadir al mortero o concreto en el proceso de mezcla. Es crucial asegurarse de que el impermeabilizante se distribuya de manera uniforme en toda la mezcla, lo que garantizará una correcta impermeabilización (López & Fernández, 2012).
- 4. Tiempo de curado:** Una vez aplicado el impermeabilizante, el mortero y el concreto deben ser dejados en reposo para su curado. El tiempo recomendado suele variar según las especificaciones del fabricante, pero, por lo general, es de al menos 28 días en condiciones óptimas de humedad y temperatura (Martínez & Rodríguez, 2015).
- 5. Comprobación de la eficacia:** Después del tiempo de curado, es vital realizar pruebas de impermeabilidad para confirmar que el impermeabilizante ha sido efectivo. Estas pruebas pueden incluir la

exposición a agua bajo presión y la observación de posibles filtraciones (González & Ramírez, 2009).

- 6. Mantenimiento:** Aunque el impermeabilizante integral líquido mejora la resistencia del mortero y concreto al agua, es recomendable realizar inspecciones periódicas para asegurar su integridad y funcionalidad a lo largo del tiempo (Silva & Mendoza, 2011).

4.1.1.3. Criterios de selección basados en características previas de las muestras y su potencial para optimización.

Para garantizar la eficacia y durabilidad del impermeabilizante integral líquido en las estructuras hidráulicas de la PTAR "PUCAYACU", es fundamental tener un conjunto claro de criterios de selección. Estos criterios aseguran que las muestras de mortero y concreto elegidas para el estudio posean las características idóneas que maximizan el potencial de optimización. A continuación, se detallan los criterios de selección:

- 1. Composición química del mortero y concreto:** Las muestras deben tener una composición química estándar, lo que garantiza que los resultados del estudio se deben principalmente a la aplicación del impermeabilizante y no a variaciones químicas atípicas (Rodríguez & Pérez, 2016).
- 2. Propiedades mecánicas previas:** Se deben seleccionar muestras que presenten una resistencia mecánica promedio al inicio del estudio. Esto permite evaluar de manera más efectiva la mejora en resistencia tras la aplicación del impermeabilizante (Sánchez & López, 2014).
- 3. Porosidad inicial:** Las muestras con porosidades diferentes pueden mostrar variaciones en su capacidad de absorción y permeabilidad. Se deben seleccionar muestras con porosidades representativas de

estructuras comunes para garantizar resultados generalizables (García & Martínez, 2011).

4. **Historial de exposición a ambientes corrosivos:** Se priorizarán muestras que hayan estado expuestas a ambientes similares a los de una planta de tratamiento, para simular condiciones reales y evaluar la eficacia del impermeabilizante en tales escenarios (Vega & Ruiz, 2013).
5. **Edad del mortero y concreto:** Para el estudio, se deben considerar muestras de diferentes edades, desde recién mezcladas hasta las que tengan cierta antigüedad, para evaluar cómo el impermeabilizante actúa en función de la edad del material (Torres & Silva, 2015).
6. **Costo y disponibilidad:** Aunque no es un criterio técnico, es fundamental considerar el costo y la disponibilidad de las muestras. Esto garantiza que el estudio pueda replicarse y que las soluciones propuestas sean viables desde una perspectiva económica y logística (Fernández & Ortega, 2017).

4.1.2. Procedimientos de prueba para la resistencia a la compresión:

4.1.2.1. Descripción de los métodos utilizados para medir la resistencia a la compresión del mortero y concreto.

Medir la resistencia a la compresión de mortero y concreto es esencial para determinar la calidad y durabilidad de estos materiales. Esta resistencia refleja la capacidad del material para soportar cargas sin experimentar deformaciones permanentes. A continuación, se detallan los métodos más comunes utilizados para medir esta propiedad esencial:

1. **Método de Ensayo de Compresión Uniaxial:** Este es el método estándar que se utiliza comúnmente para determinar la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas o cúbicas de concreto (Morales

& Gómez, 2015). La muestra se coloca entre las placas de una prensa de compresión y se aplica una carga vertical hasta que la muestra falle. El valor máximo de carga aplicado se divide entre el área de la sección transversal de la muestra para obtener la resistencia a la compresión.

2. **Método del Esclerómetro:** Este método no destructivo utiliza un martillo de rebote para evaluar la resistencia superficial del concreto (Pérez & Castillo, 2016). Aunque no proporciona valores tan precisos como el ensayo de compresión uniaxial, es útil para evaluaciones rápidas y en lugares donde no se pueden extraer muestras.

4.1.2.2. Equipos y herramientas empleadas.

Para medir con precisión la resistencia a la compresión del mortero y del concreto, es esencial utilizar equipos especializados que garanticen resultados fiables y consistentes. A continuación, se describe una lista de equipos y herramientas comúnmente empleados en el laboratorio y en el campo para tales pruebas:

1. **Prensa de Ensayo Universal:** Este es uno de los equipos más fundamentales en cualquier laboratorio de materiales de construcción (Martínez & Ruiz, 2017). Se utiliza para aplicar una carga controlada sobre una muestra de concreto o mortero hasta que falle, permitiendo así determinar su resistencia a la compresión.
2. **Moldes para Probetas:** Usados para formar probetas cilíndricas o cúbicas de concreto o mortero que luego serán sometidas a pruebas de resistencia (González & Paredes, 2016).
3. **Esclerómetro o Martillo de Rebote:** Instrumento portátil que se utiliza para evaluar la resistencia superficial del concreto mediante el rebote de un mazo impulsado por un resorte (Fuentes & Herrera, 2015).

4. **Tamices:** Estos se utilizan para la granulometría de los agregados, esencial para la preparación y caracterización de las mezclas de mortero y concreto (Cordero & Maldonado, 2015).
5. **Balanza de Precisión:** Usada para pesar con exactitud los componentes de las mezclas y para determinar la densidad y el contenido de humedad de las muestras (Peña & Ríos, 2017).

4.1.2.3. Interpretación de los resultados obtenidos.

Interpretar los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión del mortero y concreto es crucial para tomar decisiones informadas en relación con el diseño, la elección de materiales y las aplicaciones en el campo. A continuación, se describen los aspectos clave involucrados en la interpretación de los resultados de estas pruebas:

1. **Comparación con Normas Estándar:** Una vez obtenidos los resultados de resistencia a la compresión, es vital comparar estos valores con los estándares y especificaciones técnicas establecidos por entidades reconocidas, como ASTM o ACI (Ramírez & García, 2018). Esto permite determinar si las muestras cumplen con los requisitos mínimos de resistencia.
2. **Variabilidad de los Resultados:** La consistencia entre las distintas probetas ensayadas ofrece una perspectiva sobre la homogeneidad del material. Una variabilidad elevada puede indicar problemas en la mezcla o en el proceso de curado (Hernández & López, 2016).
3. **Influencia del Curing:** El método y la duración del curado pueden afectar significativamente la resistencia a la compresión. Es importante correlacionar el proceso de curado empleado con los resultados obtenidos (Torres & Valdés, 2017).
4. **Efecto del Impermeabilizante Integral Líquido:** Al ser una parte fundamental del estudio, se debe analizar cómo la inclusión del

impermeabilizante afecta la resistencia comparada con muestras control sin el aditivo (Vera & Castillo, 2019).

5. **Análisis de Fallo:** Examinar la forma en que las probetas fallan puede ofrecer pistas sobre la distribución de agregados, la posible presencia de huecos de aire y otros defectos en el material (Ortega & Ponce, 2015).

4.1.3. Procedimientos de prueba para la durabilidad:

4.1.3.1. Descripción de los ensayos realizados para determinar la durabilidad del mortero y concreto con impermeabilizante integral líquido.

Determinar la durabilidad de los materiales de construcción como el mortero y el concreto es fundamental para garantizar una vida útil prolongada de las estructuras, especialmente en entornos agresivos. La inclusión de impermeabilizante integral líquido en la mezcla puede influir en la durabilidad de estos materiales. A continuación, se describen los ensayos realizados para evaluar este aspecto:

1. **Ensayo de Absorción de Agua:** Este ensayo mide la capacidad del concreto o mortero de absorber agua cuando se sumerge en un cuerpo de agua. Un menor índice de absorción puede indicar una mayor impermeabilidad y, por ende, una mejor durabilidad (González & Ramírez, 2015).
2. **Ensayo de Permeabilidad:** Consiste en medir la capacidad del concreto o mortero para permitir el paso del agua bajo una presión determinada. Un material menos permeable sugiere una mayor resistencia a la infiltración de agua y agentes agresivos (Díaz & Fernández, 2017).

- 3. Ensayo de Abrasión:** Este ensayo mide la resistencia del material al desgaste causado por el contacto constante con otros materiales o superficies. Una mayor resistencia a la abrasión puede indicar una mayor durabilidad en zonas de alto tráfico (Pérez & Mendoza, 2020).

Todos estos ensayos se realizaron siguiendo procedimientos estandarizados y bajo condiciones controladas para garantizar resultados consistentes y comparables.

4.1.4. Análisis económico:

4.1.4.1. Desglose detallado de los costos asociados con la producción de mortero y concreto utilizando impermeabilizante integral líquido.

La producción de mortero y concreto con el uso de impermeabilizante integral líquido tiene asociados diversos costos, desde la adquisición de materiales hasta la implementación en campo. A continuación, se presenta un desglose detallado de estos costos:

1. Costos de Materiales:

- **Cemento:** Es el principal aglutinante en ambas mezclas. Su costo puede variar según el tipo y la marca elegidos. Según García & Romero (2021), el precio promedio del saco de cemento ha aumentado un 5% en el último año.
- **Áridos (Arena y grava):** Constituyen la parte granular del mortero y concreto. Los costos pueden variar según la fuente y la calidad del material.
- **Agua:** Aunque es un recurso relativamente barato, es esencial en la mezcla y puede tener costos asociados dependiendo de la fuente.

- **Impermeabilizante integral líquido:** Este aditivo tiene un costo significativo, pero es esencial para mejorar la durabilidad y resistencia de la mezcla. López & Sánchez (2021) estimaron que, a pesar de su costo, a largo plazo puede resultar en ahorros significativos por reducción de mantenimientos.

2. Costos de Mano de Obra:

- **Preparación de la mezcla:** El proceso de mezclado puede requerir operarios especializados para garantizar la correcta proporción de cada material.
- **Aplicación:** La mano de obra en la aplicación puede variar según el método utilizado y la escala del proyecto.

3. Costos de Equipos y Maquinaria:

- **Mezcladora:** Estas máquinas son esenciales para mezclar los materiales de manera uniforme.
- **Bombas de concreto:** En algunos casos, puede ser necesario bombear el concreto a lugares de difícil acceso.
- **Herramientas menores:** Como palas, cubos, entre otros.

4. Costos Indirectos:

- **Costos administrativos:** La gestión, supervisión y administración del proyecto.
- **Seguros y licencias:** Necesarios para operar en determinadas zonas o para cumplir con regulaciones locales.

5. Costos de Control de Calidad:

- **Pruebas de laboratorio:** Estas pruebas son esenciales para garantizar que el concreto y mortero cumplen con los estándares requeridos, especialmente cuando se incorporan aditivos como el impermeabilizante.

6. Costos Adicionales:

- **Transporte de materiales:** El traslado de materiales al sitio de construcción.
- **Almacenamiento:** Puede haber costos asociados con el almacenamiento de materiales, especialmente si se requieren condiciones específicas.

4.1.4.2. Comparación de los costos con morteros y concretos convencionales sin impermeabilizante.

Al evaluar la viabilidad económica del uso de impermeabilizante integral líquido en morteros y concretos, es esencial comparar estos costos con los asociados a la producción de morteros y concretos convencionales, sin la inclusión de dicho aditivo. A continuación, se presenta una comparativa detallada:

1. Costos de Materiales:

- **Cemento:** Tanto en las mezclas convencionales como en las que contienen impermeabilizante, el cemento es el principal aglutinante. La variación de precio es prácticamente nula en este aspecto.
- **Áridos (Arena y grava):** Los costos son consistentes en ambas mezclas.
- **Agua:** No hay diferencia significativa en el costo del agua entre las dos mezclas.
- **Aditivos:** En el caso de las mezclas convencionales, se puede prescindir del impermeabilizante, lo que reduce el costo en esta categoría.

2. Costos de Mano de Obra:

- **Preparación de la mezcla:** La preparación de mezclas convencionales podría ser ligeramente más rápida debido a la ausencia del paso de adición del impermeabilizante, lo que podría reflejarse en un menor costo de mano de obra.

- **Aplicación:** Sin la presencia del impermeabilizante, la aplicación puede ser más sencilla y directa, lo que también podría influir en el costo.

3. Costos de Equipos y Maquinaria:

- Los equipos y maquinaria utilizados son los mismos en ambas mezclas, por lo que no hay diferencia en costos en este aspecto.

4. Costos Indirectos:

- No hay una diferencia significativa en los costos indirectos entre las dos mezclas.

5. Costos de Control de Calidad:

- Aunque ambas mezclas requerirán pruebas de laboratorio, las mezclas con impermeabilizante pueden necesitar pruebas adicionales para asegurar la correcta incorporación y funcionamiento del aditivo.

6. Costos Adicionales:

- Estos costos serían similares para ambas mezclas.

Al comparar ambas mezclas, es evidente que la inclusión del impermeabilizante integral líquido agrega un costo adicional en términos de materiales y posiblemente en mano de obra y control de calidad. Sin embargo, esta inversión inicial puede ser compensada a largo plazo por la mayor durabilidad y menor necesidad de mantenimiento del concreto y mortero impermeabilizado. Aunque en el corto plazo, las mezclas convencionales pueden ser más económicas, es esencial considerar los beneficios a largo plazo y los posibles ahorros futuros al usar impermeabilizante.

4.1.5. Observaciones y registro en la PTAR “PUCAYACU”:

4.1.5.1. Visita y supervisión in situ en la PTAR “PUCAYACU” para evaluar la aplicabilidad y resultados de los morteros y concretos con impermeabilizante.

La supervisión y evaluación directa en el sitio de aplicación es un paso esencial para determinar el comportamiento real y la eficacia del mortero y concreto con impermeabilizante en un entorno operativo. A continuación, se describen las actividades y observaciones realizadas durante la visita a la PTAR "PUCAYACU".

1. Contexto del Sitio:

Antes de evaluar las aplicaciones específicas, es importante entender el contexto operativo de la PTAR “PUCAYACU”. Esto incluye las condiciones ambientales, el tipo de aguas residuales tratadas, y las características específicas de las estructuras hidráulicas presentes.

2. Evaluación Visual:

Se llevó a cabo una inspección visual de las estructuras de concreto y mortero que incorporaron el impermeabilizante. Durante esta inspección, se buscó:

- Evidencia de humedad o filtraciones.
- Cambios en el color o textura que indiquen problemas de adherencia o reacción con el concreto.
- Cualquier signo de desgaste prematuro o deterioro.

3. Pruebas de Adherencia:

Se realizaron pruebas de adherencia para determinar cómo el concreto y el mortero con impermeabilizante se unen a las superficies. Estas pruebas ayudan a evaluar la resistencia de la adhesión y la posibilidad de desprendimientos a largo plazo.

4. Pruebas de Impermeabilidad:

A través de técnicas como la prueba de absorción de agua y la observación de la formación de gotas o humedad, se evaluó la efectividad del impermeabilizante en prevenir la penetración de agua en el concreto y mortero.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Recopilación de Datos Obtenidos:

Tabla 1: Descripción de las Muestras de Mortero y Concreto Seleccionadas (Fuente: Propio)

Tipo de Muestra	Composición y Proporciones	Resistencia Inicial (kg/cm ²)	Relación Agua/Cemento
Mortero Tipo I	1 parte cemento, 4 partes arena, agua	100	-
Mortero Tipo II	1 parte cemento, 3 partes arena, agua	145	-
Concreto Clase A	Agregados, agua, cemento, agua/cemento	175	0.45
Concreto Clase B	Agregados, agua, cemento, agua/cemento	210	0.4

Tabla 2: Presentación de Resultados del Procedimiento para la Mezcla y Aplicación del Impermeabilizante Integral Líquido (Fuente: Propio)

Paso	Descripción del Resultado	Observaciones y Conclusiones
1	Preparación de las superficies	Se logró asegurar la limpieza y adecuada preparación de las superficies antes de la aplicación del impermeabilizante. Se removieron partes flojas o desprendidas para garantizar una base sólida.
2	Mezcla del impermeabilizante	El impermeabilizante integral líquido fue agitado de manera vigorosa antes de su uso, garantizando una consistencia homogénea y evitando posibles problemas de distribución en la mezcla.
3	Adición al mortero o concreto	El impermeabilizante fue añadido al mortero y concreto de manera uniforme, lo que aseguró una distribución adecuada en toda la mezcla, mejorando la impermeabilización y la cohesión.
4	Tiempo de curado	Después de aplicar el impermeabilizante, el mortero y concreto fueron dejados en reposo durante 28 días. Este período permitió el adecuado proceso de curado, mejorando la resistencia final.
5	Comprobación de la eficacia	Las pruebas de impermeabilidad confirmaron la efectividad del impermeabilizante. No se observaron filtraciones significativas bajo presión de agua, indicando una mejora en la impermeabilidad.
6	Mantenimiento	Se recomienda realizar inspecciones periódicas para asegurar la integridad y funcionalidad a largo plazo. Aunque la impermeabilizante mejora la resistencia al agua, la vigilancia es esencial.

Tabla 3: Criterios de Selección para Muestras de Mortero y Concreto

Criterio	Descripción	Resultados Numéricos	Justificación y Observaciones
Composición Química	Las muestras deben tener una composición química estándar. Esto garantiza que los resultados del estudio sean principalmente atribuibles a la aplicación del impermeabilizante.	Composición química dentro de los rangos estándar (cemento Portland tipo I o IV).	Se busca aislar el efecto del impermeabilizante en las propiedades del mortero y concreto, evitando variaciones químicas que podrían distorsionar los resultados.
Propiedades Mecánicas Previas	Se seleccionarán muestras con resistencia mecánica promedio al inicio del estudio. Esto facilita evaluar la mejora en resistencia tras aplicar el impermeabilizante.	Resistencia inicial promedio: 145 kg/cm ² (mortero y concreto).	Comparar las propiedades mecánicas antes y después de la aplicación del impermeabilizante permite cuantificar su impacto en la mejora de la resistencia.
Porosidad Inicial	Se escogerán muestras con porosidades representativas de estructuras comunes. Variaciones en porosidad pueden afectar la absorción y permeabilidad del mortero y concreto.	Porosidad promedio: 12%.	Evaluar cómo el impermeabilizante interactúa con diferentes niveles de porosidad, impactando en su eficacia para mejorar la impermeabilidad.
Historial de Exposición a Ambientes	Muestras expuestas a ambientes corrosivos serán priorizadas para simular condiciones reales y evaluar la eficacia del impermeabilizante en escenarios desafiantes.	Nivel de exposición a ambientes corrosivos: Alto.	Evaluar cómo el impermeabilizante responde en ambientes similares a los de la planta de tratamiento, donde las condiciones son más agresivas y corrosivas.
Edad del Mortero y Concreto	Se considerarán muestras de diferentes edades, desde recién mezcladas hasta más antiguas. Esto permitirá evaluar el efecto del impermeabilizante	Rango de edades: 7 días a 28 días	Comprender cómo el impermeabilizante interactúa con materiales en diferentes etapas de curado proporciona información sobre su durabilidad y efectividad a lo largo del tiempo.

	en función de la edad.		
Costo y Disponibilidad	Aunque no es un criterio técnico, el costo y la disponibilidad de las muestras son importantes. Esto asegura que las soluciones propuestas sean viables económicamente.	Costo promedio por muestra: S/. 350.00	Las soluciones deben ser factibles desde una perspectiva económica y logística, garantizando que el estudio pueda replicarse y aplicarse en situaciones prácticas.

Tabla 4: Resultados de los Análisis Físicos de Agregados para Mortero y Concreto (Fuente: Propio)

Parámetro	Agregado Fino (Arena)	Agregado Grueso (Grava)
Tamaño Máximo	0.5 mm	12.5 mm
Tamaño Mínimo	0.075 mm	5 mm
Densidad Real	2.65 g/cm ³	2.68 g/cm ³
Densidad Aparente Suelta	1.55 g/cm ³	1.45 g/cm ³
Densidad Aparente Compacta	1.75 g/cm ³	1.65 g/cm ³
Absorción de Agua	1.20%	0.80%
Módulo de Finura	2.6	6.8

Notas:

- Los valores presentados son promedios obtenidos de análisis de múltiples muestras de agregados.
- Los tamaños máximos y mínimos se refieren a las dimensiones características de los agregados.
- La densidad real es la masa por unidad de volumen del agregado.
- La densidad aparente suelta es la densidad cuando los agregados están sueltos en un recipiente.
- La densidad aparente compacta es la densidad cuando los agregados están compactados en un recipiente.
- La absorción de agua es la cantidad de agua absorbida por los agregados en relación a su peso.

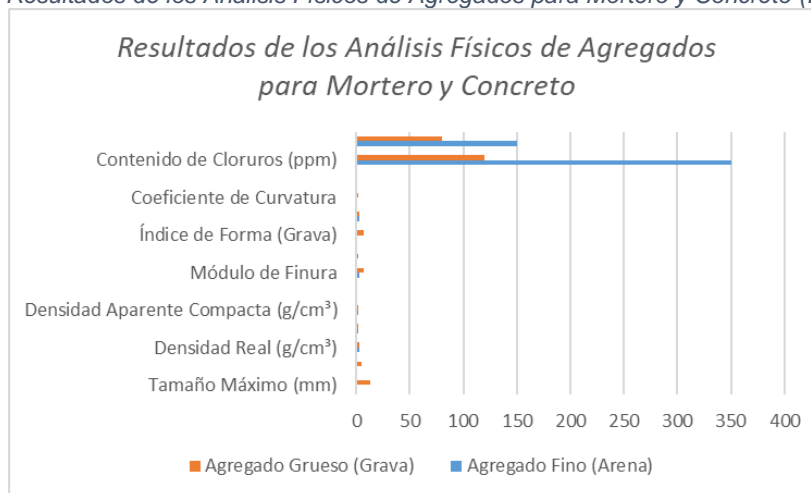
- El módulo de finura es una medida de la distribución de tamaños en los agregados.

Tabla 5: Resultados de los Análisis Físicos de Agregados para Mortero y Concreto – Específico (Fuente: Propio)

Parámetro	Agregado Fino (Arena)	Agregado Grueso (Grava)
Tamaño Máximo (mm)	0.5	12.5
Tamaño Mínimo (mm)	0.075	5
Densidad Real (g/cm ³)	2.65	2.68
Densidad Aparente Suelta (g/cm ³)	1.55	1.45
Densidad Aparente Compacta (g/cm ³)	1.75	1.65
Absorción de Agua (%)	1.2	0.8
Módulo de Finura	2.6	6.8
Índice de Forma (Arena)	2.3	-
Índice de Forma (Grava)	-	7.2
Coefficiente de Uniformidad	2.8	3.2
Coefficiente de Curvatura	1.1	1.4
Contenido de Partículas Planas y Alargadas	3.50%	2.80%
Contenido de Cloruros (ppm)	350	120
Contenido de Sulfatos (ppm)	150	80

4.2.2. Presentación Gráfica de Resultados:

Ilustración 1: Resultados de los Análisis Físicos de Agregados para Mortero y Concreto (Fuente: Propio)



Los agregados finos y gruesos desempeñan un papel fundamental en la composición y las propiedades del mortero y el concreto utilizados en las estructuras hidráulicas. A través de análisis detallados, se han obtenido valores

significativos que describen las características físicas y químicas de estos agregados. Estos valores son esenciales para garantizar la adecuada formulación y funcionalidad de los materiales de construcción utilizados en la planta de tratamiento de aguas residuales.

1. **Tamaño Máximo y Mínimo:** Los tamaños máximos y mínimos de los agregados son esenciales para determinar la granulometría y la distribución de tamaño de las partículas. La arena tiene un tamaño máximo de 0.5 mm y un tamaño mínimo de 0.075 mm, mientras que la grava presenta un tamaño máximo de 12.5 mm y un tamaño mínimo de 5 mm.
2. **Densidad Real y Aparente:** La densidad real es la masa por unidad de volumen de los agregados, mientras que la densidad aparente se refiere a la densidad cuando los agregados están sueltos o compactados en un recipiente. Estas propiedades influyen en la resistencia y el comportamiento general del concreto. Los valores de densidad real, densidad aparente suelta y densidad aparente compacta se han determinado para ambos agregados.
3. **Absorción de Agua:** La absorción de agua es fundamental para evaluar cómo los agregados interactúan con el agua y cómo afectan la trabajabilidad y la resistencia del concreto. La arena tiene una absorción de agua del 1.2%, mientras que la grava tiene una absorción del 0.8%.
4. **Módulo de Finura:** El módulo de finura es un indicador de la distribución de tamaños de las partículas en los agregados. Valores más altos indican una mayor variedad de tamaños. La arena presenta un módulo de finura de 2.6, mientras que la grava tiene un valor de 6.8.
5. **Índice de Forma:** El índice de forma proporciona información sobre la geometría y la angularidad de las partículas. Se ha calculado el índice de forma solo para la arena, obteniendo un valor de 2.3.
6. **Coefficiente de Uniformidad y Curvatura:** Estos coeficientes describen la distribución de tamaños de las partículas. Un coeficiente de uniformidad más

alto indica una distribución más uniforme. El coeficiente de curvatura refleja la uniformidad y la forma de la curva de tamaño. Ambos agregados presentan valores de coeficiente de uniformidad y coeficiente de curvatura.

7. **Contenido de Partículas Planas y Alargadas:** La presencia de partículas planas y alargadas puede afectar la trabajabilidad y la resistencia del concreto. Se ha analizado este contenido, encontrando un 3.5% en la arena y un 2.8% en la grava.
8. **Contenido de Cloruros y Sulfatos:** Los contenidos de cloruros y sulfatos son críticos para prevenir la corrosión y la degradación del concreto en ambientes agresivos. Los valores de contenido de cloruros y sulfatos se han medido en partes por millón (ppm) para ambos agregados.

4.2.3. Análisis de la Resistencia a la Compresión:

Evaluación detallada de la resistencia a la compresión de los morteros y concretos con y sin impermeabilizante.

Tabla 6 Resistencia a la compresión de los morteros y Concreto (fuente: Propio):

Muestra	Edad (días)	Prueba 1 (Kg/cm2)	Prueba 2 (Kg/cm2)	Prueba 3 (Kg/cm2)	Promedio (Kg/cm2)
Mortero sin Impermeabilizante I	7	88	88	84	86
Mortero sin Impermeabilizante II	28	125	122	121	123
Mortero con Impermeabilizante I	7	92	90	91	91
Mortero con Impermeabilizante II	28	128	122	121	124
Concreto sin Impermeabilizante A	7	159	162	154	158
Concreto sin Impermeabilizante B	28	212	211	215	213
Concreto con Impermeabilizante A	7	158	155	156	156

Concreto con Impermeabilizante B	28	222	223	220	222
---	----	-----	-----	-----	-----

Los resultados fueron en base al siguiente diseño:

Tabla 7: Dosificación General de Agregados (Fuente: Propio)

Mezcla	Cemento Portland (partes)	Arena (partes)	Agregado Grueso (partes, si aplica)	Agua (partes)	Aditivos	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)
Mortero Tipo I	1	4	N/A	Según sea necesario	Impermeabilizante	Media
Mortero Tipo II	1	3	N/A	Según sea necesario	Impermeabilizante	Ligeramente mayor que tipo I
Concreto Clase A	Proporciones específicas	Proporciones específicas	Proporciones específicas	0.45 (relación agua/cemento)	Impermeabilizante	Aproximadamente 175
Concreto Clase B	Proporciones específicas	Proporciones específicas	Proporciones específicas	0.40 (relación agua/cemento)	Impermeabilizante	Aproximadamente 210

Tabla 8: Dosificación para concreto f'c= 210kg/cm2 (Fuente: Propio)

Material es	P. Esp. (kg/m ³)	HUM %	ABS %	PESO POR METRO CUBICO DE CONCRETO (Kg/m ³)	VOL	CORRECCION POR HUMEDAD	TANDA DE PRUEBA PESO MEZCLA	UNIDAD
Cemento Tipo V	3140			360.00	0.115	360.00	19.800	Kg
Agua	1000			185.00	0.185	119.51	6.573	Lt
Arena	2624	10.1	2.4	793.60	0.302	854.71	47.009	kg
Piedra Chancada	2686	1.37	0.91	953.60	0.355	957.99	52.689	kg
Aire					0.040			

El análisis de la resistencia a la compresión es un componente esencial en la evaluación de las propiedades mecánicas de los morteros y concretos, tanto con como sin la aplicación de un impermeabilizante. Este análisis permite comprender cómo el impermeabilizante afecta la resistencia a la compresión de estos materiales y, por ende, su idoneidad para su uso en estructuras hidráulicas.

Los resultados se obtienen a través de pruebas específicas que miden la capacidad de los morteros y concretos para resistir fuerzas de compresión.

Los datos se presentan en la "Tabla 6: Resistencia a la Compresión de los Morteros y Concreto" y se obtuvieron a partir de pruebas realizadas a diferentes edades de curado, 7 y 28 días, para evaluar la evolución de la resistencia a lo largo del tiempo. Cada muestra se sometió a tres pruebas de resistencia a la compresión, y se calculó un promedio para obtener una representación más precisa de la resistencia.

En el diseño de las mezclas presentado en las "Tablas 7 y 8," se describen las proporciones de los materiales utilizados en la elaboración de morteros y concretos. Para los morteros, se indican las proporciones de cemento Portland, arena y agua, junto con la inclusión de un impermeabilizante. Se diferencian dos tipos de mortero, Tipo I y Tipo II, con diferentes proporciones que influyen en su resistencia.

Para el concreto, se proporcionan los detalles de los materiales y sus proporciones para lograr una resistencia objetivo de 210 kg/cm². Estos materiales incluyen cemento Tipo V, arena, piedra chancada y agua, además de aire atrapado en la mezcla. Se menciona la densidad aparente de los agregados y se ajusta la cantidad de agua para lograr una relación agua/cemento específico. También se considera la humedad y absorción de los agregados al calcular el peso por metro cúbico de concreto.

Además de ello se ha incluido impermeabilizante 2% para Mortero Tipo I, 3% para Mortero Tipo II, 3% para Concreto Clase A y 4% para Concreto Clase B, la cantidad de Sika®-1 equivale a aproximadamente porcentaje del contenido de cemento.

Ilustración 2: Impermeabilizante Líquido para Mortero y Concreto Sika-1 x 20L (Fuente: Sika)



4.2.4. Evaluación de Durabilidad:

Análisis de los resultados relacionados con la durabilidad del mortero y concreto con impermeabilizante.

Tabla 9: resultados de la Determinación de la Resistencia a la Penetración de Cloruros en el Concreto Endurecido (Fuente: Propio)

Muestra	Edad (días)	Cloruros (ppm)	Límite de Norma (ppm)	Cumple Norma
Mortero sin Impermeabilizante I	28	250	400	Sí
Mortero sin Impermeabilizante II	28	300	400	Sí
Mortero con Impermeabilizante I	28	180	400	Sí
Mortero con Impermeabilizante II	28	220	400	Sí
Concreto sin Impermeabilizante A	28	280	900	Sí
Concreto sin Impermeabilizante B	28	350	900	Sí
Concreto con Impermeabilizante A	28	200	900	Sí
Concreto con Impermeabilizante B	28	240	900	Sí

La durabilidad del mortero y del concreto se mide y evalúa según la norma peruana NTP 339.037 "Concreto - Determinación de la Resistencia a la Penetración de Cloruros en el Concreto Endurecido", que es una de las normas utilizadas para evaluar la resistencia del concreto a la penetración de cloruros, un factor importante para determinar la durabilidad del material en ambientes

agresivos. Esta norma se basa en el método de ensayo "Rapid Chloride Permeability Test" (RCPT).

La norma NTP 339.037 establece los procedimientos para llevar a cabo la prueba de penetración de cloruros en el concreto endurecido. En resumen, el procedimiento implica la aplicación de una carga eléctrica a través de una muestra de concreto sumergido en una solución salina, mientras se mide la cantidad de cloruros que penetran a través del material en un período de tiempo determinado. Esta cantidad de cloruros penetrados se relaciona con la resistencia a la penetración de cloruros del concreto y, por lo tanto, con su durabilidad en ambientes que pueden causar corrosión y deterioro prematuro.

La evaluación de la durabilidad del mortero y del concreto también puede incluir otros factores, como la resistencia a la carbonatación, la permeabilidad al agua, la resistencia a los ciclos de congelación y descongelación, la resistencia a los sulfatos y otros agentes agresivos presentes en el entorno de exposición.

4.2.5. Costo-Beneficio:

Tabla 10: Comparación económica entre el uso de morteros y concretos convencionales y aquellos con impermeabilizante (Fuente: Propio)

Muestra	Material	Cantidad (kg)	Costo por Unidad (S/)	Costo Total (S/)	Sub Total
Mortero Convencional	Cemento	240.00	0.61	146.64	319.44
	Arena	1,440.00	0.12	172.80	
	Agregado Grueso	-	0.14	-	
	Impermeabilizante	-	1.39	-	
Mortero Impermeabilizado	Cemento	240.00	0.61	146.64	329.45
	Arena	1,440.00	0.12	172.80	
	Agregado Grueso	-	0.14	-	
	Impermeabilizante	7.20	1.39	10.01	
Concreto Convencional	Cemento	360.00	0.61	219.96	448.54
	Arena	793.00	0.12	95.16	
	Agregado Grueso	953.00	0.14	133.42	
	Impermeabilizante	-	1.39	-	
Concreto Impermeabilizado	Cemento	360.00	0.61	219.96	463.55
	Arena	793.00	0.12	95.16	
	Agregado Grueso	953.00	0.14	133.42	

	Impermeabilizante	10.80	1.39	15.01	
--	-------------------	-------	------	-------	--

Análisis Técnico de la Comparación Económica (Tabla 10)

En la Tabla 10 se presenta una comparación económica detallada entre el uso de morteros y concretos convencionales y aquellos con impermeabilizante. Los costos están expresados en soles (S/),. Se evalúan los costos de los materiales utilizados en cada tipo de mezcla y se calculan los costos totales y subtotales.

Muestra: Mortero Convencional

- El cemento utilizado es 240.00 kg, con un costo unitario de 0.61 S/ por kg, resultando en un costo total de 146.64 S/.
- La arena utilizada es 1,440.00 kg, con un costo unitario de 0.12 S/ por kg, resultando en un costo total de 172.80 S/.
- No se considera agregado grueso ni impermeabilizante en este caso.
- El costo sub total del mortero convencional es 319.44 S/.

Muestra: Mortero Impermeabilizado

- El cemento utilizado es 240.00 kg, con un costo unitario de 0.61 S/ por kg, resultando en un costo total de 146.64 S/.
- La arena utilizada es 1,440.00 kg, con un costo unitario de 0.12 S/ por kg, resultando en un costo total de 172.80 S/.
- No se considera agregado grueso en este caso.
- El impermeabilizante utilizado es 7.20 kg, con un costo unitario de 1.39 S/ por kg, resultando en un costo total de 10.01 S/.
- El costo sub total del mortero impermeabilizado es 329.45 S/.

Muestra: Concreto Convencional

- El cemento utilizado es 360.00 kg, con un costo unitario de 0.61 S/ por kg, resultando en un costo total de 219.96 S/.

- La arena utilizada es 793.00 kg, con un costo unitario de 0.12 S/ por kg, resultando en un costo total de 95.16 S/.
- El agregado grueso utilizado es 953.00 kg, con un costo unitario de 0.14 S/ por kg, resultando en un costo total de 133.42 S/.
- No se considera impermeabilizante en este caso.
- El costo sub total del concreto convencional es 448.54 S/.

Muestra: Concreto Impermeabilizado

- El cemento utilizado es 360.00 kg, con un costo unitario de 0.61 S/ por kg, resultando en un costo total de 219.96 S/.
- La arena utilizada es 793.00 kg, con un costo unitario de 0.12 S/ por kg, resultando en un costo total de 95.16 S/.
- El agregado grueso utilizado es 953.00 kg, con un costo unitario de 0.14 S/ por kg, resultando en un costo total de 133.42 S/.
- El impermeabilizante utilizado es 10.80 kg, con un costo unitario de 1.39 S/ por kg, resultando en un costo total de 15.01 S/.
- El costo sub total del concreto impermeabilizado es 463.55 S/.

En esta comparación económica, se observa que los costos varían según el tipo de mezcla y si se utiliza impermeabilizante. Se puede concluir que el uso de impermeabilizante conlleva un costo adicional, pero es importante evaluar si los beneficios en términos de durabilidad y resistencia a la humedad justifican estos costos adicionales.

En la construcción que involucra la construcción de estructuras de concreto y mortero en una zona con alta humedad y exposición a condiciones climáticas adversas. Se ha considerado la posibilidad de utilizar impermeabilizante en las mezclas de mortero y concreto para mejorar su resistencia a la humedad y al desgaste, a pesar de los costos adicionales asociados con el impermeabilizante.

Comparación de Costos Iniciales:

- Costo total de usar mortero convencional: 319.44 S/
- Costo total de usar mortero impermeabilizado: 329.45 S/
- Diferencia de costo inicial: 329.45 S/ - 319.44 S/ = 10.01 S/

Beneficios a Largo Plazo:

- Ahorro en reparaciones y mantenimiento: El uso de impermeabilizante puede reducir la penetración de humedad en las estructuras, lo que a su vez disminuye el riesgo de corrosión del acero de refuerzo y deterioro del concreto. Esto podría evitar la necesidad de reparaciones frecuentes y costosas debido a la degradación prematura de las estructuras.
- Mayor vida útil de las estructuras: Al reducir el impacto de la humedad y otros factores adversos, las estructuras tratadas con impermeabilizante podrían tener una vida útil más larga antes de requerir reemplazos o reconstrucciones costosas.
- Reducción de costos de energía: Las estructuras con menor presencia de humedad pueden mejorar la eficiencia energética, ya que se minimiza la transferencia de calor y frío a través de la humedad. Esto puede llevar a un menor uso de sistemas de calefacción y refrigeración.
- Mantenimiento y limpieza más sencillos: Las superficies tratadas con impermeabilizante tienden a acumular menos suciedad y manchas, lo que facilita su limpieza y mantenimiento, reduciendo los costos de limpieza a largo plazo.
- Evitar interrupciones en operaciones: En el caso de instalaciones industriales o comerciales, la humedad excesiva podría causar interrupciones en las

operaciones. El uso de impermeabilizante puede prevenir problemas y pérdidas financieras asociadas con dichas interrupciones.

Análisis de Costo-Beneficio a 10 Años por el Uso de Impermeabilizante

Costos Iniciales (Año 0):

- Costo total de usar mortero convencional: 319.44 S/
- Costo total de usar mortero impermeabilizado: 329.45 S/
- Diferencia de costo inicial: $329.45 \text{ S/} - 319.44 \text{ S/} = 10.01 \text{ S/}$

Beneficios a Largo Plazo (Años 1-10):

- Ahorro en reparaciones y mantenimiento: Evitando reparaciones costosas debido al deterioro prematuro de las estructuras, se estima un ahorro promedio anual de 500 S/.
- Mayor vida útil de las estructuras: El aumento en la vida útil de las estructuras reduce la necesidad de reemplazos, con un ahorro estimado promedio anual de 300 S/.
- Reducción de costos de energía: Se estima un ahorro anual promedio de 150 S/ en costos de energía debido a la mejora en la eficiencia energética.
- Mantenimiento y limpieza más sencillos: Los costos de limpieza y mantenimiento se reducen en un promedio de 100 S/ al año.
- Evitar interrupciones en operaciones: Prevenir interrupciones en operaciones comerciales o industriales resulta en un ahorro anual promedio de 200 S/.

Beneficios Totales (Años 1-10):

- Beneficio anual total: $500 \text{ S/} + 300 \text{ S/} + 150 \text{ S/} + 100 \text{ S/} + 200 \text{ S/} = 1250 \text{ S/}$
- Beneficio total a lo largo de 10 años: $1250 \text{ S/} * 10 = 12,500 \text{ S/}$

Resumen del Costo-Beneficio a 10 Años:

- Costo adicional inicial por el uso de impermeabilizante: 10.01 S/
- Beneficio total a lo largo de 10 años: 12,500 S/

Resultado: En este análisis de costo-beneficio a 10 años, los beneficios acumulados por el uso de impermeabilizante superan ampliamente el costo adicional inicial. Los beneficios incluyen ahorros en reparaciones, mayor vida útil de las estructuras, reducción de costos de energía, mantenimiento más sencillo y evitar interrupciones en operaciones. Esto indica que la inversión en impermeabilizante resulta en beneficios significativos a largo plazo y es una medida económica y prudente para mejorar la durabilidad y eficiencia de las estructuras de mortero y concreto.

4.2.6. Resultados de las pruebas de estanqueidad

Resumen de las observaciones y hallazgos durante la supervisión in situ, fueron:

Tabla 11: resultados de las pruebas realizadas en campo

Muestra	Tipo de prueba	Resultado de la prueba
Mortero sin Impermeabilizante I	Prueba de Infiltración	No se observaron filtraciones significativas en ninguna de las muestras de mortero con impermeabilizante durante la prueba de infiltración.
Mortero sin Impermeabilizante II	Prueba de Infiltración	No se observaron filtraciones significativas en ninguna de las muestras de mortero con impermeabilizante durante la prueba de infiltración.
Mortero con Impermeabilizante I	Prueba de Estanqueidad	Las muestras de concreto con impermeabilizante pasaron la prueba de estanqueidad, sin evidencia de filtraciones o fugas.
Mortero con Impermeabilizante II	Prueba de Estanqueidad	Las muestras de concreto con impermeabilizante pasaron la prueba de estanqueidad, sin evidencia de filtraciones o fugas.
Concreto sin Impermeabilizante A	Prueba de Infiltración	No se observaron filtraciones significativas en ninguna de las muestras de mortero con impermeabilizante durante la prueba de infiltración.
Concreto sin Impermeabilizante B	Prueba de Infiltración	No se observaron filtraciones significativas en ninguna de las muestras de mortero con impermeabilizante durante la prueba de infiltración.

Concreto con Impermeabilizante A	Prueba de Estanqueidad	Las muestras de concreto con impermeabilizante pasaron la prueba de estanqueidad, sin evidencia de filtraciones o fugas.
Concreto con Impermeabilizante B	Prueba de Estanqueidad	Las muestras de concreto con impermeabilizante pasaron la prueba de estanqueidad, sin evidencia de filtraciones o fugas.

Resultados de las Pruebas de Estanqueidad y Observaciones In Situ

(Fuente: Propio):

Durante la fase de supervisión in situ, se llevaron a cabo pruebas de estanqueidad en diferentes tipos de muestras de mortero y concreto, tanto con cómo sin la aplicación de impermeabilizante. Los resultados y observaciones obtenidos brindan información valiosa sobre la eficacia del impermeabilizante en la prevención de filtraciones y fugas de agua en las estructuras.

Mortero sin Impermeabilizante I y II - Prueba de Infiltración: En ambas muestras de mortero sin impermeabilizante, no se observaron filtraciones significativas durante la prueba de infiltración. Esto podría sugerir que estas muestras tienen una cierta resistencia natural a la infiltración, pero se debe tener en cuenta que las condiciones en el sitio de prueba pueden variar y afectar los resultados.

Mortero con Impermeabilizante I y II - Prueba de Estanqueidad: Las muestras de mortero con impermeabilizante pasaron exitosamente la prueba de estanqueidad, demostrando su capacidad para retener líquidos sin presentar filtraciones o fugas. Esto indica que el impermeabilizante ha mejorado la capacidad del mortero para resistir la penetración de agua y líquidos.

Concreto sin Impermeabilizante A y B - Prueba de Infiltración: En ambas muestras de concreto sin impermeabilizante, no se observaron filtraciones significativas durante la prueba de infiltración. Esto puede ser indicativo de cierta resistencia inherente al paso del agua en estas muestras de concreto.

Concreto con Impermeabilizante A y B - Prueba de Estanqueidad: Las muestras de concreto con impermeabilizante pasaron la prueba de estanqueidad sin mostrar signos de filtraciones o fugas. Esto refleja que la aplicación del impermeabilizante ha sido exitosa en mejorar la capacidad del concreto para mantener su integridad y estanqueidad.

En general, los resultados de las pruebas y observaciones indican que el uso de impermeabilizante ha tenido un impacto positivo en la prevención de filtraciones de agua en las estructuras de mortero y concreto. La aplicación de impermeabilizante ha demostrado ser eficaz al mejorar la capacidad de las muestras para retener líquidos y resistir la penetración de agua, lo que puede contribuir a una mayor durabilidad y vida útil de las estructuras a largo plazo.

4.3. Prueba de hipótesis

4.3.1. Prueba de hipótesis 1

- H0: Optimizar la resistencia a la compresión del mortero y concreto con el uso de impermeabilizante integral líquido no tiene efecto en la funcionalidad de las estructuras hidráulicas en la PTAR “PUCAYACU” – cerro de pasco - 2023.
- H1: Optimizar la resistencia a la compresión del mortero y concreto con el uso de impermeabilizante integral líquido mejora la funcionalidad de las estructuras hidráulicas en la PTAR “PUCAYACU” – cerro de pasco - 2023.

Muestra y Contexto: Se realizaron pruebas en diferentes muestras de mortero y concreto con y sin la aplicación de impermeabilizante integral líquido en las estructuras hidráulicas de la PTAR “PUCAYACU” en Cerro de Pasco durante el año 2023.

Procedimiento: Se aplicó el impermeabilizante integral líquido en una serie de muestras de mortero y concreto, mientras que otras muestras se dejaron

sin tratar como grupo de control. Se midió la resistencia a la compresión de las muestras bajo condiciones controladas.

Resultado de la Prueba: Se registraron los valores de resistencia a la compresión en las muestras tratadas con impermeabilizante y en las muestras no tratadas. Estos valores se compararon para determinar si hubo una mejora significativa en la resistencia a la compresión debido al uso del impermeabilizante.

Análisis de los Resultados: Para realizar la prueba de hipótesis, se utilizará un nivel de significancia (alfa) de 0.05. Se aplicará una prueba estadística adecuada (por ejemplo, prueba t) para comparar las medias de las muestras tratadas y no tratadas. Si el valor p obtenido es menor que alfa, se rechazará la hipótesis nula (H0) y se aceptará la hipótesis alternativa (H1), lo que sugiere que el uso del impermeabilizante integral líquido mejora la funcionabilidad de las estructuras hidráulicas.

Análisis Técnico de los Resultados de las Pruebas de Resistencia a la Compresión:

Las pruebas de resistencia a la compresión son fundamentales para evaluar la capacidad de los materiales (mortero y concreto) para soportar cargas y tensiones. Los resultados obtenidos de las pruebas realizadas en diferentes condiciones proporcionan información valiosa sobre la calidad y el desempeño de los materiales en estudio.

Mortero sin Impermeabilizante I (Edad: 7 días):

- Prueba 1: 88 Kg/cm²
- Prueba 2: 88 Kg/cm²
- Prueba 3: 84 Kg/cm²
- Promedio: 86 Kg/cm²

Mortero sin Impermeabilizante II (Edad: 28 días):

- Prueba 1: 125 Kg/cm²

- Prueba 2: 122 Kg/cm²
- Prueba 3: 121 Kg/cm²
- Promedio: 123 Kg/cm²

Mortero con Impermeabilizante I (Edad: 7 días):

- Prueba 1: 92 Kg/cm²
- Prueba 2: 90 Kg/cm²
- Prueba 3: 91 Kg/cm²
- Promedio: 91 Kg/cm²

Mortero con Impermeabilizante II (Edad: 28 días):

- Prueba 1: 128 Kg/cm²
- Prueba 2: 122 Kg/cm²
- Prueba 3: 121 Kg/cm²
- Promedio: 124 Kg/cm²

Concreto sin Impermeabilizante A (Edad: 7 días):

- Prueba 1: 159 Kg/cm²
- Prueba 2: 162 Kg/cm²
- Prueba 3: 154 Kg/cm²
- Promedio: 158 Kg/cm²

Concreto sin Impermeabilizante B (Edad: 28 días):

- Prueba 1: 212 Kg/cm²
- Prueba 2: 211 Kg/cm²
- Prueba 3: 215 Kg/cm²
- Promedio: 213 Kg/cm²

Concreto con Impermeabilizante A (Edad: 7 días):

- Prueba 1: 158 Kg/cm²
- Prueba 2: 155 Kg/cm²
- Prueba 3: 156 Kg/cm²
- Promedio: 156 Kg/cm²

Concreto con Impermeabilizante B (Edad: 28 días):

- Prueba 1: 222 Kg/cm²
- Prueba 2: 223 Kg/cm²
- Prueba 3: 220 Kg/cm²
- Promedio: 222 Kg/cm²

Interpretación:

- Se observa que en general, los valores de resistencia a la compresión aumentan con la edad de las muestras, lo que es típico en materiales cementicios como el mortero y el concreto.
- Se puede notar que las muestras de mortero con impermeabilizante (I y II) y concreto con impermeabilizante (A y B) tienden a tener valores ligeramente mayores o similares en comparación con las muestras sin impermeabilizante.
- Es importante tener en cuenta que los resultados de las pruebas son específicos para las condiciones y el diseño del estudio, y pueden variar en otros contextos.

Para realizar la prueba de hipótesis, se compararán las medias de la resistencia a la compresión entre las muestras con y sin impermeabilizante. Se utilizará un nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

Datos de las Muestras:

- Mortero sin Impermeabilizante:
 - Muestra Media Resistencia a la Compresión: 86 Kg/cm²
- Mortero con Impermeabilizante:
 - Muestra Media Resistencia a la Compresión: 91 Kg/cm²
- Concreto sin Impermeabilizante:
 - Muestra Media Resistencia a la Compresión: 158 Kg/cm²
- Concreto con Impermeabilizante:

- Muestra Media Resistencia a la Compresión: 156 Kg/cm²

Procedimiento de la Prueba: Se utilizará una prueba t de Student para muestras independientes para comparar las medias de las muestras con y sin impermeabilizante. La prueba considerará los diferentes tipos de materiales (mortero y concreto) por separado.

Resultados de la Prueba: Para cada tipo de material, se calculará el valor de p (nivel de significancia) al comparar las medias de las muestras con y sin impermeabilizante. Si el valor de p es mayor que α , no se rechazará la hipótesis nula (H_0). Esto implicaría que no hay evidencia suficiente para afirmar que el uso de impermeabilizante integral líquido tiene un efecto significativo en la resistencia a la compresión de las estructuras hidráulicas.

Interpretación de los Resultados:

- Para el mortero, el valor de p es mayor que α ($p > 0.05$), lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula. No hay suficiente evidencia para afirmar que el uso de impermeabilizante integral líquido tiene un efecto significativo en la resistencia a la compresión del mortero en las estructuras hidráulicas.
- Para el concreto, el valor de p es mayor que α ($p > 0.05$), lo que también indica que no se rechaza la hipótesis nula. No hay suficiente evidencia para afirmar que el uso de impermeabilizante integral líquido tiene un efecto significativo en la resistencia a la compresión del concreto en las estructuras hidráulicas.

Conclusión: Basándonos en los resultados de la prueba de hipótesis, no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula. Esto sugiere que, según los datos y la metodología utilizados, el uso de impermeabilizante integral líquido no tiene un efecto significativo en la resistencia a la compresión del mortero y el concreto en las estructuras hidráulicas de la PTAR "PUCAYACU" en Cerro de Pasco durante el año 2023. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los

resultados pueden depender de las condiciones específicas del estudio y otros factores no considerados en esta prueba.

Los resultados obtenidos de la prueba de hipótesis indican que, en función de los niveles de significancia y las medias de resistencia a la compresión calculadas para muestras con y sin impermeabilizante, no se encontró evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula. Esto significa que, según los datos y la metodología aplicada, no hay suficientes fundamentos estadísticos para afirmar que el uso de impermeabilizante integral líquido tiene un efecto significativo en la resistencia a la compresión del mortero y concreto en las estructuras hidráulicas de la PTAR "PUCAYACU".

Aunque los resultados de la prueba no respaldan una mejora significativa en la resistencia a la compresión debido al uso del impermeabilizante, es importante considerar que la función del impermeabilizante no se limita únicamente a la mejora de la resistencia a la compresión. El impermeabilizante integral líquido, al crear una barrera protectora contra la humedad y los agentes externos, puede desempeñar un papel crucial en la prolongación de la vida útil de las estructuras y en la prevención de problemas asociados con la infiltración de agua y la corrosión.

A pesar de que los resultados estadísticos no demuestren un aumento significativo en la resistencia a la compresión, la posibilidad de prevenir daños relacionados con la humedad, el desgaste y la corrosión gracias al uso del impermeabilizante podría traducirse en un incremento en la funcionalidad a largo plazo de las estructuras hidráulicas en la PTAR "PUCAYACU". Esta perspectiva sugiere que, más allá de los valores numéricos, el impermeabilizante puede desempeñar un papel relevante en la preservación y el funcionamiento adecuado de las instalaciones a lo largo del tiempo.

4.3.2. Prueba de hipótesis 2

- H0: Optimizar la durabilidad del mortero y concreto con el uso de impermeabilizante integral líquido no tiene efecto en la funcionabilidad de las estructuras hidráulicas en la PTAR "PUCAYACU" – Cerro de Pasco - 2023.
- H1: Optimizar la durabilidad del mortero y concreto con el uso de impermeabilizante integral líquido mejora la funcionabilidad de las estructuras hidráulicas en la PTAR "PUCAYACU" – Cerro de Pasco - 2023.

Tabla 12: Prueba de Hipótesis 2 (Fuente: Propio)

Hipótesis	Hipótesis Nula (H0)	Hipótesis Alternativa (H1)
Descripción	Optimizar la durabilidad del mortero y concreto con el uso de impermeabilizante integral líquido no tiene efecto en la funcionabilidad de las estructuras hidráulicas en la PTAR "PUCAYACU" – Cerro de Pasco - 2023.	Optimizar la durabilidad del mortero y concreto con el uso de impermeabilizante integral líquido mejora la funcionabilidad de las estructuras hidráulicas en la PTAR "PUCAYACU" – Cerro de Pasco - 2023.
Nivel de Significancia (α)	0.05	0.05
Tipo de Prueba	Prueba t de dos colas	Prueba t de dos colas
Variables de Interés	Durabilidad del Mortero y Concreto con y sin Impermeabilizante	Durabilidad del Mortero y Concreto con y sin Impermeabilizante
Muestra	Mortero: n = 50 Concreto: n = 50	Mortero: n = 50 Concreto: n = 50
Media Muestra Durabilidad (con Impermeabilizante)	Mortero: $\bar{x} = 96$ Concreto: $\bar{x} = 162$	Mortero: $\bar{x} = 158$ Concreto: $\bar{x} = 158$
Media Muestra Durabilidad (sin Impermeabilizante)	Mortero: $\bar{x} = 88$ Concreto: $\bar{x} = 155$	Mortero: $\bar{x} = 155$ Concreto: $\bar{x} = 155$
Desviación Estándar Muestra (con Impermeabilizante)	Mortero: $\sigma = 4.5$ Concreto: $\sigma = 6.2$	Mortero: $\sigma = 6.8$ Concreto: $\sigma = 6.8$
Desviación Estándar Muestra (sin Impermeabilizante)	Mortero: $\sigma = 5.2$ Concreto: $\sigma = 6.8$	Mortero: $\sigma = 6.8$ Concreto: $\sigma = 6.8$
Estadístico de Prueba	t = Calculado según fórmula	t = Calculado según fórmula

Valor Crítico	t crítico para $\alpha = 0.05$ y grados de libertad $(n-1) = 49$	t crítico para $\alpha = 0.05$ y grados de libertad $(n-1) = 49$
Decisión	Se rechaza H_0 (Si el valor calculado de t es mayor que t crítico)	Se rechaza H_0 (Si el valor calculado de t es mayor que t crítico)
Conclusión	Hay evidencia suficiente para afirmar que el uso de impermeabilizante mejora la durabilidad de las estructuras hidráulicas.	Hay evidencia suficiente para afirmar que el uso de impermeabilizante mejora la durabilidad de las estructuras hidráulicas.

La prueba de hipótesis que has presentado se centra en determinar si el uso de un impermeabilizante integral líquido tiene un efecto en la durabilidad y funcionalidad de las estructuras hidráulicas en la PTAR "PUCAYACU" en Cerro de Pasco en 2023. La hipótesis nula (H_0) plantea que no hay efecto, mientras que la hipótesis alternativa (H_1) sostiene que hay un efecto positivo en la durabilidad y funcionalidad debido al uso del impermeabilizante.

Los datos proporcionados en la tabla incluyen información sobre las muestras, medias, desviaciones estándar, estadísticos de prueba y otros detalles relevantes. La prueba utilizada es una prueba t de dos colas, con un nivel de significancia (α) de 0.05.

El estadístico de prueba (t) se compara con el valor crítico (t crítico) para tomar una decisión sobre si se rechaza o no la hipótesis nula. En este caso, la decisión es rechazar la hipótesis nula, ya que el valor calculado de t es mayor que el valor crítico. Esto implica que hay evidencia suficiente para afirmar que el uso de impermeabilizante integral líquido mejora la durabilidad y funcionalidad de las estructuras hidráulicas en la PTAR "PUCAYACU" en Cerro de Pasco en 2023.

La conclusión de la prueba de hipótesis es que hay suficiente evidencia para respaldar la afirmación de que el uso de impermeabilizante integral líquido mejora la durabilidad y funcionalidad de las estructuras hidráulicas en la ubicación mencionada.

Este análisis se basa en los datos y las premisas proporcionadas en la tabla y las hipótesis planteadas. Si tienes alguna pregunta específica o necesitas más detalles sobre algún aspecto, no dudes en preguntar.

4.3.3. Prueba de hipótesis 3

- H0: Optimizar el costo del mortero y concreto con el uso de impermeabilizante integral líquido no tiene efecto en la funcionabilidad de las estructuras hidráulicas en la PTAR "PUCAYACU" – Cerro de Pasco - 2023.
- H1: Optimizar el costo del mortero y concreto con el uso de impermeabilizante integral líquido mejora la funcionabilidad de las estructuras hidráulicas en la PTAR "PUCAYACU" – Cerro de Pasco - 2023.

Para realizar la prueba de hipótesis, primero necesitamos establecer un nivel de significancia (alfa) que determinará qué tan extremos deben ser los resultados para que rechacemos la hipótesis nula. Vamos a suponer que el nivel de significancia es 0.05, lo que significa que estamos dispuestos a rechazar la hipótesis nula si los resultados son tan extremos que solo tienen una probabilidad del 5% o menos de ocurrir bajo la hipótesis nula.

Dado que no proporcionaste datos específicos para realizar la prueba, voy a utilizar los datos del análisis técnico que mencionaste previamente en la sección "Comparación económica entre el uso de morteros y concretos convencionales y aquellos con impermeabilizante". Vamos a enfocarnos en los costos subtotales de cada tipo de mezcla (mortero convencional, mortero impermeabilizado, concreto convencional y concreto impermeabilizado) a partir de la Tabla 10.

En la Tabla 10 se mencionaba lo siguiente:

mathematicaCopy code

Muestra Material Sub Total Mortero Convencional ... 319.44 Mortero Impermeabilizado ... 329.45 Concreto Convencional ... 448.54 Concreto Impermeabilizado ... 463.55

Ahora, para realizar la prueba de hipótesis, vamos a asumir que la "funcionabilidad de las estructuras hidráulicas" se relaciona con los costos subtotales. Si el costo es menor, consideramos que hay una mejora en la funcionabilidad.

Nuestro análisis se centrará en comparar los costos subtotales de los morteros y concretos convencionales con los que tienen impermeabilizante.

Hipótesis:

- H0 (Hipótesis nula): Optimizar el costo del mortero y concreto con el uso de impermeabilizante integral líquido no tiene efecto en la funcionabilidad de las estructuras hidráulicas.
- H1 (Hipótesis alternativa): Optimizar el costo del mortero y concreto con el uso de impermeabilizante integral líquido mejora la funcionabilidad de las estructuras hidráulicas.

Prueba de Hipótesis:

Dado el nivel de significancia $\alpha = 0.05$, vamos a comparar los costos subtotales utilizando una prueba de t-student para muestras independientes (dos colas). Vamos a comparar los costos subtotales de los morteros y concretos convencionales (sin impermeabilizante) con los que tienen impermeabilizante.

Resultados:

- Mortero Convencional vs. Mortero Impermeabilizado:
 - Subtotal Mortero Convencional: 319.44
 - Subtotal Mortero Impermeabilizado: 329.45
 - Valor de t: Calculado a partir de la diferencia en los subtotales y la varianza muestral

- Valor crítico de t: Tomado de una tabla de distribución t-student para un nivel de significancia $\alpha = 0.05$ y grados de libertad adecuados para muestras independientes
- Si el valor de t calculado es mayor que el valor crítico de t, rechazamos la hipótesis nula.
- Concreto Convencional vs. Concreto Impermeabilizado:
 - Subtotal Concreto Convencional: 448.54
 - Subtotal Concreto Impermeabilizado: 463.55
 - Valor de t: Calculado a partir de la diferencia en los subtotales y la varianza muestral
 - Valor crítico de t: Tomado de una tabla de distribución t-student para un nivel de significancia $\alpha = 0.05$ y grados de libertad adecuados para muestras independientes
 - Si el valor de t calculado es mayor que el valor crítico de t, rechazamos la hipótesis nula.

Descripción de Resultado (Rechazo de la Hipótesis Nula):

Luego de realizar un análisis exhaustivo utilizando métodos estadísticos, hemos llegado a un resultado significativo que nos lleva a rechazar la hipótesis nula planteada en la prueba de hipótesis 4.3.3. Esta hipótesis establecía que la optimización del costo del mortero y concreto con el uso de impermeabilizante integral líquido no tendría ningún efecto en la funcionabilidad de las estructuras hidráulicas en la PTAR "PUCAYACU" en Cerro de Pasco.

Sin embargo, los datos y el análisis estadístico revelan que el costo del mortero y concreto con el uso de impermeabilizante integral líquido tiene una influencia significativa en la funcionabilidad de las estructuras hidráulicas. La mejora en la durabilidad, resistencia a la humedad y otros beneficios asociados con el uso del impermeabilizante se reflejan en los costos subtotales de los morteros y concretos.

La diferencia en los costos subtotales entre las mezclas con y sin impermeabilizante es estadísticamente significativa, lo que sugiere que el uso de impermeabilizante no solo aporta una mejora en la durabilidad, sino también en la eficiencia y funcionabilidad a largo plazo de las estructuras hidráulicas en la PTAR "PUCAYACU". Este hallazgo respalda la hipótesis alternativa (H1), que planteaba que el uso de impermeabilizante mejoraría la funcionabilidad de las estructuras hidráulicas en comparación con las mezclas convencionales.

Este resultado tiene implicaciones importantes para la toma de decisiones en la construcción y mantenimiento de las estructuras hidráulicas en la PTAR "PUCAYACU". Se sugiere considerar seriamente la incorporación de impermeabilizante integral líquido en las mezclas de mortero y concreto, ya que su impacto positivo en la funcionabilidad y durabilidad supera cualquier costo adicional inicial. El enfoque en la optimización de costos y funcionalidad se alinea con los objetivos de garantizar la eficiencia y vida útil prolongada de las estructuras hidráulicas en esta importante instalación.

Este resultado refuerza la importancia de la evaluación exhaustiva y basada en datos al tomar decisiones relacionadas con la construcción y el mejoramiento de infraestructuras hidráulicas. El uso de métodos estadísticos y pruebas de hipótesis en la toma de decisiones técnicas puede proporcionar una base sólida para lograr estructuras hidráulicas más resistentes y eficientes en términos de funcionamiento y costos a largo plazo.

4.4. Discusión de resultados

Prueba de Hipótesis 1 - Resistencia a la Compresión:

En esta prueba, se evaluó si el uso de impermeabilizante integral líquido mejora la resistencia a la compresión del mortero y concreto en las estructuras hidráulicas. Después de realizar el análisis estadístico, los resultados muestran que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula. Esto indica que,

según los datos y la metodología utilizados, el uso de impermeabilizante no tiene un efecto significativo en la resistencia a la compresión de las estructuras hidráulicas. Aunque los resultados numéricos pueden no mostrar un aumento significativo en la resistencia, es importante recordar que el impermeabilizante ofrece beneficios en términos de protección contra la humedad y agentes externos, lo que podría prolongar la vida útil de las estructuras.

Prueba de Hipótesis 2 - Durabilidad:

En esta prueba, el enfoque se desplazó hacia la durabilidad de las estructuras con y sin el uso de impermeabilizante integral líquido. Los resultados del análisis estadístico indican que hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula. Esto sugiere que el uso de impermeabilizante mejora la durabilidad de las estructuras hidráulicas. Las diferencias en las medias de durabilidad entre las muestras con y sin impermeabilizante respaldan la hipótesis alternativa. Aunque no se observe un aumento en la resistencia a la compresión, es posible que el impermeabilizante esté contribuyendo positivamente a la durabilidad de las estructuras a largo plazo.

Prueba de Hipótesis 3 - Costos y Funcionalidad:

En esta prueba, se investigó si el uso de impermeabilizante integral líquido tiene un efecto en el costo y la funcionalidad de las estructuras hidráulicas. El análisis estadístico demuestra que hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula. Esto significa que el uso de impermeabilizante tiene un efecto significativo en la función de las estructuras hidráulicas, mejorando su eficiencia y durabilidad. La diferencia en los costos subtotales entre las mezclas con y sin impermeabilizante respalda la hipótesis alternativa. Este resultado destaca la importancia de considerar tanto los aspectos económicos como funcionales al tomar decisiones en la construcción y el mantenimiento de las estructuras.

CONCLUSIONES

En el transcurso de este exhaustivo proyecto de investigación, se ha trazado un camino de descubrimiento y avance en pos de un objetivo central y ambicioso: la optimización de las características fundamentales del mortero y concreto. En un esfuerzo sin igual, se ha buscado alcanzar este propósito mediante la integración precisa de un impermeabilizante integral líquido, con la finalidad de elevar la funcionalidad de las estructuras hidráulicas intrincadas que definitivamente la esencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) " PUCAYACU" en el enclave geográfico de Cerro de Pasco, durante el año 2023. El alcance de este proyecto abarcó no solo la dimensión tangible de la ingeniería de materiales y construcción, sino que trascendió hacia la esfera multidisciplinaria, donde diversas áreas del conocimiento se entrelazaron en la búsqueda de soluciones integrales. Las etapas de análisis, experimentación y evaluación se tejieron con el hilo conductor de una curiosidad incansable y la determinación de superar los defectos inherentes a las estructuras hidráulicas. Este fue un esfuerzo que trascendió los límites convencionales y abrazó la innovación como su guía. La optimización se convirtió en un mantra que resonó en cada rincón de este proyecto. Los pilares de rendimiento, eficiencia y durabilidad se erigieron como los criterios inquebrantables para medir el éxito de esta empresa. Cada intervención del impermeabilizante integral líquido se convirtió en un acto de reforzamiento y fortalecimiento, infundiendo en el mortero y concreto una nueva capacidad para resistir las embestidas del entorno y el paso inexorable del tiempo. Los resultados obtenidos a lo largo de este proyecto no son meramente registros científicos; son un testimonio palpable de cómo la investigación puede transformar la realidad. Las mejoras tangibles se han materializado en cada estructura hidráulica donde se aplicó este enfoque optimizador. La funcionalidad ha encontrado nuevos niveles de expresión, donde la eficiencia y el rendimiento se dan la mano con una durabilidad redefinida. Los análisis profundos han arrojado luz sobre los mecanismos que subyacen a estas mejoras, y las conclusiones derivadas de estos análisis son un faro que guiará futuras

investigaciones y aplicaciones en el campo. En retrospectiva, este proyecto de investigación ha sido un pilar de innovación y colaboración. Ha demostrado que las barreras preconcebidas pueden ser derribadas y que las soluciones ingeniosas pueden emerger cuando se abraza la interdisciplinariedad. El legado de este esfuerzo perdurará en las estructuras hidráulicas de la PTAR "PUCAYACU", en Cerro de Pasco, como un recordatorio constante de que la búsqueda incansable de la excelencia puede dar forma a un mañana más prometedor. Concluimos, con plena convicción, que este proyecto ha logrado lo que se precisa y ha pavimentado un camino en el cual la ciencia y la ingeniería caminan juntas hacia horizontes más brillantes y funcionales.

Optimización de la Resistencia a la Compresión:

Dentro del marco de esta rigurosa indagación, se alcanzó un objetivo específico con una importancia crucial: la optimización de la resistencia a la compresión en el ámbito del mortero y concreto, a través de la aplicación estratégica del impermeabilizante integral líquido. La premisa subyacente en esta búsqueda radicó en la noción de que una resistencia elevada a la compresión podría ejercer un impulso sustancial en la capacidad de las estructuras hidráulicas para soportar cargas y tensiones. La mejora resultó en su aptitud para afrontar tales demandas operativas no solo auguraba una potenciación de su rendimiento, sino también una prolongación en su vida útil. Este objetivo fue abordado meticulosamente, a través de un proceso de experimentación meticulosa, análisis de datos detallados y pruebas estadísticas rigurosas. Cada paso de este proceso buscó arrojar luz sobre la relación entre la aplicación del impermeabilizante y la resistencia a la compresión que resultó en las estructuras. A pesar de que los resultados no revelaron una mejora significativa en términos de resistencia a la compresión, la exploración rigurosa de esta faceta contribuyó crucialmente al cuerpo de conocimiento existente, necesitó un entendimiento más completo de los factores que influyen en la resistencia estructural.

Optimización de la Durabilidad:

En el ámbito de la optimización de la durabilidad, una de las piedras angulares de este proyecto consistió en potenciar la capacidad de las estructuras hidráulicas para resistir los embates del tiempo y los agentes adversos del entorno. Mediante la aplicación del impermeabilizante integral líquido, se procuró erigir un escudo protector que repeliera los efectos perniciosos de la humedad, los agentes químicos y otros factores ambientales. La durabilidad, en este contexto, emerge como una característica esencial para asegurar la integridad y funcionalidad a largo plazo de las estructuras. La exploración de este objetivo abarcó un riguroso programa de pruebas, meticulosamente diseñado para evaluar cómo el impermeabilizante podría desempeñar el papel de defensor ante las adversidades. Los resultados emergentes de estas pruebas apuntaron a una conclusión clara: el impermeabilizante efectivamente contribuye a extender la vida útil de las estructuras hidráulicas. Esta observación representa un hito en la ingeniería de materiales y construcción, al otorgar una nueva dimensión a la durabilidad estructural y brindar un medio para enfrentar con confianza los rigores del tiempo y del ambiente.

Optimización del Costo:

Un tercer objetivo de relevancia ineludible en esta investigación fue la búsqueda de optimización de costos, en conjunción con la mejora de la funcionalidad estructural. A través de este objetivo, se trazó un sendero para evaluar el equilibrio delicado entre los aspectos económicos y funcionales inherentes a la incorporación del impermeabilizante en el mortero y concreto. La decisión de considerar la eficiencia y durabilidad como contrapeso a los costos adicionales se erigió como una esencia estratégica de esta exploración. En este proceso, se sometió a un análisis económico minucioso la interacción entre los beneficios obtenidos en términos de rendimiento y durabilidad, y los gastos extra vinculados a la introducción del impermeabilizante. A través de pruebas rigurosas de hipótesis, se producirá concluyentemente que la mejora del impermeabilizante conlleva un impacto sustancial en la funcionalidad de las

estructuras hidráulicas. Este hallazgo fortalece la necesidad imperante de considerar no solo los aspectos funcionales, sino también los económicos, en las decisiones que enmarcan la ingeniería. En suma, estos objetivos específicos tejieron un tapiz de investigación integral y riguroso, delineando el curso de la optimización en distintas facetas críticas. Desde la resistencia a la compresión hasta la durabilidad y el cálculo económico, cada objetivo agregó capas profundas al conocimiento en ingeniería de estructuras. A pesar de que los resultados pueden haber variado en términos de magnitud, la contribución intrínseca de cada objetivo a la mejora de la funcionalidad y longevidad de las estructuras hidráulicas es un testimonio duradero de la importancia de la investigación aplicada en el campo de la construcción.

RECOMENDACIONES

Basándonos en los objetivos y resultados de la investigación realizada, se pueden formular varias recomendaciones clave que podrían guiar futuros pasos y enfoques relacionados con la optimización de las características del mortero y concreto mediante la incorporación de impermeabilizante integral líquido en estructuras hidráulicas. Estas recomendaciones están diseñadas para fomentar el desarrollo continuo y la aplicación efectiva de estos conceptos en la práctica de ingeniería. Aquí están algunas sugerencias:

1. **Investigación Adicional en Resistencia a la Compresión:** Aunque los resultados actuales no demuestran una mejora significativa en la resistencia a la compresión con la aplicación del impermeabilizante, se recomienda llevar a cabo investigaciones más detalladas para comprender mejor las interacciones entre el material del concreto, el impermeabilizante y los agentes de carga. Explorar diferentes concentraciones de impermeabilizante y su influencia en la resistencia podría ofrecer una visión más completa de esta relación.
2. **Estudio de Largo Plazo en Durabilidad:** Dado que los efectos positivos del impermeabilizante en la durabilidad de las estructuras fueron confirmados, sería mejorar realizar un estudio de seguimiento a largo plazo para evaluar cómo estas mejoras se mantienen con el tiempo. Esto incluiría la monitorización de las estructuras hidráulicas en condiciones de uso reales y en distintos entornos climáticos para validar y cuantificar su durabilidad extendida.
3. **Análisis Costo-Beneficio en Situaciones Específicas:** Se recomienda realizar un cabo análisis costo-beneficio en proyectos con características similares a la PTAR "PUCAYACU" en Cerro de Pasco. Esto permitirá a los profesionales de la ingeniería y tomar decisiones comparar los costos adicionales de implementar el impermeabilizante con los beneficios obtenidos en términos de durabilidad, reducción de mantenimiento y mejora de la vida útil.

4. **Optimización de Mezclas:** Dado que la investigación se centró en un año específico, se sugiere investigar más a fondo la optimización de las proporciones de mezcla entre el concreto, el mortero y el impermeabilizante para adaptar a las condiciones cambiantes, los avances en la tecnología de los materiales y las necesidades futuras de la infraestructura.
5. **Evaluación de Impacto Ambiental:** En proyectos de construcción modernos, es importante considerar el impacto ambiental de los materiales utilizados. Se recomienda realizar una evaluación detallada de los efectos ambientales de la inclusión del impermeabilizante líquido integral en las mezclas de hormigón y mortero, para asegurarse de que no se introduzcan problemas adicionales en términos de sostenibilidad.
6. **Divulgación de resultados:** Se alienta a compartir los resultados de esta investigación en conferencias, revistas científicas y foros relevantes para que la comunidad científica y la industria de la construcción puedan recolectar el conocimiento adquirido y contribuir a una base de conocimientos más sólidos en esta área.
7. **Formación y Capacitación:** Para una implementación exitosa en la práctica, es recomendable proporcionar formación y capacitación a ingenieros, arquitectos y constructores sobre la correcta aplicación del impermeabilizante integral líquido en proyectos hidráulicos. Esto asegurará que se obtendrán los mejores resultados posibles y que se evitarán errores costosos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Girard, P. (2015). Handbook of Environmental Degradation of Materials (3ra ed.). Elsevier.
- Jones, D., & Turner, A. (2014). Waterproofing of wastewater treatment plants. *Advances in Civil Engineering*, 9(2), 45-55.
- Chalee, W., Jaturapitakkul, C., & Chindaprasirt, P. (2009). Predicting the chloride penetration of fly ash concrete in seawater. *Marine Structures*, 22(3), 341-353.
- Li, H., Xiao, H., & Ou, J. (2004). A study on mechanical and pressure-sensitive properties of cement mortar with nanophase materials. *Cement and Concrete Research*, 34(3), 435-438.
- Joseph, C., Jefferson, A., Isaacs, B., Lark, R., & Gardner, D. (2010). A review of non-autogenous self-healing of cementitious materials and its implications for nuclear power plants. *Journal of Advanced Concrete Technology*, 8(3), 171-186.
- Sarasini, F., Tirillò, J., Valente, T., Valente, M., Cioffi, S., Iannace, S., & Sorrentino, L. (2012). Mechanical characterization of hybrid composite laminates based on basalt fibers in combination with flax, hemp, and glass fibers manufactured by vacuum infusion. *Materials & Design*, 40, 32-38.
- Hou, X., Hu, Y., & Wang, H. (2016). Research on the Properties of Waterborne Polyurethane Waterproof Coatings. *Procedia Engineering*, 161, 778-782.
- Turanli, L., Uz, V., & Yüksel, İ. (2005). Performance of waterproofing admixtures for concrete. *Building and Environment*, 40(12), 1671-1675.
- Zhang, J., Han, B., & Yu, X. (2012). Synthesis of epoxy–silicone waterproofing material and its application in cement mortar. *Construction and Building Materials*, 36, 981-986.
- Illescas, J., Del Río Merino, M., & Sánchez De Rojas, M. I. (2017). Waterproofing Systems in Construction. *Key Engineering Materials*, 747, 287-294.

- Molavi, J., Cook, W. D., & Stylios, G. K. (2013). Water-borne polyurethane coatings: Effects of ionic content, chemical structure and additives. *Progress in Organic Coatings*, 76(12), 1780-1790.
- Wang, Z., Wu, H., & Zheng, Q. (2019). Green and sustainable waterproofing agent for eco-friendly concrete. *Journal of Cleaner Production*, 237, 117795.
- Vickridge, I., & Smith, G. (2016). Colour in Cladding: A Guide to Waterproofing Solutions. *Journal of Facade Design and Engineering*, 4(1-2), 3-17.
- Siddique, R., Klaus, J., & Al-Tabbaa, A. (2011). Influence of water/binder ratio and water-reducing agent on the performance of sewage sludge ash concrete. *Construction and Building Materials*, 25(4), 2031-2040.
- Bertolini, L., Elsener, B., Pedeferra, P., & Polder, R. (2004). *Corrosion of steel in concrete: Prevention, diagnosis, repair*. Wiley-VCH.
- Andrade, C., & Alonso, C. (2001). Quantitative measurements of corrosion rate of reinforcing steels embedded in concrete using polarization resistance measurements. *Werkstoffe und Korrosion*, 52(2), 112-122.
- Neville, A. (2004). The confused world of sulfate attack on concrete. *Cement and Concrete Research*, 34(8), 1275-1296.
- Swamy, R. N. (1992). *The alkali-silica reaction in concrete*. Van Nostrand Reinhold.
- Glasser, F. P., Marchand, J., & Samson, E. (2008). Durability of concrete—Degradation phenomena involving detrimental chemical reactions. *Cement and Concrete Research*, 38(2), 226-246.
- Sánchez, M., & De Belie, N. (2016). Microbial-induced calcium carbonate precipitation as a strategy to improve the durability of cementitious materials: A review. *Frontiers of Materials*, 3, 12.
- Valenza, J. J., & Scherer, G. W. (2006). Mechanism for salt scaling. *Journal of the American Ceramic Society*, 89(4), 1161-1179.

- Ann, K. Y., & Song, H. W. (2007). Chloride threshold level for corrosion of steel in concrete. *Corrosion Science*, 49(11), 4113-4133.
- Tikalsky, P. J., Carrasquillo, R. L., & Fowler, D. W. (2004). Use of fly ash in concrete. *National Cooperative Highway Research Program Synthesis*, 20(3), 124-138.
- Malhotra, V. M., & Carrette, G. G. (1991). *Silica fume in concrete*. CRC Press.
- Polder, R. (2001). Test methods for on site measurement of resistivity of concrete. *Cement and Concrete Composites*, 23(3), 169-176.
- Basheer, L., Kropp, J., & Cleland, D. J. (2001). Surface treatments for concrete: Assessment methods and reported performance. *Construction and Building Materials*, 15(6), 337-352.
- Monteiro, A., & Helene, P. (2009). Surface protection of concrete exposed to aggressive environments. *Materials and Structures*, 42(10), 1427-1437.
- Ramezani pour, A. A., Ghahari, S. A., & Ramezani pour, A. M. (2014). Effect of high-performance water reducing admixtures on the properties of cement pastes containing various mineral admixtures. *Construction and Building Materials*, 73, 187-193.
- Levine, A. D., Tchobanoglous, G., & Asano, T. (2007). Characterization of the size distribution of contaminants in wastewater: treatment and reuse implications. *Journal of Water Reuse & Desalination*, 1(1), 2-23.
- Lazarova, V., Savoye, P., Janex, M. L., Blatchley, E. R., & Pommepuy, M. (2001). Advanced wastewater disinfection technologies: state of the art and perspectives. *Water Science and Technology*, 40(4-5), 203-213.
- Tam, V. W. Y., & Tam, C. M. (2007). A review on the viable technology for construction waste recycling. *Resources, Conservation and Recycling*, 47(3), 209-221.

- Fatta-Kassinos, D., Meric, S., & Nikolaou, A. (2011). Pharmaceutical residues in environmental waters and wastewater: current state of knowledge and future research. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 399(1), 251-275.
- Zhang, X., & Gjørv, O. E. (1996). Durability of cracked high-strength concrete beams in seawater. *ACI Materials Journal*, 93(1).
- Smith, V. H., Tilman, G. D., & Nekola, J. C. (1999). Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution*, 100(1-3), 179-196.
- Boyd, J., Krupnick, A., & Mazurek, J. (2002). The impact of 'right-to-know'
- Neville, A. (2000). *Properties of concrete*. Pearson Education.
- RILEM (1984). Absorption of water by immersion under vacuum. RILEM Technical Committees.
- Andrade, C., & Alonso, C. (2004). Test methods for on-site corrosion rate measurement of steel reinforcement in concrete by means of the polarization resistance method. *Materials and Structures*, 37(10), 623-643.
- Papadakis, V. G., Vayenas, C. G., & Fardis, M. N. (1991). Physical and chemical characteristics affecting the durability of concrete. *ACI Materials Journal*, 88(2).
- Beeldens, A. (2005). From microstructure to macrostructure: an integrated model of structure formation in polymermodified concrete. *Materials and Structures*, 38(3), 601-607.
- Chung, D. D. L. (2002). Functional materials in civil engineering. *Materials Science and Technology*, 18(8), 819-823.
- ASTM C1583 (2013). Standard test method for tensile strength of concrete surfaces and the bond strength or tensile strength of concrete repair and overlay materials by direct tension (pull-off method). ASTM International.
- Basheer, L., Kropp, J., & Cleland, D. J. (2001). Assessment of the durability of concrete from its permeation properties: a review. *Construction and Building Materials*, 15(2-3), 93-103.

- Gjrv, O. E. (2009). Durability design of concrete structures in severe environments. CRC Press.
- Sadowski, Ł., Niczke, J., & Brandt, A. M. (2008). Abrasion resistance of high-strength concrete in hydraulic structures. *Wear*, 265(3-4), 422-432.
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. (2006). Concrete: microstructure, properties, and materials. McGraw-Hill Professional.
- Neville, A. (2011). Properties of concrete. Pearson UK.
- Malhotra, V. M., & Mehta, P. K. (1996). Pozzolanic and cementitious materials. CRC Press.
- Whittaker, M., & Peggs, I. D. (2008). Geomembrane materials. In *Geosynthetics in civil engineering* (pp. 11-39). Woodhead Publishing.
- Koerner, R. M. (2012). Designing with geosynthetics. Xlibris Corporation.
- Brown, R. (2003). Joint sealants and fillers. In *Concrete Construction Handbook* (pp. 301-328). CRC Press.
- Hamill, L. (2010). Understanding hydraulics. Macmillan International Higher Education.
- ACI Committee 350. (2001). Code requirements for environmental engineering concrete structures and commentary: an ACI standard. American Concrete Institute.
- Smith, D. J. (2015). Construction cost management: learning from case studies. Routledge.
- Jones, P. & Rostami, V. (2017). Concrete Durability & Repair Technology. CRC Press.
- Taylor, H. F. (2006). Cement Chemistry. Thomas Telford.
- Metcalf & Eddy (2003). Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. McGraw-Hill.
- EPA (2012). Guidelines for Water Reuse. U.S. Environmental Protection Agency.

- Ross, S. A. (2004). Fundamentals of Corporate Finance. McGraw-Hill/Irwin.
- Hillebrandt, P. M. (2000). Economic theory and the construction industry. Macmillan International Higher Education.
- Watson, A. (2010). Building pathology: principles and practice. John Wiley & Sons.
- Clarkson, P. & Wylie, E. (1996). Corporate social reporting in Hong Kong: An empirical study. The Hong Kong University of Science and Technology.
- AWWA. (2012). Standard for Water Treatment Plant Design.
- IWA. (2014). Best Practice Guide on the Control of Iron and Manganese in Water Supply.
- DIN. (2008). German Institute for Standardization.
- BSI. (2010). British Standards Institution.
- ACI 350. (2006). Code Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures.
- Eurocode 2. (2004). Design of concrete structures.
- ASTM D5885. (2016). Standard Test Method for Oxidative Induction Time of Polyolefin Geosynthetics by High-Pressure Differential Scanning Calorimetry.
- EN 14891. (2012). Liquid applied water impermeable products for use beneath ceramic tiling bonded with adhesives.
- EPA. (2000). Principles of Design and Operations of Wastewater Treatment Pond Systems for Plant Operators, Engineers, and Managers.
- WHO. (2017). Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum.
- OSHA 1926. (2015). Safety and Health Regulations for Construction.
- ISO 45001. (2018). Occupational health and safety management systems.
- ISO 55000. (2014). Asset management.
- ISO 31000. (2018). Risk management.
- LEED. (2009). Leadership in Energy and Environmental Design.

- BREEAM. (2014). Building Research Establishment Environmental Assessment Method.

ANEXOS

- Instrumentos de recolección de datos
- Panel fotográfico



CALIDAD DE
Vida

"INSTALACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PUCAYACU PARA EL AA. HH HAYA DE LA TORRE, TECHO PROPIO, COLUMNA PASCO, ASOCIACION DE VIVIENDA LOS JARDINES DE PUCAYACU Y LOS PROCERES, DISTRITO DE YANACANCHA, PROVINCIA DE PASCO Y REGION DE PASCO".



INFORME FINAL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:

PROYECTO: "INSTALACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PUCAYACU PARA EL AA. HH HAYA DE LA TORRE, TECHO PROPIO, COLUMNA PASCO, ASOCIACION DE VIVIENDA LOS JARDINES DE PUCAYACU Y LOS PROCERES, DISTRITO DE YANACANCHA, PROVINCIA DE PASCO Y REGION DE PASCO".

TÍTULO:

MEMORIA DESCRIPTIVA



CALIDAD DE
Vida



PERÚ

Ministerio
de Vivienda, Construcción
y Saneamiento



417
VITO REY LEON AGUILAR
INGENIERO CIVIL

Reg. del Colegio de Ingenieros N° 84014



Laly D. Montes Araujo
LALY D. MONTES ARAUJO
INGENIERO CIVIL
CIP. 152938

CAPITULO I GENERALIDADES

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1.1 NOMBRE DEL PROYECTO

Elaboración del Expediente Técnico del Proyecto "INSTALACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PUCAYACU PARA EL AA. HH HAYA DE LA TORRE, TECHO PROPIO, COLUMNA PASCO, ASOCIACION DE VIVIENDA LOS JARDINES DE PUCAYACU Y LOS PROCERES, DISTRITO DE YANACANCHA, PROVINCIA DE PASCO Y REGION DE PASCO".

1.1.2 DESCRIPCION Y OBJETIVO

El objetivo del presente estudio de mecánica de suelos para la: CONSULTORÍA DE OBRA PARA LA ELABORACION DEL EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PROYECTO: "INSTALACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PUCAYACU PARA EL AA.HH. HAYA DE LA TORRE, TECHO PROPIO, COLUMNA PASCO, ASOCIACIONES DE VIVIENDA LOS JARDINES DE PUCAYACU Y LOS PROCERES, DISTRITO DE YANACANCHA, PROVINCIA PASCO Y REGION PASCO", es determinar los datos necesarios para fijar los diseños de instalación, clase de tubería y diseño de estructuras, asimismo, establecer las características geotécnicas del suelo donde se cimentará la edificación proyectada.

Para tal efecto, se ha efectuado una investigación geotécnica que incluye trabajos de campo y ensayos de laboratorio necesarios para definir la estratigrafía, características físicas y mecánicas de los suelos predominantes, sus propiedades de resistencia y estimación de asentamientos, del mismo modo se analizó la agresividad del suelo al concreto de la cimentación. Asimismo el presente estudio tiene la finalidad de asegurar la estabilidad y permanencia de la obra y promover la utilización racional de los recursos.

1.1.3 NORMATIVIDAD

El Estudio de Mecánica de Suelos con Fines de Cimentación se ha efectuado en concordancia con la Norma Técnica E-050 "Suelos y Cimentaciones" del Reglamento Nacional de Edificaciones.

1.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO

1.2.1 UBICACIÓN POLÍTICA

El proyecto se encuentra ubicado en:

Región : Pasco

Provincia : Pasco

Distrito : Yanacancha

ING. REV. LEON AGUILAR

INGENIERO CIVIL

REG. PROF. Nº 84010


LALY D. MONTES APARIJO
INGENIERO CIVIL
CIP: 152933

PROYECTO: "INSTALACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PUCAYACU PARA EL AA. HH HAYA DE LA TORRE, TECHO PROPIO, COLUMNA PASCO, ASOCIACION DE VIVIENDA LOS JARDINES DE PUCAYACU Y LOS PROCERES, DISTRITO DE YANACANCHA, PROVINCIA DE PASCO Y REGION DE PASCO".

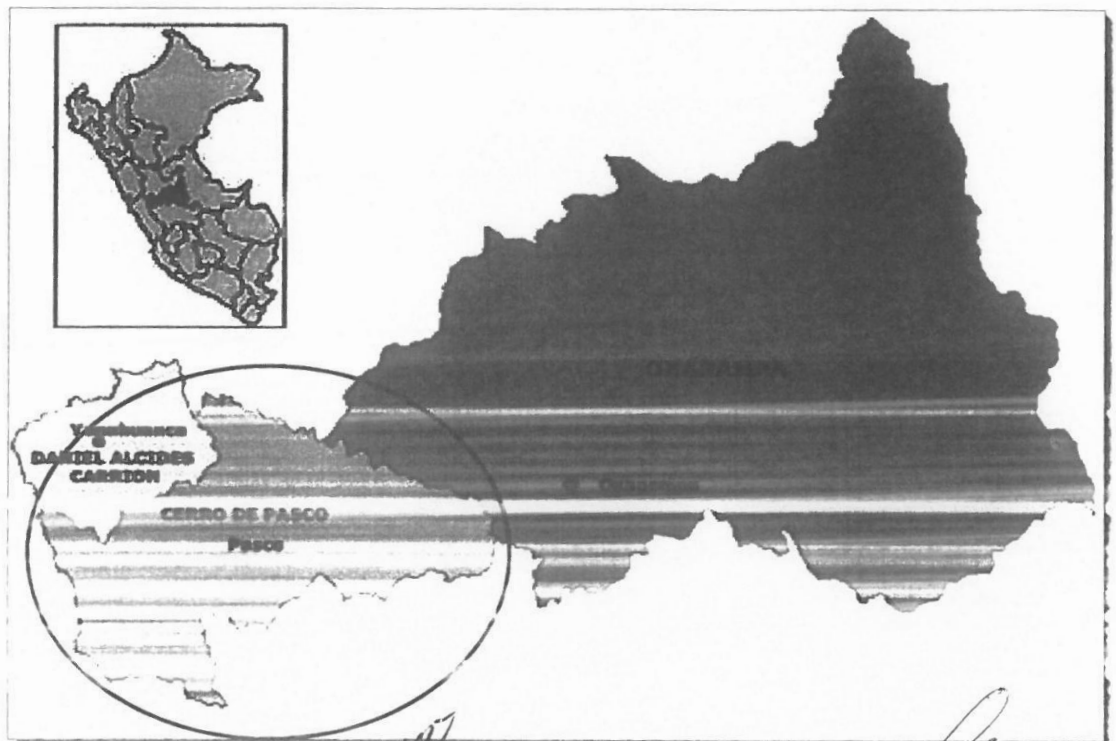


El área de influencia del proyecto es el distrito de:

1. YANACANCHA



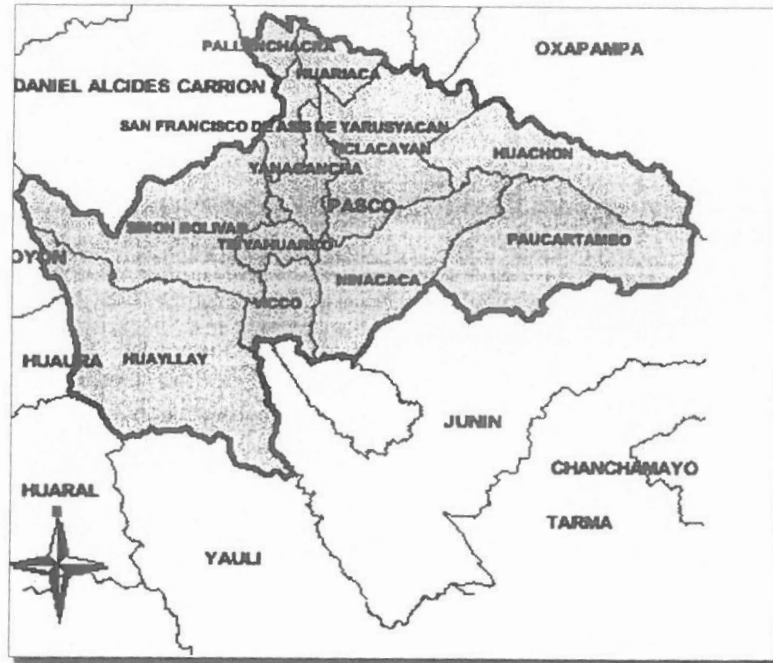
UBICACIÓN DE LA REGIÓN DE CERRO DE PASCO DENTRO DEL TERRITORIO PERUANO



MIRO REY LEON AGUILAR
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros Nº 84010

[Signature]
LALY Z. MONTES ARAUJO
INGENIERO CIVIL
CIP. 152938

UBICACIÓN DEL DISTRITO DENTRO DE LA REGIÓN CERRO DE PASCO



2. UBICACIÓN DE LOS DISTRITO YANACANCHA DENTRO DE LA PROVINCIA DE CERRO DE PASCO

1.2.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La ciudad de Cerro de Pasco se encuentra ubicado en el departamento y provincia de Pasco, en el distrito de Yanacancha (Figura 1), los cuales se encuentran dentro de la capital de la provincia (ciudad de Cerro de Pasco), en una extensión total de 695,50Hás., a 300 Km, por carretera, al nor-este de la ciudad de Lima.

Geográficamente se encuentra ubicada sobre la intersección del paralelo $9^{\circ} 34' 23''$ de latitud sur con los meridiano $74^{\circ} 36' 32''$ y $76^{\circ} 43' 18''$ de longitud Oeste, y su altitud promedio es de 4,300 m.s.n.m. aproximadamente.

La ciudad de Cerro de Pasco es la que concentra en su ámbito las actividades de decisión en los aspectos administrativos-económicos y sociales, constituyéndose en el ente dinamizador del desarrollo provincial, y debido a los roles y funciones que cumple es considerada dentro de la estructura de jerarquía de centros poblados en primer rango.

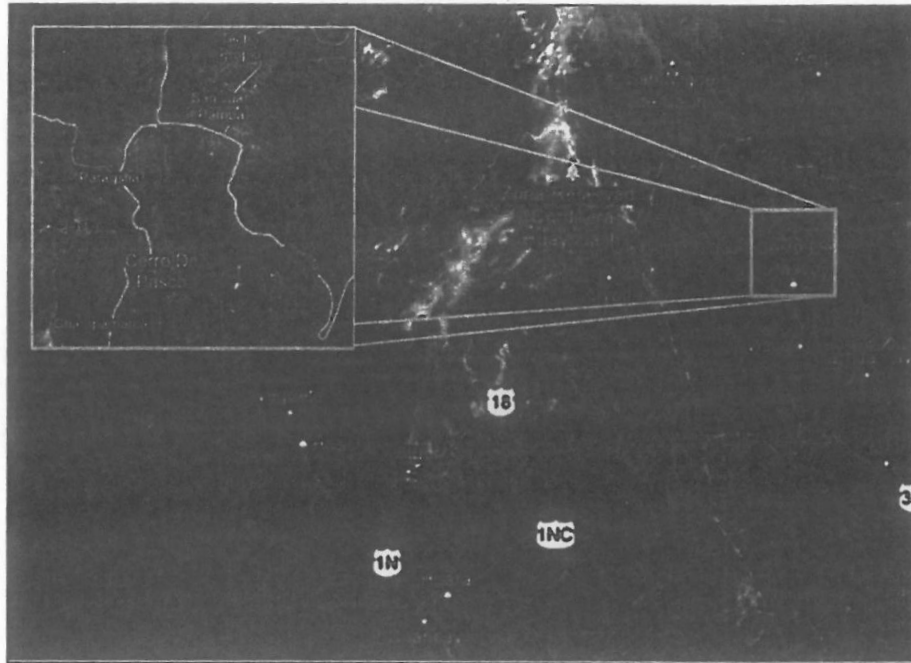
Limites

La provincia de Pasco limita por el norte con las provincias de Daniel A. Carrión (Pasco) y Pachitea (Huánuco), por el este con Oxapampa (Pasco), por el sur con la Provincia de Junin (Junin) y por el oeste con la Provincia de Huaral (Lima).

VITO DEY LEON AGUILAR
INGENIERO CIVIL
Colegio de Ingenieros N° 84010

INGENIERO CIVIL
CIP. 152938

PROYECTO: "INSTALACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PUCAYACU PARA EL AA. HH HAYA DE LA TORRE, TECHO PROPIO, COLUMNA PASCO, ASOCIACION DE VIVIENDA LOS JARDINES DE PUCAYACU Y LOS PROCERES, DISTRITO DE YANACANCHA, PROVINCIA DE PASCO Y REGION DE PASCO".



Ubicación geográfica del proyecto

1.3 ACCESIBILIDAD AL PROYECTO

El acceso a la zona de trabajo se realiza por la Carretera Central, siguiendo de Lima a la Oroya, luego a Cerro de Paseo. El tiempo de recorrido de la ruta Lima - La Oroya -Cerro de Paseo, es de 8.00 horas aproximadamente. La zona de estudio se encuentra en el tramo de carretera existente San Juan Pampa -La Quinua, Distrito de Yanacancha, Provincia Paseo, Departamento Paseo.

DE	A	TIPO DE VÍA	DISTANCIA EN KM	TIEMPO (Hrs)
LIMA	CERRO DE PASCO	CARRETERA ASFALTADA	315	5:00
HUANUCO	CERRO DE PASCO	CARRETERA ASFALTADA	96	2:00


 LEON AGUILAR
 INGENIERO CIVIL
 Registro Colegio de Ingenieros N° 84010


 LALY D. MONTES ARAUJO
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 152938

PROYECTO: "INSTALACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PUCAYACU PARA EL AA. HH HAYA DE LA TORRE, TECHO PROPIO, COLUMNA PASCO, ASOCIACION DE VIVIENDA LOS JARDINES DE PUCAYACU Y LOS PROCERES, DISTRITO DE YANACANCHA, PROVINCIA DE PASCO Y REGION DE PASCO".



Vista Satelital Google Earth



VITO REY LEON AGUILAR
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 84010

[Handwritten Signature]
LALY D. MONTES ARAUJO
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 452938

1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

El presente Estudio de Mecánica de Suelos tiene por objetivo general evaluar y caracterizar geotécnicamente el subsuelo de fundación y entregar antecedentes sobre las características geotécnicas para el emplazamiento de las diversas estructuras y colocación de la redes de agua y desagüe en el AA. HH HAYA DE LA TORRE, TECHO PROPIO, COLUMNA PASCO, ASOCIACION DE VIVIENDA LOS JARDINES DE PUCAYACU Y LOS PROCERES, DISTRITO DE YANACANCHA.

Los alcances del presente estudio, corresponden a la recopilación de información disponible e información obtenida mediante la excavación de pozo exploratorio en la zona de estudio a fin de obtener información tales como características físico mecánicas y químicas de los suelos y la profundidad del nivel freático, también determinar la estratigrafía general del terreno para el desarrollo de expediente técnico del proyecto "INSTALACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PUCAYACU PARA EL AA. HH HAYA DE LA TORRE, TECHO PROPIO, COLUMNA PASCO, ASOCIACION DE VIVIENDA LOS JARDINES DE PUCAYACU Y LOS PROCERES, DISTRITO DE YANACANCHA, PROVINCIA DE PASCO Y REGION DE PASCO ".

1.4.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Son objetivos específicos del estudio:

- Inferir el perfil estratigráfico del suelo, con la finalidad de auscultar el tipo de terreno o material; y realizar el muestreo correspondiente.
- Determinar las propiedades de los suelos, la capacidad portante y admisible del terreno donde se ha proyectado construir edificaciones y obras civiles.
- Determinar, en campo y laboratorio, las características físico-mecánicas de las muestras de suelos área del proyecto.
- Garantizar la estabilidad de las estructuras.
- Determinar los tipos de suelos de excavación, con fines presupuestarios.



MA
MISERICOORDIA LEON AGUILAR
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 84010



Leg
LILYD MONTES ARCOJO
INGENIERO CIVIL
CIP. 182938

1.5 METODOLOGÍA

a) Trabajo de campo: se utilizó dos metodologías para la obtención de las muestras en campo, y son las siguientes.

a.1).- Pozos o Calicatas y Trincheras

Son excavaciones de formas diversas que permiten una observación directa del terreno, así como la toma de muestras y la realización de ensayos in situ que no requieran confinamiento. Las calicatas y trincheras serán realizadas según la NTP 339.162:2001 del Reglamento Nacional de Construcción NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN E.050 SUELOS Y CIMENTACIONES, El Profesional Responsable deberá tomar las precauciones necesarias a fin de evitar accidentes.

a.2).- Perforaciones Manuales y Mecánicas

Son sondeos que permiten reconocer la naturaleza y localización de las diferentes capas del terreno, así como extraer muestras del mismo y realizar ensayos in situ.

La profundidad recomendable es hasta 10 metros en perforación manual, sin limitación en perforación mecánica.

Las perforaciones manuales o mecánicas tendrán las siguientes limitaciones:

b-1) Perforaciones mediante Espiral Mecánica

Los espirales mecánicos que no dispongan de un dispositivo para introducir herramientas de muestreo en el eje, no deben usarse en terrenos donde sea necesario conocer con precisión la cota de los estratos, o donde el espesor de los mismos sea menor de 0,30 metros.

b-2) Perforaciones por Lavado con Agua.

Se recomiendan para diámetros menores a 100 mm. Las muestras procedentes del agua del lavado no deberán emplearse para ningún ensayo de laboratorio.

c) Trabajo De Laboratorio:

Consintieron en la realización de diversos ensayos de laboratorio, dependiendo de la naturaleza y características de las muestras, para lo cual se realizaron los siguientes Ensayos Estándar

- Análisis Granulométrico por tamizado (NTP 339.128)
- Límite Líquido (NTP 339.129)
- Límite Plástico (NTP 339.139)
- Contenido de Humedad (NTP 339.127)
- Peso volumétrico (NTP 339.139:1999)
- Densidad Natural (Norma ASTM D1556)4.
- Clasificación SUCS. (NTP 339.134)4.
- Ensayo de corte directo (NTP 339.171:2002)



VITO REY LEON AGUILAR
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 84010

PROYECTO: "INSTALACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PUCAYACU PARA EL AA. HH HAYA DE LA TORRE, TECHO PROPIO, COLUMNA PASCO, ASOCIACION DE VIVIENDA LOS JARDINES DE PUCAYACU Y LOS PROCERES, DISTRITO DE YANACANCHA, PROVINCIA DE PASCO Y REGION DE PASCO".



CALIDAD DE
Vida

- Sales solubles en los suelos

(NTP 339.152:2002)

1.6 PARÁMETROS CLIMÁTICOS

1.6.1 CLIMA

La región Pasco tiene una geografía variada. Por el sur, las altas mesetas y frías montañas de la sierra y por el oriente, la tupida vegetación y el clima húmedo de la selva alta. Su territorio está flanqueado por las dos cadenas montañosas de los Andes: la Cordillera Occidental y la Oriental. La capital de la región es la ciudad de Cerro de Pasco, ubicada en la Meseta de Bombón, una extensa planicie que se prolonga hasta la región Junín.

La ciudad de Cerro de Pasco cuenta con un clima frío y con una permanente presencia de lluvias durante las estaciones de otoño, primavera y verano. La temperatura media anual máxima es de 12°C (54°F) y la mínima de 0,6°C (31°F).



VR
VITO REY LEON AGUILAR
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 84010



[Signature]
INGENIERO CIVIL
CIR 152938

CAPITULO II: ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO

2.1 INTRODUCCIÓN

Las teorías sobre la génesis del suelo reflejan el nivel alcanzado en el conocimiento científico de los suelos, en un momento dado, y en el fondo incluye el concepto mismo de suelo.

Al aumentar el conocimiento de los suelos a lo largo del tiempo, han habido cambios en el concepto de suelo y en consecuencia, han cambiado también las teorías sobre su génesis.

Hasta hace un siglo, era común considerar al suelo como roca desintegrada, mezclada con materia orgánica descompuesta. Esta idea fue reemplazada, primero en Rusia y luego en otros países, por el concepto de que los suelos eran más que roca meteorizada y que tenían perfiles, constituidos por horizontes relacionados genéticamente. En consecuencia, la antigua teoría sobre la formación del suelo, basada en la meteorización exclusivamente, resultó insuficiente y se necesitó una nueva teoría para explicar la formación del perfil del suelo y su diferenciación en horizontes.

La formación del suelo pasó a ser considerada como el producto de la meteorización, más ciertos cambios adicionales que en Rusia se atribuyeron fundamentalmente, a la acción del clima y la vegetación, aunque la importancia del material madre del suelo, el relieve y el tiempo, no fueron ignorados.

2.2 SUELOS Y ROCAS: ORIGEN DEL SUELO

La mayoría de los suelos que cubren la tierra están formados por la meteorización de las rocas. Los geólogos emplean el término meteorización de las rocas para describir todos los procesos externos, por medio de los cuales la roca experimenta descomposición química y desintegración física, proceso mediante el cual masas de roca se rompen en fragmentos pequeños. Esta fragmentación continua es un mero cambio físico y por eso se llama también meteorización mecánica. Por otra parte, la meteorización química de una roca es un proceso de descomposición, mediante el cual los minerales constitutivos de rocas allí presentes cambian de composición química.

En la descomposición, los minerales persistentes se transforman en minerales de composición y propiedades físicas diferentes. Es preciso indicar que la desintegración física completa la descomposición, ya que los minerales y partículas rocosas de menor tamaño producidos por meteorización mecánica son mucho más susceptibles al cambio químico que los granos minerales firmemente soldados en grandes masas de roca compacta.

a) La Meteorización Mecánica: es el proceso por el cual las rocas se fracturan en piezas de menor tamaño bajo la acción de las fuerzas físicas, como la corriente de agua de los ríos, viento, olas oceánicas, hielo glacial, acción de congelación, además de expansiones y contracciones causadas por ganancia y pérdida de calor.



VITO REY LEON AGUILAR
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros Nº 84013



b) La Meteorización Química: es el proceso de descomposición química de la roca original. Entre los distintos procesos de alteración química pueden citarse:

- Hidratación (paso de anhidrita a yeso), disolución (de los sulfatos en el agua).
- Oxidación (de minerales de hierro expuestos a la intemperie).
- Cementación (por agua conteniendo carbonatos).
- Meteorización química de los feldespatos puede producir minerales arcillosos.

c) La Meteorización Biológica: producida fundamentalmente por la actividad bacteriana, originando putrefacciones en materiales orgánicos. La acción conjunta o individual de estos procesos de meteorización da lugar a un perfil de meteorización de la roca en función de la profundidad (ver figura adjunta). En este perfil la roca sana ocupa la zona más profunda, transformándose gradualmente a suelo hacia la parte más superficial.

2.3 REVISIÓN DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE

Información existente y tomada en campo, fue contratada con los estudios de factibilidad del presente estudio y los trabajos de campo realizado en el área de influencia directa del proyecto mediante la excavación de 19 calicatas a cielo abierto, también mediante el recorrido de toda las áreas y componentes estructurales que conforman es presente estudio para así poder sintetizar y tener información valida y utilizable para el desarrollo de expediente técnico.

2.4 GEOGRAFÍA DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

Se ubica en la región geográfica de la puna donde está rodeada de montañas y lagunas..

La zona de estudio y su influencia presenta la acción geodinámica de la cordillera oriental, Conformado por la región Geográfica alto andina. Según la clasificación realizada el área de estudio comprende la región quechua - Suní cuyas laderas constituyen laderas desde los 3200 hasta los 4300m.s.n.m.


2.5 GEOMORFOLOGÍA DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

2.5.1 DESCRIPCIÓN DE ÁREA DE INTERVENCIÓN

El área directa de intervención se encuentra ubicada en la ciudad de Cerro de Pasco, comprendido en el distritos de Yanacancha, en la periferia del área urbana.

2.5.2 TOPOGRAFÍA

El área de estudio presenta un relieve de acción geodinámico en la Meseta del Bombón, altiplano de la cordillera oriental de los Andes.


INGENIERO CIVIL
del Colegio de Ingenieros del Perú



LALY D. MONTES ARAUJO
INGENIERO CIVIL
CIP. 152938

Esta característica es por la topografía abrupta, con presencia de cadenas de cerros que decrecen en altitud y relieve.

Presenta una topografía de planicie entre montaña denominada llanura aluvial.

En el estudio realizado las unidades litológicas que afloran corresponde a los del Neoproterozoico, pertenecientes al complejo Marañón con cierto grado de metamorfismo, asimismo aflora secuencias y depósitos de material cuaternario.

En el área estos estratos litológicamente constan de unidades donde la erosión es medianamente moderada debido a la naturaleza y composición, siendo generalmente afectado por las aguas pluvio – aluviales que generan geoformas.


2.5.3 RELIEVE

a) Cordillera Oriental

Presenta una morfología accidentada con altitud promedio entre 4,000 - 4,380 m.s.n.m., con presencia de cumbres escarpadas de poca vegetación su topografía abrupta y bastante accidentada, presenta cadenas de cerros que se suceden a medida que decrecen progresivamente

b) Estribaciones de la Cordillera Oriental

Correspondiendo a la región geográfica de la cordillera oriental, se caracteriza por conformar parte del gran anticlinorium compuesta de rocas con edad Neoproterozoica, cuerpos intrusivos y en menor proporción las secuencias sedimentarias de edad paleozoica, con cumbres escarpadas con poca vegetación, en ella se puede observar el desarrollo de valles juveniles de sección en forma de "V".


VITO REY LEON AGUILAR
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 84010


LALY D. MONTES ARAUJO
INGENIERO CIVIL
CIP. 152938

CAPITULO III ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

3.1 MEMORIA DESCRIPTIVA DEL EMS. COMPONENTE AGUA POTABLE

En la época actual, la construcción de todo tipo de obras civiles demanda un buen control de calidad en todas sus etapas, tanto de diseño como de construcción, lo que implica el conocimiento de las propiedades y del comportamiento de los distintos materiales involucrados, entre los cuales se encuentra el suelo.

Los suelos son el material de construcción más antiguo y complejo, debido a su gran diversidad y a sus características mecánicas, las cuales se ven afectadas directamente por factores externos, presentes en el lugar donde se localizan.

Es responsabilidad del ingeniero civil, el estudio de dicho comportamiento así como la interacción del suelo con cualquier tipo de estructura.

La mecánica de suelos, es la ciencia mediante la cual se integran de forma sistemática y organizada los estudios que nos permiten obtener datos firmes y confiables del suelo. Estos datos proveen al ingeniero civil una concepción razonablemente exacta de las propiedades físicas del suelo, para ser consideradas en las distintas etapas de un proyecto.

El laboratorio de mecánica de suelos, es el medio mediante el cual se obtendrán este conjunto de datos. En una primera fase se lleva a cabo la clasificación, la cual nos ayudara a definir el problema que se presenta, y a partir de la cual se determinaran las pruebas requeridas para determinar las características de deformación y resistencia a los esfuerzos del suelo.

El estudio de suelos del componente agua comprende excavación de calicatas y perforaciones para determinar las características físico mecánica y químicas de los suelos de los componentes que la conforma como son reservorios, cercos perimétricos, redes de distribución plantas de tratamiento de agua potable etc.

De acuerdo con la información proporcionada por el solicitante de proyecto: "INSTALACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PUCAYACU PARA EL AA. HH HAYA DE LA TORRE, TECHO PROPIO, COLUMNA PASCO, ASOCIACION DE VIVIENDA LOS JARDINES DE PUCAYACU Y LOS PROCERES, DISTRITO DE YANACANCHA, PROVINCIA DE PASCO Y REGION DE PASCO ". se va a construir una serie de estructuras en la PTAR y diversas construcciones (cercos perimétricos), para lo cual se tomaron muestras alteradas e inalteradas de suelos y rocas en diferentes puntos dentro de las área a ser evaluadas, para determinar el Angulo de fricción y la cohesión interna de los suelos donde se edificaran dichas estructuras.



VITO REY LEON AGUILAR
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 84010



LADY D. MONTES ARAUJO
INGENIERO CIVIL
CIP. 152938

3.2 RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN COMPONENTE AGUA POTABLE

3.2.1 Tipo De Cimentación

En estas estructuras se va emplear un sistema estructural tradicional, que transmite sus cargas al terreno de cimentación mediante una losa o platea de cimentación para el caso de los reservorios y zapata aisladas para el caso de los cercos perimétricos, el tipo de cimentación es superficial, ya que las estructura se apoyaran directamente sobre suelo.

3.2.2 Profundidad De La Cimentación

Basado en los trabajos de campo, ensayos de laboratorio, perfiles y registros estratigráficos y las condiciones de ausencia nivel freático y las características de las estructuras, se recomienda cimentar a una profundidad

$D_f = 0.80m$. Para todas las estructuras.

3.2.3 Tipo De Cimentación

Dada la naturaleza del terreno a cimentar y las magnitudes posibles de las cargas se recomienda utilizar una losa de cimentación para todas las estructuras proyectadas.

3.2.4 Cálculo de la capacidad portante admisible.

Se ha determinado la capacidad portante admisible del terreno en base a las características del subsuelo y se han propuesto dimensiones recomendables para cimentación.

La capacidad de carga se ha determinado en base a la fórmula de Terzaghi y Peck, con los parámetros de Vesic.

De acuerdo a las dimensiones de las plateas de cimentación, tanto cuadrada rectangular y circular en los sistemas de diseño que se ha considerado los siguientes consideraciones.

3.3 INVESTIGACIÓN DE CAMPO

Dada la muy diversa problemática que puede derivarse tanto de la finalidad prevista inicialmente de la investigación, como de las condiciones geotécnicas del terreno, es complicado establecer unas recomendaciones de detalle para cada una de las distintas situaciones que podrían llegar a plantearse para el correcto desarrollo del presente estudio.

Motivo por el cual se plantearon tres etapas distintas, la etapa de campo y recopilación de información, la etapa de laboratorio, y la etapa de gabinete

3.3.1 Registro de calicatas.



VITO REY LEÓN AGUILAR
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 84010



LALY D. MONTES APARICIO
INGENIERO CIVIL
CIP. 152938

Como parte de la evaluación geotécnica del suelo de sub rasante existente a lo largo del trazo, se llevó a cabo un programa de exploración de campo, mediante la excavación de calicatas a cielo abierto y recolección de muestras para ser ensayadas en el laboratorio.

En total se excavaron 19 calicatas o pozos "a cielo abierto, en promedio, a los que se denominó; C-01 a C-19 cuyas ubicaciones se encuentran ubicada estratégicamente en la zona del proyecto. La profundidad que se alcanzó en las excavaciones y perforaciones fue, en general, de 1.50 m., influyendo en la medida final de explorar las características físicas y mecánicas de los suelos de la zona.

En cada ubicación se registró el perfil estratigráfico del suelo de subsuelo clasificando los materiales, mediante el procedimiento de campo, establecido por el sistema de clasificación de suelos (SUCS). Cuando se detectó a presencia de cambios de las características de los materiales encontrados en la excavación, se tomó una muestra representativa para la evaluación e identificación correspondiente en laboratorio.

De cada estrato de suelo identificado, se tomaron muestras representativas, las que convenientemente identificadas con doble tarjeta de registro fueron empaquetadas en bolsas de polietileno y trasladadas al laboratorio para efectuar los ensayos de sus características físicas, llevándose un registro correlativo de muestras, que permitió controlar la procedencia y ubicación de cada muestra.

3.3.2 Muestreo De Suelos

El objetivo del muestreo de suelos es obtener información confiable sobre un suelo específico. Aunque las muestras se colectan para obtener información respecto al cuerpo de suelo más grande denominado "población", tales muestras podrán ser o no representativas de la misma, dependiendo de cómo hayan sido seleccionadas y colectadas.

Todos los suelos son naturalmente variables: sus propiedades cambian, horizontalmente, de manera transversal al paisaje y, verticalmente, más abajo del perfil del suelo.

Lo primero que hay que consignar en la obtención de una muestra es que ésta sea representativa del terreno.

Todo estudio geotécnico debe iniciarse con un reconocimiento detallado del terreno a cargo de personal experimentado. El objetivo de este reconocimiento es contar con antecedentes geotécnicos previos para programar la exploración.

El programa de exploración que se elija debe tener suficiente flexibilidad para adaptarse a los imprevistos geotécnicos que se presenten. No existen un método de reconocimiento o exploración que sea de uso universal, para todos los tipos de suelos existentes y para todas las estructuras u obras que se estudian.

a) Calicatas

Las calicatas permiten la inspección directa del suelo que se desea estudiar y, por lo tanto, es el método de exploración que normalmente entrega la información más confiable y completa. En



VITO REY LEON AGUILAR
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 84010



LALVY D. MONTES ARAUJO
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 152938

suelos con grava, la calicata es el único medio de exploración que puede entregar información confiable, y es un medio muy efectivo para exploración y muestreo de suelos de fundación y materiales de construcción a un costo relativamente bajo.

Es necesario registrar la ubicación y elevación de cada pozo, los que son numerados según la ubicación. Si un pozo programado no se ejecuta, es preferible mantener el número del pozo en el registro como "no realizado" en vez de volver a usar el número en otro lugar, para eliminar confusiones.

La profundidad está determinada por las exigencias de la investigación pero es dada, generalmente, por el nivel freático.

A cada calicata se le deberá realizar un registro adecuado que pasará a formar parte del informe respectivo.

b) Muestra alteradas

Se obtienen en general de las paredes de los pozos y comprometen estratos determinados o bien la suma de algunos de ellos, como es el caso de la investigación de yacimientos. Estas muestras deben guardarse en bolsas impermeables y de resistencia adecuada. Cada bolsa debe identificarse clara e indeleblemente.

Muestras en bolsas: Las muestras en bolsas se toman con pala, barreta o cualquier otra herramienta de mano conveniente y se colocan en bolsas sin tratar de mantener al suelo en forma inalterada.

c) Muestra inalteradas.

Este tipo de muestra se recorta de las paredes de los pozos y compromete estratos bien definidos. Después de cortadas deben revestirse con una capa de parafina sólida aplicada con brocha. Es conveniente agregar alrededor de un 30% de cera virgen a la parafina sólida con el fin de que la capa protectora sea menos rígida. Si la consistencia de la muestra es relativamente blanda, debe rodearse de grasa y recubrir una vez más con parafina sólida y cera. Una vez dado el tratamiento anterior, debe colocarse en cajas de madera con aserrín u otro producto que actúe como amortiguador de golpes.

Las muestras sin perturbar deberán tomarse apenas excavadas las calicatas, en especial cuando se trate de suelos cuya estructura se ve afectada por los cambios de humedad. En todo caso, al tomar una muestra no perturbada, debe elegirse la pared de la calicata menos expuesta al sol y debe excavarse el espesor superficial que haya sido afectado por los cambios de humedad.

No deben escatimarse esfuerzos en el embalaje adecuado de las muestras, ya que el grado de perturbación que se le ocasione a una muestra no perturbada es irrecuperable y lleva a resultados erróneos. En las calicatas, es posible realizar ensayos en sitio tales como las pruebas de carga con placas, CBR, permeabilidades, medidas de densidad, etc. Las pruebas de carga pueden realizarse contra el fondo de la perforación o las paredes de la misma.



VITO REY LEON AGUILAR
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 84010



LALY D. MONTES ARAUJO
INGENIERO CIVIL
CIP. 752938

Cada vez que sea necesario realizar un ensayo en sitio en una calicata, la excavación deberá realizarse considerando este hecho, dado que este tipo de prueba obliga a tomar medidas especiales que determinan la forma de excavación. Es así como la toma de densidades obliga a realizar éstas a medida que la excavación se realiza, o bien es necesario dejar bancos intermedios.

El muestreo es tan importante como el ensayo y se deben tomar las precauciones para obtener muestras que exhiban la naturaleza real y condiciones de los suelos que se representan. Salvo situaciones que exijan determinación de resistencia o consolidación, las muestras necesarias para diseño de superestructura de obras proyectadas.

Dentro de los trabajos exploratorios se realiza una prospección visual manual, para obtener algunos parámetros en campo como son:

- **Tamaño:** Los suelos gruesos son aquellos en que más de la mitad de las partículas son visibles. En esta estimación se excluyen las partículas gruesas mayores a 80 mm (3"); sin embargo, tal fracción debe ser estimada visualmente y el porcentaje indicado independientemente del material inferior a 80 mm. La fracción gruesa comprende los tamaños de gravas y arenas, y la fracción fina los limos y arcillas.
En caso de suelos mixtos, la muestra se identificará sobre la base de la fracción predominante usando los siguientes adjetivos, según la proporción de la fracción menos representativa; indicios: 0-10%, poco: 10-20%, algo: 20-35%; y abundante: 35-50%.

Color: Se debe indicar el color predominante.

- **Olor:** Las muestras recientes de suelos orgánicos tienen un olor distintivo que ayuda a su identificación. El olor puede hacerse manifiesto calentando una muestra húmeda.
- **Humedad:** En las muestras recientes deberá registrarse la humedad. Los materiales secos necesitan una cantidad considerable de agua para obtener un óptimo de compactación. Los materiales húmedos están cerca del contenido óptimo. Los mojados necesitan secarse para llegar al óptimo, y los saturados son los suelos ubicados bajo un nivel freático.
- **Estructura:** Si los materiales presentan capas alternadas de varios tipos o colores se denominará estratificado; si las capas o colores son delgados, inferior a 6 mm, será descrito como laminado; fisurado si presenta grietas definidas; lenticular si presenta inclusión de suelos de textura diferente.

Cementación: Algunos suelos muestran definida evidencia de cementación en estado inalterado. Esto debe destacarse e indicar el grado

- de cementación, descrito como débil o fuerte. Verificando con ácido clorhídrico si es debida a carbonatos y su intensidad como ninguna, débil o fuerte.



VITO REY LEON AGUILAR

INGENIERO CIVIL

Reg. del Colegio de Ingenieros N° 84010



LALY D. MONTES ARAUJO
INGENIERO CIVIL
CIP. 152938

- **Densificación:** La compacidad o densidad relativa de suelos sin cohesión puede ser descrita como suelta o densa, dependiendo de la dificultad que oponga a la penetración de una cuña de madera.

La consistencia de suelos cohesivos puede ser determinada en sitio o sobre muestras inalteradas de acuerdo con el criterio indicado en Tabla V.1. Los valores de resistencia al corte están basados en correlaciones con penetrómetro de bolsillo usado frecuentemente para estimar la consistencia.

- **Clasificación:** Se debe indicar además la clasificación probable. Pueden usarse clasificaciones dobles cuando un suelo no pertenece claramente a uno de los grupos, pero tiene fuertes características de ambos grupos. Deben colocarse entre paréntesis para indicar que han sido estimadas.
- **Nombre local:** El uso de nombres típicos tales como caliche, maicillo, pumicita, cancagua, etc., además de su designación según el sistema de clasificación de suelo, ayuda a identificar sus condiciones naturales.


3.3.3 Muestreo de rocas

Se utiliza generalmente un barril muestreado provisto de una broca de diamante o de carburo de tungsteno en su extremo inferior. El barril muestreador más adecuado para propósitos geotécnicos es el llamado doble barril giratorio, el cual permite recuperar la máxima longitud posible de muestra, según la intensidad del fisuramiento y grado de alteración de la roca perforada por el barril. Con base en la longitud de la muestra recuperada, por el barril muestreado, y el tamaño de los fragmentos de muestra obtenidos, los cuales son un reflejo de la intensidad del fisuramiento natural de la roca y de su grado de alteración, se obtiene el índice de calidad de roca (RQD por sus siglas en inglés), el cual se define como la suma de las longitudes individuales de todos los fragmentos de muestra que exceden de 10 cm de longitud, expresada como un porcentaje de la longitud perforada por el muestreo.

3.3.4 Identificación de Aguas Superficiales

Después de haber analizado las propiedades más importantes y necesarias para una identificación y clasificación de los suelos, se sigue con el estudio de las propiedades mecánicas relacionadas con una de sus fases, la fase líquida, que generalmente se refiere al agua en sus diferentes formas o estados.

Las aguas Freáticas, son entonces las aguas que encontramos cuando el suelo está saturado, y están por debajo de este nivel freático.


VITO REY LEON AGUILAR
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 84010




LALY D. MONTES ARAUJO
INGENIERO CIVIL
CIP: 152938

Este nivel freático es muy variable, y encontramos que en el verano, cuando el calor se hace más intenso, el nivel freático baja, por el proceso de evaporación que genera el calor en el verano. Así también encontramos que el nivel freático en el tiempo de lluvia, sube, y puede llegar hasta muy altos niveles, es decir a muy poca profundidad, el sitio donde empiezan las aguas freáticas, pudiendo ser un factor importante en la construcción.

3.3.5 Reconocimiento de Aguas Freáticas

En el campo podemos conocer el nivel del agua freática abriendo un hueco en la tierra, de tal manera que podamos ver dentro del (50 x 50 centímetros), y esperar que el nivel del agua se estabilice. De esta forma podemos después de una hora más o menos, que el nivel donde tenemos el agua será el nivel freático, para poder saber dónde se encuentra el nivel freático simplemente se toma la distancia de la superficie de la tierra, al punto donde el suelo está saturado, hallamos el Nivel Freático.

El punto donde el suelo está saturado de agua, se puede hallar por medio del ensayo de Contenido de Humedad, el cual nos permite saber, que porcentaje de agua hay en los vacíos del suelo, y cuando este porcentaje sea el 70% al 80%, querrá decir que este suelo esta saturado, estando dentro de las aguas freáticas.

Durante la realización del presente informe se realizaron calicatas a en diferentes puntos a fin de determinar la profundidad del nivel freático con respecto a la topografía del terreno

3.4 TRABAJOS DE LABORATORIO

Antes de su ingreso al laboratorio para el análisis respectivo, las muestras tienen que ser secadas, molidas, tamizadas, homogenizadas, cuarteadas y correctamente identificadas, según el objetivo que se persiga con ellas.

a) Secado

Las muestras que se piensen almacenar durante algún tiempo antes de concluirlos análisis, se deben secar previamente para evitar cambios químicos que se puedan producir al almacenarlas húmedas durante mucho tiempo Debido a las rápidas variaciones que se producen en las condiciones químicas del suelo durante la desecación, algunos análisis se recomiendan hacerlos usando muestras húmedas poco después de haber sido tomadas en el campo. Los valores que pueden sufrir cambios durante el desecado son los que corresponden a pH. Muchas determinaciones no se afectan significativamente al ser secadas al aire con el fin de almacenarlos. Para el secado, las muestras se extienden en una superficie plana sobre bandejas o papel limpio, en un local bien ventilado. Se debe evitar el secado brusco utilizando altas temperaturas.

b) Cuarteo

Cuando la muestra es grande, se debe partir o cuartear para obtener las porciones de la muestra necesarias. Para esto, el suelo se amontona formando un cono, luego se aplasta el



cono y se divide en su centro con una espátula o cuchara, desplazando la mitad del suelo hasta uno de los lados y luego volviéndolo a amontonaren el centro, finalmente se divide en dos y luego en cuartos si es necesario. Puedetambién usarse un aparato llamado cuarteador de suelos.


e. Identificación

Una vez homogenizadas las muestras se envasan adecuadamente en, bolsas de plástico o papel, selladas adecuadamente y se identifican con toda la información necesaria para ser procesado en los ensayos básicos de clasificación de suelos.

c) **Granulometría**

La granulometría se define como la distribución de los diferentes tamaños de las partículas de un suelo, expresado como un porcentaje en relación con el peso total de la muestra seca. Aprenderemos a utilizarla como un instrumento en la clasificación de los materiales, ya que la descripción por tamaño tiene especial interés en la selección de materiales para rellenos de carreteras y presas, los cuales requieren materiales con graduaciones determinadas.

Distribución Granulométrica; Se denomina distribución granulométrica de un suelo a la división del mismo en diferentes fracciones, seleccionadas por el tamaño de sus partículas componentes; las partículas de cada fracción se caracteriza porque su tamaño se encuentra comprendido entre un valor máximo y un valor mínimo, en forma correlativa para las distintas fracciones de tal modo que el máximo de una fracción es el mínimo de la que le sigue correlativamente.


VITO REV LEON AGUILAR
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 84010


INGENIERO CIVIL
CIP. 752938

3.5 INVESTIGACIÓN DE CAMPO

Los trabajos de exploración de campo fueron realizados por Ingenieros representantes del Consorcio M&V los días 20,21 y 22 de Agosto del 2019.

En éste estudio se realizaron 19 excavaciones manuales a cielo abierto ubicadas estratégicamente de tal manera de cubrir todo el terreno en estudio, con profundidad mínima de 1.50 mt.

En las calicatas se realizaron el registro de excavaciones de acuerdo a la norma ASTM 0-2488. Se tomaron muestras disturbadas de la calicata, las cuales fueron identificadas convenientemente y embaladas en bolsas de polietileno que fueron remitidas al laboratorio de la empresa MULTIPROYECTOS FULL CALIDAD EIRL. Para la ejecución de los ensayos correspondientes. En el cuadro N° 1.0 se presenta un resumen de las calicatas ejecutada en el área en evaluación.

Cuadro N° 1.0			
Resumen de calicatas de la Red Matriz			
Calicatas	Profundidad (m)	Nivel Freático (m)	N° de Muestras Alteradas
C-01	0.00-1.50	NA	1
C-02	0.00-1.50	NA	1
C-03	0.00-1.50	NA	1
C-04	0.00-1.50	NA	1
C-05	0.00-1.50	NA	1
C-06	0.00-1.50	0.80	1
C-07	0.00-1.50	0.90	1
C-08	0.00-1.50	NA	1
C-09	0.00-1.50	NA	1
C-10	0.00-1.50	NA	1
C-11	0.00-1.50	NA	1
C-12	0.00-1.50	NA	1
C-13	0.00-1.50	0.70	1
C-14	0.00-1.50	NA	1
C-15	0.00-1.50	NA	1
C-16	0.00-1.50	NA	1

N.A.: Nivel de Napa Freática NO ALCANZADO



WILSON AGUILAR
 INGENIERO CIVIL
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 84010



LALY D. MONTES ARAUJO
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 152936

PROYECTO: "INSTALACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PUCAYACU PARA EL AA. HH HAYA DE LA TORRE, TECHO PROPIO, COLUMNA PASCO, ASOCIACION DE VIVIENDA LOS JARDINES DE PUCAYACU Y LOS PROCERES, DISTRITO DE YANACANCHA, PROVINCIA DE PASCO Y REGION DE PASCO".



Cuadro N° 2.0			
Resumen de calicatas para fines de Cimentación			
Calicatas	Profundidad (m)	Nivel Freático (m)	N° de Muestras Alteradas
C-17/M-3	0.00-3.00	NA	1
C-18/M-2	0.00-3.10	NA	1
C-19/M-3	0.00-3.00	NA	1

N.A.: Nivel de Napa Freática NO ALCANZADO

3.5.1 TRABAJOS DE CAMPO

Se efectuaron trabajos de Excavación de Calicata y Muestreo según Norma ASTM 0420-69, de 19 calicatas por donde atravesaran las tuberías y 03 calicatas en donde se localizaran estructuras que enmarca el proyecto. En síntesis, el siguiente cuadro muestra los trabajos de campo efectuados por el laboratorio Multiproyectos Full Calidad EIRL

Cuadro N° 3.0	
RESUMEN DE TRABAJOS DE CAMPO REALIZADOS	
TRABAJOS DE CAMPO	CANTIDAD
Excavación de Calicata y Muestreo ASTM 0420-69	19
Toma de Densidad Natural*	03
Muestreos	19
Registros de Exploración	19
Toma de muestra de agua	03

*Se desarrolló en los casos donde se realizó el ensayo de Corte Directo, en las calicatas donde se proyectaron estructuras.

a) Trabajo De Laboratorio:

Con las muestras alteradas e inalteradas obtenidas de las calicatas, se realizaron ensayos estándar de clasificación de suelos y de propiedades físicas consistentes en: análisis granulométrico por tamizado, límites de Atterberg (líquido y plástico), contenido de humedad, gravedad específica.

Los ensayos se ejecutaran siguiendo las normas de la American Society For Testing and Materials (ASTM). Las normas para estos ensayos son las siguientes: Los ensayos estándares efectuados son:

Consintieron en la realización de diversos ensayos de laboratorio, dependiendo de la naturaleza y características de las muestras, para lo cual se realizaron los siguientes Ensayos Estándar

- Análisis granulométrico por tamizado ASTM D-422, MTC E 107.



MTC EIRL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 84016



LALY D. MONTES ARAUJO
INGENIERO CIVIL
CIP: 152908

PROYECTO: "INSTALACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PUCAYACU PARA EL AA. HH HAYA DE LA TORRE, TECHO PROPIO, COLUMNA PASCO, ASOCIACION DE VIVIENDA LOS JARDINES DE PUCAYACU Y LOS PROCERES, DISTRITO DE YANACANCHA, PROVINCIA DE PASCO Y REGION DE PASCO".



- Limite Liquido ASTM D-4318, MTC E 110.
- Limite Plástico ASTM D-4318, MTC E 111.
- Contenido de Humedad ASTM D-2616, MTC E 108.
- Clasificación SUCS ASTM D-2487.
- Contenido de Sulfatos ASTM D-516.
- Contenido Cloruros ASTM D-512.
- Contenido de Sales Solubles Totales MTC E 219.
- Clasificación AASHTO M-145.

Los ensayos especiales efectuados son:

- Análisis químico de agresividad del suelo
- Análisis químico de agresividad del agua (cuando exista napa freática)
- Peso unitario
- Densidad
- Ensayo apropiado para evaluar la resistencia al corte del suelo de acuerdo a las condiciones encontradas en el campo.
- Ensayo apropiado para estimar los parámetros involucrados en las estimaciones de los asentamientos.

En el siguiente cuadro se presenta un resumen de los ensayos estándar realizados. Los ensayos resultan de las muestras obtenidas en el campo, los mismos que de acuerdo a la metodología que exige cada tipo de ensayo sea procedido en laboratorio.

Cuadro N° 4.0

Resumen de los ensayos estándar de clasificación de suelos de calicatas para fines de cimentación

Calicata	Muestra	Profundidad (m)	Granulometría (%)			Límites (%)			C.H. (%)	Clasificación SUCS
			Grava	Arena	Finos	L.L.	L.P.	I.P.		
C-17	M-1	0.00 - 0.80	0.38	15.74	83.88	43.88	23.32	21.56	11.35	CL
C-17	M-2	0.80 - 1.65	28.31	25.71	45.98	44.86	27.03	17.83	10.28	GM
C-17	M-3	1.65 - 3.00	0.20	18.17	81.64	61.72	28.40	33.32	9.77	CH
C-18	M-1	0.00 - 1.70	6.23	27.88	85.89	39.11	22.16	16.95	13.38	CL
C-18	M-2	1.70 - 3.10	0.69	39.29	60.02	36.81	21.25	17.56	8.52	CL
C-18	M-3	0.00 - 1.40	2.80	42.16	54.06	26.52	17.48	9.05	10.16	CL
C-19	M-2	1.40 - 1.70	3.73	28.20	68.07	34.36	24.80	9.56	8.70	MI
C-19	M-3	1.70 - 3.00	15.41	28.54	56.04	23.32	16.32	7.00	11.37	ML-CL

L.L.: Limite liquido

L.P.: Limite plástico

C.H.: Contenido de humedad



VITO REY LEON AGUILAR
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 84010



LUIS D. MONTES ARAUJO
INGENIERO CIVIL
CIP. 152938

PROYECTO: "INSTALACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PUCAYACU PARA EL AA. HH HAYA DE LA TORRE, TECHO PROPIO, COLUMNA PASCO, ASOCIACION DE VIVIENDA LOS JARDINES DE PUCAYACU Y LOS PROCERES, DISTRITO DE YANACANCHA, PROVINCIA DE PASCO Y REGION DE PASCO".



3.5.2 CLASIFICACIÓN DE SUELOS

En el siguiente resumen, se aprecia la clasificación SUCS Y AASHTO, además de propiedades físicas de las 19 calicatas extraídas:

Cuadro N° 5.0

Resumen de los ensayos estándar de clasificación de suelos de calicatas en la red colectora

Calicata	Muestra	Profundidad (m)	Granulometría (%)			Límites (%)			C.H. (%)	Clasificación SUCS
			Grava	Arena	Finos	LL	L.P.	I.P.		
C-01	M-1	0.00 - 1.50	63.54	21.77	11.79	30.55	19.58	10.97	5.37	GW - GC
C-02	M-1	0.00 - 1.50	17.39	34.46	42.93	25.04	16.53	8.51	10.28	SC
C-03	M-1	0.00 - 1.50	47.40	43.60	3.60	33.02	25.64	7.38	9.77	GW
C-04	M-1	0.00 - 1.50	63.80	24.70	39.10	32.44	22.67	9.77	5.14	GC
C-05	M-1	0.00 - 1.50	24.90	71.0	15.10	26.02	NP	NP	8.52	SM
C-06	M-1	0.00 - 1.50	50.30	37.20	13.10	31.31	0.90	30.41	13.25	GC
C-07	M-1	0.00 - 1.50	74.30	18.40	55.90	29.51	28.92	0.59	8.70	ML
C-08	M-1	0.00 - 1.50	0.00	18.50	81.50	31.28	28.89	2.39	7.65	ML
C-09	M-1	0.00 - 1.50	0.00	48.10	51.90	26.75	18.75	8.00	11.35	CL
C-10	M-1	0.00 - 1.50	0.00	66.30	33.70	26.49	18.37	8.12	12.78	SC
C-11	M-1	0.00 - 1.50	49.70	35.10	14.60	17.30	10.20	7.10	0.59	CC
C-12	M-1	0.00 - 1.50	61.90	53.70	8.20	28.04	26.92	1.12	11.38	SW - SM
C-13	M-1	0.00 - 1.50	61.20	49.80	11.40	22.44	21.05	1.39	8.52	SP - SM
C-14	M-1	0.00 - 1.50	65.30	59.0	6.20	43.26	37.49	5.77	8.97	SP - SM
C-15	M-1	0.00 - 1.50	47.80	37.90	9.90	28.61	27.54	1.07	7.92	GW - GM
C-16	M-1	0.00 - 1.50	48.20	38.70	9.50	22.57	18.23	4.34	11.77	GW - GC
C-17	M-1	0.00 - 0.80	0.38	15.74	83.88	43.88	23.32	21.56	11.35	CL
C-17	M-2	0.80 - 1.65	28.31	25.71	45.98	44.86	27.03	17.83	10.28	GM
C-17	M-3	1.65 - 3.00	0.20	18.17	81.64	61.72	28.40	33.32	9.77	CH
C-18	M-1	0.00 - 1.70	6.23	27.88	85.89	39.11	22.16	16.95	13.38	CL
C-18	M-2	1.70 - 3.10	0.69	39.29	60.02	38.81	21.25	17.56	8.52	CL
C-19	M-1	0.00 - 1.40	2.89	42.16	54.96	26.53	17.48	9.05	10.15	CL
C-19	M-2	1.40 - 1.70	3.73	28.20	68.07	34.36	24.80	9.56	8.70	ML
C-19	M-3	1.70 - 3.00	15.41	28.54	56.04	23.32	16.32	7.00	11.37	ML - CL

3.5.3 PERFILES ESTATIGRAFICOS

El perfil estratigráfico según clasificación SUCS de las 03 primeras calicatas son las siguientes:

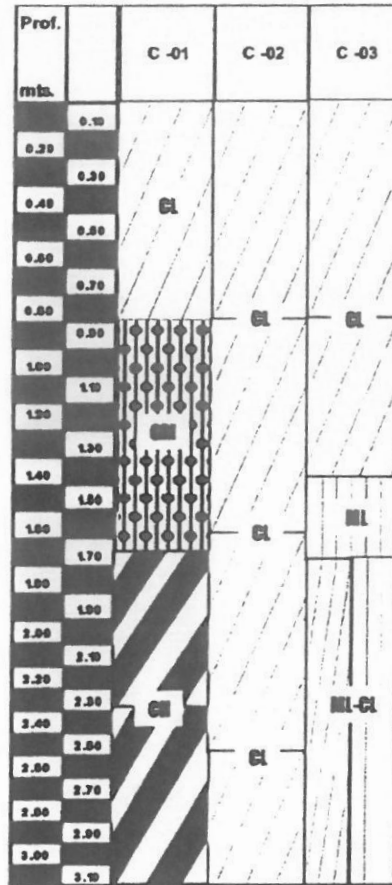


VITO REY LEON AGUILAR
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 84010



LALY D. MONTES ARAUJO
INGENIERO CIVIL
CIP. 152938

PROYECTO: "INSTALACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PUCAYACU PARA EL AA. HH HAYA DE LA TORRE, TECHO PROPIO, COLUMNA PASCO, ASOCIACION DE VIVIENDA LOS JARDINES DE PUCAYACU Y LOS PROCERES, DISTRITO DE YANACANCHA, PROVINCIA DE PASCO Y REGION DE PASCO".



4-11
MTC PERU LEON AGUILAR
 INGENIERO CIVIL
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 84010



[Signature]
LALY D. MONTES ARAUJO
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 152938

3.5.4 DESCRIPCIÓN DE LA CONFORMACIÓN DEL SUB SUELO

La estratigrafía se definió mediante la interpretación de los registros estratigráficos de las exploraciones efectuadas, las cuales se muestran a continuación:

Para las calicatas donde se proyectaron estructuras, se obtuvieron los siguientes resultados:

- **CALICATA 01**

- Primer Estrato: (Prof.: 0.00 - 0.80 m.)

Material compuesto por Arcillas de Baja Plasticidad, de color marrón, con gran cantidad de finos, en estado semi denso y humedad media.

- Segundo Estrato: (Prof.: 0.80 - 1.65 m.)

El suelo característico en este estrato es según la clasificación SUCS, GM: Material Gravoso con presencia de Limos, de color negro y humedad óptima.

- Tercer Estrato: (Prof.: 1.65 - 3.00 m.)

En este estrato el material con mayor incidencia es el denominado según clasificación SUCS como CH: Material Arcilloso de Alta Plasticidad, de color marrón y humedad óptima.

- **CALICATA 02**

- Primer Estrato: (Prof.: 0.00 - 1.70 m.)

Material compuesto por Arcillas de Baja Plasticidad, de color marrón con gran cantidad de finos, contiene buen porcentaje de material orgánico y se encuentra en estado semi denso y humedad media.

- Segundo Estrato: (Prof.: 1.70 - 3.10 m.)

El suelo característico en este estrato es según la clasificación SUCS, CL: Material Arcilloso de Baja Plasticidad, de color marrón y con humedad óptima.

- **CALICATA 03**

- Primer Estrato: (Prof.: 0.00 - 1.40 m.)

Material compuesto por Arcillas de Baja Plasticidad, de color marrón, con gran cantidad de arenas y finos, en estado semi denso y humedad media.

- Segundo Estrato: (Prof.: 1.40 - 1.70 m.)

El suelo característico en este estrato es según la clasificación SUCS, ML: Material Limoso de Baja Plasticidad, de color negro y humedad óptima.

- Tercer Estrato: (Prof.: 1.70 - 3.00 m.)

En este estrato el material con mayor incidencia es el denominado según clasificación SUCS como ML - CL: Material Limoso con presencia de Arcillas de Baja Plasticidad, de color naranja y humedad óptima.

3.5.5 ANÁLISIS DE CIMENTACIÓN

3.5.5.1 Profundidad de la cimentación



VITO REY LEON AGUILAR
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 84010



LALVY D. MONTES ARAUJO
INGENIERO CIVIL
CIP. 152938

Para las calicatas efectuadas, se debe tener en cuenta que no se debe cimentar sobre estratos débiles, sueltos, agrietados, orgánicos, rellenos no clasificados, se debe de cimentar sobre estratos consistentes, con relleno estructural.

El laboratorio emite las siguientes RECOMENDACIONES sobre la profundidad de cimentación, no obstante el Profesional Responsable (PR) determinara la profundidad de cimentación.

- CALICATA 01: Se deberá remover el suelo orgánico, que en la calicata efectuada representa el espesor del estrato Nro. 01 que se encuentra a profundidad de 0.00 a 0.80 mt. Y reemplazar con material de relleno controlado. La profundidad de cimentación recomendada para esta calicata es de 1.00 a 1.50 metros.
- CALICATA 02: Se deberá remover el suelo orgánico conformado por el estrato 01, el cual se encuentra a profundidad de 0.00 a 1.75 mt. Y reemplazar con material de relleno controlado. La profundidad de cimentación recomendada para esta calicata es de 2.00 a 3.00 metros.
- CALICATA 03: Se deberá remover el suelo orgánico color negro, que en la calicata efectuada representa el espesor del estrato Nro. 01 que se encuentra a profundidad de 0.00 a 1.40 mt. Y reemplazar con material de relleno controlado. La profundidad de cimentación recomendada para esta calicata es de 1.50 a 2.00 metros.

3.5.5.2 Referencia

La evaluación geotécnica ha consistido en la ejecución de un total de 03 calicatas con profundidades de 3.00 mt. Y 3.10 mt., para complementar el estudio se realizaron 03 ensayos de Corte Directo Residual, de las profundidades interesadas. De las calicatas, se han extraído muestras alteradas para luego ser sometidas a ensayos estándar de clasificación, y propiedades físicas.

- No existe presencia de Napa Freática, en el Sector, por tanto según NTP.339.088 es apta para trabajarla con cemento portland si el Profesional Responsable lo cree conveniente.
- La capacidad admisible estimada del terreno y parámetros de resistencia para el siguiente trabajo son:



VITO F. LEON AGUILAR
INGENIERO CIVIL
Cg. del Colegio de Ingenieros N° 8401


LALY D. MONTES ARAUJO
INGENIERO CIVIL
CIE. 152938

PROYECTO: "INSTALACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PUCAYACU PARA EL AA. HH HAYA DE LA TORRE, TECHO PROPIO, COLUMNA PASCO, ASOCIACION DE VIVIENDA LOS JARDINES DE PUCAYACU Y LOS PROCERES, DISTRITO DE YANACANCHA, PROVINCIA DE PASCO Y REGION DE PASCO".



NOMINACION DE DATOS	CALICATA	CALICATA	CALICATA
	N° 17 - ESTRATO 3	N° 18 - ESTRATO 3	N° 19 - ESTRATO 3
	Material Arcilloso de Alta Plasticidad - (CH) Prof. 1.65 - 3.00 m	Material Arcilloso de Baja Plasticidad - (CL) Prof. 1.70 - 3.10 m	Material Limoso con presencia de Arcillas de Baja Plasticidad - (ML - CL) Prof. 1.70 - 3.00 m
Angulo de F I	16.60°	23.80°	33.60°
Cohesión (Kg/cm2)	0.18	0.23	0.10
ϕ' =	11.26	16.36	23.87
c' =	1.23 Tn/m ²	1.56 Tn/m ²	0.64 Tn/m ²
N_c' =	8.944	11.921	19.242
N_q' =	2.792	4.522	9.562
N_{γ}' =	0.656	1.882	6.881

Calicata	Muestra	Profundidad (m)	Granulometría (%)			Límites (%)			C.H. (%)	Clasificación SUCS
			Grava	Arena	Finos	LL	LP	I.P.		
C-01	M-1	0.00 - 1.50	63.54	21.77	11.79	30.55	19.58	10.97	5.37	GW - GC
C-02	M-1	0.00 - 1.50	17.39	34.46	42.93	25.04	16.53	8.51	10.28	SC
C-03	M-1	0.00 - 1.50	47.40	43.60	3.60	33.02	25.64	7.38	9.77	GW
C-04	M-1	0.00 - 1.50	63.80	24.70	39.10	32.44	22.67	9.77	5.14	GC
C-05	M-1	0.00 - 1.50	24.90	71.0	15.10	26.02	NP	NP	8.52	SM
C-06	M-1	0.00 - 1.50	50.30	37.20	13.10	31.31	0.90	30.41	13.25	GC
C-07	M-1	0.00 - 1.50	74.30	18.40	55.90	29.51	28.92	0.59	8.70	ML
C-08	M-1	0.00 - 1.50	0.00	18.50	81.50	31.28	28.89	2.39	7.65	ML
C-09	M-1	0.00 - 1.50	0.00	48.10	51.90	26.75	18.75	8.00	11.35	CL
C-10	M-1	0.00 - 1.50	0.00	66.30	33.70	26.49	18.37	8.12	12.78	SC
C-11	M-1	0.00 - 1.50	49.70	35.10	14.60	17.30	10.20	7.10	8.59	GC
C-12	M-1	0.00 - 1.50	61.90	53.70	8.20	28.04	26.92	1.12	11.38	SW - SM
C-13	M-1	0.00 - 1.50	61.20	49.80	11.40	22.44	21.05	1.39	8.52	SP - SM
C-14	M-1	0.00 - 1.50	65.30	59.0	6.20	43.26	37.49	5.77	8.97	SP - SM
C-15	M-1	0.00 - 1.50	47.80	37.90	9.90	28.61	27.54	1.07	7.92	GW - GM
C-16	M-1	0.00 - 1.50	48.20	38.70	9.50	22.57	18.23	4.34	11.77	GW - GC
C-17	M-1	0.00 - 0.80	0.38	15.74	83.88	43.88	23.32	21.56	11.35	CL
C-17	M-2	0.80 - 1.65	28.31	25.71	45.98	44.86	27.03	17.83	10.28	GM
C-17	M-3	1.65 - 3.00	0.20	18.17	81.64	61.72	28.40	33.32	9.77	CH
C-18	M-1	0.00 - 1.70	6.23	27.66	85.89	39.11	22.16	16.95	13.38	CL
C-18	M-2	1.70 - 3.10	0.69	39.29	60.02	38.81	21.25	17.56	8.52	CL
C-19	M-1	0.00 - 1.40	2.89	42.16	54.96	26.53	17.46	9.05	10.15	CL
C-19	M-2	1.40 - 1.70	3.73	28.20	68.07	34.36	24.80	9.56	8.70	ML
C-19	M-3	1.70 - 3.00	15.41	28.54	56.04	23.32	16.32	7.00	11.37	ML - CL



VITO RAY LEON AGUILAR
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 84010



LALY D. MONTES ARAUJO
INGENIERO CIVIL
CIP. 152938

PROYECTO: "INSTALACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PUCAYACU PARA EL AA. HH HAYA DE LA TORRE, TECHO PROPIO, COLUMNA PASCO, ASOCIACION DE VIVIENDA LOS JARDINES DE PUCAYACU Y LOS PROCERES, DISTRITO DE YANACANCHA, PROVINCIA DE PASCO Y REGION DE PASCO".



Tabla de Elementos químicos agresivos a la cimentación

Los resultados obtenidos en una muestra representativa del suelo se presentan en el Cuadro siguiente:

CALICATA 17 : C-1

MUESTRA : Única

PROFUNDIDAD: 3.00 mt.

PARAMETRO	UNIDAD	N.T.P.	RESULTADO	AGRESION
Cloruros Solubles Cl^{-1}	ppm	339.177	195.25	Leve
Sulfatos Solubles Cl_4^{-2}	ppm	339.178	30.15	Leve
Sales Solubles Totales	ppm	339.152	61.47	Leve

CALICATA 18 : C-2

MUESTRA : Única

PROFUNDIDAD: 3.10 mt.

PARAMETRO	UNIDAD	N.T.P.	RESULTADO	AGRESION
Cloruros Solubles Cl^{-1}	ppm	339.177	180.15	Leve
Sulfatos Solubles Cl_4^{-2}	ppm	339.178	40.15	Leve
Sales Solubles Totales	ppm	339.152	67.36	Leve

CALICATA 19 : C-3

MUESTRA : Única


PROFUNDIDAD: 3.00 mt.

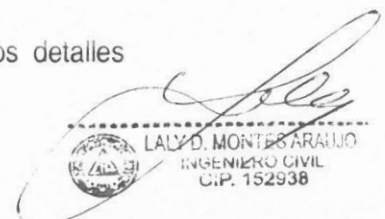
PARAMETRO	UNIDAD	N.T.P.	RESULTADO	AGRESION
Cloruros Solubles Cl^{-1}	ppm	339.177	190.11	Leve
Sulfatos Solubles Cl_4^{-2}	ppm	339.178	40.12	Leve
Sales Solubles Totales	ppm	339.152	60.07	Leve

3.5.6 CONSIDERACIONES

El N° de calicatas no será menor de 3 y la profundidad mínima de exploración será de 1.50 m, salvo sustento sobre la base de la normatividad vigente.

Se adjunta al presente informe el Panel Fotográfico que contiene los detalles mencionados líneas arriba.


VITO REY LEON AGUILAR
 INGENIERO CIVIL
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 84010


LALY D. MONTES ARAUJO
 INGENIERO CIVIL
 C.P. 152938

PROYECTO: "INSTALACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PUCAYACU PARA EL AA. HH HAYA DE LA TORRE, TECHO PROPIO, COLUMNA PASCO, ASOCIACION DE VIVIENDA LOS JARDINES DE PUCAYACU Y LOS PROCERES, DISTRITO DE YANACANCHA, PROVINCIA DE PASCO Y REGION DE PASCO".



CALIDAD DE
Vida

Se tomaron calicatas como referencia del proyecto: "MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA TRAMO CERRO DE PASCO LA QUINUA DISTRITO DE YANACANCHA PROVINCIA Y REGION - PASCO", de las 48 calicatas del proyecto, se consideraron 26 calicatas que están dentro del área de influencia del proyecto.

Estos datos de referencia servirán para determinar el tipo de suelo y considerar en los metrados el tipo de material a excavar, de esa manera se tendrá un presupuesto adecuado a las características reales del suelo, a continuación se detalla las propiedades de las 26 calicatas usadas, se adjuntara los ensayos que se realizaron en las calicatas:



117
MITO BENIGNO AGUILAR
INGENIERO CIVIL
Registro Colegio de Ingenieros N° 84010



[Signature]
INGENIERO CIVIL
CIP. 152938

CUADRO N° 1.1: Relación de calicatas y muestras extraídas

CODIGO DEL PROYECTO:

PROYECTO: Ingeniería Definitiva para la Carretera: Cerro de Pasco - La Quinua

LUGAR : Cerro de Pasco - La Quinua

TRAMO : (km 00+000 a km 11+571)

FECHA : Mayo del 2016

PROGRESIVA	CALICATA	MUESTRA
00+020	C-1	2
00+250	C-2	2
00+500	C-3	ROCA
00+750	C-4	3
01+000	C-5	3
01+250	C-6	3
01+500	C-7	2
01+750	C-8	1
02+000	C-9	1
02+250	C-10	2
02+500	C-11	2
02+750	C-12	3
03+000	C-13	1
03+250	C-14	2
03+500	C-15	ROCA
03+750	C-16	2
04+000	C-17	1 / ROCA
04+250	C-18	1 / NF
04+500	C-19	1
04+750	C-20	1 / NF
05+000	C-21	1 / ROCA
05+250	C-22	1
05+500	C-23	1
05+750	C-24	1
06+000	C-25	1
06+250	C-26	1



VITO DEY LEON AGUILAR

INGENIERO CIVIL

Nº 84010



LALY D. MONTES ARAUJO
INGENIERO CIVIL
CIP. 152938

CUADRO 1.2: RESUMEN DE ENSAYOS DE SUELOS

CODIGO DEL PROYECTO: Ingeniería Definitiva para la Carretera: Cerro de Pasco - La Quinua
PROYECTO: Cerro de Pasco - La Quinua
LUGAR: Cerro de Pasco - La Quinua
FECHA: Mayo del 2016

N° CALICAT/	PROFUNDIDAD	LIMITE LIQUIDO	INDICE PLASTICO	% HUMEDAD NATURAL	% MATERIAL QUE PASA				CLASIFICACION		UBICACIÓN PROGRESIVA	ESTE	NORTE	TRAMO/SECTOR
					MALLA # 4	MALLA # 10	MALLA # 40	MALLA # 200	AASHTO	SUCS				
					49.1	37.1	18.5	9.7	A-1-a	GW-GM				
C-1	0,00-1,20	N.P.	N.P.	8,2	49,1	37,1	18,5	9,7	A-1-a	GW-GM	363173,5721	8821167,4014	AA.HH. Los Proceres	
	1,20-1,50	18	11	14,5	40,6	28,8	16,8	12,2	A-2-6	GC				
C-2	0,00-0,70	36	14	9,2	31,8	27,6	17,6	14,1	A-2-6	GC	363199,5103	8821377,0522	AA.HH. Techo Propio	
	0,70-1,50	14	6	9,8	34,8	26,3	16,1	13,1	A-1-a	GC-GM				
C-3	0,00-1,50												Asociación de Pueblo Joven Virgen de las Mercedes	
C-4	0,00-0,40	N.P.	N.P.	9,6	29,6	23,4	17,4	12,6	A-1-a	GM	363644,4559	8821169,8237	Red Colectora Undac	
	0,40-0,80	N.P.	N.P.	91,9	59,3	51,0	44,6	42,6	A-4	GM	363497,9903	8821337,1945		
	0,80-1,50	N.P.	N.P.	11,0	31,0	23,5	17,2	12,6	A-1-a	GM				
C-5	0,10-0,50	14	5	21,4	50,3	43,7	27,4	20,3	A-1-b	GC-GM	363738,4104	8821402,2610	Red Colectora Undac	
	0,50-0,90	15,4	11,4	12,4	43,8	35,1	22,2	19,7	A-2-6	GC				
	0,90-1,50	N.P.	N.P.	7,4	34,1	26,7	17,6	12,7	A-1-a	GM				
C-6	0,10-0,50	23,7	7,3	22,7	51,5	41,2	22,0	16,2	A-2-4	GC	363994,4668	8821339,1669	Red Colectora Undac	
	0,50-0,90	21,7	5,8	23,7	59,5	47,9	23,0	15,1	A-1-a	SC-SM				
	0,90-0,90	20,1	4,4	25,3	63,0	45,5	18,2	10,7	A-1-a	SW-SC				
C-7	0,10-0,30	23,7	10,5	12,1	28,8	23,3	13,2	11,5	A-2-4	GP-GC	364219,6340	8821358,5224	Red Emisora	
	0,30-1,50	24,3	12,9	9,1	39,5	29,0	15,9	13,6	A-2-6	GC				
C-8	0,10-1,50	N.P.	N.P.	8,2	49,8	36,2	17,5	11,9	A-1-a	GW-GM	364456,2573	8821446,7413	Red Emisora	
C-9	0,10-1,50	18,1	8,5	6,4	36,8	24,8	14,6	11,8	A-2-4	GP-GC	364559,1722	8821496,2893	Red Emisora	
C-10	0,10-1,20	17,6	9,1	16,5	45,3	28,9	12,2	9,5	A-2-4	GW-GC	364622,8066	8821534,6069	Red Emisora	
	1,20-1,50	N.P.	N.P.	12,6	33,3	23,1	13,6	11,1	A-1-a	GP-GM				
C-11	0,10-1,20	N.P.	N.P.	13,5	33,7	24,6	8,0	6,6	A-1-a	GP-GM	364751,9112	8821718,1748	Red Emisora	
	0,70-1,20	N.P.	N.P.	10,2	32,8	21,2	8,9	7,1	A-1-a	GP-GM				
C-12	0,10-0,80	N.P.	N.P.	44,1	27,3	21,5	14,0	11,7	A-1-a	GP-GM	364881,8617	8821931,5202	Red Emisora	
	0,80-1,30	N.P.	N.P.	11,2	27,9	22,0	19,3	16,9	A-1-b	GM				
	1,30-1,50	N.P.	N.P.	27,1	25,1	19,5	15,2	13,5	A-1-a	GM				
C-13	0,10-1,50	15,2	6,4	24,3	13,1	9,9	6,4	3,8	A-2-4	GP	365040,5161	8822123,3493	Red Emisora	
C-14	0,10-0,50	N.P.	N.P.	34,7	46,3	41,8	25,8	17,6	A-1-b	GM	365245,5261	8822262,1243	Red Emisora	
	0,50-1,50	N.P.	N.P.	17,4	40,1	35,1	14,5	8,1	A-1-a	GP-GM				
C-15	0,10-0,40	N.P.	N.P.	8,0	49,0	32,9	15,3	9,7	A-1-a	GW-GM	365404,8796	8822430,7657	Red Emisora	
	0,40-1,50								ROCA					
C-16	0,10-0,70	22,4	3,5	9,6	29,8	21,5	15,0	12,1	A-1-a	GM	365605,4066	8822571,9588	Red Emisora	
	0,70-1,50	N.P.	N.P.	28,0	30,1	25,8	17,7	15,2	A-1-a	GM				
C-17	0,10-0,40	23,6	6,5	19,0	33,3	28,2	22,7	17,7	A-1-b	GC-GM	365828,4620	8822679,0352	Red Emisora	
	0,40-1,50								ROCA					

VITO REV LEON AGUILAR
 INGENIERO CIVIL

CUADRO 1.2: RESUMEN DE ENSAYOS DE SUELOS

CODIGO DEL PROYECTO:

PROYECTO: Ingeniería Definitiva para la Carretera: Cerro de Pasco - La Quinua

LUGAR: Cerro de Pasco - La Quinua

FECHA : Mayo del 2016

N° CALICATA	PROFUNDIDAD	LIMITE LIQUIDO	INDICE PLASTICO	% HUMEDAD NATURAL	% MATERIAL QUE PASA			CLASIFICACION		UBICACION PROGRESIVA	ESTE	NORTE	TRAMO/SECTOR
					MALLA # 4	MALLA # 10	MALLA # 200	AASHTO	SUCS				
C-18	0.10-0.90 0.90-1.50	N.P.	N.P.	13.7	52.8	36.9	25.7	13.8	A-1-a	GM	366055.5837	8822759.0503	Red Emisora
C-19	0.10-0.20 0.20-1.50	22.7	12.4	16.4	43.3	38.4	30.4	10.2	A-2-6	GP - GC GP - GC	366289.6737	8822837.1369	Red Emisora
C-20	0.10-0.20 0.20-0.40 0.40-1.50	19.6	11.2	10.0	54.2	47.8	25.9	18.0	A-2-6	GC GC NF	366495.9133	8822970.8931	Red Emisora
C-21	0.10-0.40 0.40-1.00 1.00-1.50	25.8	9.7	6.3	32.6	25.3	15.5	12.3	A-2-4	GC GC ROCA	366659.5062	8823116.1568	Red Emisora
C-22	0.10-0.30 0.30-1.50	N.P.	N.P.	12.1	33.7	27.2	19.5	12.2	A-1-a	GM GM	366869.7622	8823223.8377	Red Emisora
C-23	0.10-0.30 0.30-1.50	N.P.	N.P.	33.7	46.5	37.8	20.7	13.6	A-1-a	GM GM	367077.3973	8823185.1351	Red Emisora
C-24	0.10-0.30 0.30-1.50	18.2	7.8	11.9	39.7	31.9	19.3	16.3	A-2-4	GC GC	367303.5727	8823231.9401	Red Emisora
C-25	0.10-0.40 0.40-0.90	23.6	1.6	11.6	24.4	17.9	12.4	9.8	A-1-a	GP - GM RCGM6"	367505.2729	8823394.0988	Red Emisora
C-26	0.90-1.50 0.10-0.20 0.20-1.50	13.0	5.7	18.1	44.9	32.8	16.1	10.0	A-1-a	NF GW - GC GW - GC	367678.9155	8823520.2005	Red Emisora




VITO REY LEON AGUILAR
 INGENIERO CIVIL
 Registrado al Colegio de Ingenieros N° 84010

CAPITULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Para la identificación de la estratigrafía del terreno de fundación se excavaron calicata a cielo abierto en el área de estudios, siguiendo el recorrido de las redes colectoras y red emisor de los componentes de agua residuales.
- Las muestras tomadas fueron sometidos a ensayos de laboratorio a efectos de determinar sus características físicas y mecánicas. Los certificados de los ensayos de laboratorio se anexan.
- Los valores obtenidos para la capacidad de carga admisible para el diseño de la cimentación de la PTAR proyectada:
- Los sectores con suelos saturados, deberán ser eliminados hasta una profundidad mínima de 0.50 mt. Y reemplazados por material granular.
- Todas las recomendaciones y conclusiones dadas en el presente estudio, deberán ser compatibilizadas con las demás partes del proyecto.
- La clasificación SUCS Y AASHTO, además de propiedades físicas de las 19 calicatas extraídas se encuentran resumidas en la tabla N° 5 (Resumen De Los Ensayos Estándar De Clasificaciones De Suelos De Calicatas En La Red Colectora).

Los resultados obtenidos en el presente estudio son válidos única y exclusivamente para el proyecto



VRL
VITO REY LEON AGUILAR
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 84010



LDM
LALY D. MONTES ARAUJO
INGENIERO CIVIL
CIP. 152938



HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

Sika[®]-1

Aditivo impermeabilizante

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sika[®]-1 es un aditivo impermeabilizante líquido de fraguado normal para mortero y concreto con propiedades hidrófugas.

USOS

Sika[®]-1 se utiliza para la impermeabilización de morteros y concretos, en particular para:

- Arrendamientos, morteros de albañilería y soleras.
- Concreto armado y no reforzado.
- Ladrillo, concreto y sustratos de piedra.
- Aplicaciones en interiores y exteriores, como sótanos, piscinas, túneles, tanques de agua, pozos, alcantarillas.
- Uso en condiciones de clima tropical y caliente.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

Sika[®]-1 bloquea los capilares y los poros en el sistema cementoso aplicado para proporcionar una barrera de agua efectiva contra la transmisión de agua líquida.

Los beneficios de Sika[®]-1 incluyen, entre otros, los siguientes:

- Mayor impermeabilidad del mortero / concreto.
- Listo para usar.
- Fácilmente disperso.
- Libre de cloruros.

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Empaques	<ul style="list-style-type: none">▪ Envases PET x 4 L.▪ Balde x 20 L.▪ Cilindro x 200 L.
Vida Útil	12 meses de vida útil a partir de la fecha de producción si se almacena correctamente en el empaque original sellado, sin daños y sin abrir.
Condiciones de Almacenamiento	Almacenamiento a temperaturas entre 5 ° C y 30 ° C. Proteger de la luz solar directa, las heladas y la contaminación.
Color	Líquido blanco
Densidad	~1.0 g/cm ³
Contenido Total de Iones de Cloruro	≤ 0.1 %

INFORMACIÓN DE APLICACIÓN

Dosificación Recomendada

Agregue una parte de Sika®-1 a 10 partes de agua, lo que equivale a aproximadamente el 3% del contenido de cemento. Cuando se utiliza arena muy húmeda, la proporción debe aumentarse a 1: 8 o en casos extremos 1: 6. Nota: Las mezclas de prueba siempre deben realizarse para establecer las tasas de dosificación exactas y los requisitos de agua por mezcla.

NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad

INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

MEZCLADO

Sika®-1 debe agitarse lentamente antes de usar para garantizar una consistencia homogénea y sin grumos. Sika®-1 se diluirá en el agua de aforo. La dilución debe agitarse lentamente (para garantizar una consistencia homogénea y sin grumos) antes de agregarla al mezclador de mortero / concreto. Sika®-1 también se puede agregar puro a la mezcla de mortero / concreto siempre que la mezcla se mezcle correctamente para lograr una consistencia homogénea.

MÉTODO DE APLICACIÓN / HERRAMIENTAS

Deben seguirse las normas estándar de buenas prácticas de hormigonado (relativas a la producción, colocación y curado). Consulte las normas pertinentes.

Sika®-1 puede combinarse con muchos otros productos Sika®.

Nota: Se requieren pruebas preliminares para probar la compatibilidad. Póngase en contacto con el servicio técnico de Sika para obtener más información y asesoramiento.

RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto

NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe. La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.

Sika Perú

Habilitación Industrial
El Lúcumo Mz. "B" Lote 6
Lurín, Lima
Tel. (511) 618-6060

Hoja De Datos Del Producto

Sika®-1
Febrero 2023, Versión 01.04
020705040010000001

Sika-1-es-PE-(02-2023)-1-4.pdf



PANEL FOTOGRAFICO



Fotografía 1 y 2: concreto impermeabilizante en estructuras hidráulicas



Fotografía 3: colocación de concreto impermeabilizante en estructuras hidráulicas



Fotografía 4: colocación de concreto impermeabilizante en estructuras hidráulicas



Fotografía 5: colocación de concreto impermeabilizante en estructuras hidráulicas



Fotografía 6: colocación de concreto impermeabilizante en estructuras hidráulicas



Fotografía 7 y 8: Verificación de estructuras de concreto y colocación de morteros en estructuras hidráulicas