

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Tratamiento geotécnico de fundación de la presa
Silicucho y su relación con la impermeabilización
mediante inyecciones de lechada de cemento,
Crucero, Puno**

Jose Luis Flores Ramos

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

TRATAMIENTO GEOTÉCNICO DE FUNDACIÓN DE LA PRESA SILICUCHO Y SU RELACIÓN CON LA IMPERMEABILIZACIÓN MEDIANTE INYECCIONES DE LECHADA DE CEMENTO, CRUCERO, PUNO

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	1%
3	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	docplayer.es Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	1%
6	www.editoresasagai.org.ar Fuente de Internet	1%
7	upcommons.upc.edu Fuente de Internet	1%
8	1library.co Fuente de Internet	1%

9	pdfcoffee.com Fuente de Internet	1 %
10	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
12	dialnet.unirioja.es Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
15	biblioteca.usat.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	kimuk.conare.ac.cr Fuente de Internet	<1 %
17	amazings.es Fuente de Internet	<1 %
18	2fwww.redalyc.org Fuente de Internet	<1 %
19	repositoriosdigitales.mincyt.gob.ar Fuente de Internet	<1 %
20	www.dcnr.state.pa.us Fuente de Internet	<1 %

21	azul.bnct.ipn.mx Fuente de Internet	<1 %
22	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
23	es.wikipedia.org Fuente de Internet	<1 %
24	geotecniafacil.com Fuente de Internet	<1 %
25	repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
26	www.mef.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
27	limura, S.. "Hydrophobic polymer-supported scandium catalyst for carbon-carbon bond-forming reactions in water", Tetrahedron, 20040823 Publicación	<1 %
28	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
29	Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador Trabajo del estudiante	<1 %
30	creativecommons.org Fuente de Internet	<1 %

31	oa.upm.es Fuente de Internet	<1 %
32	Submitted to Webster University Trabajo del estudiante	<1 %
33	archive.org Fuente de Internet	<1 %
34	e-spacio.uned.es Fuente de Internet	<1 %
35	repositorio.unas.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
36	www.dspace.espol.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
37	www.icfes.gov.co Fuente de Internet	<1 %
38	journal.lapen.org.mx Fuente de Internet	<1 %
39	mcf.gsfc.nasa.gov Fuente de Internet	<1 %
40	patents.google.com Fuente de Internet	<1 %
41	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	<1 %
42	scholar.uprm.edu Fuente de Internet	<1 %

43

es.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

44

repositorio.unp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

45

www.ingetecnia.com.co

Fuente de Internet

<1 %

46

www.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

47

Submitted to Universidad Privada Boliviana

Trabajo del estudiante

<1 %

48

hispagua.cedex.es

Fuente de Internet

<1 %

49

qdoc.tips

Fuente de Internet

<1 %

50

sidint.org

Fuente de Internet

<1 %

51

tesis.ucsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

52

Z. Stefanov, K. A. Hoo. "Control of a Multiple-Effect Falling-Film Evaporator Plant", Industrial & Engineering Chemistry Research, 2005

Publicación

<1 %

53

sedici.unlp.edu.ar

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas Apagado

Excluir coincidencias Apagado

Excluir bibliografía Apagado

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres, Ismael Flores y Juana María Ramos,
por su apoyo moral para conseguir este objetivo.

Al Ing. Jorge Fidel Mendoza Angles,
por su apoyo en este trabajo.

Al Ing. Roberto Carlos Castillo Velarde,
por encaminar esta investigación.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, Ismael y Juana María.

A mis hermanos.

A mi esposa, Doyrean Rossio.

A mis hijos, Daira Naomi, Luis Fernando y Eva Luna,
por su apoyo moral en esta investigación y por permitirme llegar al objetivo.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	II
DEDICATORIA	III
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
INTRODUCCIÓN.....	XIII
CAPÍTULO I	1
PLANTEAMIENTO DE ESTUDIO.....	1
1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1.1 <i>Delimitación territorial.</i>	<i>2</i>
1.1.2 <i>Delimitación temporal.</i>	<i>2</i>
1.1.3 <i>Delimitación conceptual.</i>	<i>2</i>
1.1.4 <i>Experiencia del investigador y rol en el proyecto.</i>	<i>2</i>
1.1.5 <i>Problema principal.</i>	<i>3</i>
1.1.6 <i>Problemas secundarios.</i>	<i>3</i>
1.2 OBJETIVOS.....	3
1.2.1 <i>Objetivo general.</i>	<i>3</i>
1.2.2 <i>Objetivos específicos.</i>	<i>3</i>
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	3
1.3.1 <i>Justificación teórica.</i>	<i>4</i>
1.3.2 <i>Justificación práctica.</i>	<i>4</i>
1.3.3 <i>Justificación metodológica.</i>	<i>4</i>
1.3.4 <i>Justificación social.</i>	<i>4</i>
1.4 HIPÓTESIS.....	5

1.4.1	<i>Hipótesis general.</i>	5
1.4.2	<i>Hipótesis específicas.</i>	5
1.4.3	<i>Identificación de variables.</i>	5
1.4.4	<i>Operacionalización de las variables.</i>	5
CAPÍTULO II.....		8
MARCO TEÓRICO.....		8
1.5	ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	8
1.5.1	<i>Artículos científicos.</i>	8
1.5.2	<i>Tesis nacionales e internacionales.</i>	10
1.6	BASES TEÓRICAS	11
1.6.1	<i>Movimiento del fluido en estratos de roca y suelo.</i>	12
1.6.2	<i>Ley de Darcy.</i>	12
1.6.3	<i>Coefficiente de permeabilidad.</i>	13
1.6.4	<i>Ensayo de permeabilidad.</i>	14
1.6.5	<i>Ensayo de permeabilidad Lugeon.</i>	15
1.6.6	<i>Geología de superficie.</i>	30
1.6.7	<i>Boquillas de las presas y obras conexas.</i>	32
1.7	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	43
CAPÍTULO III		46
METODOLOGÍA.....		46
1.8	MÉTODO Y ALCANCE DE INVESTIGACIÓN.....	46
1.9	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	46
1.10	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	47
1.10.1	<i>Muestra.</i>	47
1.11	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	48

1.11.1	Técnicas e instrumentos	48
1.11.2	<i>Procedimientos para la recolección de datos.</i>	48
1.11.3	<i>Técnicas para el procesamiento y análisis de información.</i>	48
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		50
1.12	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO.....	50
1.12.1	<i>De los estudios finales.</i>	50
1.12.2	<i>De los estudios finales de presa.</i>	51
1.12.3	<i>De la permeabilidad.</i>	52
1.12.4	<i>De la presencia del material orgánico.</i>	55
1.12.5	<i>Resumen de las exploraciones.</i>	56
1.12.6	<i>Descripción de trabajos de campo.</i>	59
1.13	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	60
1.13.1	<i>Ensayos de permeabilidad.</i>	61
1.14	CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS	63
1.15	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	66
1.16	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	70
CONCLUSIONES		73
RECOMENDACIONES		75
LISTA DE REFERENCIAS.....		77
ANEXOS		79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N.º 1. Operacionalización de las variables.....	5
Tabla N.º 2. Interpretación de los valores de Lugeon (UL)	30
Tabla N.º 3. Estratos identificados.....	36
Tabla N.º 4. Ubicación de sondajes, expediente técnico.....	50
Tabla N.º 5. Ensayos de permeabilidad, expediente técnico.....	52
Tabla N.º 6. Coordenadas WGS 84 – Ensayos geofísicos - Refracción sísmica	54
Tabla N.º 7. Desarrollo de los estratos en el Talweg (PP. 0+045 – 0+075).....	58
Tabla N.º 8. Planilla de sondeos de comprobación.....	60
Tabla N.º 9. Ensayos de permeabilidad.....	62
Tabla N.º 10. Ensayos de permeabilidad Lefranc	62
Tabla N.º 11. Ensayos de permeabilidad Lugeon	63
Tabla N.º 12. Ubicación de perforaciones de sondeo y comprobación.....	64
Tabla N.º 13. Permeabilidad en sondeos y comprobación, ensayo Lefranc	65
Tabla N.º 14. Permeabilidad en sondeos y comprobación, ensayo Lugeon.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N.º 1. Variación de K, Según Casagrande & Fadum.....	14
Figura N.º 2. Curva de Absorción – Presión Efectiva.....	28
Figura N.º 3. Morfología del vaso Silicucho.....	39
Figura N.º 4. Proceso de análisis basado en los datos cuantitativos.	49
Figura N.º 5. Ubicación de los sondeos respecto a la ubicación de la presa.....	51
Figura N.º 6. Ubicación de las líneas de refracción sísmica.	53
Figura N.º 7. Varillas de 5 M. Eje de Presa (~ Pp. 0+050).....	56
Figura N.º 8. Sección de cimentación de presa (Presa 1, PP. 0+050).....	56
Figura N.º 9. Sección de la zona de inyección (Presa 1, PP. 0+050).....	57
Figura N.º 10. Talweg del Río, en la desembocadura de la Laguna Silicucho.	58
Figura N.º 11. Sección de presa (Presa 1, Pp. 0+050).....	59
Figura N.º 12. Perforaciones de sondeo y exploración.	59
Figura N.º 13. Ubicación de sondeos respecto de la presa Silicucho.....	61

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N.º 1. Obturador o Packer simple.....	18
Fotografía N.º 2. Caudalímetro.....	19
Fotografía N.º 3. Manómetro con lectura hasta 10 bares.....	19
Fotografía N.º 4. Stuffing Box.....	20
Fotografía N.º 5. Regulador de presión de balón de nitrógeno.....	21
Fotografía N.º 6. Manguera de inflación.....	22
Fotografía N.º 7. Sonda piezométrica.....	22
Fotografía N.º 8. Cono March.....	23
Fotografía N.º 9. Probetas de ensayo de diferentes capacidades volumétricas.....	24
Fotografía N.º 10. Briquetas.....	24
Fotografía N.º 11. Termómetro digital.....	25
Fotografía N.º 12. Balanza para densidades y lodos.....	25
Fotografía N.º 13. Calicatas en lado izquierdo y derecho del eje de presa.....	31
Fotografía N.º 14. Estratos del grupo Tarma en el lado izquierdo de la Laguna.....	32
Fotografía N.º 15. Boquilla Presa 1.....	33
Fotografía N.º 16. Boquilla Presa 2.....	34
Fotografía N.º 17. Zona de vertedero de demasías en el lado izquierdo del eje de presa...38	
Fotografía N.º 18. Afloramiento de roca lado izquierdo, laguna Silicucho.....	41
Fotografía N.º 19. Cola de la laguna y erosión de una de las quebradas que aporta sólidos.....	42

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Matriz de consistencia.....	80
ANEXO 2. Ficha técnica de la presa.....	81
ANEXO 3. Panel fotográfico.....	82
ANEXO 4. Certificados de ensayos.....	90

RESUMEN

El presente trabajo de investigación comprende las propiedades geológicas y geotécnicas del emplazamiento para la cimentación de la presa Silicucho, situada en Urinsaya, provincia de Carabaya, región Puno, y el mejoramiento por tratamiento de inyecciones cementíceas del mismo. La zona de influencia de la laguna Silicucho, presa y captación de aguas del sistema de riego, comprende una cuenca hidrográfica de arroyos que desembocan en la Laguna del mismo nombre y agrupa a todas las nacientes de dicha cuenca en el área denominada Urinsaya. Es una presa a gravedad, de tierra, un macizo de roca con propiedades geotécnicas irregulares, en donde se desarrolló el tratamiento de su fundación para reducir la permeabilidad presente. Finalmente, en el resultado con la ejecución de inyección por 18.65 toneladas de cemento en 656.50 metros de perforación, con protocolos específicos desarrollados en esta investigación, se observa una reducción de permeabilidad en su fundación a mínimos equivalentes de 3 UL en las zonas de roca (*Unidad Lugeon*), en zonas donde previamente a este tratamiento se llegaron a medir absorciones de 35 UL, llegando a máximos de 68 UL, demostrando la efectividad de este tratamiento. A través del método deductivo, se presentarán conclusiones como resultados de ensayos interactivos de permeabilidad, los cuales partirán de un planteamiento del problema y la determinación de objetivos que orientarán la investigación.

Palabras Clave: presa, fundación - macizo rocoso - homogenización - inyecciones de lechada de cemento.

ABSTRACT

This research work includes the geological and geotechnical properties of the site for the foundation of the Silicucho dam, located in Urinsaya, Carabaya Province, Puno Region. And the improvement by treatment of cement injections of the same. The area of influence of the Silicucho lagoon, dam and water catchment of the irrigation system, includes a hydrographic basin of streams that flow into the Lagoon of the same name and groups all the springs of said basin in the area called Urinsaya. It is a gravity dam, made of earth, its foundation, a rock mass with irregular geotechnical properties, in which the treatment of its foundation was developed to reduce the present permeability. Finally, the result with the execution of injection for 18.65 tons of cement in 656.50 meters of drilling with specific protocols developed in this investigation, a reduction in permeability is observed in its foundation to a minimum equivalent to 3 UL in the rock zones (Lugeon Unit), in areas where, prior to this treatment, absorptions of 35 LU were measured, reaching a maximum of 68 LU, demonstrating the effectiveness of this treatment. Through the deductive method, conclusions will be highlighted as results of iterative permeability tests, which will start from an approach to the problem and determination of objectives that will guide the investigation.

Keywords: Dam - foundation - rock mass - homogenization - cement grout injections.

INTRODUCCIÓN

La laguna Silicucho representa la mayor fuente de recursos hídricos en la zona de Urinsaya y su represamiento significa una reserva en agua de 0.74 MMC de volumen útil, con fines agrícolas de 165 ha y beneficiará a los comuneros de la zona de Silicucho, comunidad de Urinsaya.

El proyecto de la construcción de la presa Silicucho data del año 2019. En dicho año, se realizaron los estudios topográficos, hidrológicos, geológicos y geotécnicos, por medio de los cuales se llegó a determinar que el cuerpo de la presa será de tierra con material homogéneo y cobertura de geosintéticos más gaviones, con un sistema de impermeabilización en el talud de la presa expuesto a la laguna. Para los estudios geológicos realizados para definir el lugar de cimentación del eje de la presa se utilizó el método indirecto (refracción sísmica y sondeos eléctricos).

Paralelo al eje de presa, se ejecutaron seis sondajes diamantinos como parte del estudio geotécnico, ejecutándose, además, ensayos para determinar la constante de permeabilidad Lugeon y Lefranc.

El planteamiento del problema constará de una descripción del marco en el que se desarrolla el propósito de la investigación, de modo que sirva para entender por qué se ha formulado este tema como avance en el conocimiento. En el apartado referente al alcance, se definirán los límites del objeto de la investigación, separando los aspectos que quedan dentro del estudio de aquellos que se relegan a posteriores trabajos. En lo referente a los objetivos, se especificarán aquellos de carácter general que se pretenden alcanzar a lo largo de la tesis. Finalmente, se describe la estructura y el contenido del trabajo, que ayudarán a situar al lector a lo largo del desarrollo de la investigación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

A nivel internacional, se ha señalado que la frecuencia con que ocurre la ruptura de una cortina, principal estructura de una presa, es aproximadamente la misma para tubificación, falla de cimentación y desbordamiento por avenidas. En nuestro país, no se ha dado seguimiento preciso a estos eventos; sin embargo, como resultado del seguimiento del desempeño de las presas peruanas durante más de 20 años, se tiene la estadística actual de las presas que han fallado, sea por desbordamiento, o por falla de la cimentación o tubificación de la cortina, por lo cual se discute sobre esta información. Se presentan casos típicos de estos sucesos. Además, se presenta información adicional sobre el inventario de las obras nacionales como tipo de cortinas, materiales empleados y las principales anomalías observadas.

Esta infraestructura de almacenamiento, regulación y control de avenidas se encuentra en manos de diversas instituciones y particulares, pero casi siempre está ubicada sobre cauces de propiedad nacional, por lo cual, cuando ocurre un evento que pone en riesgo a la población o bien le ocasiona algún perjuicio a la sociedad o a otra infraestructura, obliga a las instituciones públicas a intervenir, ya sea en auxilio de la población, o como autoridad para evitar consecuencias funestas. Además, la garantía de operación de estas estructuras, que afecta directamente a los sistemas de riego a los que pertenecen, y son dependientes todos los grupos humanos en los que se desarrolla, como influencia principal de sus actividades (agricultura, ganadería, etc.) es que resalta la importancia de esta investigación y que a continuación se desarrollará.

1.1.1 Delimitación territorial.

Esta investigación se llevó a efecto, en el emplazamiento de la presa Silicucho, ubicada en el sector llamado Urinsaya, Provincia de Carabaya, Región Puno que está ubicada en las siguientes coordenadas: Coordenada UTM Norte 8416600 – 8414000 m, Coordenada UTM este 387000 – 385000 m, y en la variación altitudinal de 4475 – 5000 msnm.

1.1.2 Delimitación temporal.

Esta investigación se llevó a cabo en el curso del año 2021, y paralelamente al tratamiento en la fundación de la presa Silicucho.

1.1.3 Delimitación conceptual.

La investigación se enfocó en la permeabilidad y sus modificaciones, así como parámetros afines a ésta, en ellos se consideran sus formas de medición, ensayos y cálculos relacionados. Se consideraron los ensayos Lugeon debido a la alta frecuencia de uso en obras similares. Finalmente, el estudio se focalizó en el tratamiento de fundación con inyecciones de lechada de cemento exclusivamente en presas.

1.1.4 Experiencia del investigador y rol en el proyecto.

Como parte de mi experiencia, he participado en distintas obras del sector hidráulico en esta parte de la región, en el desarrollo de este proyecto, participé en el área de topografía y como asistente en el proceso geotécnico de la aplicación de inyecciones de lechada de cemento, asimismo, campos relacionados durante la construcción de la presa Silicucho.

1.1.5 Problema principal.

¿En qué medida se modifica la permeabilidad con el tratamiento geotécnico de su cimentación, por medio de la inyección de lechada de cemento en el basamento de la presa Silicucho?

1.1.6 Problemas secundarios.

- ¿En qué medida se modifica la infiltración de agua en los estratos de roca, por medio de pruebas tipo Lugeon, en el basamento de la presa Silicucho?
- ¿En qué medida se modifica la infiltración de agua en los estratos de tierra, por medio de pruebas tipo Lefranc en el basamento de la presa Silicucho?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general.

Reducir la permeabilidad de la cimentación, por medio del tratamiento con inyecciones de Lechada de Cemento en el basamento de la presa Silicucho.

1.2.2 Objetivos específicos.

- Determinar por medio de pruebas tipo Lugeon, la reducción de la infiltración de agua en los estratos de roca del basamento de la presa Silicucho.
- Determinar por medio de pruebas tipo Lefranc, la reducción de la infiltración de agua en los estratos de tierra del basamento de la presa Silicucho.

1.3 Justificación e importancia

1.3.1 Justificación teórica.

Este estudio y sus resultados formarán un nuevo activo de procesos en el desarrollo de investigaciones similares, según sus resultados, permitirá consolidar los fines para los cuales se realizan este tipo de tratamientos en fundaciones de presa.

1.3.2 Justificación práctica.

Esta investigación significará el argumento y verificación de los resultados del tratamiento en cimentación de la presa Silicucho, a su vez, sus resultados estarán a disposición de otros investigadores con objetivo símil, permitirá consolidar juntamente con otros estudios una propensión final de lo que significa la realización de este tipo de tratamiento en presas.

1.3.3 Justificación metodológica.

Se han considerado instrumentos, técnicas de recolección y tratamiento de datos que permiten obtener dicha información de forma precisa, de tal forma que darán a conocer los grados de efectividad respecto al tratamiento de la permeabilidad e infiltración en estratos para estructuras y condiciones similares, esto a criterio principalmente del investigador. Desde el punto de vista metodológico, se presenta en la misma jerarquía de aplicación la forma de uso y presentación de datos que, una vez demostrada su validez y confiabilidad, puedan ser referencia de investigación para casos equiparables.

1.3.4 Justificación social.

El fin de esta investigación beneficia principalmente a los comités de riego de las zonas altoandinas del país, los cuales, desde tiempos preincas diseñaron y construyeron sistemas de riego rústicos, por gravedad aprovechando su ubicación, asimismo, se ha

comprobado el desarrollo de presas rurales, que, debido a lo limitado de las técnicas y el conocimiento de sus constructores, tienen como principales deficiencias la permeabilidad que no permite un adecuado embalse de agua. Desde el punto de vista social, atiende un asunto importante en la agricultura y ganadería de la zona rural, probablemente la más olvidada de nuestro país.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis general.

Se reducirá la permeabilidad de la fundación de la presa Silicucho por medio del tratamiento de su cimentación con inyecciones de Lechada de Cemento.

1.4.2 Hipótesis específicas.

- Se determinará por medio de pruebas tipo Lugeon, la modificación de la infiltración de aguas en los estratos de roca.
- Se determinará por medio de pruebas tipo Lefranc, la reducción de la infiltración de aguas en los estratos de tierra.

1.4.3 Identificación de variables.

Se presentan las variables identificadas en la siguiente tabla.

1.4.4 Operacionalización de las variables.

Tabla 1.

Operacionalización de las variables

HIPÓTESIS	VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	ESCALA	INSTRUMENTO
Se reducirá la permeabilidad de la fundación de la presa Silicucho por medio del tratamiento de su cimentación con inyecciones de Lechada de Cemento.	Permeabilidad	Capacidad de un material para permitir que el agua lo atraviese sin alterar su estructura interna.	De acuerdo con la permeabilidad de Darcy	Permeabilidad (k)	Elevada Media Baja Muy baja	m/s	> 10 ⁻¹ 10 ⁻¹ a 10 ⁻³ 10 ⁻³ a 10 ⁻⁵ 10 ⁻⁵ a 10 ⁻⁷	<i>LugeoTEST</i> <i>normas NF P 94-131 ISO 22282-3</i>
	Inyección de Lechada de Cemento	Introducción de lechada en un estrato que se solidifica adquiriendo una resistencia determinada a través del tiempo.	Presión de cemento inyectado	Pascal (Pa)		Pa		
Se determinará por medio de ensayos tipo Lugeon , la modificación de la infiltración de agua en los	Infiltración	Proceso en el cual el agua que ha caído en la superficie terrestre penetra en el suelo.	De acuerdo con la permeabilidad de Darcy	Permeabilidad (k)	Elevada Media Baja Muy baja	m/s	> 10 ⁻¹ 10 ⁻¹ a 10 ⁻³ 10 ⁻³ a 10 ⁻⁵ 10 ⁻⁵ a 10 ⁻⁷	

estratos de roca del basamento de la presa Silicucho.	Ensayo tipo Lugeon	Es el ensayo de permeabilidad para macizos rocosos más empleado en la actualidad en la ingeniería geotécnica.	Conductividad Hidráulica expresada en Unidades Lugeon	Unidades Lugeon (UL)	Muy favorable Favorable Desfavorable Muy desfavorable	UL	0 a 1 1 a 3 3 a 10 > 10	<i>LugeoTEST</i> <i>normas NF P</i> <i>94-131 ISO</i> <i>22282-3</i>
Se determinará por medio de pruebas tipo Lefranc , la reducción de la infiltración de aguas en los estratos de tierra del basamento de la presa Silicucho.	Infiltración	Proceso en el cual el agua que ha caído en la superficie terrestre penetra en el suelo.	De acuerdo con la permeabilidad de Darcy	Permeabilidad (k)	Elevada Media Baja Muy baja	m/s	> 10 ⁻¹ 10 ⁻¹ a 10 ⁻³ 10 ⁻³ a 10 ⁻⁵ 10 ⁻⁵ a 10 ⁻⁷	
	Ensayo tipo Lefranc	El ensayo Lefranc es uno de los ensayos de permeabilidad, in situ, que se aplica con mayor frecuencia en estratos de tierra.	Conductividad Hidráulica medida del ensayo Lefranc	Coficiente K (cm/ser)	Alta/muy alta Media Baja Muy baja Tiende a ser impermeable	cm/seg	E ⁻⁰ a E ⁻¹ E ⁻¹ a E ⁻³ E ⁻³ a E ⁻⁵ E ⁻⁵ a E ⁻⁷ < E ⁻⁷	<i>LefrankTEST</i> <i>normas NF P</i> <i>94-131 ISO</i> <i>22282-3</i>

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

1.5 Antecedentes del problema

1.5.1 Artículos científicos.

Sola, Pedro (2011), en su estudio: “Consolidación del terreno con inyecciones para el taladro piloto de ejecución con *raise boring* de la tubería de la C.H. La Muela II”, realiza una investigación que describe la definición y desarrollo de este tratamiento con lechadas de cemento y microcemento, inyectadas por impregnación y fracturación con presiones elevadas, de 30 bares, y volúmenes controlados, de 150 a 40 litros por episodio, así como las conclusiones del análisis de los resultados, que permitieron realizar con éxito la finalización del Taladro Piloto y la posterior excavación de este tramo del pozo inclinado.

Chaves, Carlos & Vargas, Asdrubal (2005), en su investigación “Criterios utilizados para el diseño de la cortina de impermeabilización del proyecto hidroeléctrico Pirrís, Costa Rica”, explica el tratamiento para la impermeabilización que se realizó con inyecciones de cemento y contempló en total dos tramos de cien metros dentro de los respectivos estribos. Se realizaron 42 000 m de perforación, por los mismos se inyectaron 5500 toneladas aproximadas de cemento. Las perforaciones se realizaron en el cauce y desde galerías excavadas en estribos. La investigación

concluyo con el tratamiento independiente de los sectores con alta permeabilidad de roca y las zonas con presencia de fallas geológicas en los que la inyección se facilitó.

Giaconi, Luis (2012), en su estudio “Tratamiento geotécnico de la fundación de la presa del Ramal H, Tandil mediante inyecciones cementíceas”. Se refiere a los aspectos geológicos y geotécnicos de la roca madre de la Presa Ramal H ubicada en Tandil, Provincia de Buenos Aires, y tratamiento de degradación geosintético aplicado por inyección de cemento. El área de influencia de la presa comprende las cabeceras del caudal preciso hacia el denominado Ramal H. Dicha presa tiene una longitud de 160 m y una altura de cimentación de casi 20 m, su finalidad de construcción es paliar las inundaciones irregulares que afectan las zonas aledañas del oriente de la ciudad. La presa de gravedad, al hormigón sobre un macizo rocoso con características geotécnicas heterogéneas, mediante proyección GIN para superar estas condiciones. El resultado final del procesamiento, mediante la inyección de 350 toneladas de cemento mediante y la ejecución de casi 12000 metros de perforación, se puede apreciar en los testigos de roca obtenidos durante la perforación de control en presencia de efectividad de lechada intermitente y absorción de agua menor o igual a 1 UL (Unidad Lugeon), muy concretamente 3 Unidades Lugeon, en las zonas donde las pruebas anteriores de Lugeon mostraron una absorbancia superior a 10 UL, se alcanzó un máximo de 75 UL, lo que confirma la eficacia del método utilizado.

F. Amahjoura, J. Payáb, P. Pardoc, M.V. Borrachero (2020), En su trabajo “Propiedades de lechadas de cemento fabricadas con cementos de tipo I y mezclas con cenizas volantes (CV) y humo de sílice (HS)”, investiga la relación y afectación de la incorporación de aditivos como la ceniza volante y humo de sílice sobre las

propiedades de las lechadas de cemento tales como la fluidez, exudación, variación de volumen, y las resistencias mecánicas a compresión RC. También se estudia mediante Análisis Termogravimétrico (ATG) y por Difracción de Rayos X (DRX), la relación entre la Rc y el desarrollo y la formación de los compuestos hidratados. La incorporación de puzolanas a las lechadas en niveles de sustitución elevados (30%), permite la reducción en el consumo de cemento, sin sacrificar las propiedades básicas del producto final.

Yépes, Victor (2021), en su estudio “Contención del agua mediante inyección de lechadas inestables”, En su investigación desarrolla la dependencia de las propiedades de los morteros o suspensiones inestables condicionadas a características como la agitación de mezcla, densidad de esta, o presión de inyección. Asimismo, explica que estos últimos constituyen uno de los parámetros de diseño para la dosificación de estas.

1.5.2 Tesis nacionales e internacionales.

Rimachi Taco (2016), en su investigación: “Aplicación del método GIN para la pantalla de impermeabilización de la presa Pumamayo, Distrito de Macusani, Provincia de Carabaya, Región Puno”, realizó un tratamiento geotécnico en la fundación de dicha presa por el método GIN de inyecciones con presiones de seis, ocho y nueve bares. La dosificación utilizada en la lechada agua – cemento fue 08:1 adicionando también aditivo superplastificante. Su estudio dividió las áreas a inyectar en tres zonas hidrogeológicas: A, B y C, en la unidad A se comprobó una reducción de la permeabilidad de en un 71% y en la unidad B, una reducción de 45% y la unidad

hidrogeológica C se redujo hasta un 32%, esta disminución indicando que la impermeabilización de la zona ha sido cumplida.

Nina Barraqueta (2017), en su investigación: “Evaluación geotécnica para la construcción de la presa Huanzo”, en dicha investigación se describe el tratamiento geotécnico en la criba aguas arriba y tres líneas de inyección de cemento a pie de talud aguas arriba. Se han obtenido los parámetros geotécnicos adecuados para su construcción, en los que se estabiliza la presa debido a los factores de seguridad conseguidos, se ha reducido la cantidad de infiltración obtenida por tratamiento en la parte axial de la presa en 46%.

Alarcón, Duberly (2013), en su estudio “Impermeabilización del eje de la represa Chirimayuni-Moquegua, mediante inyecciones de lechada de cemento” Tiene como principal objetivo la impermeabilización del eje de la Presa Chirimayuni - Moquegua. Durante la fase de exploración geotécnica se perforaron siete pozos a lo largo del eje de la presa, determinando el tipo de roca, andesita altamente fracturada, con ensayos de Lugeon y Lefranc se determinó que la roca es altamente permeable. Se ha diseñado el programa grout, mediante perforación y consolidación, abanico, bomba primaria, secundaria, terciaria y cuarta. La mezcla de diseño para mortero de cemento, en base a la relación agua y cemento es: 0.9:1. Finalmente se consolido la reducción de la permeabilidad en el área de trabajo.

1.6 Bases teóricas

1.6.1 Movimiento del fluido en estratos de roca y suelo.

La porosidad en un estrato de suelo está compuesta de microcanales muy agudos, con secciones irregulares, que realizar un análisis a través de los poros presentes individuales sería impracticable. Sin embargo, en aquellas investigaciones que involucran la infiltración a través del suelo, el estudio del flujo individual en cada poro, por ejemplo, no es el fin de la infiltración. Por el contrario, se busca encontrar el modelo representativo de los flujos en conjunto del grupo total de los poros existentes en un determinado estrato, de modo que, sea una muestra lo suficientemente grande para determinar una muestra del estrato en estudio.

1.6.2 Ley de Darcy.

La infiltración o flujo por porosidad está determinada por la Ley de Darcy en 1856, Darcy estudio los parámetros que determinaban ciertas características de los fluidos a través de estratos. Encontró que el caudal Q , para una muy mínima velocidad, es:

$$Q = \frac{\partial V}{\partial t} = k \cdot i \cdot A$$

Según: Q : Caudal (cm^3/seg)

∂V : Diferencia de volumen en un lapso

∂t : Variación del tiempo

k : Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)

i : Gradiente hidráulico

A : Sección de filtro (cm^2)

En caso de tomar en cuenta la ecuación de continuidad

$$Q = v \cdot A$$

Donde: Q: Caudal (cm³/seg)

v: Velocidad (cm/seg)

A: Área (cm²)

La relación final es:

$$v = k \cdot i$$

1.6.3 Coeficiente de permeabilidad.

Según Darcy, también incluye a la velocidad, dicha velocidad se define como el volumen de agua que fluye en unidad de tiempo a través de un conducto de filtración.

$$v = i_p \frac{K}{\eta}$$

Donde: v: Velocidad en cm/seg

η : Viscosidad, en KN seg/cm²

K: Constante de permeabilidad, en cm²

i_p : Gradiente en KM/cm³

En esta investigación, es importante mencionar el ábaco de Casagrande & Fadum donde determina rangos de optimidad para el valor del coeficiente de permeabilidad en presas de tierra, se encuentra en la siguiente figura:

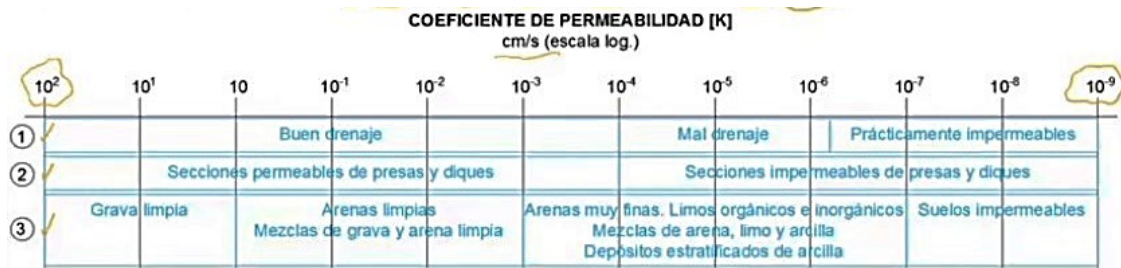


Figura N.º 1. Variación de K, según Casagrande & Fadum

1.6.4 Ensayo de permeabilidad.

Los ensayos nos permitirán determinar la velocidad del agua a través de la porosidad y fracturas en los estratos en el trayecto del sondeo.

La permeabilidad de un estrato de roca o suelo, puede determinarse in situ o en el laboratorio, en ésta última será más fiable, dado que la permeabilidad depende mucho de parámetros relacionados a la microestructura o disposición de partículas del material en estudio, sin embargo, debido a que generalmente los macizos en estudio son de volúmenes muy grandes y esa difícil obtener una muestra representativa para analizar en el laboratorio, suele ser más habitual realizar un grupo de pruebas in situ, que obedezcan a guías empíricas en campo.

Sin embargo, la permeabilidad es una de las características más heterogéneas y variables, debido a que los macizos en estudio son usualmente de dimensiones muy grandes. Para poder medir la permeabilidad de un estrato determinando, es más adecuado hablar de una jerarquía de magnitud (notación científica) que de medidas exactas. En estratos sanos, la permeabilidad seguramente sea mínima, del orden del $10^{-9} - 10^{-11}$ cm/s, aunque si el estrato está conformado por rocas porosas o con

fracturas como arenisca, por ejemplo, se puede medir la permeabilidad hasta 10^{-4} cm/s. Finalmente la permeabilidad de un estrato de roca con diaclasas, puede llegar a 10^{-3} y 10^{-4} cm/s. El procedimiento más usado para medir la permeabilidad en estratos de roca es el ensayo Lugeon.

1.6.5 Ensayo de permeabilidad Lugeon.

Se realiza en el interior de las perforaciones y permite calcular la infiltración de agua en estratos de roca, en cualquier tipo de estrato por litología y condición de fracturación. Se llevan a cabo de acuerdo el avance de la perforación, para que el agua pueda inyectarse en las fisuras es necesarios ejercer presiones bastante altas, luego de una perforación de aproximadamente cinco unidades de distancia. A continuación, se fija un obturador en la parte superior del tramo de perforación y se bombea agua.

Durante la inyección a un caudal constante se mide durante diez minutos, luego se incrementará la presión. El grupo de presiones a aplicar dependerá del estado de fisuración, sin embargo, se deben realizar inyecciones de forma cíclica hasta completar la máxima presión determinada para ese tramo. Es poco usual que esta presión llegue o sea mayor a 10 kg/cm^2 , para lo cual se determinado en el conjunto de presiones previas un máximo de seguridad, que permitirá llevar con efectividad la operación, además de que con este protocolo se previene de causar una alteración artificial a la roca que pueda ser causa de una interpretación no fiel de la permeabilidad.

El ensayo Lugeon presenta una máxima en baja permeabilidad, a partir de aquí son directamente proporcionales y se incrementarán en conjunto de acuerdo con lo siguiente:

- En 1 a 5, cada variación de una unidad.
- Entre 5 y 10, son de 2 unidades.
- Entre 10 y 15, son de 5 unidades.
- Entre 15 y 50, son de 10 unidades.
- Entre 50 y 100, son de 30 unidades.

Para el caso anterior si se superan las 100 UL el tratamiento con inyecciones es muy necesario.

Las UL no deberían tener decimales, esto permite hacer una comparación muy instructiva, y determinar los siguiente:

- Flujo laminar o turbulento
- Fisuras que se dilatan
- Fisuras que están siendo cerradas.
- Vacíos que se reducen.

1.6.5.1 Criterios para la presión.

La primera forma europea, nace del mismo Lugeon y se caracteriza por el uso de grandes presiones; y la segunda, la americana, por el contrario, se centra en la aplicación de bajas presiones, para luego ir incrementando las mismas y obtener un rango mayor de resultados.

En la actualidad se someten los estratos a presiones máximas que no alteren las condiciones naturales de las rocas del momento previo de la prueba, para evitar la alteración del macizo. La presión media que se utilizara luego debe ser exactamente la mitad de la presión inicial.

1.6.5.2 Equipo para utilizar.

1.6.5.2.1 Equipo de perforación e inyección.

La perforación destructiva se efectúa con una perforadora roto-percusiva, truck drill. Los trabajos de perforación garantizaron acabados lisos en las perforaciones del sondeo para tener la inyección directa, en la presa 2 fue necesario instalar los tubo-manguito, accesorio que secuencia y optimiza la inyección de lechada. Para la perforación e inyección de los sondeos se utilizaron los siguientes equipos:

- **Obturador o pácker:** Neumático, con su correspondiente tubo de inyección adosado (véase fotografía N.º 1). Los inflables tiene partes Bimbar reforzadas con cables de acero y aisladas con caucho, el cabezal móvil permite ir aumentando su tamaño conforme se realiza la exploración. Se debe considerar que existen distintos tipos de obturador que deben ser considerados de acuerdo al diámetro de la perforación, esto a tomar en cuenta según sea el caso.



Fotografía N.º 1. Obturador o Packer simple.

- **Bomba:** Con control de presión alto, de varios pistones, o de gusano, para los ensayos con gran generación de caudal, para esto considerar la centrífuga.
- **Caudalímetro:** También llamando medidores de presión se instalan en las tuberías que conectan las bombas para el control de las mismas. (Véase Fotografía N.º 2).

La sensibilidad de los caudalímetros es fundamental para la realización de un ensayo correcto, al respecto debe considerarse la constante calibración de estas.



Fotografía N.º 2. Caudalímetro.

- **Manómetro:** Sirve para la medición de la presión en zonas de inyección cerradas. Al igual que los caudalímetros, los manómetros deben ser revisados y calibrados constantemente para tener certezas de sus medidas, es indispensable ver el estado de todos sus elementos y verificar su sensibilidad, ver Fotografía N.º 3.



Fotografía N.º 3. Manómetro con lectura hasta 10 bares.

- **Stuffing box:** servirá como un elemento de impermeabilización en las líneas del equipo de inyecciones (Ver fotografía N.º 4).



Fotografía N.º 4. Stuffing Box.

- **Mangueras de presión:** Mangueras que estarán conectando lo distintos elementos del sistema de inyecciones, están diseñadas para soportar altas presiones y son de diámetros pequeños.
- **Llaves reguladoras:** Permiten el control de las inyecciones y bombeos,
- **Regulador de gas para presión inerte:** Será necesaria para el control del nitrógeno, debe someterse antes, a pruebas de efectividad y seguridad debido a lo peligroso que puede resultar una fuga de dicho gas. Ver Fotografía N.º 5.



Fotografía N.º 5. Regulador de presión de balón de nitrógeno.

- **Agua limpia:** Servirá para la inyección y cálculo de la permeabilidad del estrato en estudio.
- **Sonda eléctrica:** De acero inoxidable o de níquel latonado, conformado por un cable con inscripción métrica y un sistema de polea pequeño. Presenta herramientas de apoyo como lámparas, baterías, alarmas y un calibrador de sensibilidad.
- **Balón de nitrógeno:** Debe tomarse extrema precaución en el uso de este gas, la inercia de este es una propiedad indispensable para este ensayo.
- **Línea de inflación:** Son líneas de mangueras que soportan mucha presión, generalmente vienen en diámetros pequeños y de materiales resistentes. Ver Fotografía N.º 6.



Fotografía N.º 6. Manguera de inflación.

- **Disipador de turbulencia:** Permitirá reducir casi en su totalidad las irregularidades en el caudal.



Fotografía N.º 7. Sonda piezométrica.

El equipo de inyecciones tiene la capacidad de suministrar una dosificación y realizar un mezclado exacto, manteniendo las proporciones, suministra y bombea la lechada en sondeos en forma continua y a presión constante.

Los manómetros para la inyección cuentan con un control para cuidar y monitorear el flujo de absorción y no exceder la presión máxima de inyección (10 kl/cm²), evitando hidro fracturar el terreno o migraciones de lechada fuera del área de impermeabilización.

La central de inyección presenta un sistema de circulación de doble salida en el cual se suministra la mezcla de la bomba, y la otra como retorno, la operación de inyección se ejecuta sin interrupción.

1.6.5.2.2 Equipo para calidad.

Para los trabajos de inyección fue necesario implementar un laboratorio de campo con el objeto de efectuar un estricto y eficiente control de calidad de las inyecciones de impermeabilización.

Para el control de calidad y ensayos de laboratorio se implementa un pequeño laboratorio en campo con los siguientes instrumentos:



Fotografía N.º 8. Cono March.



Fotografía N.º 9. Probetas de ensayo de diferentes capacidades volumétricas.



Fotografía N.º 10. Briquetas.



Fotografía N.º 11. Termómetro digital.



Fotografía N.º 12. Balanza para densidades y lodos.

1.6.5.3 Sobre la realización de la prueba.

La primera referencia para la elección de la zona de ensayo será en función a los testigos y pruebas realizadas in situ, a partir de ahí se pueden considerar otros parámetros, como los que se nombran a continuación.

Se eligen las zonas en base a los siguientes criterios y variaciones de los mismos:

- Fallas localizadas en niveles inferiores al nivel freático.
- Áreas con fracturas considerables en niveles inferiores al nivel freático.
- Tipo de roca

- Unidad hidrogeológica (variaciones en la frecuencia de fracturas)
- Roca.

Verificado el sello, se deben tomar los siguientes datos correspondientes al tramo: Profundidad y longitud y diámetro. Luego, inicia el bombeo de agua al taladro, se fija la aguja del manómetro a la presión preestablecida mínima. Luego de estabilizada, se mide el consumo por intervalos de tiempo unitarios. Luego se realizan un promedio de diez lecturas para la reducción de error en la lectura.

Luego de determinar es estado en presión mínima, se realiza más iteraciones del procedimiento tomando en cuenta las presiones intermedias y máximas, para terminar con las medias y mínimas.

1.6.5.4 Elección del valor Lugeon.

Según su representación aproximada, una unidad Lugeon puede explicarse como que, si existiera un estrato poroso, el cual se somete a una prueba de inyección, en el cual se midiera que su infiltración es igual a 1 UL, la permeabilidad de dicho estrato sería de acuerdo a Lugeon:

$$k = 1,3 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$$

Entonces, el valor representativo de Lugeon o UL sería de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$UL = \alpha \times \frac{q}{L} \times \frac{P_o}{P}$$

Para el Sistema Internacional de unidades, en su acepción de las UL, ha sido necesario introducir el factor “ α ” en la ecuación y así poder facilitar su aplicación en otros sistemas de unidades. Dicho factor toma el valor de 1 cuando las unidades empleadas en la ecuación son de la siguiente forma: q (l/min), y L (m); P (MPa); y toma un valor de 12.42

en el Sistema Inglés: q (gal/min), L (ft) y P (psi). De acuerdo con las conclusiones de muchos autores sobre la elección del valor Lugeon, entre ellos Houlby (1976), contrariamente a lo que se podría determinar, la elección del valor Lugeon no debe corresponder al medido durante la mayor presión aplicada, sino que una medida más fiable sería considerar aquellos hallados durante las presiones medias y bajas.

Luego, según el valor en UL elegido, se considera lo siguiente:

- 0 - 1 Unidades Lugeon (UL) - muy favorable
- 1 - 3 Unidades Lugeon (UL) - favorable
- 3 - 10 Unidades Lugeon (UL) - desfavorable
- ≥ 10 Unidades Lugeon (UL) - muy desfavorable

De lo indicado anteriormente se sabe que, cuando $UL < 3$ el flujo es laminar, existen fracturas muy finas en el estrato, y por lo general no es necesario realizar tratamiento con inyecciones.

1.6.5.5 Determinación cuantitativa del punto de retorno.

El punto de retorno de la curva, Presión Efectiva – Absorción, permite conocer la presión máxima de resistencia del estrato de roca sin modificar las condiciones antes del ensayo de este material, puede apreciarse gráficamente esta presión, siempre y cuando la resistencia del estrato de roca en estudio sea menor que las presiones aplicadas, se debe tomar en cuenta también, que el único caso donde no se pueda apreciar cuantitativamente en presiones máximas, será cuando el flujo sea turbulento o la absorción inicial del estrato sea muy grande.(Ver figura N.º 2).

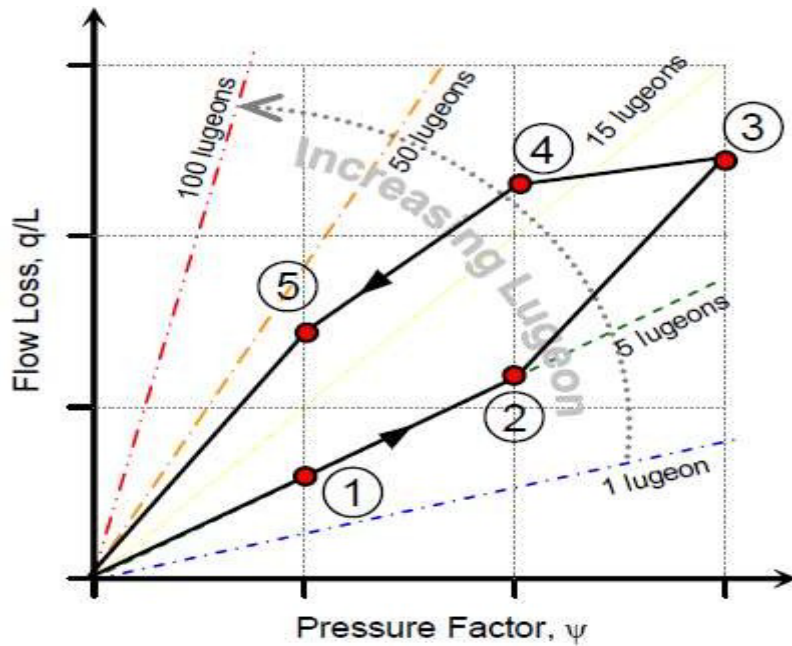


Figura N.º 2. Curva de absorción - Presión efectiva.

Fuente: Camilo, 1991.

1.6.5.6 Interpretación gráfica de las barras de estado de presión.

La medida de infiltración en unidades Lugeon no es la única característica que se podrá determinar con este ensayo. Para realizar interpretaciones, se utilizan 5 ensayos medidos de los cuales se obtendrán cinco valores Lugeon, cada uno para una medida de presión distinta, éstos se usarán para determinar, entre otros, el régimen del flujo en este tramo.

En el gráfico, los incrementos de presión se indican mediante barras verdes. Obsérvese cómo la presión sube a un máximo durante el tercer paso y luego cae simétricamente. Las barras que se muestran en rojo y azul representan los valores en UL, medidos para sus valores de presión correspondientes.

En el primer caso, se muestran los valores variables para cada paso de presión, lo que indicaría un caso de flujo laminar, pero no distinto, con una mezcla de tamaños de trazas de agrietamiento y condiciones encontradas durante la mayor parte del período de

prueba. Si el flujo cumple con ser de este tipo, cualquiera de los cinco valores del ensayo Lugeon puede tomarse como resultado de prueba para dicho rango, además de promediarse.

Para el segundo caso, de la misma figura, se presenta una figura simétrica con el valor más bajo correspondiente al punto de mayor presión, concluyendo este como un flujo turbulento. De la misma forma que el anterior caso, este valor debe ser considerado como resultado para el tramo.

La secuencia de valores del tercer caso es inversa a la anterior. La presión más alta indica un valor mucho mayor de unidades Lugeon que en las otras divisiones de tramos de presión. Esta presión a dilatado los conductos de porosidad en el estrato, sin embargo, la dilatación es temporal, en este caso se representará el valor representativo para el tramo, considerando el de menor, dado que se ha concluido que la expansión de los poros es temporal.

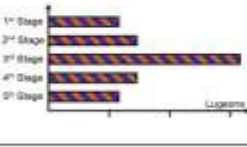
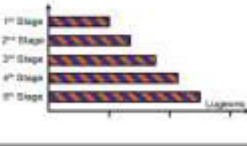
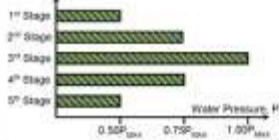
En el cuarto caso, se presentan permeabilidades que están en expansión. Esto es indicativo del lavado de grietas o del ingreso de partículas en las fisuras que impiden el cierre. Primero se puede concluir que la presión utilizada es muy alta. La presión que debe tomarse como representativa es la de la última práctica, con esto se presume que la presión elegida sea lo más cercana a la presión de la presa en es punto cuando se encuentre en servicio.

Por último, se observa el inverso total de la secuencia anterior. La reducción de las unidades Lugeon es constante, indicando que las porosidades presentes se han ido cerrando y por lo tanto el avance del agua es cada vez menor. Lo correspondiente es continuar con el ensayo disminuyendo la presión utilizada, hasta que se confirme el cierre de los vacíos existentes. El valor representativo del tramo debe ser el menor medido al final de la

prueba, este indica la permeabilidad que se ha alcanzado finalmente para la misma perforación, ver siguiente tabla.

Tabla N.º 2.

Interpretación de los valores de Lugeon (UL)

BEHAVIOR	PRESSURE STAGES	LUGEON PATTERN	DESCRIPTION	REPRESENTATIVE LUGEON VALUE
LAMINAR			All Lugeon values about equal regardless of the water pressure	Average of Lugeon values for all stages
TURBULENT			Lugeon values decrease as the water pressures increase. The minimum Lugeon value is observed at the stage with the maximum water pressure (3 rd stage)	Lugeon value corresponding to the highest water pressure (3 rd stage)
DILATION			Lugeon values vary proportionally to the water pressures. The maximum Lugeon value is observed at the stage with the maximum water pressure	Lowest Lugeon value recorded, corresponding either to low or medium water pressures (1 st , 2 nd , 4 th , 5 th stage)
WASH-OUT			Lugeon values increase as the test proceeds. Discontinuities' infillings are progressively washed-out by the water	Highest Lugeon value recorded (5 th stage)
VOID FILLING			Lugeon values decrease as the test proceeds. Either non-persistent discontinuities are progressively being filled or swelling is taking place	Final Lugeon value (5 th stage)

1.6.6 Geología de superficie.

El área determinada para esta investigación, se ubica en la zona alto Andina, por lo tanto, el sector casi todo el año está expuesto a la humedad de la vertiente del Lago Titicaca, considerando además que temporalmente en la zona llueve, por lo que la acción meteórica ha actuado de una manera activa en la modelación de los ríos que nacen en la

parte alta teniendo como alimentador lagunas, que a su vez han sido alimentadas por los deshielos de las altas cumbres existentes cuya cota sobre pasa los 4500 msnm.

Los materiales que prevalecen a lo largo del eje de la presa están constituidos por suelos y rocas, en el lado derecho sobre la roca, se encuentran materiales morrénicos constituido por limos arenas y gravas, con mínima cobertura de suelos orgánicos, como se muestra en las fotos.



Fotografía N.º 13. Calicatas en lado izquierdo y derecho del eje de presa.

En el lado derecho, se puede observar que la morrena se encuentra en la parte baja del cerro, se puede observar roca del grupo Tarma, constituido por areniscas calcáreas y calizas; mientras que, en el lado izquierdo, el grupo Tarma ha sido completamente erosionado, quedando vestigios de la formación, siendo la más importante el estrato guía que se puede observar en el talud de la carretera de acceso a la mina antigua.



Fotografía N.º 14. Estratos del grupo Tarma en el lado izquierdo de la Laguna.

La presencia de los estratos rocosos del grupo Tarma, constituido por areniscas calcáreas, nos brinda indicios de que la roca está presente y que los suelos se encuentran como cobertura.

Esta deducción, ha sido corroborada, con la investigación de prospección Geofísica y los trabajos de perforación diamantina, ya que tanto en las líneas tomográficas sísmicas, como en los sondajes eléctricos verticales se destaca la roca en profundidad en la zona del Talweg y lado derecho de la laguna, mientras que, en el lado izquierdo, se hace más evidente la presencia de roca, asegurando que, a mayor profundidad, la roca se encuentra más intacta.

1.6.7 Boquillas de las presas y obras conexas.

En el caso de la presa Silicucho, se presentan dos boquillas, una de ellas es en la zona del riachuelo, que se forma por rebose de la laguna Silicucho, y que el cauce natural ha sido cubierto por materiales glaciario-fluviales, alcanzando 5.90 m en la zona del Talweg, 4 m en el lado derecho y 2.50 en el estribo derecho. En el lado derecho la pared conformada por el grupo Tarma es de gran altura, como se muestra en la foto.



Fotografía N.º 15. Boquilla Presa 1.

La cobertura es material glaciofluvial, constituido por bolones, en una matriz areno gravo limo arcilloso. En las calicatas, el nivel freático que se encontró a 1.20 m, con la presencia de las lluvias ha ascendido a ras de superficie.

La segunda boquilla, se encuentra a 350 m en el lado izquierdo de la laguna y es de menor profundidad, sin embargo, la roca se encuentra con una cobertura menor; en el estribo derecho a 0.10 m de profundidad, en la zona del Talweg a 1.50 m y en el estribo izquierdo a 0.40 m.



Fotografía N.º 16. Boquilla Presa 2.

En el caso de la presa 1, la roca de contacto es arenisca calcárea, mientras que en la boquilla 2, la roca de contacto Limo arcillitas verdosas, es la misma roca que se muestran en la foto de la vía. La cobertura de suelo en este caso son arenas limosas, con poco contenido de grava. En el lado o estribo izquierdos aparece una pequeña colina, donde se ejecutó un sondaje eléctrico vertical (SEV), para este caso la cobertura es material morrénico 3.50 y debajo roca, que indudablemente es la misma roca detectada en el estribo izquierdo mediante perforaciones, pero que en la creta son areniscas calcáreas.

Sobre la base de la conformación rocosa y por cuanto el agua discurre sobre la roca, se puede manifestar que la cimentación es permeable, esto ha sido comprobado con las perforaciones diamantinas, donde no se ha detectado roca intacta.

1.6.7.1 Geomorfología de la boquilla.

Geomorfológicamente, se puede manifestar lo siguiente:

El eje de presa 1, se puede distinguir:

- El cauce actual del riachuelo, que en este caso es en “U”.
- El estribo derecho flanqueado por el cerro conformado por las areniscas del grupo Tarma.
- El estribo derecho flanqueado por la colina amplia de conformación rocosa también del grupo Tarma.

En lo que se refiere al eje de presa 2.

- El cauce antiguo del riachuelo, que en este caso es una “U” más cerrada.
- El estribo derecho flanqueado por la colina amplia de conformación rocosa del grupo Tarma.

- El estribo izquierdo flanqueado por la pampa sinuosa con ligera pendiente hacia el Este con afloramientos rocosos también del grupo Tarma, en este caso en la calicata 6, se pudo observar la roca de coloración verdosa.

1.6.7.2 Procesos geodinámicos.

Los procesos geodinámicos han influido en la conformación de la laguna actual y también de las boquillas de las presas 1 y 2 actuales.

Inicialmente la laguna desaguaba por la boquilla de la presa 2, y por un fenómeno de huayco del lado derecho, taponó el cauce del lado izquierdo de la laguna, y por erosión la laguna comenzó a rebosar por el cauce actual, donde de acuerdo a los resultados de las perforaciones, la roca de la boquilla de la presa 1, se encuentra más fracturada que en el área de la boquilla de la presa 2.

El proyecto se desarrolla en la zona 2, en el mapa correspondiente a la zonificación sísmica, por lo tanto, la acción de los sismos es moderada. La construcción del dique para contener el agua, materia de evaluación, al encontrarse situado en los Andes Centrales, tiene la particularidad que es alimentado por aguas de escorrentía y también por deshielos de la cordillera. En el área en estudio, no existen evidencias de hundimientos, aguas arriba del área donde se construirá la presa en la laguna Silicucho, los desprendimientos de tierras no son frecuentes en este lugar. Por la topografía de laderas, se pueden originar huaycos y aluviones, los que han labrado la topografía actual, erosionando en forma insistente los cauces de quebradas para dar paso al relieve existente. En la zona de estudio no se han observado fenómenos de geodinámica externa, como son asentamientos, corrimientos, deslizamientos en masa activos que comprometan las obras

1.6.7.3 Naturaleza de la estructura.

En las perforaciones se encontró roca, con fracturas que podrían ser de alto riesgo, sin embargo, las pruebas de permeabilidad arrojan constantes de 10^{-3} e inclusive en la perforación 2, en la zona del Talweg, arroja 10^{-4} a una profundidad de 10 m. Esta situación hace suponer que en el lado derecho la roca se encuentre más fracturada, sin embargo en el lado izquierdo se presentan las mismas condiciones que en el lado derecho esto significa que en profundidad la roca se encuentra más compacta. Y tratándose del Talweg, facilitará el represamiento de la laguna Silicucho.

1.6.7.4 Espesor de las acumulaciones o materiales no consolidados.

En el cuadro N.º 1, se presentan los datos correspondientes:

Tabla N.º 3.

Estratos identificados

Ensayo-SEV	Profundidad de Roca (m)	Perforación diamantina	Profundidad de Roca (m)
SEV1	10.00	Perf 1 Lado derecho	4.00 Fracturada
SEV2	7.00	Perf 2 Talweg	5.90 Fracturada
SEV3	3.00	Perf 3 Lado izq.	2.50 Fracturada
SEV4	5.00	Perf 4 Lado derecho	0.10 Alterada
SEV5	15.00	Perf 5 Talweg	1.00 Poco Alter
SEV6	.-	Perf 6 Lado izq.	0.10 Poco Alter

Nota: La perforación diamantina se ejecutó en ambos ejes de presa.

1.6.7.5 Presencia y efectos de agua subterránea.

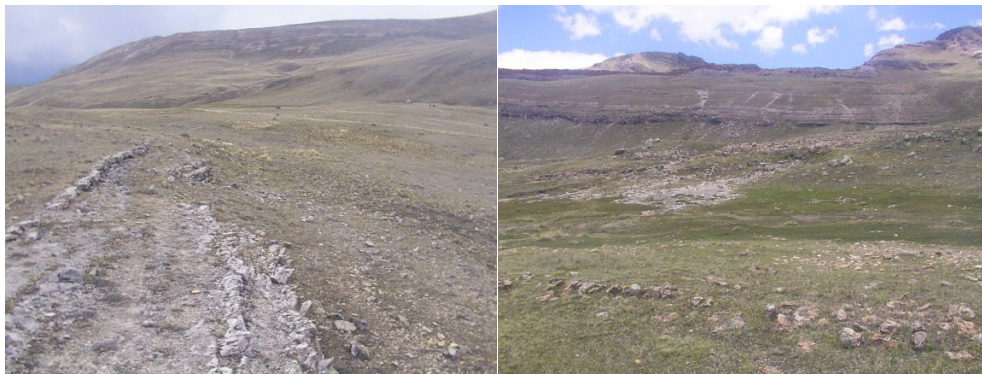
El área de estudio se encuentra en una laguna Antigua, flanqueada por la roca de basamento, en la zona del Talweg, la roca, hace que se empoce el agua, y esta sale por reboce hacia el cauce del riachuelo. Los principales sistemas hidrogeológicos, se desarrollan fundamentalmente a partir de la infiltración de las lluvias, también por sumas laterales subterráneas de las unidades hidrogeológicas locales cuya área de influencia se encuentra en el emplazamiento de la laguna y por los afluentes superficiales. Se tiene un sistema de recarga producto de la lluvia en la misma microcuenca. En ninguna de las dos boquillas se observa filtración de agua, por lo tanto, se puede afirmar, que, en condiciones normales, la cimentación es apropiada y no se presentarán fugas de agua indeseables. Fuera de la línea de presa no existe ningún afloramiento de agua y esto ha sido comprobado en la excavación de calicatas para los canales.

1.6.7.6 Aliviadero de demasías.

En lo que se refiere al aliviadero de servicio, por encontrarse materiales apropiados y cuya descarga será por el lado derecho de la laguna, en la zona más rocosa, en este caso, requiere construir solamente construir una obra de disipación de energía en el lugar de descarga en el cauce de la quebrada. El sector más apropiado, para la ubicación del aliviadero de demasías, es el lado izquierdo, puesto que es la zona más apropiada, el rebose puede utilizarse para el riego del área agrícola aledaña a la laguna en los períodos cercanos al de estiaje. La ubicación del aliviadero de demasías es en el lado izquierdo, por las siguientes razones:

- El desagüe del embalse por el lado derecho será de menor poder erosivo, puesto que en este sector la descarga será lejos de la cortina, teniendo en cuenta además que será sobre roca, en el cauce de la quebrada adyacente al riachuelo.

- En el lugar de descarga será necesario construir una obra de disipación de energía, por cuanto la roca en este sector podría erosionarse en forma progresiva.
- El caudal de rebose por el aliviadero servirá para aprovecharlo antes del periodo de estiaje teniendo en cuenta que el agua en estos lugares es de gran necesidad para formar humedales para hacer crecer pasto para el ganado lanar.



Fotografía N.º 17. Zona de vertedero de demasías en el lado izquierdo del eje de presa.

La conexión de la descarga del aliviadero con las áreas de cultivo adyacentes a la laguna de Silicucho, será de suma importancia para poder contar con agua en los periodos antes de la sequía y el agua fluya por el aliviadero.

1.6.7.7 Vaso de la Presa

En lo que se refiere al vaso, la laguna Silicucho, abarca gran porcentaje del vaso, y se encuentra rodeado por material rocoso, en este caso la forma del vaso es alargada, con presencia de acumulaciones de material de arrastre en la cabecera de la laguna Silicucho, que han originado colmatación tanto en el lado derecho del vaso, como en la cola.

El vaso relacionado con la laguna Silicucho, es una depresión alargada, con partes redondeadas tipo pera, con dirección Noreste-Suroeste, y de forma irregular; se trata de un

vaso que han sido esculpido en roca por erosión glacial, por los deshielos en el período post glacial, consecuencia de ello se puede observar acumulaciones en el lado Noroeste del vaso, cuyas acumulaciones se mantienen húmedas por el aporte de manantiales.

El vaso y laguna Silicucho, se encuentra rodeado por el lado derecho por roca del grupo Tarma que consiste en areniscas, mientras que las areniscas están intercaladas con estratos de calizas por el lado izquierdo, en este lado la erosión ha sido intensa, puesto que ha dejado una terraza con inclinación hacia el lado opuesto de la laguna. En la cola de la laguna se encuentran grandes acumulaciones de material glaciofluvial.

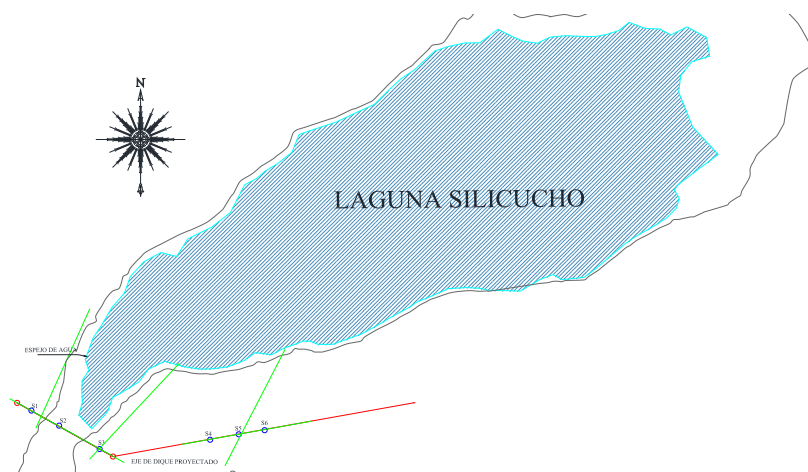


Figura N.º 3. Morfología del vaso Silicucho.

Como se puede observar en la imagen, el embalse Silicucho, serviría para disminuir la erosión en la parte baja del riachuelo, para evitar la desestabilización.

1.6.7.8 Condiciones de estanqueidad en el vaso.

El vaso Silicucho en relación con el represamiento, se considera impermeable en condiciones normales, por las siguientes razones:

- Posición estratigráfica de la roca a 5.90 m en la zona del Talweg, donde se prevé poca posibilidad que pudieran estar fracturadas, lo cual le comunica condiciones de impermeabilidad.
- Estructuras geológicas como fallas, cavidades agrietamientos, no detectados en la exploración geofísica (si las hubiera, estarían selladas por material arcilloso) y cuyas condiciones hidrogeológicas de permeabilidad son neutralizadas, por una roca sólida.
- Por tratarse de roca competente por horizontes, se presume que, a mayor profundidad la roca será de mayor compacidad, por lo tanto, las fuerzas sísmicas serán prácticamente anuladas por la elasticidad del basamento rocoso.

1.6.7.9 Configuración geomorfológica del vaso.

El vaso está conformado de la manera siguiente:

La laguna Silicucho está rodeada por depósitos no consolidados superficialmente y también por roca en el lado izquierdo, lo que le brinda un paisaje irregular, por cuanto en la cola los depósitos fluvio glaciales, le brindan una característica verdosa, por la poca pendiente de las acumulaciones y por la presencia de pastos. En el lado izquierdo, la presencia de la boquilla, y cerca de la laguna la presencia de afloramientos rocosos es manifiesta, entre las dos boquillas las cuales se encuentran separadas por una colina rocosa. Esta colina, se utiliza como un mirador, por cuanto de este lugar se puede observar las dos boquillas y el vaso de la laguna. El lado izquierdo de la laguna se presenta como una pampa sinuosa. Mientras que el lado derecho se encuentra flanqueada por las estribaciones del cerro conformado por el grupo Tarma. En las orillas del lado izquierdo de la laguna existen horizontes de roca del grupo Tarma y se prolongan con dirección Sur y buzamiento de poco ángulo hacia el Este.



Fotografía N.º 18. Afloramiento de roca lado izquierdo, laguna Silicucho.

1.6.7.10 Naturaleza, profundidad y forma de la roca.

En el lado izquierdo de la laguna, la roca aflora, como se puede observar en la foto: La roca forma parte del grupo Tarma y está constituido por areniscas, areniscas calcáreas, las areniscas calcáreas reaccionan ante la presencia de ácido.

En el lado derecho, en las calicatas excavadas, no se ha detectado, la roca, sin embargo, en base a las perforaciones efectuadas en el lado derecho de la presa 1, y a los sondajes eléctricos verticales, efectuados en la etapa del perfil, la roca se encuentra entre 5 y 7 m de profundidad cubierta por una secuencia de material fluvio-glaciar constituido por arenas limo arcillosas con contenido de grava, estos materiales tienen una coloración beige.

1.6.7.11 Naturaleza de los procesos geodinámicos actuantes.

Los procesos geodinámicos han influido en la conformación de la laguna y vaso actual, teniendo en cuenta también que la laguna se encuentra en extinción por la colmatación existente, sobre todo en la cola de la laguna. La laguna en ciertos sectores se encuentra muy superficial, y se puede apreciar ciertas plantas acuáticas, y esto es por la presencia de material orgánico en la superficie del fondo de la laguna y en la cola del vaso. Inicialmente la laguna desaguaba por la boquilla de la presa 2, y por un fenómeno de

huayco del lado izquierdo, taponó el cauce del lado izquierdo de la laguna, y por erosión la laguna comenzó a rebosar por el cauce actual.

En resumen, se podría mencionar que los procesos de geodinámica han influenciado en la forma de actual de la laguna:

- Por erosión de las partes altas y acumulación en la cola de la laguna
- Por deslizamiento del lado derecho, y posterior erosión.
- Por la presencia de las boquillas 1 y 2, la boquilla 2 es el cauce antiguo de la laguna.
- Por la altitud a la que se encuentra la laguna (4600 msnm) la acción del intemperismo es activo, como se puede apreciar en la desintegración de la roca aflorante.

Las estructuras, como contactos, y otros, tienen poca influencia en el represamiento de la laguna, por cuanto el rumbo y buzamiento de los estratos aflorantes son favorables para el represamiento. Estructuras desfavorables como fallas discordancias o fisuras abiertas, no se aprecia en los afloramientos. Naturaleza, calidad y volumen de los aportes de sólidos al vaso. El aporte de sólidos al vaso está relacionado con las lluvias, los riachuelos que ingresan a la laguna por la cola, se incrementan en los períodos lluviosos y estos son los que aportan los sólidos a la laguna, pero el transporte es normal y paulatino.



Fotografía N.º 19. Cola de la laguna y erosión de una de las quebradas que aporta sólidos.

En lo que se refiere al volumen de aporte, es parte de la hidrología, pero si se puede mencionar que el volumen puede ser mayor al volumen de agua de la laguna.

1.6.7.12 Presencia y posibles efectos del agua subterránea.

La laguna se ha formado por aporte de agua de escorrentía, pero si existen manantiales alrededor de ella que aportan en los períodos lluviosos, en períodos muy secos la laguna se queda sin agua, esto nos hace avizorar, que el agua subterránea es muy escasa o no existe. En las calicatas excavadas se ha encontrado presencia de agua, y se debe a la presencia de la laguna y algunas de ellas (calicatas), se han llenado por la presencia de lluvia. Esto nos indica, que no existirán efectos negativos que puedan influir en un represamiento normal y estable de la laguna Silicucho.

1.7 Definición de términos básicos

- Inyecciones de Impermeabilización en roca: Es el proceso de inyectado en basamento rocoso con lechadas cementíceas, para abonanzar sus propiedades mecánicas e hidráulicas, así como las condiciones de estanqueidad del basamento rocoso, de modo que se minimice las perdidas por filtración de agua principalmente en el dique de dicho embalse.
- Lechada: Constituye una mezcla de cemento agua y aditivos. La mezcla es diseñada para adaptarse a condiciones geológicas y de penetrabilidad. El agua de mezclar será dulce, limpia y libre de aceite, ácidos, álcali, sales, materia orgánica u otras sustancias perjudiciales.
- Aditivo: Producto material para agregar a la lechada y modificar algunas propiedades o características de esta.

- Relación agua - cemento: La relación en la mezcla entre los pesos de agua y cemento respectivamente.
- Presión de inyección: Presión de entrada de sondeo, mientras se realizan las inyecciones.
- Presión efectiva: Presión en la media de la longitud de inyección del sondeo, mientras se está aplicando la lechada.
- Muro de inyecciones: Perforación de Una serie de inyecciones con un patrón determinado a una profundidad y dirección específicas, para luego, conformar un volumen por superposición de alcance de cada inyección,
- Penetrabilidad: Correspondencia entre el caudal inyectado, y la presión, registrada durante la ejecución de inyecciones.
- Viscosidad: Es la característica que presentan los fluidos, en donde se presenta una oposición al movimiento durante la inyección.
- Perforación de Rotación: Perforación continua consistente en el movimiento circular de la broca sobre el material a perforar, de este tipo son las perforaciones de comprobación con recuperación continua de testigos.
- Re-perforación: Consiste en ejecutar una perforación sobre un punto del eje de inyección ya fraguado, se usa generalmente para realizar los sondeos de comprobación.
- Perforaciones Roto percusión: Este proceso utiliza la máxima potencia del equipamiento de perforación para la destrucción del material por medio de golpes continuos.
- Inyección Ascendentes: Es la perforación de un sondeo hasta la profundidad final en una sola operación continua y el consiguiente lavado, ensayo de presión de agua

y la inyección del sondeo en secciones desde el fondo, por medio de un packer, el cual es colocado progresivamente hasta la superficie.

- Lavado de Taladro: Es el proceso de limpieza de los detritos y lodos de un taladro mediante la inyección de agua y/o aire en el fondo de un taladro, retornando el agua con el material progresivamente hasta la superficie.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

1.8 Método y alcance de investigación

El método es deductivo, porque se presentan conclusiones a partir de los resultados de ensayos iterativos de permeabilidad, a partir de los cuales se llegará a una conclusión general.

Reconociendo la problemática en donde se enfoca esta investigación, se planificó y desarrollo en campo una rutina de verificación para la recolección y observación de los procesos efectuados, entre ellos se resalta el área de tratamiento geotécnico de la fundación de presa, realizando el recojo de información y datos correspondientes de los ensayos, para luego realizar un análisis e interpretación contrastando con modelos y patrones de permeabilidad previos, esto permite definir a este estudio de enfoque cuantitativo.

La investigación es de tipo comparativa porque se requiere comparar algunas variables para contrastar una hipótesis.

El alcance de la investigación abarca a la población detallada en el siguiente aparte, asimismo, dentro de ella, el tratamiento de fundación y cimentaciones, y lo relacionado a la permeabilidad (K), en el contexto de obras similares en entornos y exposición a la infiltración.

1.9 Diseño de la investigación

Es observacional, por su propósito investigativo; es longitudinal, según el número de ensayos y consecuentemente el número de observaciones realizados, debido a que la información se reutilizará en pruebas iterativas con el fin de incrementar la certeza, finalmente es retrospectivo, por su propia cronología

1.10 Población y muestra

La población de estudio para esta investigación está conformada por las presas de tierra con recubrimientos de roca. Los criterios de inclusión y exclusión considerados para la delimitación son los siguientes:

- Propios del proyecto: El parámetro de consideración para presas medianas coronas mayores a los 5 m y altura medida de la cimentación, no mayor de 10 m, que presenten tratamientos geotécnicos en el emplazamiento de su fundación relacionados a la permeabilidad.
- Tiempo: Debido a la evolución de las técnicas de impermeabilización, se toma a consideración la ejecución entre los años 2015 -2020.
- Lugar y Contexto: Ejecutadas en la región Puno, específicamente como embalse de agua para riego.

1.10.1 Muestra.

La población está constituida por:

1. Unidad de Análisis:

Este estudio centra su unidad de análisis en el sistema de riego naciente de la laguna Silicucho, localizado en Urinsaya.

2. Tamaño de la muestra:

De una unidad, específicamente la presa Silicucho, que forma parte del sistema de riego mencionado en el aparte anterior.

3. Selección de la muestra:

La selección de esta presa se realizó porque cumple con los parámetros descritos en el aparte de Población.

1.11 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

1.11.1 Técnicas e instrumentos

Las técnicas de recolección de datos, utilizadas para esta investigación, son la observación directa, formatos de ensayos de los procedimientos emitidos por el personal directo y consultas orales en campo.

Para el caso de la observación directa los instrumentos de recolección de datos fueron: las notas de campo, grabaciones de audio y video, cuaderno de obra y los diarios de planificación.

1.11.2 Procedimientos para la recolección de datos.

Para el procedimiento de recolección de datos necesarios para este estudio se tomaron en cuenta los siguientes apartes.

4. Fuente de datos: la fuente es primaria porque tenemos a disposición directa la documentación de activos de procesos de las organizaciones involucradas.
5. Control de errores: En esta investigación se describe el control de errores, dispuesto en tres partes: en la técnica de observación, debido a que ésta depende directamente de la preparación, estado y condiciones del observador; en los instrumentos de observación, el control se realiza con la calibración de éstos; y finalmente, al objeto de estudio, para evitar la variabilidad, que en algunas ocasiones presentan los involucrados, cuando saben que están siendo observados.

1.11.3 Técnicas para el procesamiento y análisis de información.

En la siguiente figura, se ha presentado un primer esquema para el análisis de datos.

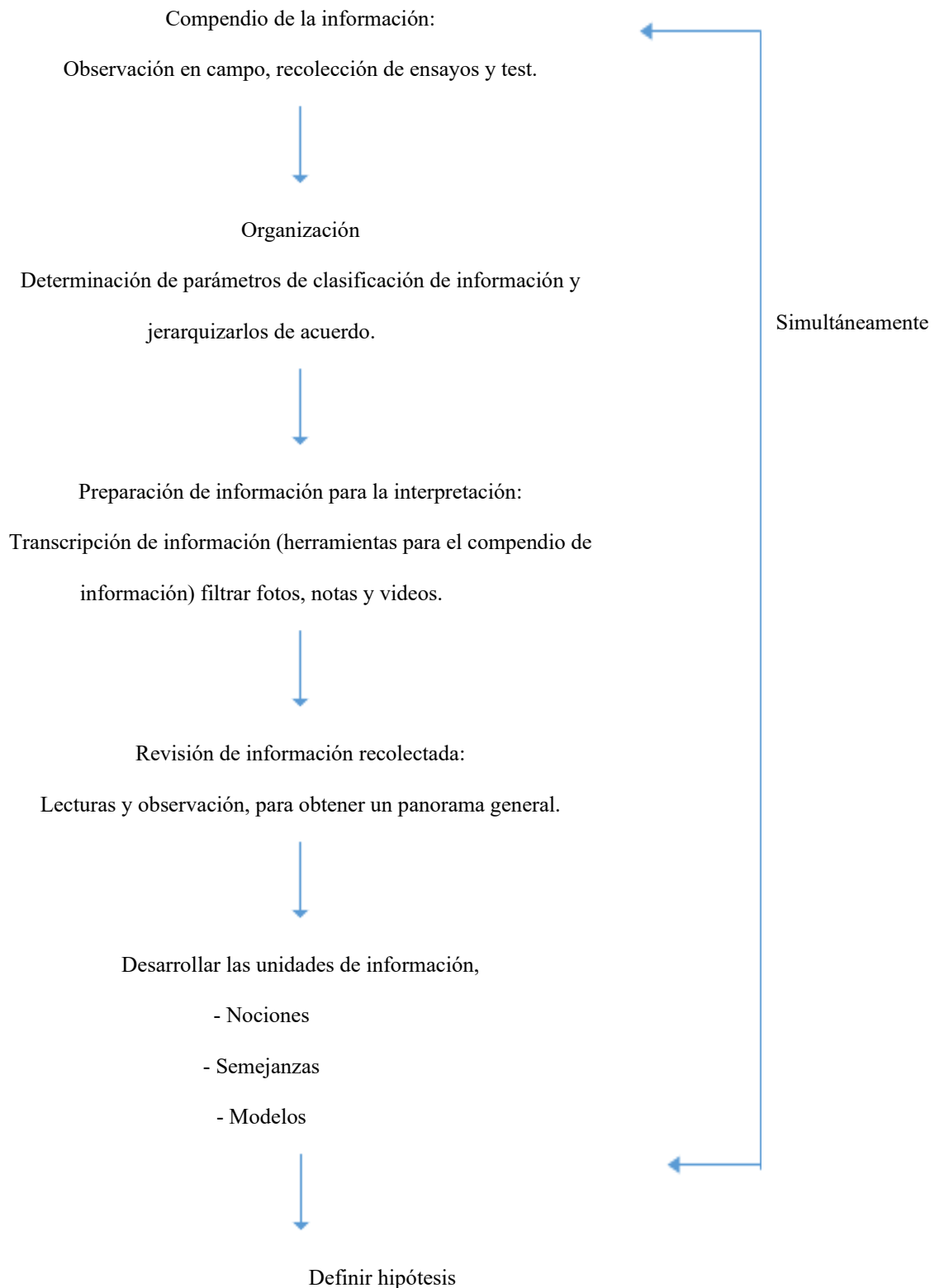


Figura N.º 4. Proceso de análisis basado en los datos cuantitativos.

Fuente: Hernández Sampieri, R. (2006). Metodología de la investigación. México: McGraw-Hill.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.12 Descripción del trabajo

1.12.1 De los estudios finales.

El informe final de estudios de Geología y Geotecnia describe en total seis sondeos en los que se desarrollaron las pruebas: de exploración (perforación diamantina, perforación estándar y penetración tipo cono peck); y permeabilidad, (tipo Lefranc y tipo Lugeon). La ubicación de los sondajes esta descrita en la tabla N.º 4.

Tabla N.º 4.

Ubicación de sondajes, expediente técnico.

Sondaje	Ubicación	Coordenadas UTM		Cota (m.s.n.m.)
S - 01	Flanco Derecho del eje de Presa 1	393467.49	8422302.69	4582.50
S - 02	Cauce del riachuelo Talweg	393496.11	8422291.37	4579.75
S - 03	Flanco izquierdo del eje de Presa 1	393524.68	8422268.87	4583.40
S - 04	Flanco derecho eje de Presa 2	393625.82	8422276.27	4583.30
S - 05	Cauce antiguo Talweg.	393658.34	8422280.67	4582.70
S - 06	Flanco izquierdo eje de Presa 2.	393682.20	8422284.47	4583.70

Fuente: Basado del E.T.

El informe de geología y geotecnia, según su descripción, distingue dos secciones en la presa definidas a partir del ángulo en el eje de presa (PP. 0+075), nombrándola como Presa 1 antes, y Presa 2 después de éste.

Tanto en Presa 1, correspondiente a la zona del riachuelo, y en Presa 2, se desarrollaron tres sondeos respectivamente, que se detallan en la Figura N.º 5, en correspondencia con el emplazamiento de la presa y su descripción en la Tabla N.º 4.

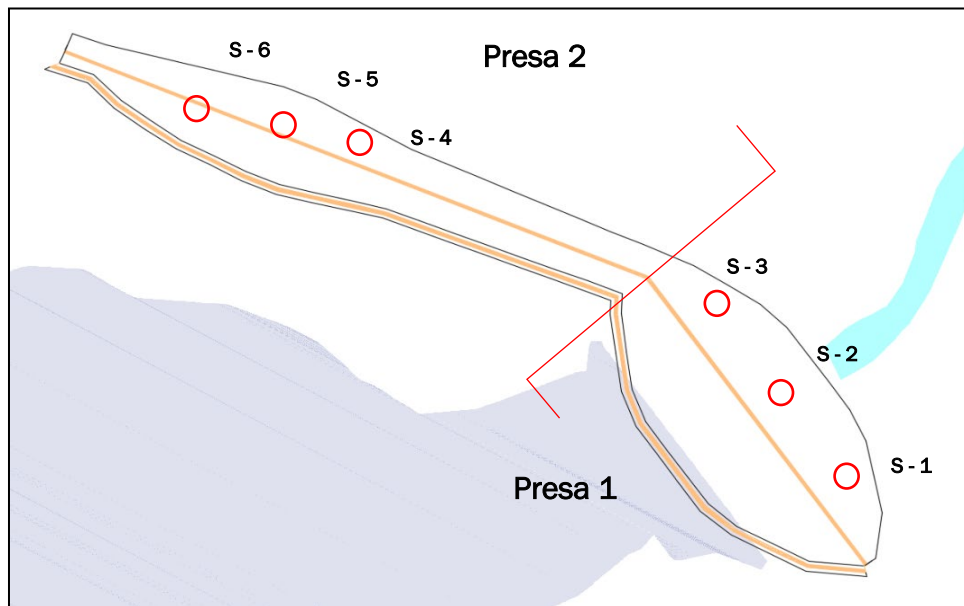


Figura N.º 5. Ubicación de los sondeos respecto a la ubicación de la presa.

1.12.2 De los estudios finales de presa.

En la zona de Presa 1, en la zona crítica (Talweg), los materiales de arrastre de la quebrada y la escorrentía superficial, han enmascarado la roca, con una capa variable tanto de material orgánico, como de material glacio-fluvial (los depósitos se originaron por la erosión y cambio de posición de acumulaciones morrénicas adjudicadas a la desglaciación, y conformados por gravas de grandor hasta de 0.55 m de diámetro, redondeados en un seno arenoso o areno-limoso), en el cauce del riachuelo y material gravo areno arcilloso en el lado derecho y lado izquierdo.

En la zona de presa de menor altura, Presa 2, la roca se encuentra prácticamente, en la superficie.

Se describe la zona de Talweg, Presa 1, como la más crítica por la presencia de suelo orgánico y el afloramiento de roca superficial en la Presa 2.

1.12.3 De la permeabilidad.

Los sondeos de permeabilidad se realizaron en la misma ubicación de las perforaciones para los sondeos: S-1, S-2, S-3, S-4, S-5 y S-6. En la Presa 1, se realizaron a 5 m. aproximadamente, luego en la dirección del talúd aguas-abajo de presa, según la Tabla N.º 5.

Tabla N.º 5.

Ensayos de permeabilidad, expediente técnico

Sondaje	N.º de pruebas	Profundidad máxima (m)	Tipo de ensayo
S-1	1 / 2	3.00 / 15.20	Lefranc/Lugeon
S-2	1 / 1	5.90 / 15.20	Lefranc/Lugeon
S-3	1 / 2	2.40 / 15.20	Lefranc/Lugeon
S-4	0 / 1	8.00	Lugeon
S-5	0 / 1	10.00	Lugeon
S-6	0 / 1	8.00	Lugeon

Fuente: Expediente técnico.

La ubicación para la realización de sondeos en la etapa de estudios (S-1, S-2, S-3, S-4, S-5 Y S-6) fueron definidas en base a la prospección geofísica para el estudio de la cimentación para el represamiento de la laguna Silicucho, se ha efectuado mediante líneas

de refracción sísmica. Además, los tres primeros sondeos (S-1, S-2 y S-3) fueron destinados para el estudio de cimentación de la Presa 1, así como se indica en la Figura N° 03, debido a que compartían características a primera vista, de manera similar para Presa 2 y sus respectivos sondajes (S-4, S-5 Y S-6).

1.12.3.1 Líneas de refracción sísmica.

Se ejecutaron con la finalidad de determinar, fallamientos, y discontinuidades, a lo largo de los ejes de presa y parte del vaso Silicucho y finalmente determinar la ubicación de los sondeos. El estudio fue realizado por la empresa INGEOTECON.

Los ensayos LRS o de Refracción sísmica y mensuración de ondas superficiales en ajuste multicanal MASW, se efectúa con la generación de ondas trepidantes en la zona e ir captando el retorno de dichas ondas con ajustes variables, (ondas Rayleigh) de esa forma obtener las variaciones de velocidad en los contactos.

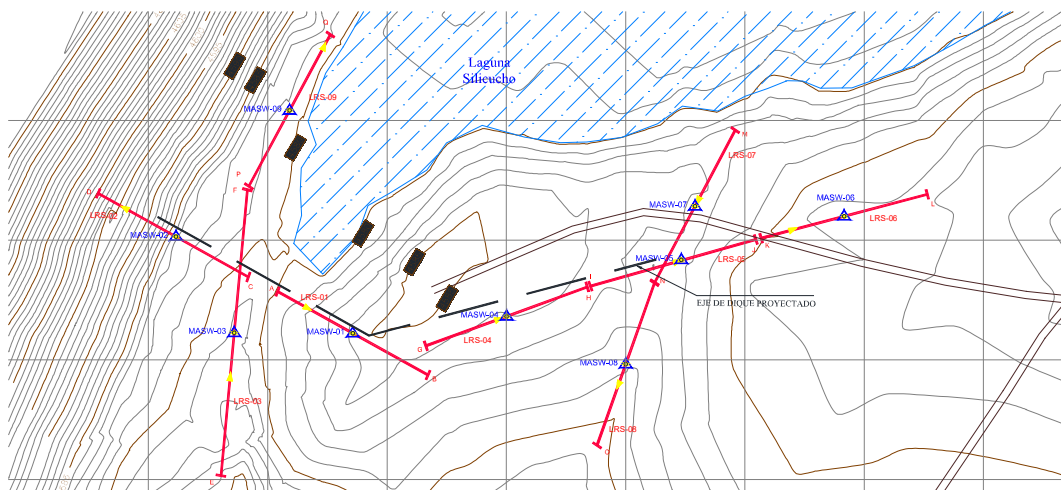


Figura N.º 6. Ubicación de las líneas de refracción sísmica.

Fuente: Estudio de Geología y Geotecnia final del Proyecto.

En la tabla N.º 6, se presenta la ubicación determinada para realizar los sondeos debido a el estudio de refracción sísmica. Finalmente, en la tabla posterior, se establecen las equivalencias de la ubicación de sondeos de la etapa de estudios, respecto a la ubicación de perforaciones utilizadas para esta investigación, que fueron elegidas en función de la ubicación de los sondeos de investigación.

Tabla N.º 6.

Coordenadas WGS 84 – Ensayos geofísicos - Refracción sísmica

Descripción	Ubicación	East (m)	North (m)	Elevación(m)
Lane LRS - 01	Inicio	393504.14	8422278.54	4580.08
	Fin	393567.17	8422243.73	4583.22
Lane LRS - 02	Inicio	393491.90	8422284.64	4579.65
	Fin	393428.94	8422319.58	4599.80
Lane LRS - 03	Inicio	393480.40	8422201.62	4576.03
	Fin	393491.46	8422321.11	4581.24
Lane LRS - 04	Inicio	393566.25	8422255.90	4584.23
	Fin	393633.91	8422280.51	4583.48
Lane LRS - 05	Inicio	393635.22	8422280.83	4583.41
	Fin	393704.54	8422300.31	4584.70
Lane LRS - 06	Inicio	393706.79	8422300.88	4584.84
	Fin	393776.42	8422319.20	4586.62

Fuente: Estudio de Geotecnia final.

De acuerdo con las conclusiones de los ensayos y verificaciones de permeabilidad Lugeon del Estudio de Geología y Geotecnia Final del proyecto, se hallaron: entre 10-5 en el sondaje S-4, 10-3 en el sondaje S-5 y 10-4 en el sondaje S-6 cuyos resultados la hacen permeable.

1.12.4 De la presencia del material orgánico.

Según las recomendaciones del expediente técnico:

“... Si consideramos, que, en las calicatas excavadas a lo largo del eje de la presa, el máximo espesor de cobertura de material orgánico superficial es variable; en la zona más crítica el dentellón debe alcanzar una profundidad de aproximadamente 6 m.” (Estudio de Geología y Geotecnia Final, pp. 112 – 113).

La dimensión del estrato de material orgánico, descrita por el estudio de geología, ya es presumiblemente mayor a la profundidad de cimentación según las conclusiones del propio estudio de Geología.

Al respecto, se hizo un rápido sondeo con varillas de acero de 3 y 5 m. clavándose completamente en la zona correspondiente al eje de presa, como aparece en las fotos de la Figura N.º 7.



Figura N.º 7. Varillas de 5 m. Eje de presa (~ PP. 0+050)

Fuente: Elaboración propia

1.12.5 Resumen de las exploraciones.

Del desarrollo de exploraciones en la zona de ubicación en la Presa 1, se ha determinado la presencia de un estrato de suelo orgánico, con un incremento en la profundidad conforme es su aproximación hacia la laguna, Figura N.º 8.

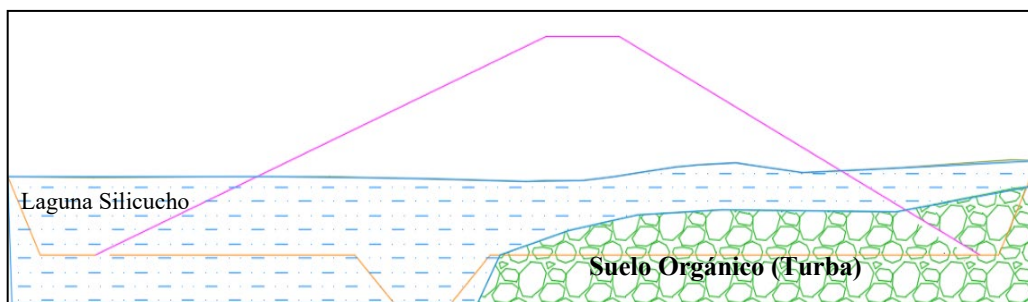


Figura N.º 8. Sección de cimentación de presa (Presa 1, PP. 0+050)

Fuente: Elaboración propia.

Entre las progresivas 0+045 a 0+075, la profundidad de turba es mayor al nivel de cimentación de la presa, en esta zona no se ha encontrado un límite de fondo estable para el cuerpo de presa, de igual forma, entre éstas progresivas, el eje proyectado para la realización de perforaciones y posterior inyección de lechada de cemento está completamente incrustada sobre la turba.

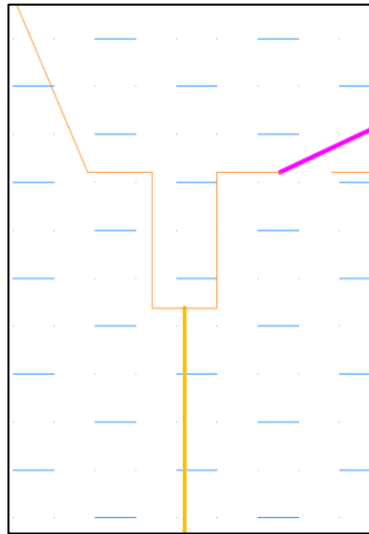


Figura N.º 9. Sección de la zona de inyección (Presa 1, PP. 0+050)

Fuente: Elaboración propia.

Dicho tramo, corresponde a la descarga actual de la laguna Silicucho, lo cual dilucida la presencia de suelos orgánicos, saturados y turba. La Tabla N.º 7, y la Figura N.º 10 describe el estrato descubierto en relación a su profundidad de exploración.

Tabla N.º 7.

Desarrollo de los estratos en el Talweg (PP. 0+045 – 0+075).

Suelo Orgánico (Turba)

Profundidad (m.)	Descripción
~0.00 - ~5.00	Turba de color pardo oscuro saturado, está compuesto de restos vegetales, peso específico muy bajo y de características compresibles
~5.00 – ~6.50	Suelo tipo morrena de color blanco grisáceo de partículas. Está compuesto de arenas arcillosas
> ~6.50	Roca suelta en condiciones saturadas

Fuente: Elaboración propia

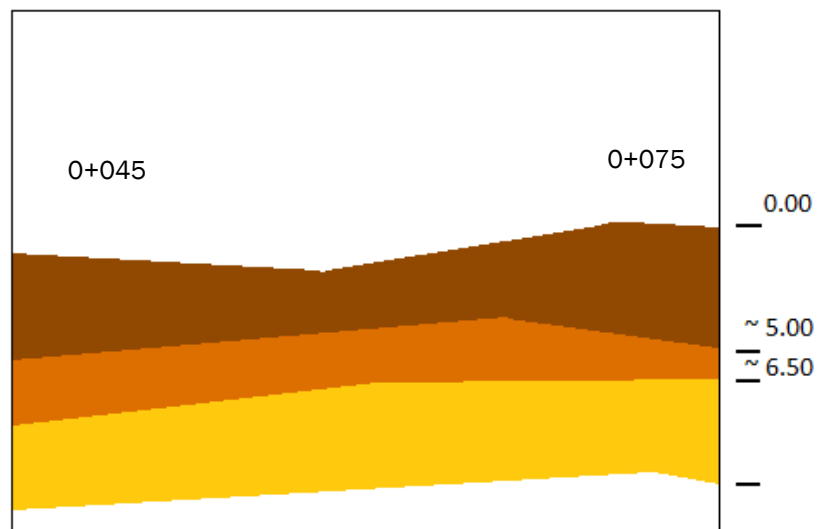


Figura N.º 10. Talweg del Río, en la desembocadura de la Laguna Silicucho.

Fuente: Elaboración propia.

1.12.6 Descripción de trabajos de campo.

La ejecución de inyecciones en este tramo es viable, por las condiciones que muestra la presencia de roca en todos sus cantos. Por otra parte, el material es estable desde el eje de la presa, sobre la cimentación proyectada, de acuerdo a la siguiente figura.

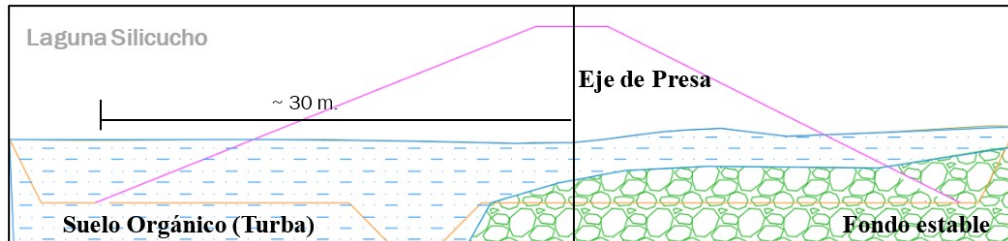


Figura N.º 11. Sección de presa (Presas 1, PP. 0+050)

Fuente: Elaboración propia.

El trabajo de campo consistió, desde la realización de las perforaciones para sondeo y exploración en donde se midió también la permeabilidad del lugar de emplazamiento de la presa con ensayos lugeon y lefranc, la siguiente Figura detalla la ubicación de los sondeos de exploración con los que se realizaron los ensayos previos.

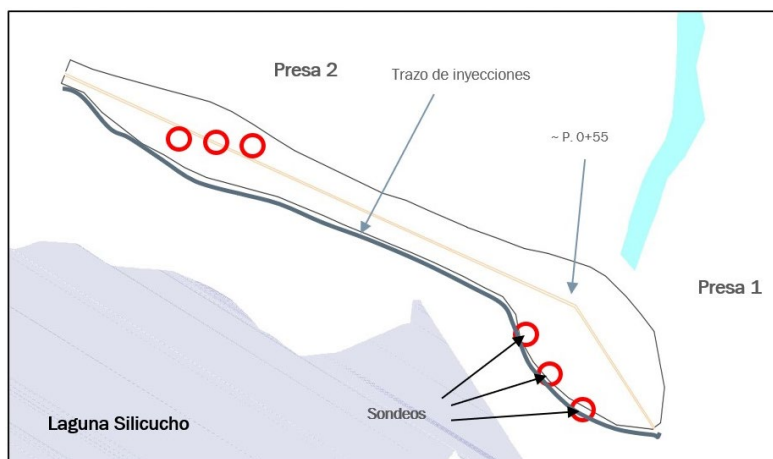


Figura N.º 12. Perforaciones de sondeo y exploración.

Fuente: Elaboración propia.

1.13 Presentación de resultados

Como resultado del programa de inyección e impermeabilización de la presa Silicucho, se muestra en la Tabla N.º 8, el total de sondeos de comprobación realizados, luego de la etapa de inyecciones de lechada de cemento.

Tabla N.º 8.

Planilla de sondeos de comprobación

Sondeo	Perf. Ejecutada	Ángulo inclinación	Progresiva	Cota Inicio	Cota Fin
PS-SC/01	8.00	30°	0+057.50	4577.91	4569.91
PS-SC/02	8.00	30°	0+071.25	4578.14	4570.14
PS-SC/03	8.00	30°	0+085.00	4579.71	4571.71
PS-SC/04	8.00	30°	0+098.75	4580.02	4572.02
PS-SC/05	8.00	30°	0+188.75	4584.45	4576.45
PS-SC/06	8.00	30°	0+212.75	4582.91	4574.91
PS-SC/07	8.00	30°	0+226.95	4582.79	4574.79
PS-SC/08	8.00	30°	0+240.00	4582.05	4574.05
PS-SC/09	8.00	30°	0+253.75	4582.30	4574.30
PS-SC/10	8.00	30°	0+267.50	4583.43	4575.43

Fuente: Elaboración propia.

En la figura a continuación, se presenta la ubicación para los sondeos correspondientes a la fase de comprobación, realizados respecto a la presa. Se puede distinguir el enfoque especial en las zonas correspondientes a los cauces del río, el actual como el antiguo, que son para el desagüe de la Laguna Silicucho. Además, se recalca aquí que el macizo rocoso en presa 2 era prácticamente superficial.

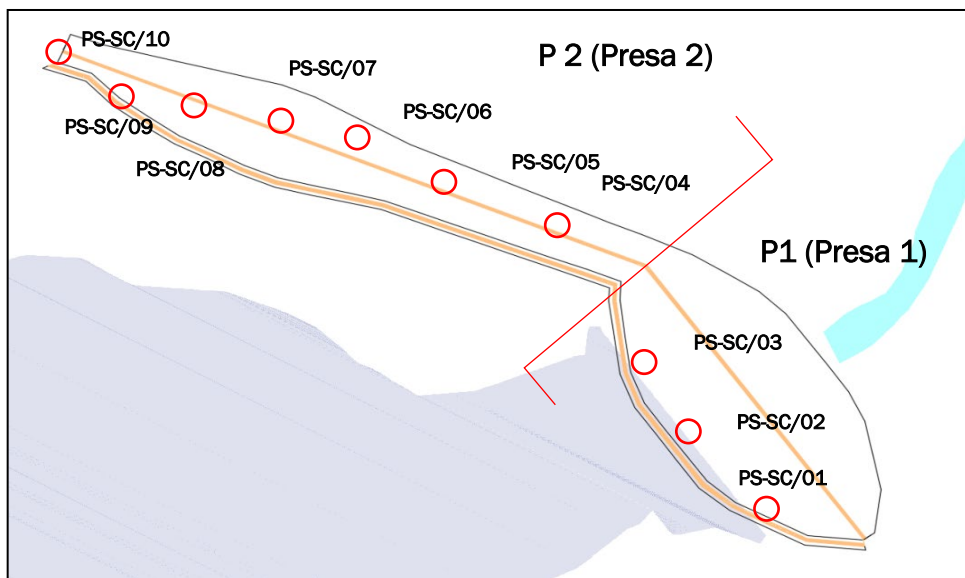


Figura N.º 13. Ubicación de sondeos respecto la presa Silicucho

Fuente: Elaboración propia.

1.13.1 Ensayos de permeabilidad.

En total, se realizaron 24 ensayos de permeabilidad, entre Lugeon y Lefranc, ubicados de acuerdo a la tabla anterior, y distribuidos en relación con los estratos. Finalmente, el resumen está en la siguiente tabla.

Tabla N.º 9.*Ensayos de permeabilidad.*

Sondeo	Fecha	Lefranc	Lugeon	Total de ensayos
PS-SC/01	21/12/2019	2	1	3
PS-SC/02	21/12/2019	2	1	3
PS-SC/03	21/12/2019	2	1	3
PS-SC/04	21/12/2019	2	1	3
PS-SC/05	22/12/2019	0	2	2
PS-SC/06	22/12/2019	0	2	2
PS-SC/07	22/12/2019	0	2	2
PS-SC/08	22/12/2019	0	2	2
PS-SC/09	22/12/2019	0	2	2
PS-SC/10	22/12/2019	0	2	2

Fuente: Elaboración propia.

El resumen de resultados de permeabilidad del ensayo Lefranc se presenta en la siguiente tabla.

Tabla N.º 10.*Ensayos de permeabilidad Lefranc.*

Sondeo	Tramo (m)	Permeabilidad (cm/seg)
PS-SC/01	0.0 – 1.50	4.88E-05
	1.50 – 3.00	3.90E-05
PS-SC/02	0.0 – 1.50	7.32E-05
	1.50 – 3.00	2.14E-05
PS-SC/03	0.0 – 1.50	2.14E-05
	1.50 – 3.00	3.78E-05
PS-SC/04	0.0 – 1.50	3.51E-05

Fuente: Elaboración propia.

Como se había indicado anteriormente, los sondeos a partir del PS-SC/05, corresponden a la Presa 2, cuyo emplazamiento presentaba roca superficial y en el que se realizó directamente el ensayo Lugeon.

Tabla N.º 11.

Ensayos de permeabilidad Lugeon

Sondeo	Tramo (m)	Permeabilidad (cm/seg)	Unidades Lugeon
PS-SC/01	3.00 – 8.00	1.860E-05	1.43
PS-SC/02	3.00 – 8.00	2.600E-05	2.00
PS-SC/03	3.00 – 8.00	3.720E-05	2.60
PS-SC/04	3.00 – 8.00	1.463E-05	1.12
PS-SC/05	0.0 – 4.00	7.720E-05	5.94
	4.00 – 8.00	2.330E-05	1.79
PS-SC/06	0.0 – 4.00	6.520E-05	5.00
PS-SC/07	0.0 – 4.00	6.523E-05	5.00
	4.00 – 8.00	6.630E-05	5.10
PS-SC/08	0.0 – 4.00	1.300E-04	10.00
	4.00 – 8.00	1.610E-05	1.24
PS-SC/09	0.0 – 4.00	2.620E-05	2.00
	4.00 – 8.00	6.559E-05	5.00
PS-SC/10	0.0 – 4.00	2.600E-05	4.62
	4.00 – 8.00	2.340E-05	1.80

Fuente: Elaboración propia.

1.14 Contratación de resultados

Para realizar la comparación en cuanto a la variación de la permeabilidad, primero se presenta la equivalencia de la ubicación de las perforaciones realizadas resultados obtenidos en campo, versus las mismas correspondientes a los estudios previos del informe de Geotecnia. La tabla N° 8, muestra las ubicaciones y una referencia respecto a la progresiva de la presa.

Tabla N.º 12.

Ubicación de perforaciones de sondeo y comprobación

Sondeo	PP. Referencia	S. Comprobación Equivalente
S-1	0+057.50	PS-SC/01
S-2	0+071.25	PS-SC/02
S-3	0+085.00	PS-SC/03
S-4	0+212.50	PS-SC/06
S-5	0+226.95	PS-SC/07
S-6	0+240.00	PS-SC/08

Fuente: Elaboración propia.

Las ubicaciones equivalentes nos permitirán delimitar los sondeos a contrastar para un resultado más sincero de esta investigación. Para la comparación de la variación en ensayos Lefranc la permeabilidad de suelo hallada y su respectiva profundidad se muestra la siguiente tabla.

Tabla N.º 13.

Permeabilidad en sondeos y comprobación, ensayo Lefranc.

Sondeo	Profundidad Sondeo (m)	P. Sondeo (cm/seg)	Profundidad Comprobación	Comprobación (cm/seg)
S-1 / PS- SC/01	3.00	1.26E-05	3.00	3.90E-05
S-2 / PS- SC/02	1.90	5.99E-02	3.00	2.14E-05
S-3 / PS- SC/03	2.40	1.07E-03	3.00	3.78E-05

Fuente: Elaboración propia.

De forma similar, la Tabla N.º 14, detalla los resultados encontrados en los ensayos tipo Lugeon.

Tabla N.º 14.*Permeabilidad en sondeos y comprobación, ensayo Lugeon*

Sondeo	Profundidad Sondeo (m)	P. Sondeo (UL)	Profundidad Comprobación	Comprobación (UL)
S-1 / PS- SC/01	10.00	87.11	8.00	1.43
S-2 / PS- SC/02	8.00	37.17	8.00	2.00
S-3 / PS- SC/03	8.00	153.77	8.00	2.60
S-4 / PS- SC/06	10.00	2.11	8.00	5.00
S-5 / PS- SC/07	8.00	77.97	8.00	5.00
S-6 / PS- SC/08	8.00	56.67	8.00	5.10

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior, se recogen los resultados de permeabilidad en Unidades Lugeon para los estratos de roca. Se presentan también la profundidad de excavación alcanzada.

1.15 Interpretación de resultados

Tomando en cuenta que existe una diferencia entre las perforaciones para sondeo y las de comprobación, principalmente porque no fueron realizadas por el mismo equipo,

existen una variación entre las profundidades alcanzadas, como es el ejemplo de los sondeos S-1 y S-4, en los cuales se llegó a la profundidad de 10 m para ensayos Lugeon, y para estrato de suelo presenta profundidades variadas, mientras que en las perforaciones correspondientes a esta investigación, se buscó un tramo homogéneo de 8 m para Lugeon y 3 m para Lefranc, de igual forma con los ángulos de inclinación, que en los sondeos fue considerado de 90° o vertical, mientras que para ésta investigación se realizó con una inclinación de 30° respecto a la vertical, teniendo en cuenta que es habitual estas variaciones debido a que las fases son muy antagónicas, se desarrollaran en los siguientes puntos la interpretación basado en las perforaciones presentadas en el aparte anterior:

1. En el sondaje N.º 1, Hasta la profundidad de 3 m, piedra, en una matriz areno limo arcilloso y una permeabilidad de $1.26E-05$ cm/seg, luego del tratamiento con inyecciones de lechada la permeabilidad hallada fue de $3.90E-05$ cm/seg, para este caso se encuentra que la permeabilidad no ha sufrido cambios importantes y que desde un inicio se considera baja, debido a que siempre fue menor a $1E-04$ cm/seg; luego de 4.00 a 10 m caliza arenosa de color gris verdoso medianamente resistente se encuentra muy fracturada con presencia de óxidos, en el ensayo Lugeon previo presento 87.11 UL, lo cual indica una permeabilidad muy desfavorable y que era muy necesario el tratamiento con inyecciones, para finalmente reducirse a 1.43 UL en PS-SC/01, que lo ponen en condiciones favorables respecto de su permeabilidad.
2. En el sondaje N.º 2. Hasta los 1.90 m, piedra englobada en una matriz areno limo arcilloso, la permeabilidad hallada en S-2 fue de $5.99E-02$ cm/seg lo que indicaba una permeabilidad muy alta, posteriormente al tratamiento, en PS-SC/02 se halló $2.14E-05$ cm/seg presentando una importante reducción a una permeabilidad favorable; luego de 1.90 a 8.00 m, arenisca calcárea, de color gris negruzco con venillas de cuarcita. Este tramo se presenta moderadamente fracturado, en dicho

tramo se midieron 37.17 UL que lo demuestran, finalmente después del tratamiento con inyecciones presento en PS-SC/02, 2 UL, de reducción a una permeabilidad favorable.

3. En el sondaje N.º 3. De 0.60 a 2.40 gravas limosas con arenas de color gris verdoso, con tendencia a morrenas, este suelo presento una permeabilidad de $1.07E-03$ cm/seg, y después del tratamiento de $3.78 E-05$ cm/seg, lo que mostro una adecuada reducción de la permeabilidad a favorable. De 3.40 a 8.00 m arenisca calcárea de color gris verdoso, aquí se midieron 153.77 UL antes del tratamiento, lo que indicaba una permeabilidad muy desfavorable, y luego de este 2.60 UL hasta una permeabilidad favorable. Respecto a la ubicación de estos tres primeros sondajes, que corresponden al cauce actual del río, por lo tanto, la razón de su elevada permeabilidad en la zona.
4. En el sondaje N.º 4. Se encontró roca sedimentaria del tipo limo-arcilla hasta los 2.90 m. de 2.90 m a 6.80 m arenisca calcárea de color gris, a negruzco de resistencia de alta a media, levemente meteorizada. De 7.90 a 10.00 arenisca calcárea de color gris claro. En los ensayos Lugeon realizados en estos estratos se midió un incremento de la permeabilidad de 2.11 a 5 UL, aun siendo ambas medidas favorables, se determinó que el incremento podría deberse a la variación en la profundidad y el ángulo de inclinación, y factores expuestos al inicio de este aparte.
5. En el sondaje N.º 5. Hasta 0.75 m de profundidad se detectó limo arenoso de color marrón, de consistencia húmeda y presencia de raíces. De 0.75 a 1.00 m, gravas y bolonería. De 1.00 a 8.00 m, arenisca calcárea de color gris a gris negruzco. De resistencia media a alta, presenta oquedades rellenas con calcita y cuarzo, moderadamente fracturada. Se midió inicialmente 77.97 UL, respecto a la

permeabilidad, lo que indicaba un resultado muy desfavorable luego del tratamiento de lechada se midieron 5 UL que significa una reducción muy eficaz en esta zona.

6. En el Sexto sondaje N.º 6. Hasta la profundidad de 0.60 m, se detectó arenisca de color gris blanquecina de resistencia alta. De 0.60 a 8.00 m, arenisca de color gris a gris verdoso, de resistencia media, moderadamente meteorizada, poco fracturada. Respecto a la impermeabilidad en este estrato, en la investigación previa se midieron 56.67 UL y posterior al tratamiento 5 UL, esto significa una importante reducción de la permeabilidad.
7. Las variaciones de los factores de consumo de lechada de cemento a través de los estadios de inyección, Primarios, Secundarios y Terciarios (Anexo III), indican que hay una evidente e importante disminución del agente de consumo de la lechada de cemento, siendo los mayores consumos en los sondeos Primarios a secundarios y con disminución en los Terciarios.
8. Las absorciones de lechada de cemento se sitúan en rangos de bajas a muy bajas.
9. En sondeos Primarios, consumo fue de 3.8 bc/m (Presa 1), 1.43 bc/m (Presa 2), en referencia a Presa 1, por su ubicación, es aquí donde se desarrollaron la mayoría de las pruebas de Lefranc.
10. En sondeos secundarios, el consumo fue de 1.2 bc/m (Presa 1), 0.74 bc/m (Presa 2), de acuerdo con lo indicado la presencia de roca en Presa 2, era casi superficial, antes de la ejecución de esta.
11. En sondeos Terciarios, el consumo fue de 0.64 bc/m (Presa 1), 0.34 bc/m (Presa 2), de acuerdo con lo indicado la presencia de roca en Presa 2, era casi superficial, antes de la ejecución de esta.

12. Las inyecciones en todos los sondeos concluyeron por presión de rechazo, quedan especificadas en los formatos correspondientes a los ensayos realizados, con relación a esto se observaron las perforaciones S-4 en la etapa de sondeo y su equivalente PS-SC/06 en la etapa de comprobación que en excepción se inyectó un volumen de cemento controlado, según los formatos de inyección de obra.
13. Los valores Lugeon, obtenidos en los sondeos de comprobación (10 unidades), se encuentran entre 1.65 U. L. (Presa 1) a 5.24 U. L. (Presa 2). Con rango de muy favorable a moderadamente favorable.

Se resalta que en el tratamiento en el cauce actual del río se vio la más importante reducción, mientras que en el cauce antiguo fue mínimamente menor, luego el proyecto comprendería la construcción de un dren interno en esta zona para poder controlar la infiltración.

1.16 Discusión de resultados

1. Nina Barraqueta (2017), de los resultados de su investigación "*Evaluación geotécnica para la construcción de la presa Huanzo*", describe el tratamiento geotécnico en la criba aguas arriba y tres líneas de inyección de cemento a pie de talud aguas arriba. Por las características de la línea axial de inyecciones en similitud al eje descrito para esta investigación, se ha reducido la cantidad de infiltración obtenida por tratamiento en la parte axial de la presa en 46%, en la misma se toma en cuenta la inclusión de ensayos Lefranc y Lugeon, dentro de las conclusiones de dicha investigación también se menciona que una de las razones por las que esta reducción no fue mayor, es debido a la presión utilizada, con

respecto a los resultados de la presente investigación se puede decir que la reducción es correspondiente a dicho estudio.

2. Sobre la reducción de la infiltración en los estratos de tierra, Chaves, Carlos & Vargas, Asdrubal (2005), en su investigación "*Criterios utilizados para el diseño de la cortina de impermeabilización del proyecto hidroeléctrico Pirris, Costa Rica*", concluyeron que los ensayos Lefranc presentaban mayor facilidad en la inyección y en correspondencia los puntos de control alcanzaban una reducción de permeabilidad mayor, esto último se ha podido verificar en nuestra investigación, debido a que si bien los ensayos de Lugeon alcanzaron una reducción en promedio del 90% de la infiltración, en los ensayos Lefranc fue mayor.
3. De acuerdo con el ábaco de Casagrande & Fadum para el coeficiente de permeabilidad un valor de 5 UL, en el caso de ensayos Lugeon es admisible, de la misma forma, el proceso de inyección del proyecto determinaba un valor de 5 UL o menor como objetivo para los coeficientes de permeabilidad.

Los estudios sustentados en las investigaciones geognósticas e hidrogeológicas indicaron que el basamento rocoso del área del plinto registraba características muy permeables, con valores superiores a 10.00 U.L. Principalmente en la zona correspondiente al Talweg del río Silicucho, así como al correspondiente al cauce antiguo de desagüe de la laguna del mismo nombre.

4. Giaconi, Luis (2012), en su estudio "*Tratamiento geotécnico de la fundación de la presa del Ramal H, Tandil mediante inyecciones cementíceas*", como resultado final del procesamiento, mediante la inyección de 350 toneladas de cemento mediante y la ejecución de casi 12000 metros de perforación, demuestra una absorción de agua menor o igual a 1 UL (Unidad Lugeon), en promedio 3 UL, en las zonas donde las pruebas anteriores de Lugeon mostraron una absorbencia

superior a 10 UL, y alcanzaron un máximo de 75 UL, lo que confirma la reducción del método utilizado con el decrecimiento en promedio del 92.5 % de la infiltración, que es correspondiente a los resultados de esta investigación en donde se halló una reducción promedio mayor al 90 % en los puntos de control.

5. Durante el desarrollo de las inyecciones, se presentaron inconvenientes con un estrato de roca caliza que se desarrollaba entre las PP. 0+100 a 0+144 del cuerpo de presa, aproximadamente a unos 3 m. de profundidad, aun cuando gran parte de este material se extrajo con maquinaria superficialmente, hubo un área en la cual, la inyección provocó el colapso de este estrato.

CONCLUSIONES

1. La cimentación en el eje de la presa 1 Silicucho será sobre gravas areno limosas y arcillosas en el margen izquierdo con permeabilidad de $10E-5$ cm/seg, que lo hace prácticamente impermeable, en la margen derecha, la cobertura alcanza una constante de permeabilidad de $10E-3$ cm/seg, que lo hace permeable, mientras que, en la zona crítica (Talweg), la cobertura solamente alcanza a $10E-2$ cm/seg, en esta zona se llegaron a niveles de permeabilidad menores a $10E-4$ cm/seg, convirtiendo la permeabilidad de dicho emplazamiento en favorable.
2. De los ensayos Lugeon, se ha demostrado una reducción de la permeabilidad en 98.35% en PS-SC/01; 94.62% en PS-SC/02; 98.31% en PS-SC/03; 93.59% en PS-SC/07 y 91.00% en PS-SC/08, los resultados muestran una reducción mayor al 90% de la permeabilidad en las zonas de tratamiento. Con lo que se ha determinado cuantitativamente su reducción.
3. De los ensayos Lefranc, se ha demostrado una reducción de la permeabilidad en 99.96% en PS-SC/02; 96.47% en PS-SC/03; los resultados muestran una reducción mayor al 90% de la permeabilidad en las zonas de tratamiento. Con lo que se ha determinado cuantitativamente su reducción.
4. Se han presentado en los ensayos Lefranc, específicamente en el S-2 un ligero incremento, al igual que en PS-SC/06 de la permeabilidad, con relación a sus resultados no convierten las condiciones en desfavorables, pero pueden verse alterados debido a factores propios de la realización de las inyecciones.

5. La zona de emplazamiento y cimentación de la presa está constituida por horizontes arenisco-calcareos del grupo Tarma, con variación de la superficie hasta una profundidad promedio de 5.9 m en la zona del Talweg; luego a mayor profundidad, las condiciones de la roca también varían, puesto que en profundidad también son permeables puesto que la constante K de permeabilidad alcanza a 10^{-4} cm/seg.

6. En la zona de presa de menor altura (presa 2), la roca se encuentra prácticamente, en la superficie sin embargo de acuerdo con los resultados de las pruebas de permeabilidad Lugeon, tenemos entre 10^{-5} en el sondaje 4 y 10^{-3} , en el sondaje 5 y 10^{-4} en el sondaje 6 cuyos resultados la hacen permeable.

RECOMENDACIONES

La ejecución de los ensayos de permeabilidad *in situ* pueden ser influenciados por parámetros del contexto mismo en el que se desarrollan, este factor es ciertamente menor en el laboratorio, pero es necesario considerar que, por la magnitud del proyecto en ejecución, en el que se realizó esta investigación, y probablemente en obras de similar volumen, los ensayos *in situ* están prácticamente normalizados. A continuación, y sobre la base de lo mencionado, se realizan las siguientes recomendaciones.

- Establecer estaciones geomecánicas, con un anemómetro e hidrómetro principalmente, para el control de humedad y temperaturas altas. Para esta investigación, la ubicación de estas estaciones se debe determinar principalmente por la ubicación de los Talweg y su superposición con la sección de cauces, adicionalmente para la selección del lugar los criterios que el investigador considere imprescindibles.
- Determinar las jerarquías, respecto a las fuentes de agua adyacentes a las estaciones mencionadas en el aparte anterior, establecer como parámetro principal el estudio de caudales. Asimismo, las estructuras adyacentes deben estar adecuadamente impermeabilizadas.
- Este estudio está en base a un método de impermeabilización muy estandarizado en nuestro país: inyecciones de lechada de cemento, al respecto se recomienda el estudio en nuevos métodos de corta difusión, y los resultados de esta investigación quedan en servicio de aquel profesional que los considere necesarios.

- Para esta investigación se realizó la medición de la permeabilidad en la etapa de comprobación, pero no los resultados obtenidos en las etapas de sondeo y estudios previos, para un resultado más confiable se pueden homogeneizar los procesos de medición, o bien adoptar los parámetros definidos en la primera etapa, ésta última es la forma a la que se adaptó esta investigación en la medida que se desarrolló y que esta presentado en el capítulo de resultados.
- Finalmente, sobre la perforación de comprobación PS-SC/06, de acuerdo con las conclusiones la medida de permeabilidad era mayor que en la etapa de sondeo, sin embargo, el valor de permeabilidad aún se encuentra dentro de los rangos admitidos para presas de tierra de acuerdo con la variación del coeficiente de permeabilidad de Casagrande & Fadum, presentado en esta misma investigación Figura N° 01. En caso de que sea necesaria una mayor reducción de permeabilidad a números de Lugeon inferior a 5 UL, es necesario reprogramar una tanda de inyecciones en el tramo PS-SC/05 A PS-SC/07 y a la vez volver a programar una última etapa de sondeos en dicho tramo para verificar la reducción.

LISTA DE REFERENCIAS

1. **SOLA CASADO, PEDRO R., & DÍAZ GONZALES, IGNACIO.** (2011). *Consolidación del terreno con inyecciones para el taladro piloto de ejecución con "raise boring" de la tubería forzada de la C.H. La Muela II.* Revista de Obras Públicas, pp. 107-122.
2. **CHAVES, CARLOS, & VARGAS, ASDRÚBAL.** (2005). *Criterios utilizados para el diseño de la cortina de impermeabilización del proyecto hidroeléctrico Pirrís, Costa Rica.* Revista Geológica de América Central, pp. 45-60.
3. **GIACONI, LUIS MARIO, FLORES, ROBERTO M., & GIACONI, MARIO NICOLAS.** (2012). *Tratamiento Geotécnico de la fundación de la presa del Ramal H, Tandil mediante inyecciones cementíceas.* Revista de Geología aplicada a la Ingeniería y al Ambiente, pp. 29-39.
4. **AMAHJOUR, F., & et al.** (2002). *Propiedades de lechadas de cemento fabricadas con cemento de tipo I Y mezclas con cenizas volantes (CV) y humo de sílice (HS).* Valencia: Universidad de Valencia, Vol. 729.
5. **YEPES PIQUERAS, VÍCTOR.** (2022). El blog de Víctor Yepes. [En línea] 24 de junio de 2021. [Citado el: 2 de marzo de 2022]. <https://victoryepes.blogs.upv.es/2021/06/24/contencion-del-agua-mediante-inyeccion-de-lechadas-inestables/>.

6. **RIMACHI TACO, ELARD JANS.** (2016). *Aplicación del método GIN para la pantalla de impermeabilización de la presa Pumamayo, Distrito de Macusani, Provincia de Carabaya, Región Puno.* Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín.

7. **NINA BARRAZUETA, MARCIAL ALBERTO.** (2017). *Evaluación geotécnica para la construcción de la presa Huanzo.* Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 4731.

8. **ALARCÓN MAQUERA, DUVERLY CLAUDIO.** (2013). *Impermeabilización del eje de la represa Chirimayuni - Moquegua, mediante inyecciones de lechada de cemento.* Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

9. **ARONÉS BARBARÁN, NÓVARO.** (2017). *Control de contenido de cemento de inyecciones de Suelo, aplicación práctica.* Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

10. **ALARCÓN, JOSÉ CAMILO.** (1991). *El ensayo de Lugeon y su interpretación.* 18, Bogotá: Universidad de La Salle, Vol. 1991. 16.

11. **ORIHUELA JURADO, BLIDNER ISAAC.** (2019). *Caracterización geomecánica del macizo rocoso en áreas de afluencia de agua, con la finalidad de impermeabilizar zonas de alto tránsito, en la Unidad Minera Cobriza - Doe Run Perú.* Huancayo: Universidad Continental.

ANEXOS

ANEXO 1. Matriz de consistencia

Tratamiento geotécnico de fundación de la presa Silicucho y su relación con la impermeabilización mediante inyecciones de lechada de cemento, Crucero, Puno

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA	TIPO Y DISEÑO
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	Se reducirá la permeabilidad de la fundación de la presa Silicucho por medio del tratamiento de su cimentación con inyecciones de Lechada de Cemento.	Var. Independiente: Permeabilidad	<ul style="list-style-type: none"> Recopilación de la información necesaria de la obra: "Mejoramiento del sistema de Riego del Comité de Regantes Urinsaya" Elaboración de los procesos de evaluación. Análisis del sistema de impermeabilización determinado para la obra. Elaborar cuadros de comparación para los niveles de infiltración y permeabilidad. Elaborar cuadro de conclusiones y recomendaciones. 	La investigación es de tipo comparativa porque se requiere comparar algunas variables para contrastar una hipótesis. El diseño de esta investigación es observacional, según su propósito de estudio; es longitudinal, según el número de mediciones, ya que los datos se utilizarán para realizar pruebas iterativas, finalmente es retrospectivo, según la cronología de observaciones porque los datos son obtenidos del contexto en obra.
¿En qué medida se modifica la permeabilidad de la fundación de la presa Silicucho, con el tratamiento geotécnico de su cimentación por medio de la inyección de lechada de cemento ?	Reducir la permeabilidad de la fundación de la presa Silicucho por medio del tratamiento de su cimentación con inyecciones de Lechada de Cemento.		Var. Dependiente: Inyección de Lechada de Cemento		
PROBLEMA ESP 1.	OBJETIVO ESP 2.		Var. Independiente: Infiltración		
¿En qué medida se modifica la infiltración de aguas en los estratos de roca por medio de ensayos tipo Lugeon ?	Determinar por medio de ensayos tipo Lugeon , la modificación de la infiltración de aguas en los estratos de roca.	Var. Dependiente: Ensayos tipo Lugeon			
PROBLEMA ESP 2.	OBJETIVO ESP 2.	Var. Independiente: Infiltración	Var. Dependiente: Ensayos tipo Lefranc		
¿En qué medida se modifica la infiltración de aguas en los estratos de roca por medio de ensayos tipo Lefranc ?	Determinar por medio de ensayos tipo Lefranc , la reducción de la infiltración de aguas en los estratos de tierra.	Var. Dependiente: Ensayos tipo Lefranc			

ANEXO 2. Ficha técnica de la presa

CARACTERISTICAS DE REDISEÑO DEL EXPEDIENTE TECNICO		
	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS DE LA PRESA
DIMENSIONO DE LA PRESA	Tipo de Presa	Presa de Relleno Homogéneo con Cobertura de Geosintéticos + Gaviones
	Altura Total Respecto a su Cimentación (Eje de Presa)	9.80 m
	Altura Total Respecto al terreno Natural (Eje de Presa)	6.45 m
	Altura de Embalce Útil	4.80 m
	Area de Embalse	191,915.32 m ²
	Ancho de Corona	4.00 m
	Longitud de Coronacion	280 m
	Cabertura de Geosinteticos(Aguas Arriba)	Geomembrana e=1.50 mm, Geotextil e=0.50 m
	Protección Aguas Arriba	Gavión Tipo Colchón (L=5.00 m x A=2.00 m x e=0.30 m)
	N.A.M.O.	4584.80 m.s.n.m.
	N.A.M.E.	4585.36 m.s.n.m.
	N.A.M.I.	4580.00 m.s.n.m.
	Nivel de Corona	4586.00 m.s.n.m.
	Borde Libre	1.20 m (NAMO - Corona)
	Volumen Total	1.18 MMC
	Volumen Util	0.74 MMC
	Volumen Muerto	0.44 MMC
Talud aguas Arriba	1.00 V: 2.50 H	
Talud aguas Abajo	1.00 V: 2.00 H	
ALIVIADERO	Tipo de Aliviadero	Aliviadero Semicircular y sin Control
	Tipo de Material	Concreto $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$
	Tipo de Vertedero	Perfil de Cresta Ancha
	Caudal de Diseño Máximas Avenidas (T=500 Años)	$Q_{MAX}=25.00 \text{ m}^3/\text{seg}$ (Caudal maximo T=250 años), $Q_{LAM}=5.00 \text{ m}^3/\text{seg}$ (Caudal Laminado)
	Longitud de Vertedero Lateral	7.600 m
	Carga Hidraulico Sobre el vertedero	0.56 m
	Tipo de Estructura de Entrega	Plataforma de Concreto Ciclopeo $f_c=140 \text{ kg/cm}^2 + 50\% \text{ PM}$
	Nivel de Cresta de Vertedero (NAMO)	4584.80 m.s.n.m.
	Nivel de inicio de Rápida (Sección de Control)	4582.85 m.s.n.m.
	Nivel minimo en Deflector	4565.99 m.s.n.m.
	Longitud de canal Colector (S=0.5%)	10.00 m
	Longitud de canal de Rapida (S= 7.50%)	210.00 m
	Seccion de la Rapida	$b=1.10, Z=0.50 \text{ y } H=0.90 \text{ m}$
DESCARGA DE FONDO	Cantidad de Tuberías	01 Tuberia de Descarga de Fondo
	Tipo de Material	Tuberia HDPE PN10
	Diámetro Nominal	400 mm
	Longitud	137.55 m
	Presiones de Trabajo	0.65 Bar (presión Máxima - NAME), 0.59 Bar (Presion Operativa - NAMO)
	Desnivel de Caída Total	0.89 m. (ingreso de Tubería - Válvulas), 6.88 metros (NAMO - Válvulas)
	Estructura de Ingreso	Sin Control, Rejilla Metálica, Compuerta Ataguía
	Estructura de Salida	01 Válvula de retencion $\phi=400 \text{ mm}$, 01 válvula de copuerta $\phi=400 \text{ mm}$
	Minimo Caudal Requerido(demanda)	$0.060 \text{ m}^3/\text{seg}$
	Caudal de Descarga Máxima	$1.091 \text{ m}^3/\text{seg}$ (Descarga Operativa), $1.145 \text{ m}^3/\text{seg}$ (Descarga máxima)

ANEXO 3. Panel fotográfico



Fotografía N.º 1. Vista panorámica de la Presa Silicucho, Presa 1 de progresiva 0+000 a 0+110. Presa 2 de progresiva 0+110 a 0+280.



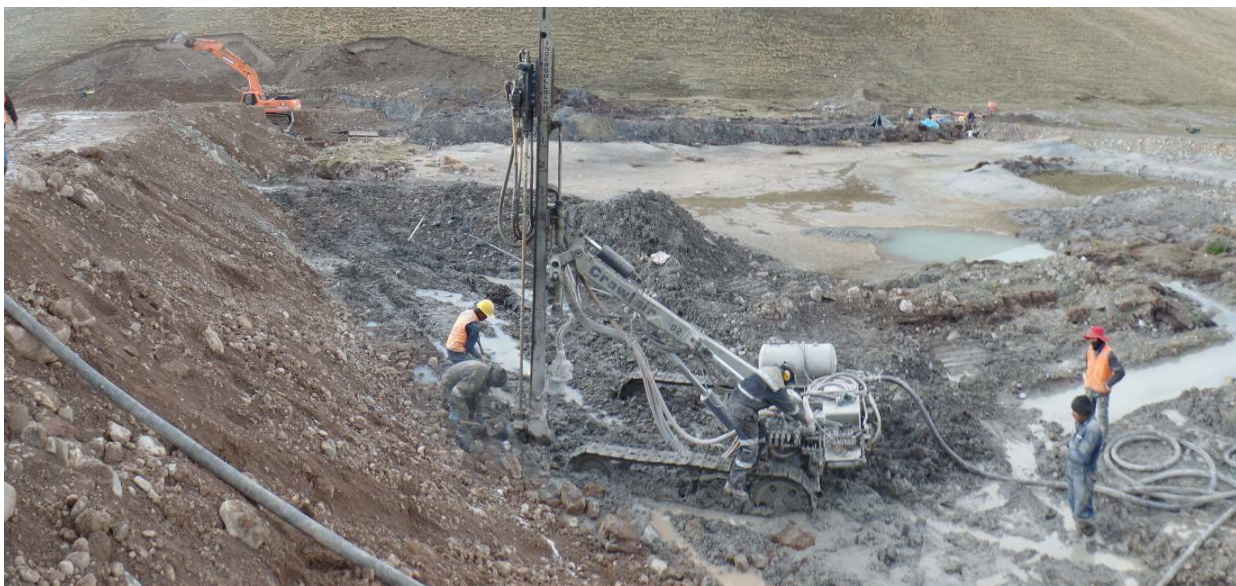
Fotografía N.º 2. Vista panorámica de la Presa 1 de progresiva 0+000 a 0+110. Nótese que la central de inyección esta ubicada en progresiva 0+046.



Fotografía N.º 3. Vista de la perforación en la Presa 1, progresiva de 0+110 a 0+080. Nótese la ubicación de la central de inyecciones. Este tramo en afloramiento de basamento rocoso es superficial hasta -1.50 m.



Fotografía N.º 4. Progresiva de 0+080 a 0+035. Perforación destructiva con truck drill, en horizontes de 0.00 a 3.40 metros aproximadamente se registraron horizontes de coberturas morrenicas y depósitos lagunares e infra yace la caliza.



Fotografías N.º 5, 6 Y 7. Vista panorámica de la Presa 2 de progresiva 0+264 a 0+140. Nótese la central de inyección y equipo de perforación, el afloramiento del basamento rocoso sedimentario (caliza es superficial, cubierto por cobertura deluvial menor 0.50 m. de espesor).



Fotografías N.º 8, 9 y 10. Central de inyecciones, constituido de bomba de inyección, mixer de mezclado, olla de suspensión, cisterna, grupo electrógeno. Materiales y accesorios, paquer bimbar, tubos acerados de inyección, manómetros, caudalímetros y otros accesorios.



Fotografías N.º 11, 12, 13 y 14. El control de calidad se efectuó en los trabajos de inyección con los instrumentos de laboratorio que se implementó en obra, siendo estos instrumentos; cono de marsh, probetas, termómetros, balanza de lodos y demás instrumental. Los valores obtenidos en los controles de calidad están dentro de los rangos indicados en el diseño de la lechada.



Fotografías N.º 15, 16, 17 Y 18. Perforación de los sondeos de comprobación; PS-SC/1, PS-SC/2, PS-SC/3, PS-SC/4, PS-SC/5, PS-SC/6, PS-SC/7, PS-SC/8, PS-SC/9 y PS-SC/10. Perforados a longitudes de 8.00 metros, en concordancia a las especificaciones técnicas.

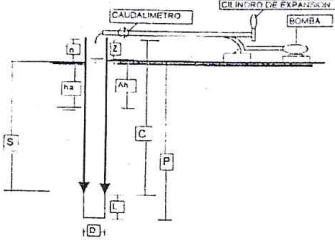


Fotografías N.º 19 y 20. En la Presa 1, se efectuaron 08 ensayos de permeabilidad Lefranc en el horizonte morrénico, también efectuamos 4 ensayos de permeabilidad Lugeon, en basamento rocoso. En la Presa 2, efectuamos 12 ensayos Lugeon, ya que esta presa registra solo afloramiento rocoso, de naturaleza sedimentario y litología de caliza.

ANEXO 4. Certificados de ensayos

PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO DEL COMITÉ DE URINSAYA		PROYECTO ESPECIAL BINACIONAL LAGO TITICACA																																					
CORPORACION INCA SAC	PRESA SILICUCHO - INYECCION DE IMPERMEABILIZACION SONDEOS DE COMPROBACION		CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA																																				
REGISTRO DE PRUEBA LEFRANC																																							
SONDEO N° PS - SC/1	UBICACIÓN: N:8422296.00 393496.4	TRAMO DE ENSAYO: 0,00 a 1.50 m.																																					
	COTA: 4577.91 m.s.n.m.	ENSAYO N° 01 Fecha: 21 Diciembre 2019																																					
	INCLINACION 30°	HORA Inicio: 7:50:00 Termino: 8:10:00																																					
		<p> ha : Prof. nivel freático (m) 0,00 n : Sobrante del revestimiento (m) 0,48 S : Prof. del revestimiento (m) 1,50 C : Long. Total del revestimiento (m) 1,98 P : Profundidad del frente de perforación (m) 1,50 L : Longitud del bulbo de ensayo (cm) 150,00 Z : Prof. agua a nivel constante (m) 0,00 D : Diámetro del bulbo de ensayo (cm) 9,60 hn : Carga hidráulica (cm) 0 d : Diámetro interno del revestimiento (cm) 7,7 </p>																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>tiempo (min)</th> <th>Hidrometro (lt)</th> <th>Q (lt/min)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>10,00</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>11,00</td><td>1,000</td></tr> <tr><td>2</td><td>12,00</td><td>1,000</td></tr> <tr><td>3</td><td>13,00</td><td>1,000</td></tr> <tr><td>4</td><td>14,00</td><td>1,000</td></tr> <tr><td>5</td><td>15,00</td><td>1,000</td></tr> <tr><td>6</td><td>16,00</td><td>1,000</td></tr> <tr><td>7</td><td>17,00</td><td>1,000</td></tr> <tr><td>8</td><td>18,00</td><td>1,000</td></tr> <tr><td>9</td><td>19,00</td><td>1,000</td></tr> <tr><td>10</td><td>20,00</td><td>1,000</td></tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Q promedio = 1</p>		tiempo (min)	Hidrometro (lt)	Q (lt/min)	0	10,00		1	11,00	1,000	2	12,00	1,000	3	13,00	1,000	4	14,00	1,000	5	15,00	1,000	6	16,00	1,000	7	17,00	1,000	8	18,00	1,000	9	19,00	1,000	10	20,00	1,000		
tiempo (min)	Hidrometro (lt)	Q (lt/min)																																					
0	10,00																																						
1	11,00	1,000																																					
2	12,00	1,000																																					
3	13,00	1,000																																					
4	14,00	1,000																																					
5	15,00	1,000																																					
6	16,00	1,000																																					
7	17,00	1,000																																					
8	18,00	1,000																																					
9	19,00	1,000																																					
10	20,00	1,000																																					
<p> H = $(P+S)/2 + (n - z)$ L/D = 15,63 H = 1248 centímetros </p>																																							
CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD																																							
CALCULO DEL CAUDAL NIVEL CONSTANTE Q = 16,67 cm³/seg		CALCULO DE K Con L/D < 2 K = Q / (PI x D x H) #DIV/0! Con L/D = 0 K = Q / (2 x PI x D) #DIV/0! Con L/D > 2 K = Q x ln (2L/D) / t 4,88E-05																																					
K = 4,88E-05 cm / seg																																							
OBSERVACIONES																																							
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>CORPORACION INCA S.A.C.</p> <p><i>William Soto Rojas Calderón</i></p> <p>TÉCNICO EN INYECCIONES DE LECHADA DE CEMENTO</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>CORPORACION INCA S.A.C.</p> <p><i>Abelino Gutiérrez Egoavil</i></p> <p>ESPECIALISTA EN INYECCIONES DE LECHADA DE CEMENTO</p> </div> </div>																																							
CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA		CORPORACION INCA SAC																																					

PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO DEL COMITÉ DE URINSAYA		PROYECTO ESPECIAL BINACIONAL LAGO TITICACA	
CORPORACION INCA SAC		PRESA SILICUCHO - INYECCION DE IMPERMEABILIZACION SONDEOS DE COMPROBACION	
		CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA	
REGISTRO DE PRUEBA LEFRANC			
SONDEO N° PS - SC/1	UBICACIÓN: N:8422296.00 393496.4	TRAMO DE ENSAYO: 1,50 a 3,00	
	COTA: 4577.91 m.s.n.m.	ENSAYO N° 02	Fecha: 21 Diciembre 2019
	INCLINACION 30°	HORA Inicio: 8:20:00	Termino: 8:45:00



ha : Prof. nivel freático (m)	0,00
n : Sobrante del revestimiento (m)	0,48
S : Prof. del revestimiento (m)	3,00
C : Long. Total del revestimiento (m)	3,48
P : Profundidad del frente de perforación (m)	3,00
L : Longitud del bulbo de ensayo (cm)	150,00
Z : Prof. agua a nivel constante (m)	0,00
D : Diámetro del bulbo de ensayo (cm)	9,60
hn : Carga hidráulica (cm)	0
d : Diámetro interno del revestimiento (cm)	7,7

tiempo (min)	Hidrometro (lt)	Q (lt/min)
0	29,00	
1	29,80	0,800
2	30,60	0,800
3	31,40	0,800
4	32,20	0,800
5	33,00	0,800
6	33,80	0,800
7	34,60	0,800
8	35,40	0,800
9	36,20	0,800
10	37,00	0,800

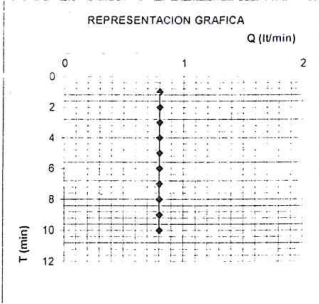
Q promedio = 0,8

H = $(P+S)/2 + (n - z)$

H = 1248 centímetros

L/D = 15,63

REPRESENTACION GRAFICA



CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD	
CALCULO DEL CAUDAL NIVEL CONSTANTE Q = 13,34 cm³/seg	CALCULO DE K Con L/D < 2 K = Q / (PI x D x H) #DIV/0! Con L/D = 0 K = Q / (2 x PI x D) #DIV/0! Con L/D > 2 K = Q x ln (2L/D) / t 3,90E-05
K = 3,90E-05 cm / seg	
OBSERVACIONES	

CORPORACION INCA S.A.C.

Wilmar Sanjoub Calderón

TÉCNICO EN INYECCIONES DE LECHADA DE CEMENTO

CORPORACION INCA S.A.C.

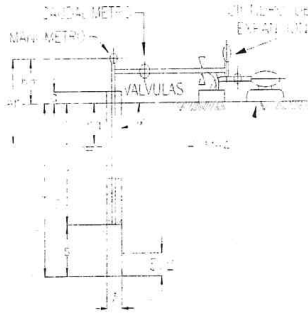
Abelino Gutiérrez Egouff

ESPECIALISTA EN INYECCIONES DE LECHADA DE CEMENTO

CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA

CORPORACION INCA SAC

PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO DEL COMITÉ DE URINSAYA	PRESA SILICUCHO -- SONDEOS DE COMPROBACION DE LAS INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACION	
CORPORACION INCA SAC	ENSAYO LUGEON	
CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA	SONDEO N°: Ps - SC/1	ENSAYO N° 1
	TRAMO DE ENSAYO: 3,00 a 8,00 ml.	
PROYECTO ESPECIAL BINACIONAL LAGO TITICACA	COORDENADAS N: 8422296.00 E: 393496.40 COTA: 4577.91	
	Inclinación: 30°	Fecha: 22 Diciembre 2019



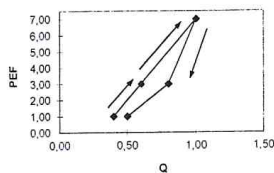
- hm = DISTANCIA DEL MANOMETRO (m)
- a = SOBLENTE DE REVESTIMIENTO (m)
- ha = DISTANCIA NIVEL FREATICO (m)
- Ah = LONG. COLUMNA DE AGUA (m)
- d = DISTANCIA OBSTURADOR (m)
- L = LONGITUD DE PERFORACION (m)
- i = INCLINACION DE PERF. C/HORIZONTAL (°)
- Ah' = CARGA HIDRAULICA = SENi'Ah (m)
- S = LONGITUD DE TRAMO DE ENSAYO (m)
- DIAMETRO DEL BULBO DE ENSAYO (cm)
- PM = PRESION MANOMETRICA (kg/cm2)
- PEF = PRESION EFECTIVA (kg/cm2)
- Ap = PERDIDA DE CARGA (kg/cm2)
- q = CAUDAL DE AGUA (l/min)
- Q = ABSORCION DE AGUA (l/min)
- U.L. = UNIDAD LUGEON (1 l/min a 10 kg/cm2 de PEF)

1,10
0,46
0,00
0,00
3,00
8,00
30,00
0,00
5,00
9,00

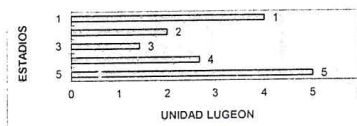
T (min)	Pm = 1,00		Pm = 3,00		Pm = 7,00		Pm = 3,00		Pm = 1,00	
	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)
0,00	100		150		250		400		600,00	
1,00	102	2,00	153	3,00	255	5,00	404	4,00	602,50	2,50
2,00	104	2,00	156	3,00	260	5,00	408	4,00	605,00	2,50
3,00	106	2,00	159	3,00	265	5,00	412	4,00	607,50	2,50
4,00	108	2,00	162	3,00	270	5,00	416	4,00	610,00	2,50
5,00	110	2,00	165	3,00	275	5,00	420	4,00	612,50	2,50
6,00	112	2,00	168	3,00	280	5,00	424	4,00	615,00	2,50
7,00	114	2,00	171	3,00	285	5,00	428	4,00	617,50	2,50
8,00	116	2,00	174	3,00	290	5,00	432	4,00	620,00	2,50
9,00	118	2,00	177	3,00	295	5,00	436	4,00	622,50	2,50
10,00	120,00	2,00	180	3,00	300	5,00	440	4,00	625,00	2,50

q (l/min)	2,00	3,00	5,00	4,00	2,50
Q (l/min)	0,40	0,60	1,00	0,80	0,50
Pm (kg/cm2)	1,00	3,00	7,00	3,00	1,00
Ap (kg/cm2)	0,0002	0,0003	0,0009	0,0006	0,0002
Ah/10 (kg/cm2)	0	0	0	0	0
PEF (kg/cm2)	1,00	3,00	7,00	3,00	1,00
U.L.	4,00	2,00	1,43	2,67	5,00

REPRESENTACION GRAFICA



CRITERIO DE HOULSBY PARA U.L.



UNIDAD LUGEON = 1,43 UL
 K (PERMEABILIDAD) = 1,86E-05 cm/seg
 Valor Log Natural de K = -10,89288676

OBSERVACIONES:

FLUJO TURBULENTO: LA ABSORCION REGISTRAN DIFERENTES VALORES Y RESPONDE A QUE LAS FRACTURAS Y/O DIACLASAS SON DE DIFERENTE GROSOR. EL VALOR LUGEON REPRESENTATIVO SE DA EN LA PRESION MAXIMA, 1,43 UL.

CORPORACION INCA S.A.C.

CORPORACION INCA S.A.C.

William Saúl Calderón
 TÉCNICO EN INYECCIONES DE
 LECHADA DE CEMENTO

Abelino Cárdenas
 ESPECIALISTA EN INYECCIONES DE
 LECHADA DE CEMENTO

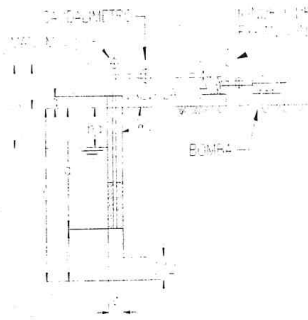
CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA

CORPORACION INCA SAC

PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO DEL COMITÉ DE URINSAYA		PROYECTO ESPECIAL BINACIONAL LAGO TITICACA																																								
CORPORACION INCA SAC	PRESA SILICUCHO - INYECCION DE - IMPERMEABILIZACION SONDEOS DE COMPROBACION		CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA																																							
REGISTRO DE PRUEBA LEFRANC																																										
SONDEO N° PS - SC/2	UBICACIÓN: N:8422293.00 393507.90	TRAMO DE ENSAYO: 0,00 a 1,50																																								
	COTA: 4578.14 m.s.n.m.	ENSAYO N° 01 Fecha: 21 Diciembre 2019																																								
	INCLINACION 30°	HORA Inicio: 10:00:00 Termino: 10:30:00																																								
		<table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>ha : Prof. nivel freático (m)</td><td style="text-align: right;">0,00</td></tr> <tr><td>n : Sobrante del revestimiento (m)</td><td style="text-align: right;">0,50</td></tr> <tr><td>S : Prof. del revestimiento (m)</td><td style="text-align: right;">1,50</td></tr> <tr><td>C : Long. Total del revestimiento (m)</td><td style="text-align: right;">2,00</td></tr> <tr><td>P : Profundidad del frente de perforación (m)</td><td style="text-align: right;">1,50</td></tr> <tr><td>L : Longitud del bulbo de ensayo (cm)</td><td style="text-align: right;">150,00</td></tr> <tr><td>Z : Prof. agua a nivel constante (m)</td><td style="text-align: right;">0,00</td></tr> <tr><td>D : Diámetro del bulbo de ensayo (cm)</td><td style="text-align: right;">9,60</td></tr> <tr><td>hn : Carga hidráulica (cm)</td><td style="text-align: right;">0</td></tr> <tr><td>d : Diámetro interno del revestimiento (cm)</td><td style="text-align: right;">7,7</td></tr> </table>		ha : Prof. nivel freático (m)	0,00	n : Sobrante del revestimiento (m)	0,50	S : Prof. del revestimiento (m)	1,50	C : Long. Total del revestimiento (m)	2,00	P : Profundidad del frente de perforación (m)	1,50	L : Longitud del bulbo de ensayo (cm)	150,00	Z : Prof. agua a nivel constante (m)	0,00	D : Diámetro del bulbo de ensayo (cm)	9,60	hn : Carga hidráulica (cm)	0	d : Diámetro interno del revestimiento (cm)	7,7																			
ha : Prof. nivel freático (m)	0,00																																									
n : Sobrante del revestimiento (m)	0,50																																									
S : Prof. del revestimiento (m)	1,50																																									
C : Long. Total del revestimiento (m)	2,00																																									
P : Profundidad del frente de perforación (m)	1,50																																									
L : Longitud del bulbo de ensayo (cm)	150,00																																									
Z : Prof. agua a nivel constante (m)	0,00																																									
D : Diámetro del bulbo de ensayo (cm)	9,60																																									
hn : Carga hidráulica (cm)	0																																									
d : Diámetro interno del revestimiento (cm)	7,7																																									
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>tiempo (min)</th> <th>Hidrometro (t)</th> <th>Q (l/min)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>50,00</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>51,50</td><td>1,500</td></tr> <tr><td>2</td><td>53,00</td><td>1,500</td></tr> <tr><td>3</td><td>54,50</td><td>1,500</td></tr> <tr><td>4</td><td>56,00</td><td>1,500</td></tr> <tr><td>5</td><td>57,50</td><td>1,500</td></tr> <tr><td>6</td><td>59,00</td><td>1,500</td></tr> <tr><td>7</td><td>60,50</td><td>1,500</td></tr> <tr><td>8</td><td>62,00</td><td>1,500</td></tr> <tr><td>9</td><td>63,50</td><td>1,500</td></tr> <tr><td>10</td><td>65,00</td><td>1,500</td></tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Q promedio =</td> <td style="text-align: center;">1,5</td> </tr> </tbody> </table>		tiempo (min)	Hidrometro (t)	Q (l/min)	0	50,00		1	51,50	1,500	2	53,00	1,500	3	54,50	1,500	4	56,00	1,500	5	57,50	1,500	6	59,00	1,500	7	60,50	1,500	8	62,00	1,500	9	63,50	1,500	10	65,00	1,500	Q promedio =		1,5		
tiempo (min)	Hidrometro (t)	Q (l/min)																																								
0	50,00																																									
1	51,50	1,500																																								
2	53,00	1,500																																								
3	54,50	1,500																																								
4	56,00	1,500																																								
5	57,50	1,500																																								
6	59,00	1,500																																								
7	60,50	1,500																																								
8	62,00	1,500																																								
9	63,50	1,500																																								
10	65,00	1,500																																								
Q promedio =		1,5																																								
$H = \frac{(P+S)}{2} + (n - z)$ $H = 1248 \text{ centímetros}$		$L/D = 15,63$																																								
CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD																																										
CALCULO DEL CAUDAL NIVEL CONSTANTE $Q = 25,01 \text{ cm}^3/\text{seg}$		CALCULO DE K Con $L/D < 2$ $K = Q / (PI \times D \times H)$ #DIV/0! Con $L/D = 0$ $K = Q / (2 \times PI \times D)$ #DIV/0! Con $L/D > 2$ $K = Q \times \ln(2L/D) / ($ 7,32E-05																																								
$K = 7,32E-05 \text{ cm / seg}$																																										
OBSERVACIONES																																										
CORPORACION INCA S.A.C. William Sepúlveda Calderón TÉCNICO EN INYECCIONES DE LECHADA DE CEMENTO		CORPORACION INCA S.A.C. Abelino Gutiérrez Egoavil ESPECIALISTA EN INYECCIONES DE LECHADA DE CEMENTO																																								
CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA		CORPORACION INCA SAC																																								

PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO DEL COMITÉ DE URINSAYA		PROYECTO ESPECIAL BINACIONAL LAGO TITICACA																																								
CORPORACION INCA SAC	PRESA SILICUCHO - INYECCION DE IMPERMEABILIZACION SONDEOS DE COMPROBACION		CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA																																							
REGISTRO DE PRUEBA LEFRANC																																										
SONDEO N° PS - SC/2	UBICACIÓN: N:8422293.00 393507.90	TRAMO DE ENSAYO: 1,50 a 3,00																																								
	COTA: 4578.14 m.s.n.m.	ENSAYO N° 02 Fecha: 21 Diciembre 2019																																								
	INCLINACION 30°	HORA Inicio: 10:40:00 Termina: 11:00:00																																								
		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>ha : Prof. nivel freático (m)</td><td style="text-align: right;">0,00</td></tr> <tr><td>n : Sobrante del revestimiento (m)</td><td style="text-align: right;">0,50</td></tr> <tr><td>S : Prof. del revestimiento (m)</td><td style="text-align: right;">3,00</td></tr> <tr><td>C : Long. Total del revestimiento (m)</td><td style="text-align: right;">3,50</td></tr> <tr><td>P : Profundidad del frente de perforación (m)</td><td style="text-align: right;">3,00</td></tr> <tr><td>L : Longitud del bulbo de ensayo (m)</td><td style="text-align: right;">150,00</td></tr> <tr><td>Z : Prof. agua a nivel constante (m)</td><td style="text-align: right;">0,00</td></tr> <tr><td>D : Diámetro del bulbo de ensayo (cm)</td><td style="text-align: right;">9,60</td></tr> <tr><td>hn : Carga hidráulica (cm)</td><td style="text-align: right;">0</td></tr> <tr><td>d : Diámetro interno del revestimiento (cm)</td><td style="text-align: right;">7,7</td></tr> </table>		ha : Prof. nivel freático (m)	0,00	n : Sobrante del revestimiento (m)	0,50	S : Prof. del revestimiento (m)	3,00	C : Long. Total del revestimiento (m)	3,50	P : Profundidad del frente de perforación (m)	3,00	L : Longitud del bulbo de ensayo (m)	150,00	Z : Prof. agua a nivel constante (m)	0,00	D : Diámetro del bulbo de ensayo (cm)	9,60	hn : Carga hidráulica (cm)	0	d : Diámetro interno del revestimiento (cm)	7,7																			
ha : Prof. nivel freático (m)	0,00																																									
n : Sobrante del revestimiento (m)	0,50																																									
S : Prof. del revestimiento (m)	3,00																																									
C : Long. Total del revestimiento (m)	3,50																																									
P : Profundidad del frente de perforación (m)	3,00																																									
L : Longitud del bulbo de ensayo (m)	150,00																																									
Z : Prof. agua a nivel constante (m)	0,00																																									
D : Diámetro del bulbo de ensayo (cm)	9,60																																									
hn : Carga hidráulica (cm)	0																																									
d : Diámetro interno del revestimiento (cm)	7,7																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>tiempo (min)</th> <th>Hidrometro (lt)</th> <th>Q (lt/min)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>10,00</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>10,46</td><td>0,460</td></tr> <tr><td>2</td><td>10,89</td><td>0,430</td></tr> <tr><td>3</td><td>11,32</td><td>0,430</td></tr> <tr><td>4</td><td>11,76</td><td>0,440</td></tr> <tr><td>5</td><td>12,16</td><td>0,400</td></tr> <tr><td>6</td><td>12,66</td><td>0,500</td></tr> <tr><td>7</td><td>13,11</td><td>0,450</td></tr> <tr><td>8</td><td>13,51</td><td>0,400</td></tr> <tr><td>9</td><td>13,95</td><td>0,440</td></tr> <tr><td>10</td><td>14,39</td><td>0,440</td></tr> <tr><td colspan="3" style="text-align: center;">Q promedio = 0,439</td></tr> </tbody> </table>		tiempo (min)	Hidrometro (lt)	Q (lt/min)	0	10,00		1	10,46	0,460	2	10,89	0,430	3	11,32	0,430	4	11,76	0,440	5	12,16	0,400	6	12,66	0,500	7	13,11	0,450	8	13,51	0,400	9	13,95	0,440	10	14,39	0,440	Q promedio = 0,439				
tiempo (min)	Hidrometro (lt)	Q (lt/min)																																								
0	10,00																																									
1	10,46	0,460																																								
2	10,89	0,430																																								
3	11,32	0,430																																								
4	11,76	0,440																																								
5	12,16	0,400																																								
6	12,66	0,500																																								
7	13,11	0,450																																								
8	13,51	0,400																																								
9	13,95	0,440																																								
10	14,39	0,440																																								
Q promedio = 0,439																																										
$H = \frac{(P+S)}{2} + (n - z)$ $H = 1248$ centímetros		$L/D = 15,63$																																								
CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD																																										
CALCULO DEL CAUDAL NIVEL CONSTANTE $Q = 7,32$ cm ³ /seg		CALCULO DE K Con L/D < 2 $K = Q / (PI \times D \times H)$ #1DIV/0! Con L/D = 0 $K = Q / (2 \times PI \times D)$ #1DIV/0! Con L/D > 2 $K = Q \times \ln(2L/D) / l$ 2,14E-05																																								
$K = 2,14E-05$ cm / seg																																										
OBSERVACIONES																																										
CORPORACION INCA S.A.C. William Samuel Calderón TÉCNICO EN INYECCIONES DE LECHADA DE CEMENTO		CORPORACION INCA S.A.C. Adalino González Esquivel ESPECIALISTA EN INYECCIONES DE LECHADA DE CEMENTO																																								
CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA		CORPORACION INCA SAC																																								

PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO DEL COMITÉ DE URINSAYA	PRESA SILICUCHO -- SONDEOS DE COMPROBACION DE LAS INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACION	
CORPORACION INCA SAC	ENSAYO LUGEON	
CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA	SONDEO N°: PS - SC/2	ENSAYO N° 1
	TRAMO DE ENSAYO: 3.00 a 8.00 ml.	
	COORDENADAS N: 8422293.00 E: 393507.90 COTA: 4578.14	
PROYECTO ESPECIAL BINACIONAL LAGO TITICACA	Inclinación: 30°	Fecha: 22 Diciembre 2019

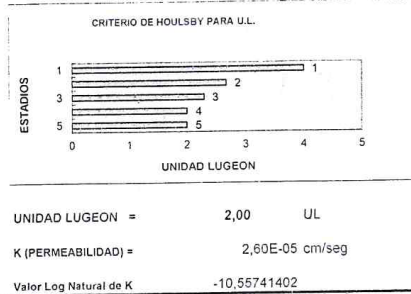
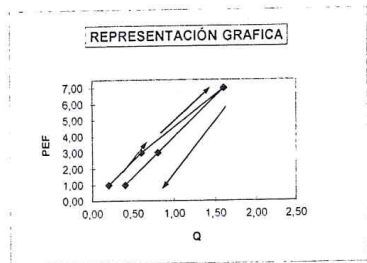


- hm = DISTANCIA DEL MANOMETRO (m)
- a = SOBANTE DE REVESTIMIENTO (m)
- ha = DISTANCIA NIVEL FREATICO (m)
- Ah = LONG. COLUMNA DE AGUA (m)
- d = DISTANCIA OBSTURADOR (m)
- L = LONGITUD DE PERFORACION (m)
- i = INCLINACION DE PERF. C/HORIZONTAL (°)
- Ah' = CARGA HIDRAULICA = SEN*i*·Ah (m)
- S = LONGITUD DE TRAMO DE ENSAYO (m)
- DIAMETRO DEL BULBO DE ENSAYO (cm)
- PM = PRESION MANOMETRICA (kg/cm2)
- PEF = PRESION EFECTIVA (kg/cm2)
- Ap = PERDIDA DE CARGA (kg/cm2)
- q = CAUDAL DE AGUA (l/min)
- Q = ABSORCION DE AGUA (l/min)
- U.L. = UNIDAD LUGEON (1 l/min a 10 kg/cm2 de PEF)

1,24
0,40
0,00
0,00
3,00
8,00
30,00
0,00
5,00
9,00

T (min)	Pm = 1,00		Pm = 3,00		Pm = 7,00		Pm = 3,00		Pm = 1,00	
	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)
0,00	200,00		300,00		500,00		700,00		800,00	
1,00	202,00	2,00	304,00	4,00	508,00	8,00	703,00	3,00	801,00	1,00
2,00	204,00	2,00	308,00	4,00	516,00	8,00	706,00	3,00	802,00	1,00
3,00	206,00	2,00	312,00	4,00	524,00	8,00	709,00	3,00	803,00	1,00
4,00	208,00	2,00	316,00	4,00	532,00	8,00	712,00	3,00	804,00	1,00
5,00	210,00	2,00	320,00	4,00	540,00	8,00	715,00	3,00	805,00	1,00
6,00	212,00	2,00	324,00	4,00	548,00	8,00	718,00	3,00	806,00	1,00
7,00	214,00	2,00	328,00	4,00	556,00	8,00	721,00	3,00	807,00	1,00
8,00	216,00	2,00	332,00	4,00	564,00	8,00	724,00	3,00	808,00	1,00
9,00	218,00	2,00	336,00	4,00	572,00	8,00	727,00	3,00	809,00	1,00
10,00	220,00	2,00	340,00	4,00	580,00	8,00	730,00	3,00	810,00	1,00

q (l/min)	2,00	4,00	8,00	3,00	1,00
Q (l/min)	0,40	0,80	1,60	0,60	0,20
Pm (kg/cm2)	1,00	3,00	7,00	3,00	1,00
Ap (kg/cm2)	0,0002	0,0006	0,0020	0,0003	0,0000
Ah/10 (kg/cm2)	0	0	0	0	0
PEF (kg/cm2)	1,00	3,00	7,00	3,00	1,00
U.L.	4,00	2,67	2,29	2,00	2,00



OBSERVACIONES:
FLUJO DE RELLENO, SE USA EL VALOR LUGEON MAS BAJO

CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA

CORPORACION INCA S.A.C.

Abelino Gutiérrez Escobar
ESTADISTA EN INYECCIONES DE LECHADA DE CEMENTO

William Sandoval Calderón
TÉCNICO EN INYECCIONES DE LECHADA DE CEMENTO

PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO DEL COMITÉ DE URINSAYA		PROYECTO ESPECIAL BINACIONAL LAGO TITICACA																																								
CORPORACION INCA SAC	PRESA SILICUCHO - INYECCION DE IMPERMEABILIZACION SONDEOS DE COMPROBACION		CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA																																							
REGISTRO DE PRUEBA LEFRANC																																										
SONDEO N° PS - SC/3	UBICACIÓN: N:8422291.00 393522.39	TRAMO DE ENSAYO: 0,00 a 1,50																																								
	COTA: 4579.71 m.s.n.m.	ENSAYO N° 01 Fecha: 21 Diciembre 2019																																								
	INCLINACION 30°	HORA Inicio: 11:00:00 Terminó: 11:30:00																																								
		<table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>ha : Prof. nivel freático (m)</td><td style="text-align: right;">0,00</td></tr> <tr><td>n : Sobrante del revestimiento (m)</td><td style="text-align: right;">0,50</td></tr> <tr><td>S : Prof. del revestimiento (m)</td><td style="text-align: right;">1,50</td></tr> <tr><td>C : Long. Total del revestimiento (m)</td><td style="text-align: right;">2,00</td></tr> <tr><td>P : Profundidad del frente de perforación (m)</td><td style="text-align: right;">1,50</td></tr> <tr><td>L : Longitud del bulbo de ensayo (cm)</td><td style="text-align: right;">150,00</td></tr> <tr><td>Z : Prof. agua a nivel constante (m)</td><td style="text-align: right;">0,00</td></tr> <tr><td>D : Diámetro del bulbo de ensayo (cm)</td><td style="text-align: right;">9,60</td></tr> <tr><td>hn : Carga hidráulica (cm)</td><td style="text-align: right;">0</td></tr> <tr><td>d : Diámetro interno del revestimiento (cm)</td><td style="text-align: right;">7,7</td></tr> </table>		ha : Prof. nivel freático (m)	0,00	n : Sobrante del revestimiento (m)	0,50	S : Prof. del revestimiento (m)	1,50	C : Long. Total del revestimiento (m)	2,00	P : Profundidad del frente de perforación (m)	1,50	L : Longitud del bulbo de ensayo (cm)	150,00	Z : Prof. agua a nivel constante (m)	0,00	D : Diámetro del bulbo de ensayo (cm)	9,60	hn : Carga hidráulica (cm)	0	d : Diámetro interno del revestimiento (cm)	7,7																			
ha : Prof. nivel freático (m)	0,00																																									
n : Sobrante del revestimiento (m)	0,50																																									
S : Prof. del revestimiento (m)	1,50																																									
C : Long. Total del revestimiento (m)	2,00																																									
P : Profundidad del frente de perforación (m)	1,50																																									
L : Longitud del bulbo de ensayo (cm)	150,00																																									
Z : Prof. agua a nivel constante (m)	0,00																																									
D : Diámetro del bulbo de ensayo (cm)	9,60																																									
hn : Carga hidráulica (cm)	0																																									
d : Diámetro interno del revestimiento (cm)	7,7																																									
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>tiempo (min)</th> <th>Hidrometro (lt)</th> <th>Q (lt/min)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>800,00</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>800,90</td><td>0,900</td></tr> <tr><td>2</td><td>801,76</td><td>0,860</td></tr> <tr><td>3</td><td>802,62</td><td>0,860</td></tr> <tr><td>4</td><td>803,47</td><td>0,850</td></tr> <tr><td>5</td><td>804,32</td><td>0,850</td></tr> <tr><td>6</td><td>805,22</td><td>0,900</td></tr> <tr><td>7</td><td>806,09</td><td>0,870</td></tr> <tr><td>8</td><td>806,95</td><td>0,860</td></tr> <tr><td>9</td><td>807,82</td><td>0,870</td></tr> <tr><td>10</td><td>808,71</td><td>0,890</td></tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Q promedio =</td> <td style="text-align: center;">0,871</td> </tr> </tbody> </table>		tiempo (min)	Hidrometro (lt)	Q (lt/min)	0	800,00		1	800,90	0,900	2	801,76	0,860	3	802,62	0,860	4	803,47	0,850	5	804,32	0,850	6	805,22	0,900	7	806,09	0,870	8	806,95	0,860	9	807,82	0,870	10	808,71	0,890	Q promedio =		0,871		
tiempo (min)	Hidrometro (lt)	Q (lt/min)																																								
0	800,00																																									
1	800,90	0,900																																								
2	801,76	0,860																																								
3	802,62	0,860																																								
4	803,47	0,850																																								
5	804,32	0,850																																								
6	805,22	0,900																																								
7	806,09	0,870																																								
8	806,95	0,860																																								
9	807,82	0,870																																								
10	808,71	0,890																																								
Q promedio =		0,871																																								
$H = (P+S)/2 + (n - z)$ $H = 1248$ centímetros		$L/D = 15,63$																																								
CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD																																										
CALCULO DEL CAUDAL NIVEL CONSTANTE $Q = 14,52$ cm ³ /seg		CALCULO DE K Con $L/D < 2$ $K = Q / (PI \times D \times H)$ #i/DIV/0! Con $L/D = 0$ $K = Q / (2 \times PI \times D)$ #i/DIV/0! Con $L/D > 2$ $K = Q \times \ln(2L/D) / t$ 4,25E-05																																								
$K = 4,25E-05$ cm / seg																																										
OBSERVACIONES																																										
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>CORPORACION INCA S.A.C.</p> <p><i>William Sandoval Calderón</i></p> <p>TÉCNICO EN INYECCIONES DE LECHADA DE CEMENTO</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>CORPORACION INCA S.A.C.</p> <p><i>Abelino Gutiérrez Egoavil</i></p> <p>ESPECIALISTA EN INYECCIONES DE LECHADA DE CEMENTO</p> </div> </div>																																										
CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA		CORPORACION INCA SAC																																								

PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO DEL COMITÉ DE URINSAYA		PROYECTO ESPECIAL BINACIONAL LAGO TITICACA																																								
CORPORACION INCA SAC		PRESA SILICUCHO - INYECCION DE IMPERMEABILIZACION SONDEOS DE COMPROBACION																																								
		CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA																																								
REGISTRO DE PRUEBA LEFRANC																																										
SONDEO N° PS - SC/3	UBICACIÓN: N:8422291.00 393522.39	TRAMO DE ENSAYO: 0,00 a 1,50																																								
	COTA: 4579.71 m.s.n.m.	ENSAYO N° 01 Fecha: 21 Diciembre 2019																																								
	INCLINACION 30°	HORA	Inicio: 11:00:00 Terminó: 11:30:00																																							
		<table border="0"> <tr><td>ha : Prof. nivel freático (m)</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>n : Sobrante del revestimiento (m)</td><td>0,50</td></tr> <tr><td>S : Prof. del revestimiento (m)</td><td>1,50</td></tr> <tr><td>C : Long. Total del revestimiento (m)</td><td>2,00</td></tr> <tr><td>P : Profundidad del frente de perforación (m)</td><td>1,50</td></tr> <tr><td>L : Longitud del bulbo de ensayo (cm)</td><td>150,00</td></tr> <tr><td>Z : Prof. agua a nivel constante (m)</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>D : Diámetro del bulbo de ensayo (cm)</td><td>9,80</td></tr> <tr><td>hn : Carga hidráulica (cm)</td><td>0</td></tr> <tr><td>d : Diámetro interno del revestimiento (cm)</td><td>7,7</td></tr> </table>		ha : Prof. nivel freático (m)	0,00	n : Sobrante del revestimiento (m)	0,50	S : Prof. del revestimiento (m)	1,50	C : Long. Total del revestimiento (m)	2,00	P : Profundidad del frente de perforación (m)	1,50	L : Longitud del bulbo de ensayo (cm)	150,00	Z : Prof. agua a nivel constante (m)	0,00	D : Diámetro del bulbo de ensayo (cm)	9,80	hn : Carga hidráulica (cm)	0	d : Diámetro interno del revestimiento (cm)	7,7																			
ha : Prof. nivel freático (m)	0,00																																									
n : Sobrante del revestimiento (m)	0,50																																									
S : Prof. del revestimiento (m)	1,50																																									
C : Long. Total del revestimiento (m)	2,00																																									
P : Profundidad del frente de perforación (m)	1,50																																									
L : Longitud del bulbo de ensayo (cm)	150,00																																									
Z : Prof. agua a nivel constante (m)	0,00																																									
D : Diámetro del bulbo de ensayo (cm)	9,80																																									
hn : Carga hidráulica (cm)	0																																									
d : Diámetro interno del revestimiento (cm)	7,7																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>tiempo (min)</th> <th>Hidrometro (lt)</th> <th>Q (lt/min)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>800,00</td><td>0,900</td></tr> <tr><td>1</td><td>800,90</td><td>0,860</td></tr> <tr><td>2</td><td>801,76</td><td>0,860</td></tr> <tr><td>3</td><td>802,62</td><td>0,850</td></tr> <tr><td>4</td><td>803,47</td><td>0,850</td></tr> <tr><td>5</td><td>804,32</td><td>0,900</td></tr> <tr><td>6</td><td>805,22</td><td>0,870</td></tr> <tr><td>7</td><td>806,09</td><td>0,860</td></tr> <tr><td>8</td><td>806,95</td><td>0,870</td></tr> <tr><td>9</td><td>807,82</td><td>0,890</td></tr> <tr><td>10</td><td>808,71</td><td></td></tr> <tr><td colspan="2">Q promedio =</td><td>0,871</td></tr> </tbody> </table>		tiempo (min)	Hidrometro (lt)	Q (lt/min)	0	800,00	0,900	1	800,90	0,860	2	801,76	0,860	3	802,62	0,850	4	803,47	0,850	5	804,32	0,900	6	805,22	0,870	7	806,09	0,860	8	806,95	0,870	9	807,82	0,890	10	808,71		Q promedio =		0,871		
tiempo (min)	Hidrometro (lt)	Q (lt/min)																																								
0	800,00	0,900																																								
1	800,90	0,860																																								
2	801,76	0,860																																								
3	802,62	0,850																																								
4	803,47	0,850																																								
5	804,32	0,900																																								
6	805,22	0,870																																								
7	806,09	0,860																																								
8	806,95	0,870																																								
9	807,82	0,890																																								
10	808,71																																									
Q promedio =		0,871																																								
$H = (P+S)/2 + (n - z)$ $H = 1248$ centímetros		$L/D = 15,63$																																								
CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD																																										
CALCULO DEL CAUDAL NIVEL CONSTANTE $Q = 14,52$ cm ³ /seg		CALCULO DE K Con $L/D < 2$ $K = Q / (PI \times D \times H)$ #iDIV/0! Con $L/D = 0$ $K = Q / (2 \times PI \times D)$ #iDIV/0! Con $L/D > 2$ $K = Q \times \ln(2L/D) / t$ 4,25E-05																																								
$K = 4,25E-05$ cm / seg																																										
OBSERVACIONES																																										
CORPORACION INCA S.A.C. CORPORACION INCA S.A.C. TÉCNICO EN INYECCIONES DE LECHADA DE CEMENTO ESPECIALISTA EN INYECCIONES DE LECHADA DE CEMENTO																																										
CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA		CORPORACION INCA SAC																																								

PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO DEL COMITÉ DE URINSAYA				PRESA SILICUCHO -- SONDEOS DE COMPROBACION DE LAS INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACION			
CORPORACION INCA SAC				ENSAYO LUGEON			
CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA				SONDEO N°: PS - SC/3		ENSAYO N° 1	
PROYECTO ESPECIAL BINACIONAL LAGO TITICACA				TRAMO DE ENSAYO: 3.00 a 8.00 ml.			
				COORDENADAS N: 8422291.00 E: 393522.39 COTA: 4579.71			
				Inclinación: 30°		Fecha: 22 Diciembre 2019	

hm	=	DISTANCIA DEL MANOMETRO (m)	1,00
a	=	SOBRANTE DE REVESTIMIENTO (m)	0,35
ha	=	DISTANCIA NIVEL FREATICO (m)	0,00
Ah	=	LONG. COLUMNA DE AGUA (m)	0,00
d	=	DISTANCIA OBSTURADOR (m)	3,00
L	=	LONGITUD DE PERFORACION (m)	8,00
i	=	INCLINACION DE PERF. C/HORIZONTAL (°)	30,00
ih'	=	CARGA HIDRAULICA = SENi'Ah (m)	0,00
S	=	LONGITUD DE TRAMO DE ENSAYO (m)	5,00
DIAMETRO DEL BULBO DE ENSAYO (cm)			
PM	=	PRESION MANOMETRICA (kg/cm2)	1,00
PEF	=	PRESION EFECTIVA (kg/cm2)	0,00
Ap	=	PERDIDA DE CARGA (kg/cm2)	0,00
q	=	CAUDAL DE AGUA (l/min)	0,00
Q	=	ABSORCION DE AGUA (l/min)	0,00
U.L.	=	UNIDAD LUGEON (1 l/min a 10 kg/cm2 de PEF)	0,00

T (min)	Pm = 1,00		Pm = 3,00		Pm = 7,00		Pm = 3,00		Pm = 1,00	
	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)
0,00	100,00		200,00		350,00		600,00		700,00	
1,00	103,00	3,00	205,00	5,00	360,00	10,00	603,00	3,00	701,00	1,00
2,00	106,00	3,00	210,00	5,00	370,00	10,00	606,00	3,00	702,00	1,00
3,00	109,00	3,00	215,00	5,00	380,00	10,00	609,00	3,00	703,00	1,00
4,00	112,00	3,00	220,00	5,00	390,00	10,00	612,00	3,00	704,00	1,00
5,00	115,00	3,00	225,00	5,00	400,00	10,00	615,00	3,00	705,00	1,00
6,00	118,00	3,00	230,00	5,00	410,00	10,00	618,00	3,00	706,00	1,00
7,00	121,00	3,00	235,00	5,00	420,00	10,00	621,00	3,00	707,00	1,00
8,00	124,00	3,00	240,00	5,00	430,00	10,00	624,00	3,00	708,00	1,00
9,00	127,00	3,00	245,00	5,00	440,00	10,00	627,00	3,00	709,00	1,00
10,00	130,00	3,00	250,00	5,00	450,00	10,00	630,00	3,00	710,00	1,00

q (l/min)	3,00	5,00	10,00	3,00	1,00
Q (l/min)	0,60	1,00	2,00	0,60	0,20
Pm (kg/cm2)	1,00	3,00	7,00	3,00	1,00
Ap (kg/cm2)	0,0003	0,0009	0,0031	0,0003	0,0000
Ah10 (kg/cm2)	0	0	0	0	0
PEF (kg/cm2)	1,00	3,00	7,00	3,00	1,00
U.L.	6,00	3,33	2,86	2,00	2,00

REPRESENTACION GRAFICA

CRITERIO DE HOULSBY PARA UL

UNIDAD LUGEON = **2,86** UL

K (PERMEABILIDAD) = **3,72E-05** cm/seg

Valor Log Natural de K = **-10,19973958**

OBSERVACIONES:
FLUJO DE RELLENO, SE USA EL VALOR LUGEON MAS BAJO

CORPORACION INCA S.A.C.

William Gonzalez Cardenas

TÉCNICO EN INYECCIONES DE LECHADA DE CEMENTO

CORPORACION INCA S.A.C.

Abelino Gutiérrez Egoavil

ESPECIALISTA EN INYECCIONES DE LECHADA DE CEMENTO

CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA

CORPORACION INCA SAC

PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO DEL COMITÉ DE URINSAYA		PROYECTO ESPECIAL BINACIONAL LAGO TITICACA																																							
CORPORACION INCA SAC		PRESA SILICUCHO - INYECCION DE IMPERMEABILIZACION SONDEOS DE COMPROBACION																																							
CORPORACION INCA SAC		CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA																																							
REGISTRO DE PRUEBA LEFRANC																																									
SONDEO N° PS - SC/4	UBICACION: N:8422291.00 393522.39	TRAMO DE ENSAYO: 0,00 a 1,50																																							
	COTA: 4579.71 m s. n. m.	ENSAYO N° 01 Fecha: 21 Diciembre 2019																																							
	NCLINACION 30°	HORA Inicio: 12:10:00 Termina: 12:30:00																																							
		ha : Prof. nivel freático (m) 0,00 n : Sobrante del revestimiento (m) 0,54 S : Prof. del revestimiento (m) 1,50 C : Long. Total del revestimiento (m) 2,04 P : Profundidad del frente de perforación (m) 1,50 L : Longitud del bulbo de ensayo (cm) 150,00 Z : Prof. agua a nivel constante (m) 0,00 D : Diámetro del bulbo de ensayo (cm) 9,60 hn : Carga hidráulica (cm) 0 d : Diámetro interno del revestimiento (cm) 7,7																																							
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>tiempo (min)</th> <th>Hidrometro (lt)</th> <th>Q (lt/min)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>740,50</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>741,25</td><td>0,750</td></tr> <tr><td>2</td><td>742,00</td><td>0,750</td></tr> <tr><td>3</td><td>742,70</td><td>0,700</td></tr> <tr><td>4</td><td>743,40</td><td>0,700</td></tr> <tr><td>5</td><td>744,15</td><td>0,750</td></tr> <tr><td>6</td><td>744,80</td><td>0,650</td></tr> <tr><td>7</td><td>745,50</td><td>0,700</td></tr> <tr><td>8</td><td>746,25</td><td>0,750</td></tr> <tr><td>9</td><td>747,00</td><td>0,750</td></tr> <tr><td>10</td><td>747,70</td><td>0,700</td></tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Q promedio =</td> <td style="text-align: center;">0,72</td> </tr> </tbody> </table>		tiempo (min)	Hidrometro (lt)	Q (lt/min)	0	740,50		1	741,25	0,750	2	742,00	0,750	3	742,70	0,700	4	743,40	0,700	5	744,15	0,750	6	744,80	0,650	7	745,50	0,700	8	746,25	0,750	9	747,00	0,750	10	747,70	0,700	Q promedio =		0,72	
tiempo (min)	Hidrometro (lt)	Q (lt/min)																																							
0	740,50																																								
1	741,25	0,750																																							
2	742,00	0,750																																							
3	742,70	0,700																																							
4	743,40	0,700																																							
5	744,15	0,750																																							
6	744,80	0,650																																							
7	745,50	0,700																																							
8	746,25	0,750																																							
9	747,00	0,750																																							
10	747,70	0,700																																							
Q promedio =		0,72																																							
$H = \frac{(P+S)/2 + (n - z)}{1248}$ H = 1248 centímetros		L/D = 15,63																																							
CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD																																									
CALCULO DEL CAUDAL NIVEL CONSTANTE Q = 12,00 cm³/seg		CALCULO DE K Con L/D < 2 $K = Q / (PI \times D \times H)$ #i DIV/0! Con L/D = 0 $K = Q / (2 \times PI \times D)$ #i DIV/0! Con L/D > 2 $K = Q \times \ln(2L/D) / l$ 3,51E-05																																							
K = 3,51E-05 cm / seg																																									
OBSERVACIONES																																									
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> CORPORACION INCA S.A.C. <small>TECNICO EN INYECCIONES DE LECHADA DE CEMENTO</small> </div> <div style="text-align: center;"> CORPORACION INCA S.A.C. <small>ESPECIALISTA EN INYECCIONES DE LECHADA DE CEMENTO</small> </div> </div>																																									
CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA		CORPORACION INCA SAC																																							

PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO DEL COMITÉ DE URINSAYA		PRESA SILICUCHO -- SONDEOS DE COMPROBACION DE LAS INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACION									
CORPORACION INCA SAC		ENSAYO LUGEON									
CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA		SONDEO N°: PS - SC/3	ENSAYO N° 1								
		TRAMO DE ENSAYO: 3.00 a 8.00 ml.									
PROYECTO ESPECIAL BINACIONAL LAGO TITICACA		COORDENADAS N: 8422291.00 E: 393522.39 COTA: 4579.71									
		Inclinación: 30°	Fecha: 22 Diciembre 2019								
		hm = DISTANCIA DEL MANOMETRO (m) 1,00 a = SOBLENTE DE REVESTIMIENTO (m) 0,35 ha = DISTANCIA NIVEL FREÁTICO (m) 0,00 Ah = LONG. COLUMNA DE AGUA (m) 0,00 d = DISTANCIA OBSTURADOR (m) 3,00 L = LONGITUD DE PERFORACIÓN (m) 8,00 i = INCLINACIÓN DE PERF. CHORIZONTAL (°) 30,00 Ah' = CARGA HIDRAULICA = SENiAh (m) 0,00 S = LONGITUD DE TRAMO DE ENSAYO (m) 5,00 DIAMETRO DEL BULBO DE ENSAYO (cm) 9,00 PM = PRESIÓN MANOMÉTRICA (kg/cm ²) PEF = PRESIÓN EFECTIVA (kg/cm ²) Ap = PERDIDA DE CARGA (kg/cm ²) q = CAUDAL DE AGUA (l/min) Q = ABSORCIÓN DE AGUA (l/min) U.L. = UNIDAD LUGEON (1 l/min a 10 kg/cm ² de PEF)									
T (min)	Pm = 1,00		Pm = 3,00		Pm = 7,00		Pm = 3,00		Pm = 1,00		
	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	
0,00	100,00		200,00		350,00		600,00		700,00		
1,00	103,00	3,00	205,00	5,00	360,00	10,00	603,00	3,00	701,00	1,00	
2,00	106,00	3,00	210,00	5,00	370,00	10,00	606,00	3,00	702,00	1,00	
3,00	109,00	3,00	215,00	5,00	380,00	10,00	609,00	3,00	703,00	1,00	
4,00	112,00	3,00	220,00	5,00	390,00	10,00	612,00	3,00	704,00	1,00	
5,00	115,00	3,00	225,00	5,00	400,00	10,00	615,00	3,00	705,00	1,00	
6,00	118,00	3,00	230,00	5,00	410,00	10,00	618,00	3,00	706,00	1,00	
7,00	121,00	3,00	235,00	5,00	420,00	10,00	621,00	3,00	707,00	1,00	
8,00	124,00	3,00	240,00	5,00	430,00	10,00	624,00	3,00	708,00	1,00	
9,00	127,00	3,00	245,00	5,00	440,00	10,00	627,00	3,00	709,00	1,00	
10,00	130,00	3,00	250,00	5,00	450,00	10,00	630,00	3,00	710,00	1,00	
q (l/min)	3,00		5,00		10,00		3,00		1,00		
Q (l/min)	0,60		1,00		2,00		0,60		0,20		
Pm (kg/cm ²)	1,00		3,00		7,00		3,00		1,00		
Ap (kg/cm ²)	0,0003		0,0009		0,0031		0,0003		0,0000		
Ah/10 (kg/cm ²)	0		0		0		0		0		
PEF (kg/cm ²)	1,00		3,00		7,00		3,00		1,00		
U.L.	6,00		3,33		2,86		2,00		2,00		
				UNIDAD LUGEON = 2,00 UL K (PERMEABILIDAD) = 2,60E-05 cm/seg Valor Log Natural de K = -10,55741402							
OBSERVACIONES:											
FLUJO DE RELLENO, SE USA EL VALOR LUGEON MAS BAJO											
CORPORACION INCA S.A.C.						CORPORACION INCA S.A.C.					
William Sandoval Calderón TÉCNICO EN INYECCIONES DE LECHADA DE CEMENTO						Abelino Gutiérrez Egoavil ESPECIALISTA EN INYECCIONES DE LECHADA DE CEMENTO					
CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA						CORPORACION INCA SAC					

PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO DEL COMITÉ DE URINSAYA		PRESA SILICUCHO -- SONDEOS DE COMPROBACION DE LAS INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACION	
CORPORACION INCA SAC		ENSAYO LUGEON	
CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA		SONDEO N°: PS - SC/4	ENSAYO N° 1
		TRAMO DE ENSAYO: 3.00 a 8.00 ml.	
PROYECTO ESPECIAL BINACIONAL LAGO TITICACA		COORDENADAS N: 8422291.00 E: 393522.39 COTA: 4579.71	
		Inclinación: 30°	Fecha: 22 Diciembre 2019

hm	=	DISTANCIA DEL MANOMETRO (m)	0,80
a	=	SOBRANTE DE REVESTIMIENTO (m)	0,55
ha	=	DISTANCIA NIVEL FREATICO (m)	0,00
Ah	=	LONG. COLUMNA DE AGUA (m)	0,00
d	=	DISTANCIA OBSTURADOR (m)	3,00
L	=	LONGITUD DE PERFORACION (m)	8,00
i	=	INCLINACION DE PERF. CHORIZONAL (°)	30,00
Ah'	=	CARGA HIDRAULICA = SENI'Ah (m)	0,00
S	=	LONGITUD DE TRAMO DE ENSAYO (m)	5,00
DIAMETRO DEL BULBO DE ENSAYO (cm)			9,00
PM	=	PRESION MANOMETRICA (kg/cm2)	
PEF	=	PRESION EFECTIVA (kg/cm2)	
Ap	=	PERDIDA DE CARGA (kg/cm2)	
q	=	CAUDAL DE AGUA (l/min)	
Q	=	ABSORCION DE AGUA (l/m/min)	
U.L.	=	UNIDAD LUGEON (1 l/m/min a 10 kg/cm2 de PEF)	

T (min)	Pm = 1,00		Pm = 3,00		Pm = 7,00		Pm = 3,00		Pm = 1,00	
	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)
0,00	700,00		800,00		834,00		883,00		1010,00	
1,00	701,80	1,80	802,50	2,50	838,00	4,00	885,60	2,60	1012,00	2,00
2,00	703,60	1,80	805,00	2,50	841,60	3,60	888,30	2,70	1014,00	2,00
3,00	705,60	2,00	807,50	2,50	845,40	3,80	890,90	2,60	1016,00	2,00
4,00	707,40	1,80	810,00	2,50	849,60	4,20	893,50	2,60	1018,00	2,00
5,00	709,20	1,80	812,50	2,50	853,60	4,00	896,20	2,70	1020,00	2,00
6,00	711,00	1,80	815,00	2,50	857,60	4,00	898,80	2,60	1022,00	2,00
7,00	712,80	1,80	817,50	2,50	861,60	3,90	901,40	2,60	1024,00	2,00
8,00	714,60	1,80	820,00	2,50	865,50	4,00	903,90	2,50	1026,00	2,00
9,00	716,40	1,80	822,50	2,50	869,30	3,80	906,60	2,70	1028,00	2,00
10,00	718,20	1,80	825,00	2,50	873,20	3,90	909,30	2,70	1030,00	2,00

q (l/min)	1,82	2,50	3,92	2,63	2,00
Q (l/m/min)	0,36	0,50	0,78	0,53	0,40
Pm (kg/cm2)	1,00	3,00	7,00	3,00	1,00
Ap (kg/cm2)	0,0001	0,0002	0,0005	0,0003	0,0002
Ah/10 (kg/cm2)	0	0	0	0	0
PEF (kg/cm2)	1,00	3,00	7,00	3,00	1,00
U.L.	3,64	1,67	1,12	1,75	4,00

REPRESENTACIÓN GRAFICA

CRITERIO DE HOULSBY PARA U.L.

UNIDAD LUGEON = 1,12 UL

K (PERMEABILIDAD) = 1,48E-05 cm/seg

Valor Log Natural de K -11,13723252

OBSERVACIONES:
FLUJO TURBULENTO, SE USA EL VALOR LUGEON PARA LA PRESION MAXIMA

CORPORACION INCA S.A.C.

CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA

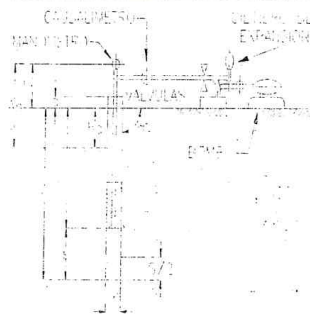
William Sandoval Calderón
TECNICO EN INYECCIONES DE LECHADA DE CEMENTO

CORPORACION INCA S.A.C.

Abelino Gutiérrez Egoavil
ESPECIALISTA EN INYECCIONES DE LECHADA DE CEMENTO

PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO DEL COMITÉ DE URINSAYA				PRESA SILICUCHO -- SONDEOS DE COMPROBACION DE LAS INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACION						
CORPORACION INCA SAC				ENSAYO LUGEON						
CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA				SONDEO N°: PS - SC/5		ENSAYO N° 1				
				TRAMO DE ENSAYO: 0.00 a 4.00 ml.						
PROYECTO ESPECIAL BINACIONAL LAGO TITICACA				COORDENADAS N: 8422291.00 E: 393522.39 COTA: 4579.71						
				Inclinación: 30°		Fecha: 22 Diciembre 2019				
				<ul style="list-style-type: none"> hm = DISTANCIA DEL MANOMETRO (m) 0,75 a = SOBRANTE DE REVESTIMIENTO (m) 0,55 ha = DISTANCIA NIVEL FREATICO (m) 0,00 Ah = LONG. COLUMNA DE AGUA (m) 0,00 d = DISTANCIA OBSTURADOR (m) 0,00 L = LONGITUD DE PERFORACION (m) 4,00 i = INCLINACION DE PERF. C/HORIZONTAL (°) 30,00 Ah' = CARGA HIDRAULICA = SENi*Ah (m) 0,00 S = LONGITUD DE TRAMO DE ENSAYO (m) 4,00 DIAMETRO DEL BULBO DE ENSAYO (cm) 9,00 PM = PRESION MANOMETRICA (kg/cm2) PEF = PRESION EFECTIVA (kg/cm2) Ap = PERDIDA DE CARGA (kg/cm2) q = CAUDAL DE AGUA (l/min) Q = ABSORCION DE AGUA (l/min) U.L. = UNIDAD LUGEON (1 l/min a 10 kg/cm2 de PEF) 						
T (min)	Pm = 0,50		Pm = 2,00		Pm = 4,00		Pm = 2,00		Pm = 0,50	
	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)
0,00	100,00		250,00		400,00		600,00		800,00	
1,00	103,00	3,00	258,00	8,00	409,50	9,50	609,00	9,00	803,50	3,50
2,00	106,00	3,00	266,00	8,00	419,00	9,50	618,00	9,00	807,00	3,50
3,00	109,00	3,00	274,00	8,00	428,50	9,50	627,00	9,00	810,50	3,50
4,00	112,00	3,00	282,00	8,00	438,00	9,50	636,00	9,00	814,00	3,50
5,00	115,00	3,00	290,00	8,00	447,50	9,50	645,00	9,00	817,50	3,50
6,00	118,00	3,00	298,00	8,00	457,00	9,50	654,00	9,00	821,00	3,50
7,00	121,00	3,00	306,00	8,00	466,50	9,50	663,00	9,00	824,50	3,50
8,00	124,00	3,00	314,00	8,00	476,00	9,50	672,00	9,00	828,00	3,50
9,00	127,00	3,00	322,00	8,00	485,50	9,50	681,00	9,00	831,50	3,50
10,00	130,00	3,00	330,00	8,00	495,00	9,50	690,00	9,00	835,00	3,50
q (l/min)	3,00		8,00		9,50		9,00		3,50	
Q (l/min)	0,75		2,00		2,38		2,25		0,88	
Pm (kg/cm2)	0,50		2,00		4,00		2,00		0,50	
Ap (kg/cm2)	0,0000		0,0000		0,0000		0,0000		0,0000	
Ah/10 (kg/cm2)	0		0		0		0		0	
PEF (kg/cm2)	0,50		2,00		4,00		2,00		0,50	
U.L.	15,00		10,00		5,94		11,25		17,50	
				UNIDAD LUGEON = 5,94 UL						
				K (PERMEABILIDAD) = 7,72E-05 cm/seg						
				Valor Log Natural de K -9,468852067						
OBSERVACIONES:										
FLUJO TURBULENTO, SE USA EL VALOR LUGEON PARA LA PRESION MAXIMA										
CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA				CORPORACION INCA S.A.C. TECNICO EN INYECCIONES DE LECHADA DE CEMENTO						
				CORPORACION INCA S.A.C. ESPECIALISTA EN INYECCIONES DE LECHADA DE CEMENTO						

PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO DEL COMITÉ DE URINSAYA CORPORACION INCA SAC CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA		PRESA SILICUCHO -- SONDEOS DE COMPROBACION DE LAS INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACION ENSAYO LUGEON SONDEO N°: PS - SC/5 ENSAYO N° 2	
PROYECTO ESPECIAL BINACIONAL LAGO TITICACA		TRAMO DE ENSAYO: 4.00 a 8.00 ml. COORDENADAS N: 8422291.00 E: 393522.39 COTA: 4579.71 Inclinación: 30° Fecha: 22 Diciembre 2019	



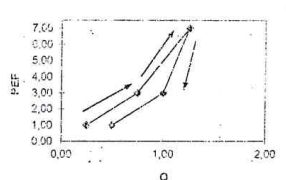
- hm = DISTANCIA DEL MANOMETRO (m)
- a = SOBRIANTE DE REVESTIMIENTO (m)
- ha = DISTANCIA NIVEL FREATICO (m)
- Ah = LONG. COLUMNA DE AGUA (m)
- d = DISTANCIA OBSTURADOR (m)
- L = LONGITUD DE PERFORACION (m)
- i = INCLINACION DE PERF. C/HORIZONTAL (°)
- Ah' = CARGA HIDRAULICA = SEN i Ah (m)
- S = LONGITUD DE TRAMO DE ENSAYO (m)
- DIAMETRO DEL TUBO DE ENSAYO (cm)
- PM = PRESION MANOMETRICA (kg/cm²)
- PEF = PRESION EFECTIVA (kg/cm²)
- Ap = PERDIDA DE CARGA (kg/cm²)
- q = CAUDAL DE AGUA (l/min)
- Q = ABSORCION DE AGUA (l/min)
- U.L. = UNIDAD LUGEON; 1 l/min a 10 kg/cm² es PEF

0,75
0,55
0,00
0,00
4,00
8,00
30,00
0,00
4,00
9,00

T (min)	Pm = 1,00		Pm = 3,00		Pm = 7,00		Pm = 9,00		Pm = 1,00	
	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)
0,00	30		70		160		270		350	
1,00	32	2,00	74	4,00	165	5,00	273	3,00	351	1,00
2,00	34	2,00	78	4,00	170	5,00	276	3,00	352	1,00
3,00	36	2,00	82	4,00	175	5,00	279	3,00	353	1,00
4,00	38	2,00	86	4,00	180	5,00	282	3,00	354	1,00
5,00	40	2,00	90	4,00	185	5,00	285	3,00	355	1,00
6,00	42	2,00	94	4,00	190	5,00	288	3,00	356	1,00
7,00	44	2,00	98	4,00	195	5,00	291	3,00	357	1,00
8,00	46	2,00	102	4,00	200	5,00	294	3,00	358	1,00
9,00	48	2,00	106	4,00	205	5,00	297	3,00	359	1,00
10,00	50	2,00	110	4,00	210	5,00	300	3,00	360	1,00

q (l/min)	2,00	4,00	5,00	3,00	1,00
Q (l/min)	0,50	1,00	1,25	0,75	0,25
Pm (kg/cm ²)	1,00	3,00	7,00	9,00	1,00
Ap (kg/cm ²)	0,0003	0,0011	0,0017	0,0007	0,0001
Ah/10 (kg/cm ²)	0	0	0	0	0
PEF (kg/cm ²)	1,00	3,00	7,00	3,00	1,00
U.L.	5,00	3,33	1,79	2,50	2,50

REPRESENTACION GRAFICA



CRITERIO DE HOULSBY PARA U.L.



UNIDAD LUGEON = 1,79 U.L.
 K (PERMEABILIDAD) = 2,33E-05 cm/sag
 Valor Log Natural de K = -10,68034598

OBSERVACIONES:

FLUJO RELLENO, SE USA EL VALOR LUGEON MAS BAJO

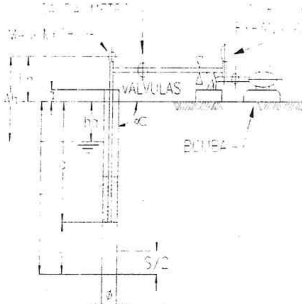
CORPORACION INCA S.A.C. <i>William Sandoval Calderon</i> TECNICO EN INYECCIONES DE LECHADA DE CEMENTO	CORPORACION INCA S.A.C. <i>Abelino Gutierrez Egoavil</i> ESPECIALISTA EN INYECCIONES DE LECHADA DE CEMENTO
CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA	CORPORACION INCA SAC

PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO DEL COMITÉ DE URINSAYA				PRESA SILICUCHO -- SONDEOS DE COMPROBACION DE LAS INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACION						
CORPORACION INCA SAC				ENSAYO LUGEON						
CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA				SONDEO N°: PS - SC/6		ENSAYO N° 1				
PROYECTO ESPECIAL BINACIONAL LAGO TITICACA				TRAMO DE ENSAYO: 0.00 a 4.00 ml.						
				COORDENADAS N: 8422301.00 E: 393648.50 COTA: 4582.91						
				Inclinación: 30°		Fecha: 22 Diciembre 2019				
				<ul style="list-style-type: none"> hm = DISTANCIA DEL MANÓMETRO (m) 0.65 a = SOBRANTE DE REVESTIMIENTO (m) 0.40 ha = DISTANCIA NIVEL FREÁTICO (m) 0.00 Ah = LONG. COLUMNA DE AGUA (m) 0.00 d = DISTANCIA OBSTURADOR (m) 0.00 L = LONGITUD DE PERFORACIÓN (m) 4.00 i = INCLINACIÓN DE PERF. C/HORIZONTAL (°) 30.00 Ah' = CARGA HIDRAULICA = SENiAh (m) 0.00 S = LONGITUD DE TRAMO DE ENSAYO (m) 4.00 DIAMETRO DEL BULBO DE ENSAYO (cm) 9.00 PM = PRESIÓN MANOMÉTRICA (kg/cm2) PEF = PRESIÓN EFECTIVA (kg/cm2) Ap = PERDIDA DE CARGA (kg/cm2) q = CAUDAL DE AGUA (l/min) Q = ABSORCIÓN DE AGUA (l/min) U.L. = UNIDAD LUGEON (1 l/min a 10 kg/cm2 de PEF) 						
T (min)	Pm = 0,50		Pm = 2,00		Pm = 4,00		Pm = 2,00		Pm = 0,50	
	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)
0,00	100		160		250		360		450	
1,00	100,5	0,50	162	2,00	254	4,00	363	3,00	451	1,00
2,00	101	0,50	164	2,00	258	4,00	366	3,00	452	1,00
3,00	101,5	0,50	166	2,00	262	4,00	369	3,00	453	1,00
4,00	102	0,50	168	2,00	266	4,00	372	3,00	454	1,00
5,00	102,5	0,50	170	2,00	270	4,00	375	3,00	455	1,00
6,00	103	0,50	172	2,00	274	4,00	378	3,00	456	1,00
7,00	103,5	0,50	174	2,00	278	4,00	381	3,00	457	1,00
8,00	104	0,50	176	2,00	282	4,00	384	3,00	458	1,00
9,00	104,5	0,50	178	2,00	286	4,00	387	3,00	459	1,00
10,00	105	0,50	180	2,00	290	4,00	390	3,00	460	1,00
q (l/min)	0,50		2,00		4,00		3,00		1,00	
Q (l/min)	0,13		0,50		1,00		0,75		0,25	
Pm (kg/cm2)	0,50		2,00		4,00		2,00		0,50	
Ap (kg/cm2)	0,0000		0,0000		0,0000		0,0000		0,0000	
Ah/10 (kg/cm2)	0		0		0		0		0	
PEF (kg/cm2)	0,50		2,00		4,00		2,00		0,50	
U.L.	2,50		2,50		2,50		3,75		5,00	
UNIDAD LUGEON = 5,00 UL				K (PERMEABILIDAD) = 6,50E-05 cm/seg						
Valor Log Natural de K -9,641123288										
OBSERVACIONES:										
FLUJO DE EROSION, SE USA EL VALOR LUGEON MAS ALTO										
CORPORACION INCA S.A.C.				CORPORACION INCA S.A.C.						
TECNICO EN INYECCIONES DE LECHADA DE CEMENTO				ESPECIALISTA EN INYECCIONES DE LECHADA DE CEMENTO						
CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA				CORPORACION INCA SAC						

PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO DEL COMITÉ DE URINSAYA				PRESA SILICUCHO -- SONDEOS DE COMPROBACION DE LAS INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACION													
CORPORACION INCA SAC				ENSAYO LUGEON													
CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA				SONDEO N°: PS - SC/6		ENSAYO N° 2											
				TRAMO DE ENSAYO: 0.00 a 4.00 ml.													
				COORDENADAS N: 8422301.00 E: 393648.50 COTA: 4582.91													
PROYECTO ESPECIAL BINACIONAL LAGO TITICACA				Inclinación: 30°		Fecha: 22 Diciembre 2019											
				hm = DISTANCIA DEL MANOMETRO (m) 0,65 a = SOBRANTE DE REVESTIMIENTO (m) 0,40 ha = DISTANCIA NIVEL FREATICO (m) 0,00 Ah = LONG. COLUMNA DE AGUA (m) 0,00 d = DISTANCIA OBSTURADOR (m) 4,00 L = LONGITUD DE PERFORACION (m) 8,00 i = INCLINACION DE PERF. CHORIZONTAL (°) 30,00 Ah' = CARGA HIDRAULICA = SEN ² Ah (m) 0,00 S = LONGITUD DE TRAMO DE ENSAYO (m) 4,00 S = DIAMETRO DEL BULBO DE ENSAYO (cm) 9,00 PM = PRESION MANOMETRICA (kg/cm ²) PEF = PRESION EFECTIVA (kg/cm ²) Ap = PERDIDA DE CARGA (kg/cm ²) q = CAUDAL DE AGUA (l/min) Q = ABSORCION DE AGUA (l/min) U.L. = UNIDAD LUGEON (1 l/min a 10 kg/cm ² de PEF)		<table border="1"> <tr><td>0,65</td></tr> <tr><td>0,40</td></tr> <tr><td>0,00</td></tr> <tr><td>0,00</td></tr> <tr><td>4,00</td></tr> <tr><td>8,00</td></tr> <tr><td>30,00</td></tr> <tr><td>0,00</td></tr> <tr><td>4,00</td></tr> <tr><td>9,00</td></tr> </table>		0,65	0,40	0,00	0,00	4,00	8,00	30,00	0,00	4,00	9,00
0,65																	
0,40																	
0,00																	
0,00																	
4,00																	
8,00																	
30,00																	
0,00																	
4,00																	
9,00																	
T (min)		Pm = 1,00		Pm = 3,00		Pm = 7,00		Pm = 3,00		Pm = 1,00							
		Hidrom (l)		q (l)		Hidrom (l)		q (l)		Hidrom (l)							
0,00		20		100		150		250		300							
1,00		21		102		155		253		302							
2,00		22		104		160		258		304							
3,00		23		106		165		259		306							
4,00		24		108		170		262		308							
5,00		25		110		175		265		310							
6,00		26		112		180		268		312							
7,00		27		114		185		271		314							
8,00		28		116		190		274		316							
9,00		29		118		195		277		318							
10,00		30		120		200		280		320							
q (l/min)		1,00		2,00		5,00		3,00		2,00							
Q (l/min)		0,25		0,50		1,25		0,75		0,50							
Pm (kg/cm ²)		1,00		3,00		7,00		3,00		1,00							
Ap (kg/cm ²)		0,0001		0,0003		0,0017		0,0007		0,0003							
Ah'/10 (kg/cm ²)		0		0		0		0		0							
PEF (kg/cm ²)		1,00		3,00		7,00		3,00		1,00							
U.L.		2,50		1,67		1,79		2,50		5,00							
UNIDAD LUGEON = 5,00 UL				K (PERMEABILIDAD) = 6,50E-05 cm/seg													
Valor Log Natural de K -9,641123268																	
OBSERVACIONES:																	
FLUJO DE EROSION, SE USA EL VALOR LUGEON MAS ALTO																	
CORPORACION INCA S.A.C.				CORPORACION INCA S.A.C.													
William Sandoval Calderón TÉCNICO EN INYECCIONES DE LECHADA DE CEMENTO				Abolina Gutiérrez Egoavil ESPECIALISTA EN INYECCIONES DE LECHADA DE CEMENTO													
CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA				CORPORACION INCA SAC													

PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO DEL COMITÉ DE URINSAYA				PRESA SILICUCHO -- SONDEOS DE COMPROBACION DE LAS INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACION						
CORPORACION INCA SAC				ENSAYO LUGEON						
CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA				SONDEO N°: PS - SC/7		ENSAYO N° 1				
				TRAMO DE ENSAYO: 0.00 a 4.00 ml.						
PROYECTO ESPECIAL BINACIONAL LAGO TITICACA				COORDENADAS N: 8422303.00 E: 393661.70 COTA: 4582.79						
				Inclinación: 30°		Fecha: 22 Diciembre 2019				
				<p>hm = DISTANCIA DEL MANOMETRO (m) 0,50</p> <p>a = SOBRANTE DE REVESTIMIENTO (m) 0,40</p> <p>ha = DISTANCIA NIVEL FREATICO (m) 0,00</p> <p>Ah = LONG. COLUMNA DE AGUA (m) 0,00</p> <p>d = DISTANCIA OBSTURADOR (m) 0,00</p> <p>L = LONGITUD DE PERFORACION (m) 4,00</p> <p>i = INCLINACION DE PERF. C/HORIZONTAL (°) 30,00</p> <p>Ah' = CARGA HIDRAULICA = SENiAh (m) 0,00</p> <p>S = LONGITUD DE TRAMO DE ENSAYO (m) 4,00</p> <p>DIAMETRO DEL BULBO DE ENSAYO (cm) 9,00</p> <p>PM = PRESIÓN MANOMETRICA (kg/cm2)</p> <p>PEF = PRESION EFECTIVA (kg/cm2)</p> <p>Ap = PERDIDA DE CARGA (kg/cm2)</p> <p>q = CAUDAL DE AGUA (l/min)</p> <p>Q = ABSORCIÓN DE AGUA (l/m/min)</p> <p>U.L. = UNIDAD LUGEON (1 l/m/min a 10 kg/cm2 de PEF)</p>						
T (min)	Pm = 0,50		Pm = 2,00		Pm = 4,00		Pm = 2,00		Pm = 0,50	
	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)
0,00	301		360		500		600		660	
1,00	302	1,00	363	3,00	505	5,00	602	2,00	660,5	0,50
2,00	303	1,00	366	3,00	510	5,00	604	2,00	661	0,50
3,00	304	1,00	369	3,00	515	5,00	606	2,00	661,5	0,50
4,00	305	1,00	372	3,00	520	5,00	608	2,00	662	0,50
5,00	306	1,00	375	3,00	525	5,00	610	2,00	662,5	0,50
6,00	307	1,00	378	3,00	530	5,00	612	2,00	663	0,50
7,00	308	1,00	381	3,00	535	5,00	614	2,00	663,5	0,50
8,00	309	1,00	384	3,00	540	5,00	616	2,00	664	0,50
9,00	310	1,00	387	3,00	545	5,00	618	2,00	664,5	0,50
10,00	311	1,00	390	3,00	550	5,00	620	2,00	665	0,50
q (l/min)	1,00		3,00		5,00		2,00		0,50	
Q (l/m/min)	0,25		0,75		1,25		0,50		0,13	
Pm (kg/cm2)	0,50		2,00		4,00		2,00		0,50	
Ap (kg/cm2)	0,0000		0,0000		0,0000		0,0000		0,0000	
Ah/10 (kg/cm2)	0		0		0		0		0	
PEF (kg/cm2)	0,50		2,00		4,00		2,00		0,50	
U.L.	5,00		3,75		3,13		2,5		2,50	
UNIDAD LUGEON = 5,00 UL				K (PERMEABILIDAD) = 6,50E-05 cm/seg						
Valor Log Natural de K -9,641123288										
OBSERVACIONES:										
FLUJO DE RELLENO, SE USA EL VALOR LUGEON MAS ALTO										
CORPORACION INCA S.A.C.				CORPORACION INCA S.A.C.						
CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA				CORPORACION INCA SAC						

PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO DEL COMITÉ DE URINSAYA				PRESA SILICUCHO -- SONDEOS DE COMPROBACION DE LAS INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACION			
CORPORACION INCA SAC				ENSAYO LUGEON			
CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA				SONDEO N°: PS - SC/7		ENSAYO N° 2	
				TRAMO DE ENSAYO: 4.00 a 8.00 ml.			
PROYECTO ESPECIAL BINACIONAL LAGO TITICACA				COORDENADAS N: 8422303.00 E: 393661.70 COTA: 4582.79			
				Inclinación: 30°		Fecha: 22 Diciembre 2019	




hm =	DISTANCIA DEL MANOMETRO (m)	0,50
a =	SOBRANTE DE REVESTIMIENTO (m)	0,40
ha =	DISTANCIA NIVEL FREATICO (m)	0,00
Ah =	LONG. COLUMNA DE AGUA (m)	0,00
d =	DISTANCIA OBSTURADOR (m)	4,00
L =	LONGITUD DE PERFORACION (m)	8,00
i =	INCLINACION DE PERF. CHORIZONTAL (°)	30,00
Ah' =	CARGA HIDRAULICA = SENi*Ah (m)	0,00
S =	LONGITUD DE TRAMO DE ENSAYO (m)	4,00
	DIAMETRO DEL BULBO DE ENSAYO (cm)	9,00
PM =	PRESION MANOMETRICA (kg/cm2)	
PEF =	PRESION EFECTIVA (kg/cm2)	
Ap =	PERDIDA DE CARGA (kg/cm2)	
q =	CAUDAL DE AGUA (l/min)	
Q =	ABSORCION DE AGUA (l/min)	
U.L. =	UNIDAD LUGEON (1 l/min en 10 kg/cm2 de PEF)	

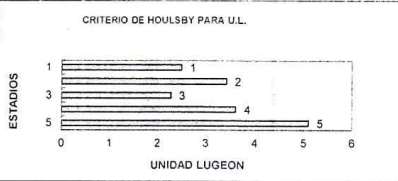
T (min)	Pm = 1,00		Pm = 3,00		Pm = 7,00		Pm = 3,00		Pm = 1,00	
	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)
0,00	60		20,00		90,00		180,00		45,00	
1,00	61	1,00	24,20	4,20	96,00	6,00	184,40	4,40	47,20	2,20
2,00	62	1,00	28,40	4,20	103,00	7,00	188,80	4,40	49,30	2,10
3,00	63	1,00	32,50	4,10	109,00	6,00	193,10	4,30	51,40	2,10
4,00	64	1,00	36,60	4,10	115,80	6,80	197,50	4,40	53,40	2,00
5,00	65	1,00	40,70	4,10	122,20	6,40	201,80	4,30	55,40	2,00
6,00	66	1,00	44,80	4,10	128,60	6,40	206,10	4,30	57,50	2,10
7,00	67	1,00	48,80	4,00	134,90	6,30	210,40	4,30	59,60	2,10
8,00	68	1,00	52,90	4,10	141,20	6,30	214,70	4,30	61,60	2,00
9,00	69	1,00	57,00	4,10	147,60	6,40	219,00	4,30	63,50	1,90
10,00	70	1,00	61,00	4,00	153,80	6,20	223,30	4,30	65,40	1,90

q (l/min)	1,00	4,10	6,38	4,33	2,04
Q (l/min)	0,25	1,03	1,60	1,08	0,51
Pm (kg/cm2)	1,00	3,00	7,00	3,00	1,00
Ap (kg/cm2)	0,0001	0,0012	0,0027	0,0013	0,0003
Ah/10 (kg/cm2)	0	0	0	0	0
PEF (kg/cm2)	1,00	3,00	7,00	3,00	1,00
U.L.	2,50	3,42	2,28	3,61	5,10

REPRESENTACION GRAFICA



CRITERIO DE HOULSBY PARA U.L.



UNIDAD LUGEON = **5,10** UL

K (PERMEABILIDAD) = 6,63E-05 cm/seg

Valor Log Natural de K = -9,621320661

OBSERVACIONES:
FLUJO DE erosion, SE USA EL VALOR LUGEON MAS ALTO

CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA

CORPORACION INCA S.A.C.

William Sandoval Calderón
TECNICO EN INYECCIONES DE LECHADA DE CEMENTO

CORPORACION INCA S.A.C.

Abelardo Gutiérrez Pizarro
ESPECIALISTA EN INYECCIONES DE LECHADA DE CEMENTO

CORPORACION INCA SAC

PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO DEL COMITÉ DE URINSAYA				PRESA SILICUCHO -- SONDEOS DE COMPROBACION DE LAS INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACION			
CORPORACION INCA SAC				ENSAYO LUGEON			
CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA				SONDEO N°: PS - SC/8		ENSAYO N° 1	
				TRAMO DE ENSAYO: 0.00 a 4.00 ml.			
PROYECTO ESPECIAL BINACIONAL LAGO TITICACA				COORDENADAS N: 8422303.40 E: 393675.40 COTA: 4582.05			
				Inclinación: 30°		Fecha: 22 Diciembre 2019	

hm	=	DISTANCIA DEL MANOMETRO (m)	0,65
a	=	SOBRANCIA DE REVESTIMIENTO (m)	0,50
ha	=	DISTANCIA NIVEL FREATICO (m)	0,00
Ah	=	LONG. COLUMNA DE AGUA (m)	0,00
d	=	DISTANCIA OBSTURADOR (m)	0,00
L	=	LONGITUD DE PERFORACION (m)	4,00
i	=	INCLINACION DE PERF. C/HORIZONTAL (°)	30,00
Ah'	=	CARGA HIDRAULICA = SENI'Ah (m)	0,00
S	=	LONGITUD DE TRAMO DE ENSAYO (m)	4,00
DIAMETRO DEL BULBO DE ENSAYO (cm)			9,00
PM	=	PRESION MANOMETRICA (kg/cm2)	
PEF	=	PRESION EFECTIVA (kg/cm2)	
Ap	=	PERDIDA DE CARGA (kg/cm2)	
q	=	CAUDAL DE AGUA (l/min)	
Q	=	ABSORCION DE AGUA (l/min)	
U.L.	=	UNIDAD LUGEON (1 l/min a 10 kg/cm2 de PEF)	

T (min)	Pm = 0,50		Pm = 2,00		Pm = 4,00		Pm = 2,00		Pm = 0,50	
	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)
0,00	200		360		500		600		650	
1,00	202	2,00	363	3,00	504	4,00	602	2,00	651	1,00
2,00	204	2,00	366	3,00	508	4,00	604	2,00	652	1,00
3,00	206	2,00	369	3,00	512	4,00	606	2,00	653	1,00
4,00	208	2,00	372	3,00	516	4,00	608	2,00	654	1,00
5,00	210	2,00	375	3,00	520	4,00	610	2,00	655	1,00
6,00	212	2,00	378	3,00	524	4,00	612	2,00	656	1,00
7,00	214	2,00	381	3,00	528	4,00	614	2,00	657	1,00
8,00	216	2,00	384	3,00	532	4,00	616	2,00	658	1,00
9,00	218	2,00	387	3,00	536	4,00	618	2,00	659	1,00
10,00	220	2,00	390	3,00	540	4,00	620	2,00	660	1,00

q (l/min)	2,00	3,00	4,00	2,00	1,00
Q (l/min)	0,50	0,75	1,00	0,50	0,25
Pm (kg/cm2)	0,50	2,00	4,00	2,00	0,50
Ap (kg/cm2)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ah/10 (kg/cm2)	0	0	0	0	0
PEF (kg/cm2)	0,50	2,00	4,00	2,00	0,50
U.L.	10,00	3,75	2,50	2,5	5,00

REPRESENTACION GRAFICA

CRITERIO DE HOULSBY PARA U.L.

UNIDAD LUGEON = 10,00 UL

K (PERMEABILIDAD) = 1,30E-04 cm/seg

Valor Log Natural de K = -8,947976108

OBSERVACIONES:
FLUJO TURBULENTO. SE USA EL VALOR LUGEON PARA LA PRESION MAXIMA

CORPORACION INCA S.A.C.

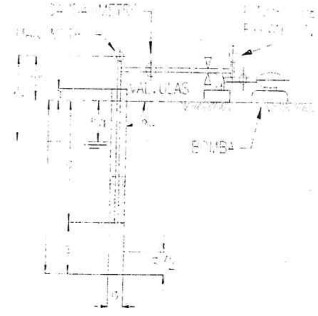
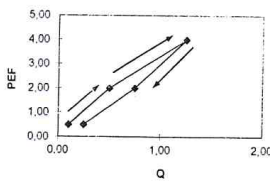
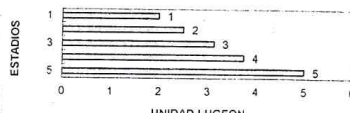


William Sandoval Calderón
TECNICO EN INYECCIONES DE
LECHADA DE CEMENTO

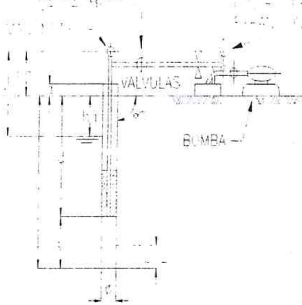
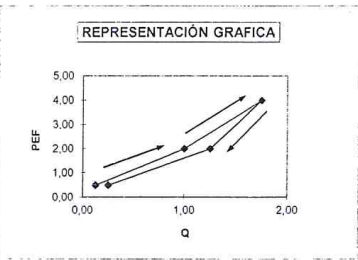
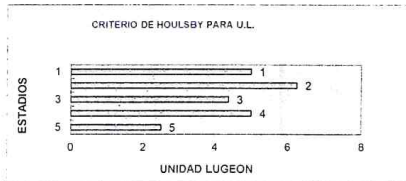

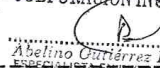
CORPORACION INCA S.A.C.

Abelino Carreres Escobar
SUPERVISOR DE INYECCIONES DE
LECHADA DE CEMENTO

CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA **CORPORACION INCA SAC**

PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO DEL COMITÉ DE URINSAYA CORPORACION INCA SAC				PRESA SILICUCHO -- SONDEOS DE COMPROBACION DE LAS INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACION ENSAYO LUGEON																																																																																																																																																																																								
CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA				SONDEO N°: PS - SC/8		ENSAYO N° 2																																																																																																																																																																																						
PROYECTO ESPECIAL BINACIONAL LAGO TITICACA				TRAMO DE ENSAYO: 4.00 a 8.00 ml.																																																																																																																																																																																								
				COORDENADAS N: 8422303.40 E: 393675.40 COTA: 4582.05																																																																																																																																																																																								
				Inclinación: 30°		Fecha: 22 Diciembre 2019																																																																																																																																																																																						
				<table border="0"> <tr><td>hm</td><td>=</td><td>DISTANCIA DEL MANOMETRO (m)</td><td>0,65</td></tr> <tr><td>a</td><td>=</td><td>SOBRANTE DE REVESTIMIENTO (m)</td><td>0,50</td></tr> <tr><td>ha</td><td>=</td><td>DISTANCIA NIVEL FREATICO (m)</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>Ah</td><td>=</td><td>LONG. COLUMNA DE AGUA (m)</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>d</td><td>=</td><td>DISTANCIA OBSTURADOR (m)</td><td>4,00</td></tr> <tr><td>L</td><td>=</td><td>LONGITUD DE PERFORACION (m)</td><td>8,00</td></tr> <tr><td>i</td><td>=</td><td>INCLINACION DE PERF. C/HORIZONTAL (°)</td><td>30,00</td></tr> <tr><td>Ah'</td><td>=</td><td>CARGA HIDRAULICA = SENi*Ah (m)</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>S</td><td>=</td><td>LONGITUD DE TRAMO DE ENSAYO (m)</td><td>4,00</td></tr> <tr><td colspan="2"></td><td>DIAMETRO DEL BULBO DE ENSAYO (cm)</td><td>9,00</td></tr> <tr><td>PM</td><td>=</td><td>PRESION MANOMETRICA (kg/cm2)</td><td></td></tr> <tr><td>PEF</td><td>=</td><td>PRESION EFECTIVA (kg/cm2)</td><td></td></tr> <tr><td>Ap</td><td>=</td><td>PERDIDA DE CARGA (kg/cm2)</td><td></td></tr> <tr><td>q</td><td>=</td><td>CAUDAL DE AGUA (l/min)</td><td></td></tr> <tr><td>Q</td><td>=</td><td>ABSORCION DE AGUA (l/min)</td><td></td></tr> <tr><td>U.L.</td><td>=</td><td>UNIDAD LUGEON (1 l/min a 10 kg/cm2 de PEF)</td><td></td></tr> </table>				hm	=	DISTANCIA DEL MANOMETRO (m)	0,65	a	=	SOBRANTE DE REVESTIMIENTO (m)	0,50	ha	=	DISTANCIA NIVEL FREATICO (m)	0,00	Ah	=	LONG. COLUMNA DE AGUA (m)	0,00	d	=	DISTANCIA OBSTURADOR (m)	4,00	L	=	LONGITUD DE PERFORACION (m)	8,00	i	=	INCLINACION DE PERF. C/HORIZONTAL (°)	30,00	Ah'	=	CARGA HIDRAULICA = SENi*Ah (m)	0,00	S	=	LONGITUD DE TRAMO DE ENSAYO (m)	4,00			DIAMETRO DEL BULBO DE ENSAYO (cm)	9,00	PM	=	PRESION MANOMETRICA (kg/cm2)		PEF	=	PRESION EFECTIVA (kg/cm2)		Ap	=	PERDIDA DE CARGA (kg/cm2)		q	=	CAUDAL DE AGUA (l/min)		Q	=	ABSORCION DE AGUA (l/min)		U.L.	=	UNIDAD LUGEON (1 l/min a 10 kg/cm2 de PEF)																																																																																																																						
hm	=	DISTANCIA DEL MANOMETRO (m)	0,65																																																																																																																																																																																									
a	=	SOBRANTE DE REVESTIMIENTO (m)	0,50																																																																																																																																																																																									
ha	=	DISTANCIA NIVEL FREATICO (m)	0,00																																																																																																																																																																																									
Ah	=	LONG. COLUMNA DE AGUA (m)	0,00																																																																																																																																																																																									
d	=	DISTANCIA OBSTURADOR (m)	4,00																																																																																																																																																																																									
L	=	LONGITUD DE PERFORACION (m)	8,00																																																																																																																																																																																									
i	=	INCLINACION DE PERF. C/HORIZONTAL (°)	30,00																																																																																																																																																																																									
Ah'	=	CARGA HIDRAULICA = SENi*Ah (m)	0,00																																																																																																																																																																																									
S	=	LONGITUD DE TRAMO DE ENSAYO (m)	4,00																																																																																																																																																																																									
		DIAMETRO DEL BULBO DE ENSAYO (cm)	9,00																																																																																																																																																																																									
PM	=	PRESION MANOMETRICA (kg/cm2)																																																																																																																																																																																										
PEF	=	PRESION EFECTIVA (kg/cm2)																																																																																																																																																																																										
Ap	=	PERDIDA DE CARGA (kg/cm2)																																																																																																																																																																																										
q	=	CAUDAL DE AGUA (l/min)																																																																																																																																																																																										
Q	=	ABSORCION DE AGUA (l/min)																																																																																																																																																																																										
U.L.	=	UNIDAD LUGEON (1 l/min a 10 kg/cm2 de PEF)																																																																																																																																																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>T (min)</th> <th colspan="2">Pm = 1,00</th> <th colspan="2">Pm = 3,00</th> <th colspan="2">Pm = 7,00</th> <th colspan="2">Pm = 3,00</th> <th colspan="2">Pm = 1,00</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Hidrom (l)</th> <th>q (l)</th> <th>Hidrom (l)</th> <th>q (l)</th> <th>Hidrom (l)</th> <th>q (l)</th> <th>Hidrom (l)</th> <th>q (l)</th> <th>Hidrom (l)</th> <th>q (l)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,00</td><td>680,00</td><td></td><td>698,00</td><td></td><td>735,00</td><td></td><td>800,00</td><td></td><td>840,00</td><td></td></tr> <tr><td>1,00</td><td>681,10</td><td>1,10</td><td>700,30</td><td>2,30</td><td>738,50</td><td>3,50</td><td>802,50</td><td>2,50</td><td>841,50</td><td>1,50</td></tr> <tr><td>2,00</td><td>682,10</td><td>1,00</td><td>702,60</td><td>2,30</td><td>742,00</td><td>3,50</td><td>805,10</td><td>2,60</td><td>843,00</td><td>1,50</td></tr> <tr><td>3,00</td><td>683,20</td><td>1,10</td><td>705,00</td><td>2,40</td><td>745,40</td><td>3,40</td><td>807,50</td><td>2,40</td><td>844,50</td><td>1,50</td></tr> <tr><td>4,00</td><td>684,30</td><td>1,10</td><td>707,40</td><td>2,40</td><td>748,90</td><td>3,50</td><td>810,00</td><td>2,50</td><td>846,00</td><td>1,50</td></tr> <tr><td>5,00</td><td>685,40</td><td>1,10</td><td>709,80</td><td>2,20</td><td>752,30</td><td>3,40</td><td>812,60</td><td>2,60</td><td>847,50</td><td>1,50</td></tr> <tr><td>6,00</td><td>686,40</td><td>1,00</td><td>712,00</td><td>2,40</td><td>755,80</td><td>3,50</td><td>815,00</td><td>2,40</td><td>849,00</td><td>1,50</td></tr> <tr><td>7,00</td><td>687,40</td><td>1,00</td><td>714,30</td><td>2,30</td><td>759,20</td><td>3,40</td><td>817,50</td><td>2,50</td><td>850,50</td><td>1,50</td></tr> <tr><td>8,00</td><td>688,50</td><td>1,10</td><td>716,60</td><td>2,30</td><td>762,70</td><td>3,50</td><td>820,10</td><td>2,60</td><td>852,00</td><td>1,50</td></tr> <tr><td>9,00</td><td>689,50</td><td>1,00</td><td>718,90</td><td>2,30</td><td>766,10</td><td>3,40</td><td>822,40</td><td>2,30</td><td>853,50</td><td>1,50</td></tr> <tr><td>10,00</td><td>690,60</td><td>1,10</td><td>721,30</td><td>2,40</td><td>769,60</td><td>3,50</td><td>825,00</td><td>2,60</td><td>855,00</td><td>1,50</td></tr> </tbody> </table>		T (min)	Pm = 1,00		Pm = 3,00		Pm = 7,00		Pm = 3,00		Pm = 1,00			Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	0,00	680,00		698,00		735,00		800,00		840,00		1,00	681,10	1,10	700,30	2,30	738,50	3,50	802,50	2,50	841,50	1,50	2,00	682,10	1,00	702,60	2,30	742,00	3,50	805,10	2,60	843,00	1,50	3,00	683,20	1,10	705,00	2,40	745,40	3,40	807,50	2,40	844,50	1,50	4,00	684,30	1,10	707,40	2,40	748,90	3,50	810,00	2,50	846,00	1,50	5,00	685,40	1,10	709,80	2,20	752,30	3,40	812,60	2,60	847,50	1,50	6,00	686,40	1,00	712,00	2,40	755,80	3,50	815,00	2,40	849,00	1,50	7,00	687,40	1,00	714,30	2,30	759,20	3,40	817,50	2,50	850,50	1,50	8,00	688,50	1,10	716,60	2,30	762,70	3,50	820,10	2,60	852,00	1,50	9,00	689,50	1,00	718,90	2,30	766,10	3,40	822,40	2,30	853,50	1,50	10,00	690,60	1,10	721,30	2,40	769,60	3,50	825,00	2,60	855,00	1,50	<table border="1"> <tr><td>q (l/min)</td><td>1,06</td><td>2,33</td><td>3,46</td><td>2,50</td><td>1,50</td></tr> <tr><td>Q (l/min)</td><td>0,27</td><td>0,58</td><td>0,87</td><td>0,63</td><td>0,39</td></tr> <tr><td>Pm (kg/cm2)</td><td>1,00</td><td>3,00</td><td>7,00</td><td>3,00</td><td>1,00</td></tr> <tr><td>Ap (kg/cm2)</td><td>0,0001</td><td>0,0004</td><td>0,0009</td><td>0,0005</td><td>0,0002</td></tr> <tr><td>Ah/10 (kg/cm2)</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>PEF (kg/cm2)</td><td>1,00</td><td>3,00</td><td>7,00</td><td>3,00</td><td>1,00</td></tr> <tr><td>U.L.</td><td>2,65</td><td>1,94</td><td>1,24</td><td>2,06</td><td>3,75</td></tr> </table>		q (l/min)	1,06	2,33	3,46	2,50	1,50	Q (l/min)	0,27	0,58	0,87	0,63	0,39	Pm (kg/cm2)	1,00	3,00	7,00	3,00	1,00	Ap (kg/cm2)	0,0001	0,0004	0,0009	0,0005	0,0002	Ah/10 (kg/cm2)	0	0	0	0	0	PEF (kg/cm2)	1,00	3,00	7,00	3,00	1,00	U.L.	2,65	1,94	1,24	2,06	3,75
T (min)	Pm = 1,00		Pm = 3,00		Pm = 7,00		Pm = 3,00		Pm = 1,00																																																																																																																																																																																			
	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)																																																																																																																																																																																		
0,00	680,00		698,00		735,00		800,00		840,00																																																																																																																																																																																			
1,00	681,10	1,10	700,30	2,30	738,50	3,50	802,50	2,50	841,50	1,50																																																																																																																																																																																		
2,00	682,10	1,00	702,60	2,30	742,00	3,50	805,10	2,60	843,00	1,50																																																																																																																																																																																		
3,00	683,20	1,10	705,00	2,40	745,40	3,40	807,50	2,40	844,50	1,50																																																																																																																																																																																		
4,00	684,30	1,10	707,40	2,40	748,90	3,50	810,00	2,50	846,00	1,50																																																																																																																																																																																		
5,00	685,40	1,10	709,80	2,20	752,30	3,40	812,60	2,60	847,50	1,50																																																																																																																																																																																		
6,00	686,40	1,00	712,00	2,40	755,80	3,50	815,00	2,40	849,00	1,50																																																																																																																																																																																		
7,00	687,40	1,00	714,30	2,30	759,20	3,40	817,50	2,50	850,50	1,50																																																																																																																																																																																		
8,00	688,50	1,10	716,60	2,30	762,70	3,50	820,10	2,60	852,00	1,50																																																																																																																																																																																		
9,00	689,50	1,00	718,90	2,30	766,10	3,40	822,40	2,30	853,50	1,50																																																																																																																																																																																		
10,00	690,60	1,10	721,30	2,40	769,60	3,50	825,00	2,60	855,00	1,50																																																																																																																																																																																		
q (l/min)	1,06	2,33	3,46	2,50	1,50																																																																																																																																																																																							
Q (l/min)	0,27	0,58	0,87	0,63	0,39																																																																																																																																																																																							
Pm (kg/cm2)	1,00	3,00	7,00	3,00	1,00																																																																																																																																																																																							
Ap (kg/cm2)	0,0001	0,0004	0,0009	0,0005	0,0002																																																																																																																																																																																							
Ah/10 (kg/cm2)	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																							
PEF (kg/cm2)	1,00	3,00	7,00	3,00	1,00																																																																																																																																																																																							
U.L.	2,65	1,94	1,24	2,06	3,75																																																																																																																																																																																							
REPRESENTACION GRAFICA 				CRITERIO DE HOULSBY PARA U.L. 																																																																																																																																																																																								
				UNIDAD LUGEON = 1,24 UL K (PERMEABILIDAD) = 1,61E-05 cm/seg Valor Log Natural de K -11,03544982																																																																																																																																																																																								
OBSERVACIONES: FLUJO TURBULENTO, SE USA EL VALOR LUGEON PARA LA PRESION MAXIMA																																																																																																																																																																																												
CORPORACION INCA S.A.C.				CORPORACION INCA S.A.C.																																																																																																																																																																																								
CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA				CORPORACION INCA SAC																																																																																																																																																																																								

PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO DEL COMITÉ DE URINSAYA				PRESA SILICUCHO -- SONDEOS DE COMPROBACION DE LAS INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACION						
CORPORACION INCA SAC				ENSAYO LUGEON						
CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA				SONDEO N°: PS - SC/9		ENSAYO N° 1				
				TRAMO DE ENSAYO: 0.00 a 4.00 ml.						
PROYECTO ESPECIAL BINACIONAL LAGO TITICACA				COORDENADAS N: 8422303.70 E: 393689.03 COTA: 4582.30						
				Inclinación: 30°		Fecha: 22 Diciembre 2019				
				<ul style="list-style-type: none"> hm = DISTANCIA DEL MANOMETRO (m) 0,45 a = SOBRANTE DE REVESTIMIENTO (m) 0,30 ha = DISTANCIA NIVEL FREATICO (m) 0,00 Ah = LONG. COLUMNA DE AGUA (m) 0,00 d = DISTANCIA OBSTURADOR (m) 0,00 L = LONGITUD DE PERFORACION (m) 4,00 i = INCLINACION DE PERF. CHORIZONTAL (°) 30,00 Ah' = CARGA HIDRAULICA = SENi*Ah (m) 0,00 S = LONGITUD DE TRAMO DE ENSAYO (m) 4,00 DIAMETRO DEL BULBO DE ENSAYO (cm) 9,00 PM = PRESION MANOMETRICA (kg/cm2) PEF = PRESION EFECTIVA (kg/cm2) Ap = PERDIDA DE CARGA (kg/cm2) q = CAUDAL DE AGUA (l/min) Q = ADSORCION DE AGUA (l/min) U.L. = UNIDAD LUGEON (1 l/min a 10 kg/cm2 de PEF) 						
T (min)	Pm = 0,50		Pm = 2,00		Pm = 4,00		Pm = 2,00		Pm = 0,50	
	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)
0,00	10		40		100		200		300	
1,00	10,4	0,40	42	2,00	105	5,00	203	3,00	301	1,00
2,00	10,8	0,40	44	2,00	110	5,00	206	3,00	302	1,00
3,00	11,2	0,40	46	2,00	115	5,00	209	3,00	303	1,00
4,00	11,6	0,40	48	2,00	120	5,00	212	3,00	304	1,00
5,00	12	0,40	50	2,00	125	5,00	215	3,00	305	1,00
6,00	12,4	0,40	52	2,00	130	5,00	218	3,00	306	1,00
7,00	12,8	0,40	54	2,00	135	5,00	221	3,00	307	1,00
8,00	13,2	0,40	56	2,00	140	5,00	224	3,00	308	1,00
9,00	13,6	0,40	58	2,00	145	5,00	227	3,00	309	1,00
10,00	14	0,40	60	2,00	150	5,00	230	3,00	310	1,00
q (l/min)	0,40		2,00		5,00		3,00		1,00	
Q (l/min)	0,10		0,50		1,25		0,75		0,25	
Pm (kg/cm2)	0,50		2,00		4,00		2,00		0,50	
Ap (kg/cm2)	0,0000		0,0000		0,0000		0,0000		0,0000	
Ah/10 (kg/cm2)	0		0		0		0		0	
PEF (kg/cm2)	0,50		2,00		4,00		2,00		0,50	
U.L.	2,00		2,50		3,13		3,75		5,00	
REPRESENTACION GRAFICA 				CRITERIO DE HOULSBY PARA U.L. 						
				U'IDAD LUGEON = 2,00 UL						
				K (PERMEABILIDAD) = 2,60E-05 cm/seg						
				Valor Log Natural de K -10,55741402						
OBSERVACIONES:										
FLUJO EROSIVO, SE USA EL VALOR LUGEON MAS ALTO										
CORPORACION INCA S.A.C.					CORPORACION INCA S.A.C.					
 William Sandoval Calderón TÉCNICO EN INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACION					 Abelino Gutiérrez Egoavil ESPECIALISTA EN INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACION					
CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA					CORPORACION INCA SAC					

PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO DEL COMITÉ DE URINSAYA				PRESA SILICUCHO -- SONDEOS DE COMPROBACION DE LAS INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACION						
CORPORACION INCA SAC				ENSAYO LUGEON						
CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA				SONDEO N°: PS - SC/10		ENSAYO N° 1				
				TRAMO DE ENSAYO: 0.00 a 4.00 ml.						
PROYECTO ESPECIAL BINACIONAL LAGO TITICACA				COORDENADAS N: 8422304.20 E: 393702.88 COTA: 4583.43						
				Inclinación: 30°		Fecha: 22 Diciembre 2019				
				<p>hm = DISTANCIA DEL MANOMETRO (m) 0,50</p> <p>a = SOBRANTE DE REVESTIMIENTO (m) 0,30</p> <p>ha = DISTANCIA NIVEL FREATICO (m) 0,00</p> <p>Ah = LONG. COLUMNA DE AGUA (m) 0,00</p> <p>d = DISTANCIA OBSTURADOR (m) 0,00</p> <p>L = LONGITUD DE PERFORACION (m) 4,00</p> <p>i = INCLINACION DE PERF. C/HORIZONTAL (°) 30,00</p> <p>Ah' = CARGA HIDRAULICA = SENi*Ah (m) 0,00</p> <p>S = LONGITUD DE TRAMO DE ENSAYO (m) 4,00</p> <p>DIAMETRO DEL BULBO DE ENSAYO (cm) 9,00</p> <p>PM = PRESION MANOMETRICA (kg/cm2)</p> <p>PEF = PRESION EFECTIVA (kg/cm2)</p> <p>Ap = PERDIDA DE CARGA (kg/cm2)</p> <p>q = CAUDAL DE AGUA (l/min)</p> <p>Q = ABSORCION DE AGUA (l/min)</p> <p>U.L. = UNIDAD LUGEON (1 l/min a 10 kg/cm2 de PEF)</p>						
T (min)	Pm = 0,50		Pm = 2,00		Pm = 4,00		Pm = 2,00		Pm = 0,50	
	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)
0,00	400		500		600		700		800	
1,00	401	1,00	505	5,00	607	7,00	704	4,00	800,5	0,50
2,00	402	1,00	510	5,00	614	7,00	708	4,00	801	0,50
3,00	403	1,00	515	5,00	621	7,00	712	4,00	801,5	0,50
4,00	404	1,00	520	5,00	628	7,00	716	4,00	802	0,50
5,00	405	1,00	525	5,00	635	7,00	720	4,00	802,5	0,50
6,00	406	1,00	530	5,00	642	7,00	724	4,00	803	0,50
7,00	407	1,00	535	5,00	649	7,00	728	4,00	803,5	0,50
8,00	408	1,00	540	5,00	656	7,00	732	4,00	804	0,50
9,00	409	1,00	545	5,00	663	7,00	736	4,00	804,5	0,50
10,00	410	1,00	550	5,00	670	7,00	740	4,00	805	0,50
q (l/min)	1,00		5,00		7,00		4,00		0,50	
Q (l/min)	0,25		1,25		1,75		1,00		0,13	
Pm (kg/cm2)	0,50		2,00		4,00		2,00		0,50	
Ap (kg/cm2)	0,0000		0,0000		0,0000		0,0000		0,0000	
Ah/10 (kg/cm2)	0		0		0		0		0	
PEF (kg/cm2)	0,50		2,00		4,00		2,00		0,50	
U.L.	5,00		6,25		4,38		5,00		2,50	
										
				UNIDAD LUGEON = 4.62 UL						
				K (PERMEABILIDAD) = 2,80E-05 cm/seg						
				Valor Log Natural de K -10,55741402						
OBSERVACIONES:										
FLUJO LAMINAR, SE USA EL PROMEDIO DE LOS 5 VALORES LUGEON										
CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA				CORPORACION INCA S.A.C.  CORPORACION INCA S.A.C. 						
				CORPORACION INCA SAC						

PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO DEL COMITÉ DE URINSAYA				PRESA SILICUCHO -- SONDEOS DE COMPROBACION DE LAS INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACION																																																																																																																																																																																								
CORPORACION INCA SAC				ENSAYO LUGEON																																																																																																																																																																																								
CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA				SONDEO N°: PS - SC/10		ENSAYO N° 2																																																																																																																																																																																						
PROYECTO ESPECIAL BINACIONAL LAGO TITICACA				TRAMO DE ENSAYO: 4.00 a 8.00 ml.		COORDENADAS N: 8422304.20 E: 393702.88 COTA: 4583.43																																																																																																																																																																																						
				Inclinación: 30°		Fecha: 22 Diciembre 2019																																																																																																																																																																																						
				hm = DISTANCIA DEL MANOMETRO (m) a = SOBRIANCIA DE REVESTIMIENTO (m) ha = DISTANCIA NIVEL FREATICO (m) Ah = LONG. COLUMNA DE AGUA (m) d = DISTANCIA OBSTURADOR (m) L = LONGITUD DE PERFORACION (m) i = INCLINACION DE PERF. C/HORIZONTAL (°) Ah' = CARGA HIDRAULICA = SENiAh (m) S = LONGITUD DE TRAMO DE ENSAYO (m) DIAMETRO DEL BULBO DE ENSAYO (cm) PM = PRESION MANOMETRICA (kg/cm2) PEF = PRESION EFECTIVA (kg/cm2) Ap = PERDIDA DE CARGA (kg/cm2) q = CAUDAL DE AGUA (l/min) Q = ABSORCION DE AGUA (l/m/min) U.L. = UNIDAD LUGEON (1 l/m/min a 10 kg/cm2 de PEF)	<table border="1"> <tr><td>0,50</td></tr> <tr><td>0,30</td></tr> <tr><td>0,00</td></tr> <tr><td>0,00</td></tr> <tr><td>4,00</td></tr> <tr><td>8,00</td></tr> <tr><td>30,00</td></tr> <tr><td>0,00</td></tr> <tr><td>4,00</td></tr> <tr><td>9,00</td></tr> </table>		0,50	0,30	0,00	0,00	4,00	8,00	30,00	0,00	4,00	9,00																																																																																																																																																																												
0,50																																																																																																																																																																																												
0,30																																																																																																																																																																																												
0,00																																																																																																																																																																																												
0,00																																																																																																																																																																																												
4,00																																																																																																																																																																																												
8,00																																																																																																																																																																																												
30,00																																																																																																																																																																																												
0,00																																																																																																																																																																																												
4,00																																																																																																																																																																																												
9,00																																																																																																																																																																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>T (min)</th> <th colspan="2">Pm = 1,00</th> <th colspan="2">Pm = 3,00</th> <th colspan="2">Pm = 7,00</th> <th colspan="2">Pm = 3,00</th> <th colspan="2">Pm = 1,00</th> </tr> <tr> <td></td> <th>Hidrom (l)</th> <th>q (l)</th> <th>Hidrom (l)</th> <th>q (l)</th> <th>Hidrom (l)</th> <th>q (l)</th> <th>Hidrom (l)</th> <th>q (l)</th> <th>Hidrom (l)</th> <th>q (l)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,00</td><td>400,00</td><td></td><td>440,00</td><td></td><td>500,00</td><td></td><td>600,00</td><td></td><td>700,00</td><td></td></tr> <tr><td>1,00</td><td>402,00</td><td>2,00</td><td>444,20</td><td>4,20</td><td>505,00</td><td>5,00</td><td>606,00</td><td>6,00</td><td>703,60</td><td>3,60</td></tr> <tr><td>2,00</td><td>404,00</td><td>2,00</td><td>448,30</td><td>4,10</td><td>510,10</td><td>5,10</td><td>612,10</td><td>6,10</td><td>707,00</td><td>3,40</td></tr> <tr><td>3,00</td><td>406,10</td><td>2,10</td><td>452,30</td><td>4,00</td><td>515,10</td><td>5,00</td><td>618,00</td><td>5,90</td><td>710,50</td><td>3,50</td></tr> <tr><td>4,00</td><td>408,20</td><td>2,10</td><td>456,50</td><td>4,20</td><td>520,20</td><td>5,10</td><td>624,00</td><td>6,00</td><td>713,60</td><td>3,10</td></tr> <tr><td>5,00</td><td>410,20</td><td>2,00</td><td>460,50</td><td>4,00</td><td>525,20</td><td>5,00</td><td>630,10</td><td>6,10</td><td>717,10</td><td>3,50</td></tr> <tr><td>6,00</td><td>412,20</td><td>2,00</td><td>464,50</td><td>4,00</td><td>530,30</td><td>5,10</td><td>636,10</td><td>6,00</td><td>720,60</td><td>3,50</td></tr> <tr><td>7,00</td><td>414,30</td><td>2,10</td><td>468,60</td><td>4,10</td><td>535,30</td><td>5,00</td><td>642,10</td><td>6,00</td><td>724,10</td><td>3,50</td></tr> <tr><td>8,00</td><td>416,30</td><td>2,00</td><td>472,60</td><td>4,00</td><td>540,30</td><td>5,00</td><td>648,30</td><td>6,20</td><td>727,60</td><td>3,50</td></tr> <tr><td>9,00</td><td>418,30</td><td>2,00</td><td>476,60</td><td>4,00</td><td>545,30</td><td>5,00</td><td>654,30</td><td>6,00</td><td>731,10</td><td>3,50</td></tr> <tr><td>10,00</td><td>420,30</td><td>2,00</td><td>480,70</td><td>4,10</td><td>550,30</td><td>5,00</td><td>660,30</td><td>6,00</td><td>734,60</td><td>3,50</td></tr> </tbody> </table>		T (min)	Pm = 1,00		Pm = 3,00		Pm = 7,00		Pm = 3,00		Pm = 1,00			Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	0,00	400,00		440,00		500,00		600,00		700,00		1,00	402,00	2,00	444,20	4,20	505,00	5,00	606,00	6,00	703,60	3,60	2,00	404,00	2,00	448,30	4,10	510,10	5,10	612,10	6,10	707,00	3,40	3,00	406,10	2,10	452,30	4,00	515,10	5,00	618,00	5,90	710,50	3,50	4,00	408,20	2,10	456,50	4,20	520,20	5,10	624,00	6,00	713,60	3,10	5,00	410,20	2,00	460,50	4,00	525,20	5,00	630,10	6,10	717,10	3,50	6,00	412,20	2,00	464,50	4,00	530,30	5,10	636,10	6,00	720,60	3,50	7,00	414,30	2,10	468,60	4,10	535,30	5,00	642,10	6,00	724,10	3,50	8,00	416,30	2,00	472,60	4,00	540,30	5,00	648,30	6,20	727,60	3,50	9,00	418,30	2,00	476,60	4,00	545,30	5,00	654,30	6,00	731,10	3,50	10,00	420,30	2,00	480,70	4,10	550,30	5,00	660,30	6,00	734,60	3,50	<table border="1"> <tr><td>q (l/min)</td><td>2,03</td><td>4,07</td><td>5,03</td><td>6,03</td><td>3,46</td></tr> <tr><td>Q (l/m/min)</td><td>0,51</td><td>1,02</td><td>1,26</td><td>1,51</td><td>0,87</td></tr> <tr><td>Pm (kg/cm2)</td><td>1,00</td><td>3,00</td><td>7,00</td><td>3,00</td><td>1,00</td></tr> <tr><td>Ap (kg/cm2)</td><td>0,0003</td><td>0,0012</td><td>0,0017</td><td>0,0024</td><td>0,0009</td></tr> <tr><td>Ah/10 (kg/cm2)</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>PEF (kg/cm2)</td><td>1,00</td><td>3,00</td><td>7,00</td><td>3,00</td><td>1,00</td></tr> <tr><td>U.L.</td><td>5,08</td><td>3,39</td><td>1,80</td><td>5,03</td><td>8,65</td></tr> </table>		q (l/min)	2,03	4,07	5,03	6,03	3,46	Q (l/m/min)	0,51	1,02	1,26	1,51	0,87	Pm (kg/cm2)	1,00	3,00	7,00	3,00	1,00	Ap (kg/cm2)	0,0003	0,0012	0,0017	0,0024	0,0009	Ah/10 (kg/cm2)	0	0	0	0	0	PEF (kg/cm2)	1,00	3,00	7,00	3,00	1,00	U.L.	5,08	3,39	1,80	5,03	8,65
T (min)	Pm = 1,00		Pm = 3,00		Pm = 7,00		Pm = 3,00		Pm = 1,00																																																																																																																																																																																			
	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)	Hidrom (l)	q (l)																																																																																																																																																																																		
0,00	400,00		440,00		500,00		600,00		700,00																																																																																																																																																																																			
1,00	402,00	2,00	444,20	4,20	505,00	5,00	606,00	6,00	703,60	3,60																																																																																																																																																																																		
2,00	404,00	2,00	448,30	4,10	510,10	5,10	612,10	6,10	707,00	3,40																																																																																																																																																																																		
3,00	406,10	2,10	452,30	4,00	515,10	5,00	618,00	5,90	710,50	3,50																																																																																																																																																																																		
4,00	408,20	2,10	456,50	4,20	520,20	5,10	624,00	6,00	713,60	3,10																																																																																																																																																																																		
5,00	410,20	2,00	460,50	4,00	525,20	5,00	630,10	6,10	717,10	3,50																																																																																																																																																																																		
6,00	412,20	2,00	464,50	4,00	530,30	5,10	636,10	6,00	720,60	3,50																																																																																																																																																																																		
7,00	414,30	2,10	468,60	4,10	535,30	5,00	642,10	6,00	724,10	3,50																																																																																																																																																																																		
8,00	416,30	2,00	472,60	4,00	540,30	5,00	648,30	6,20	727,60	3,50																																																																																																																																																																																		
9,00	418,30	2,00	476,60	4,00	545,30	5,00	654,30	6,00	731,10	3,50																																																																																																																																																																																		
10,00	420,30	2,00	480,70	4,10	550,30	5,00	660,30	6,00	734,60	3,50																																																																																																																																																																																		
q (l/min)	2,03	4,07	5,03	6,03	3,46																																																																																																																																																																																							
Q (l/m/min)	0,51	1,02	1,26	1,51	0,87																																																																																																																																																																																							
Pm (kg/cm2)	1,00	3,00	7,00	3,00	1,00																																																																																																																																																																																							
Ap (kg/cm2)	0,0003	0,0012	0,0017	0,0024	0,0009																																																																																																																																																																																							
Ah/10 (kg/cm2)	0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																							
PEF (kg/cm2)	1,00	3,00	7,00	3,00	1,00																																																																																																																																																																																							
U.L.	5,08	3,39	1,80	5,03	8,65																																																																																																																																																																																							
REPRESENTACION GRAFICA 				CRITERIO DE HOULSBY PARA U.L. 																																																																																																																																																																																								
				UNIDAD LUGEON = 1,80 UL K (PERMEABILIDAD) = 2,34E-05 cm/seg Valor Log Natural de K -10,66277454																																																																																																																																																																																								
OBSERVACIONES: FLUJO TURBULENTO, SE USA EL VALOR LUGEON PARA LA PRESION MAXIMA																																																																																																																																																																																												
CONSORCIO SUPERVISOR URINSAYA				CORPORACION INCA SAC																																																																																																																																																																																								
				CORPORACION INCA S.A.C. CORPORACION INCA S.A.C. William Saldana Calderon TÉCNICO ESPECIALISTA EN INYECCIONES DE LEGRADA DE CEMENTO Abelino Gutiérrez Egoavil ESPECIALISTA EN INYECCIONES DE LEGRADA DE CEMENTO																																																																																																																																																																																								