



**Universidad Nacional
Federico Villarreal**

**Vicerrectorado de
INVESTIGACIÓN**

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

**SISTEMA DE DRENAJE EN SUELOS SATURADOS PARA LA
CONSTRUCCION DE LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACION EN LA
LOCALIDAD DE SAN PEDRO DE LLOC-PROVINCIA DE PACASMAYO
REGION LA LIBERTAD**

MODALIDAD PARA OPTAR EL GRADO:

MAESTRO EN GERENCIA DE LA CONSTRUCCION MODERNA

AUTOR:

HERNAN TIRADO BAZAN

ASESOR:

FIDELBERTO D. RAMOS MEDRANO

JURADO:

**DR. JOSE C.GUEVARA BENDEZU
DR. RAUL V. PUMARICRA PADILLA
DR. EDWIN JAIME GALARZAZAPATA**

LIMA – PERÚ

2018

DEDICATORIA

A mis queridos padres:

Hernán Tirado Soto; Dulmira de Jesús Bazán
Vela; por su apoyo y ver culminado parte de
mi meta.

Hernán Tirado Bazán

AGRADECIMIENTO

A DIOS por darme fuerza y sabiduría para seguir creciendo como persona humana y profesional para los beneficios de mi país.

A mi familia, por su comprensión y apoyo incondicional a lo largo de mis estudios.

A mi Asesor, Dr. Filiberto Ramos Medrano, quien me brindó su valiosa orientación en la elaboración del presente trabajo de investigación.

A mi Profesor Dr. Miguel Ángel Ramos Flores, por sus sabios consejos que siempre lo tengo presente.

A mi revisor de tesis, el Dr. Edwin Jaime Galarza Zapata, por su orientación y dirección que me brindo para la culminación exitosa de esta tesis.

A mi revisor de tesis, el Dr. José Claudio Guevara Bendezú, por su apoyo en la terminación de esta tesis.

A mi revisor el Dr. Raúl Valentín Pumaricra Padilla, por su apoyo incondicional para así alcanzar los objetivos de esta tesis.

A los Ingenieros de la Empresa IVC Contratistas Generales donde laboro: Ytalo Valle; Rosario Velazco; Gustavo Castro; por su comprensión y creer en mí persona.

RESUMEN

Este trabajo de investigación tiene como objetivo el abatimiento de la napa freática en los suelos saturados de los campos de cultivos de arroz de la localidad de San Pedro de Lloc-Pacasmayo-La Libertad; usando la lógica hidráulica de las galerías filtrantes posibilitando la construcción, operación y mantenimiento de las lagunas de estabilización para el tratamiento de las aguas servidas

Plantea abatir y controlar que el nivel de la napa freática este por debajo de las cotas de fondo de las lagunas de estabilización mediante el diseño de un sistema de drenaje tipo galerías filtrantes que capte, conduzca y evacue por gravedad el agua de la napa freática hacia un canal existente.

Aplicando las formulas hidráulicas de galerías filtrantes se diseñaron drenes en el perímetro de las lagunas de estabilización con un factor de seguridad; se usaron materiales del lugar (gravas o cantos rodados, arena); salvo las tuberías y el geotextil; se instaló un emisor con punto de descarga en la acequia Santa Elena de una cota menor logrando que la conducción y descarga sea por gravedad, ahorrando el costo de equipos de bombeo y energía eléctrica reduciendo el costo de mantenimiento y operación de las lagunas de estabilización.

Con este tipo de drenaje se logró ejecutar el proceso constructivo de manera óptima garantizando que las lagunas de estabilización cumplan con tratar el desagüe, protegiendo la salud de la población y conservación del medio ambiente.

Palabras Claves: Lagunas de Estabilización / Drenaje / Galerías Filtrantes / Nivel Freático.

ABSTRACT

This research thesis aims at the destocking of the water table in the saturated soils of the rice fields; And thus facilitate in the stages of construction of operation and maintenance of the stabilization ponds of the population of San Pedro de Lloc-Pacasmayo-La Libertad; Using the hydraulic logic of the filtering galleries.

Taking care of the environment of the place, seeking the welfare of the population in the care of their health, making these gaps are sustainable in time.

It is a thesis motivated in solving of abate and to control that the level of the water table is below the bottom levels of the stabilization lagoons. The main objective is to design a drainage system that captures, conducts and gravitates water from the water table to an existing channel. As hypothesis, it is proposed: to the application of drainage system type filtering galleries, it is possible to lower the water table of saturated soil; which will facilitate the construction and operation of the stabilization lagoons of San Pedro de Lloc.

Applying the hydraulic formulas of filtration galleries, these same formulas is applicable for the design of drains, taking into account a factor of security; In addition the materials are used are of the place as (gravel or pebbles, sand); Except pipes and geotextile; The main advantage is that driving is gravity saving the cost of electric power and pumping equipment, this makes the cost of maintenance and operation of stabilization ponds are minimal.

With this type of drainage, it is guaranteed that the stabilization ponds fulfill their main objective, which is to treat the drainage, protecting the health of the population and environmental conservation of the locality of San Pedro de Lloc.

Key words: Stabilization Ponds / Drainage /Infiltration Galleries /Water Table Level.

INDICE

	Pág.
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Resumen	iv
Abstract	v
Índice	vi
Índice de Cuadros	viii
Índice de Figuras	viii
Índice de Ecuaciones	ix
Índice de Fotos	ix
Índice de Mapas	x
Índice de Planos	x
Introducción	xi
CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Problemática de la realidad	3
1.3 Planteamiento del problema	7
1.3.1 Problema principal	7
1.3.2 Problemas secundarios	7
1.3.3 Formulación del problema	7
1.4 Objetivos de la Investigación	8
1.4.1 Objetivo General	8
1.4.2 Objetivos Específicos	8
1.5 Justificación, importancia y Limitación de la Investigación	8
1.5.1 Justificación de la Investigación	8
1.5.1.1 Teoría	8
1.5.1.2 Práctica	9
1.5.1.3 Metodología	9
1.5.1.4 Social	9
1.5.2 Importancia de la Investigación	9
1.5.3 Limitaciones de la Investigación	10
CAPITULO II MARCO TEÓRICO	11
2.1 Antecedentes de la Investigación	11
2.2 Planteamiento teórico	13
2.2.1 Bases teóricas relacionadas al problema	13
2.3 Marco conceptual	25
2.3.1 Conceptos relacionados al problema	25
2.3.2 Marco legal	28
2.4 Hipótesis	28
2.4.1 Hipótesis general	28
2.4.2 Hipótesis específicas	29
2.4.3 Variables	29

CAPITULO III	MÉTODO	30
3.1	Tipo de investigación	30
3.2	Método de Investigación	30
3.3	Diseño de la Investigación	31
3.4	Procedimiento a Emplear	31
CAPITULO IV	RESULTADOS	32
4.1	Propuesta de un modelo de diseño de drenaje para abatir la napa freática	32
4.2	Presupuesto	34
4.3	Prueba de aforo	36
4.4	Diseño de drenes	44
4.5	Diseño de emisor	55
4.6	Discusión de resultados	57
CAPITULO V	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
5.1	Conclusiones	59
5.2	Recomendaciones	59
Referencias bibliográficas		61
ANEXOS		62
Anexo 1	Galería Fotográfica	62
	Planos	86

ÍNDICE DE CUADROS

Nº	Nombre	Pag.
1	Resultados finales de la prueba de bombeo	37
2	Detalle de la Prueba de Bombeo - Calicata de Prueba N.º 01	40
3	Tramos de los Drenes	44
4	Cálculos hidráulicos de los drenes	45
5	Cálculos hidráulicos del emisor de los drenes	55
6	Cálculos hidráulicos del emisor de los drenes (Laguna)	56

ÍNDICE DE FIGURAS

N.º	Nombre	Pag.
1	Sistema Well-Point	12
2	Principales Componentes de un Sistema de Drenaje	14
3	Conductor Colector de una Galería Filtrante	20
4	Zanja de una Galería Filtrante	23
5	Dren de una Galería Filtrante	23
6	Perfil Longitudinal de la Prueba de Aforo de la Zona	39
7	Comprobación con el Programa de H Canales (Tramo A-B)	46
8	Comprobación con el Programa de H Canales (Tramo B-H)	46
9	Comprobación con el Programa de H Canales (Tramo H-I)	47
10	Comprobación con el Programa de H Canales (Tramo I-J)	47
11	Comprobación con el Programa de H Canales (Tramo J-Bz01)	48
12	Comprobación con el Programa de H Canales (Tramo A-F)	48
13	Comprobación con el Programa de H Canales (Tramo F-G)	49
14	Comprobación con el Programa de H Canales (Tramo G-E)	49
15	Comprobación con el Programa de H Canales (Tramo A-K)	50
16	Comprobación con el Programa de H Canales (Tramo K-C)	50
17	Comprobación con el Programa de H Canales (Tramo C-D)	51
18	Comprobación con el Programa de H Canales (Tramo D-E)	51
19	Comprobación con el Programa de H Canales (Tramo E-Bz01)	52
20	Sección Transversal de Dren-Corte-Geotextil	54
21	Sección Longitudinal de Dren-Corte-Geotextil	54
22	Diámetro de los Agujeros de los Drenes	55
23	Comprobación con el Programa de H Canales (Emisor)	56

ÍNDICE DE ECUACIONES

N.º	Nombre	Pag.
1	Formula de Velocidad de Flujo de un Acuífero	16
2	Formula de Transitividad	16
3	Formula de Caudal Específico	17
4	Formula de Gradiente Hidráulica	18
5	Formula de Área Abierta de una Galería Filtrante	22
6	Formula de Darcy	24
7	Formula de Permeabilidad	24
8	Formula de Permeabilidad 2	42
9	Formula de Capacidad Máxima de Producción del Acuífero a la Profundidad H	43

ÍNDICE DE FOTOS

N.º	Nombre	Pag.
1	Excavación inicial del terreno con presencia de agua.	63
2	Presencia de agua que imposibilita la Excavación	63
3	Excavación masiva con presencia de napa freática.	64
4	Imposibilidad de continuar la excavación masiva por la presencia la napa freática	64
5	Inicio de la excavación del emisor en su punto de descarga en canal existente	65
6	Continuación de la construcción del emisor (Excavando y rellenando)	65
7	Acabado final del punto de descarga del emisor	66
8	Continuación de la excavación del emisor aguas arriba	66
9	Colocación de cantos rodados en el emisor	67
10	Colocación y encimado de buzón pre fabricado en el emisor.	67
11	Compactación del relleno del emisor	68
12	Excavación de los drenes en el buzón inicial del emisor	68
13	Encimado de buzón de los drenes.	69
14	Colocación del Geotextil en los drenes.	69
15	Colocación de canto rodado interior y exterior del geotextil	70
16	Disminución de la napa freático por efecto de los drenes	70
17	Comprobación topográfica del nivel de fondo de excavación	71
18	Excavación del fondo sin presencia de la napa freática	72
19	Colocación masiva de over en el fondo de la laguna	72
20	Distribución y nivelación del over en el fondo de la laguna.	73
21	Nivel final de over del fondo de la laguna	73
22	Colocación de afirmado encima del over en fondo de la laguna	74
23	Nivelación de afirmado en fondo de la laguna	74
24	Compactación del afirmado en fondo de laguna	75
25	Conformación de talud en terreno natural	75

26	Eliminación de excedentes de la conformación de talud en terreno natural.	76
27	Colocación de over en los taludes en terreno natural	76
28	Compactación de over colocado en los taludes.	77
29	Colocación y compactación de afirmado en los taludes	77
30	Compactación final del afirmado de los taludes	78
31	Prueba de compactación de talud	78
32	Conformación de la coronación de los diques	79
33	Vista de una laguna con afirmado	79
34	Vista panorámica de las lagunas en afirmado. (Taludes, coronación y fondos)	80
35	Obras de arte (cámara de rejillas, canaleta parshall, by-pass)	80
36	Trazado de zanja para anclaje de geomembrana	81
37	Tendido de la geomembrana	81
38	Anclaje de la geomembrana	82
39	Acabado de colocación de la geomembrana.	82
40	Detalle de la unión de geomembrana por termofusión	83
41	Llenado de lagunas	83
42	Vista del llenado de lagunas desde la coronación	84
43	Llenado hasta el tirante de la laguna.	84
44	Vista panorámica de las cuatro lagunas construidas en funcionamiento	85
45	Vista panorámica de las cuatro lagunas construidas en funcionamiento	85

ÍNDICE DE MAPAS

N.º	Nombre	Pag.
P - 01	Ubicación de la zona de estudio en el Perú	6

ÍNDICE DE PLANOS

N.º	Nombre
LDP - 01	Sistema de drenaje de la napa freática del PTAR
LDP - 02	Perfiles longitudinales emisor de drenaje de napa freática PTAR
LDP - 03	Planta del emisor de drenaje de napa freática PTAR

INTRODUCCIÓN

En la costa norte del Perú específicamente en la región La Libertad, en la provincia de Pacasmayo, localidad de San Pedro de Lloc, que se caracteriza por ser una zona arrocera, que es inundada por los campesinos durante la época de sembrío del cereal, causando que se eleve el nivel freático y se sature todo el terreno asignado a la construcción de las lagunas de estabilización; lo cual es un problema para cualquier trabajo de construcción, en especial si se trata de este tipo de lagunas de estabilización.

En el proyecto inicial no se contempló un sistema de drenaje para facilitar la construcción de las lagunas, considerando el cronograma de ejecución de la obra se tornó crítico el inicio de la construcción de las lagunas; por lo que se comunicó a la supervisión el problema que presentaba el terreno, informándose además a la Municipalidad Provincial de Pacasmayo; quienes inicialmente plantearon la reubicación de la laguna lo cual no era viable porque los terrenos cercanos tenían las mismas características con napa freática alta y no se solucionaba el problema constructivo.

Como pasaba el tiempo se propuso la alternativa de diseñar un sistema de drenaje que facilite la construcción y la operación eficientemente de las lagunas de estabilización; para lo cual se planteó el diseño bajo la lógica hidráulica de diseño de galerías filtrantes; para la prueba de aforo se empleó 72 horas de bombeo consecutivos y con cierto factor de seguridad. El funcionamiento del sistema de drenaje propuesto es por gravedad, así mismo el punto de descarga está ubicado en una acequia existente cerca de las lagunas, el costo de la operación y mantenimiento

de las lagunas es mínimo; ya que no se necesita usar energía eléctrica, ni equipos de bombeo.

El sistema de drenaje está compuesto por buzones de inspección, tubos con agujeros que actúan como drenes y un emisor que descargara en un punto de la acequia existente, todo el funcionamiento del sistema es a gravedad. El agua producida por este sistema de drenaje; puede ser usado para regadío en tierras de cultivos con lo cual los campesinos serían los beneficiarios directos con más cosechas y por lo tanto mayores ingresos económicos.

Con el desagüe tratado se podrá tener agua para regar plantas de tallos altos, creando bosques y así tener un ambiente sano para el ecosistema de la zona.

Este trabajo de investigación se ha desarrollado de la siguiente manera:

En el Capítulo I.- Se plantea el problema, delimitándolo y caracterizándolo en función a los alcances y efectos que el tema de investigación pretende establecer. Así mismo se define el problema de estudio y los objetivos de la investigación; como la justificación al problema.

En el Capítulo II.- Se describe los fundamentos teóricos en los que está basado esta investigación, desde el enfoque conceptual hasta los efectos que sustenta la implementación de un diseño de sistema de drenaje para facilitar la construcción de las lagunas de estabilización. También se formulan las hipótesis de trabajo, estableciendo las variables e indicadores para esta investigación.

En el Capítulo III.- Se describe la metodología, señalando las técnicas y procedimientos que se han usado en el desarrollo de esta investigación.

En el Capítulo IV.- Se presenta la propuesta de un modelo de diseño de drenaje para abatir la napa freática con lo cual facilitará la construcción y posterior operación de las lagunas de estabilización que es el objetivo de esta tesis de investigación; así como la discusión de los resultados con otros trabajos similares.

En el Capítulo V. - Finalmente se presentan las conclusiones y se propone algunas recomendaciones, como resultado de esta investigación.

El autor

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES

La zona costera del norte del Perú, ha experimentado un rápido crecimiento de la población, lo cual ha generado una mayor demanda de servicios (vivienda, transporte, agua potable, desagüe, drenajes, electricidad, teléfonos, etc.). Los poblados que se ubican dentro o alrededores de los sembríos de arroz; han instalado la mayoría de sus sistemas de alcantarillado con dirección a los campos de sembrío de arroz, aprovechando la pendiente, esto hace que las lagunas de estabilización estén ubicadas en terrenos saturados producto del regadío de arroz, la napa freática, en algunos casos, está a flor de suelo.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) se hacen necesarios sistemas de drenaje subterráneo fiables que controlen napas freáticas y salinidad, con objeto de mantener o mejorar la productividad de las tierras regables y contribuir al desarrollo rural de zonas saturadas. Además, estos sistemas continúan siendo importantes como medio de control de napas freáticas en algunas áreas de las zonas. La selección de materiales apropiados (tuberías y envolturas) y su correcta instalación y mantenimiento son esenciales para un funcionamiento correcto y duradero de sistemas de drenaje subterráneo. Esto fue reconocido en el **Estudio FAO de Riego y Drenaje 9, Materiales de Drenaje, publicado en 1972(1)**.

Tal es el caso de México donde desde principios de siglo hasta 1936, los hundimientos de la Ciudad de México se mantuvieron en el orden de cinco centímetros por año. Al principio, al aumentar la demanda de agua, se inició la perforación de pozos profundos,

y entre 1938 y 1948, el hundimiento en el centro del Distrito Federal se incrementó a 18 centímetros por año, para llegar después a 30 y 50 centímetros anuales. En 1960 se construyeron el interceptor y el Emisor del Poniente, con objeto de recibir y desalojar las aguas del oeste de la cuenca, descargándose a través del trabajo de Nochistongo.

No obstante el crecimiento, el desmesurado crecimiento de la Ciudad volvió insuficientes las capacidades del drenaje del Gran Canal y del Emisor del Poniente en 1970; ya el hundimiento había sido tal que el nivel del lago de Texcoco, que en 1910 se hallaba a 1.90 metros por debajo del centro de la ciudad, se encontraba a 5.50 metros más arriba. Se requería de un sistema de drenaje que no fuera afectado por los asentamientos del terreno, que no necesitara bombeo y que expulsara las aguas por la cuarta salida artificial, era necesario construir el Sistema de Drenaje Profundo de la Ciudad de México.

Desde el punto de vista geo-hidrológico, la cuenca del Valle de México es una gran olla cuyas paredes y fondo impermeable están constituidas por rocas volcánicas. Esa olla esta rellena de sedimentos fluviales, lacustres y volcánicos que van desde arenas gruesas hasta arcillas con altos contenidos de agua. Dentro de ese marco histórico, geológico e hidrológico funciona el sistema de drenaje profundo del Distrito Federal.

El sistema es combinado, aunque en la actualidad se están separando los drenes, conduciendo tanto aguas de lluvia como residuales a través de una red primaria y una secundaria, con plantas de bombeo, tanques de tormentas, causes abiertos, ríos entubados, presas, lagunas y drenajes profundos.

Sin el conjunto de obras del sistema de drenaje, no sería posible dar solución al desalojo de las aguas de la Ciudad.

Por sus características de construcción y por la profundidad a que se encuentra, no es afectado por el hundimiento y opera por gravedad, por lo que será una obra durable y

económica a largo plazo. **Tesis Colectiva Calculo Hidráulico de la Planta de Bombeo Gran Canal de Ecatepec; realizado por Raúl García Guzmán y Eduardo Hurtado Díaz; para obtener el Grado de Ingeniero Mecánico; México D.F. Julio 2005. (2).**

1.2 PROBLEMÁTICA DE LA REALIDAD

La zona norte del país se caracteriza por tener extensas zonas dedicadas al cultivo de arroz, lo que ha llevado a un acelerado crecimiento de la población, con el incremento de la demanda de servicios básicos como agua potable, desagüe, electricidad, gas, telefonía, etc.

Las plantaciones de arroz se caracterizan por estar en suelos saturados, los que con el incremento de la napa freática en las épocas de sembrío y regadío, se encuentran anegados.

La formación y crecimiento de estos pueblos de agricultores crea la necesidad de satisfacer el tratamiento y disposición de las aguas residuales de la población de la zona, se requiere hacer obras de saneamiento como es el caso de las cuatro lagunas de estabilización objeto del estudio.

La construcción de este tipo de laguna en terrenos saturados hace necesario plantear técnicas de abatimiento de la napa freática en función de las características topográficas de la zona, considerando que debe ser un sistema de bajo costo, de rápida ejecución y de mantenimiento operativo simple.

En el proyecto original se consideró la construcción de 4 lagunas de estabilización en la Localidad de San Pedro de Lloc-Provincia de Pacasmayo-Región La Libertad; el volumen de desagüe a ser tratado es de 28 l/s.

En este trabajo de investigación se realizó el estudio del arte de la información bibliográfica relacionada al abatimiento de la napa freática en suelos saturados, ubicándose la siguiente documentación:

(**Suarez**)¹, señala que los métodos de estabilización de deslizamientos que contemplan el control del agua tanto superficial como subterránea, son muy efectivos y son generalmente más económicos que la construcción de grandes obras de contención, en cuanto tienden a desactivar la presión de poros, considerada como el principal elemento desestabilizante de los taludes. El drenaje reduce el peso de la masa y al mismo tiempo, aumenta la resistencia del talud, al disminuir la presión de poros.

Existen varias metodologías de drenaje superficial y profundo. El objetivo principal de estos métodos es disminuir la presión de poros y de esa forma, aumentar la resistencia al corte, eliminar las fuerzas hidrostáticas desestabilizantes y mejorar el factor de seguridad de las superficies de falla por debajo del nivel de agua.

Según (CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA, 2002)², las galerías de filtración son obras sencillas que captan agua filtrada en forma natural, funcionando como pozos horizontales. Estas estructuras recolectan el agua subálvea o subsuperficial a todo lo largo de su recorrido y resultan ventajosas cuando es posible su construcción, constituyéndose la mayor parte de las veces, en una importante alternativa de suministro de agua, tanto en cantidad como en calidad.

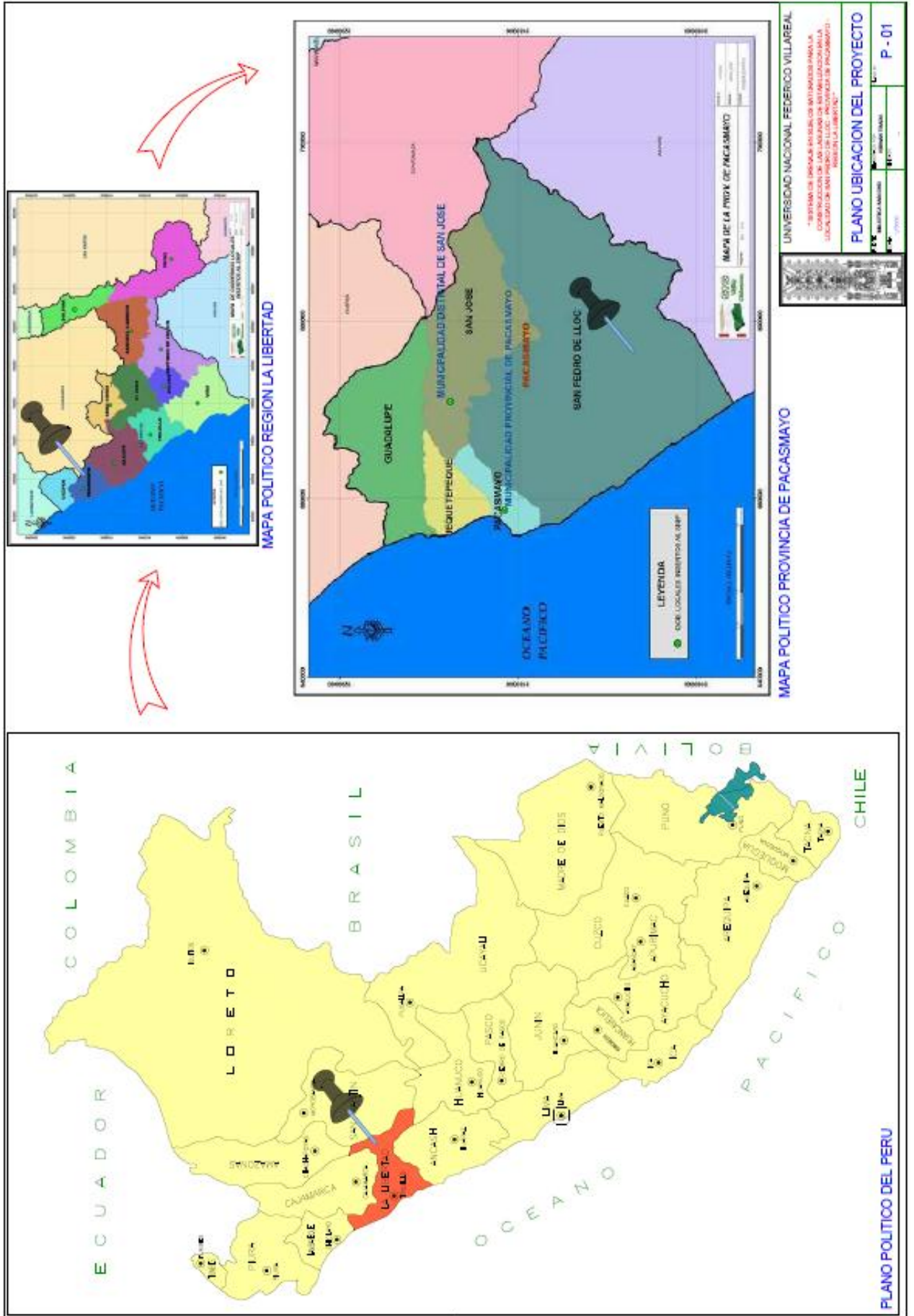
Muchos pueblos y ciudades en países en vías de desarrollo están situados a lo largo de ríos o lagos, cuyas orillas están constituidas por capas de arenas y gravas por donde circula el agua subálvea alimentada por aguas superficiales. Estas capas suelen ser fáciles de excavar por lo que constituyen excelentes emplazamientos para drenes o galerías. Para esto, se excava la zanja en cuyo fondo se coloca el dren o se horada un

socavón al cual se le reviste interiormente, el agua se recolecta en una cámara o pozo central desde donde es conducida para su posterior uso. La longitud del dren o galería depende de la cantidad de agua deseada y de las dimensiones del acuífero.

Jaime Suarez “Deslizamientos: Técnicas de Remediación” capítulo 2 Obras de drenaje y Sub-drenaje. Página 47.

Cepis “Manual de Diseño de Galerías Filtrantes” Lima 2002. Página 4.

Mapa: P-01 de Ubicación de la Zona de Estudio en el Perú



1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1 Problema Principal:

Proponer el sistema de drenaje que se debe construir que logre abatir la napa freática para facilitar el proceso constructivo y posterior funcionamiento y mantenimiento óptimo de las lagunas de estabilización de la localidad de San Pedro de Lloc.

1.3.2 Problemas Secundarios:

- Ubicar el punto de descarga por gravedad del agua filtrada de la napa freática.
- Definir las acciones preventivas que se deben considerar para el buen funcionamiento y mantenimiento del sistema de drenaje.
- Seleccionar el proceso constructivo que se va a emplear para la construcción del sistema de drenaje.
- Identificar los materiales de la zona que se deberán usar en la construcción del sistema de drenaje.

1.3.3 Formulación del Problema:

Seleccionar el sistema de drenaje óptimo que se debe construir para abatir la napa freática que permita la construcción y posterior funcionamiento óptimo de las lagunas de estabilización de la localidad de San Pedro de Lloc-Pacasmayo-La Libertad.

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.4.1 Objetivo General:

Realizar el diseño de un sistema de drenaje que capte, conduzca y evacue por gravedad el agua de la napa freática; en un punto de descarga cercano a las lagunas de estabilización en San Pedro de Lloc (Canal Santa Elena).

1.4.2 Objetivos Específicos:

- Diseñar un sistema de drenaje que logre abatir la napa freática, para facilitar la construcción de las lagunas.
- Diseñar un sistema de drenaje que garantice el normal funcionamiento de las lagunas de estabilización que es tratar los desagües domésticos del lugar.
- Diseñar un sistema de drenaje que protejan las estructuras de las lagunas contra la napa freática.

1.5 JUSTIFICACION, IMPORTANCIA Y LIMITACION DE LA INVESTIGACION

1.5.1 Justificación de la investigación:

Justificación: Este tipo de drenaje hace fácil los procesos constructivos; garantizando la seguridad de las estructuras de las lagunas (diques, taludes); logrando así cumplir con la función de tratar los desagües domésticos de la zona.

1.5.1.1 Teoría

La aplicación de las fórmulas hidráulicas para diseñar galerías filtrantes, también se pueden utilizar para diseñar los drenes que abatirán la napa freática.

1.5.1.2 Práctica

Aplicando este tipo de drenaje se logra abatir la napa freática y garantizar la construcción, así como la conservación de las estructuras y operación de las lagunas de estabilización en suelos saturados.

1.5.1.3 Metodológica

Usando la lógica hidráulica de galerías filtrantes; se puede diseñar un sistema de drenaje para abatir la napa freática en los suelos saturados.

1.5.1.4 Social

Aplicando este tipo de drenaje se puede construir y operar eficientemente las lagunas de estabilización en suelos saturados; con lo cual se logra tratar los desagües domésticos y además se está protegiendo la salud de la población de enfermedades causadas por los desagües no tratados. El agua drenada se puede usar para regar terrenos aguas debajo a las lagunas; esto permitirá conservar mejor el medio ambiente.

1.5.2 Importancia de la investigación:

Esta investigación es muy importante porque logra que las poblaciones que están asentadas en suelos saturados puedan tratar sus desagües en las lagunas de estabilización, construyendo este tipo de drenaje se hace fácil la

construcción; así también como la conservación de sus estructuras y operar eficientemente las lagunas de estabilización; en particular en zonas arroceras muy extendidas en el norte del país; con lo cual se estará protegiendo la salud de la población de enfermedades gastrointestinales causadas por los microorganismos patógenos, cuando la población está bien de salud, está en capacidad de producir económicamente al máximo en beneficio de su familia y por ente del país; además de ahorrar al estado en gastos de salud.

Además, es importante el aporte al mantener el medio ambiente del lugar, sin alterar la fauna y flora; con esta agua filtrada se puede ampliar la frontera agrícola de la zona

1.5.3 Limitaciones de la investigación:

En esta investigación todo el sistema de abatimiento y de conducción es a gravedad; cuando la conducción es a impulsión se tendrá otro factor económico que son los equipos de bombeos y la tarifa eléctrica, elevando los gastos de operación y mantenimiento del sistema.

Se debe conseguir terrenos para la construcción de las lagunas a precios cómodos, en algunos casos los agricultores no querían vender, haciendo más grave la situación, es por eso que dentro del proyecto debe estar la compra del terreno y que su ubicación este acondicionada para que el sistema de drenaje y conducción funcione a gravedad.

Las pruebas de bombeos deben ser en épocas en que se esté inundando los campos para el sembrío de arroz; con lo cual se obtendrán datos precisos para el diseño de los drenes y la línea de conducción, se debe tener en cuenta de un factor de seguridad mayor que de las galerías filtrantes.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

Se revisaron trabajos de investigación que tengan relación con el tema de esta tesis sobre sistema de abatimiento de la napa freática de otros autores, cuyos objetivos son semejantes a lo planteado.

En la región Mesopotámica, hace cerca de 9000 años, el drenaje subterráneo se realizaba con piedras o con materiales voluminosos permeables, tales como manojos de ramas de árboles y arbustos que se colocaban atados en el fondo de una zanja. Las primeras tuberías de drenaje, que aparecieron hace aproximadamente 4000 años, fueron descubiertas en el valle del Bajo Indo (Ami, 1987).

Cornelius Vanderdelf fue el primer holandés que llevó a cabo trabajos de drenaje en Inglaterra al inicio del siglo XVII, seguido posteriormente por otros reconocidos ingenieros como Cornelius Vermuyden y Joos Croppenburgh (Chapman, 1956).

La introducción de tuberías de drenaje de plásticos perforado en la década de 1960 incremento la efectividad, eficiencia y economía de instalación.

Zapata (1968), reseña en su libro “Tratado de drenaje de suelos” el sistema de bombeo por generación de vacío o mejor conocido en ingeniería civil como sistema well-point; método desarrollado e implementado por primera vez en Estados Unidos e Inglaterra en el año 1950, utilizándose posteriormente en otros países como España, Holanda, México para finalmente ser conocida a nivel mundial.

Este método controla temporalmente el descenso del agua del suelo saturado en el lugar donde se realizará la obra de construcción, también se puede aplicar en otros tipos de suelos (arcillosos, limosos).

Este sistema está formado por un doble tubo uno dentro del otro de longitud determinada, donde el tubo exterior es perforado sirviendo de filtrante y el tubo interior sirve para la succión del agua que entra por su parte inferior. El doble tubo es hincado o enterrado en borde perimetral del terreno que se excavará, el número de doble tubos a colocar a lo largo del perímetro del terreno es calculado por un ingeniero hidráulico capacitado en este sistema. (Ver Figura N.º 01)

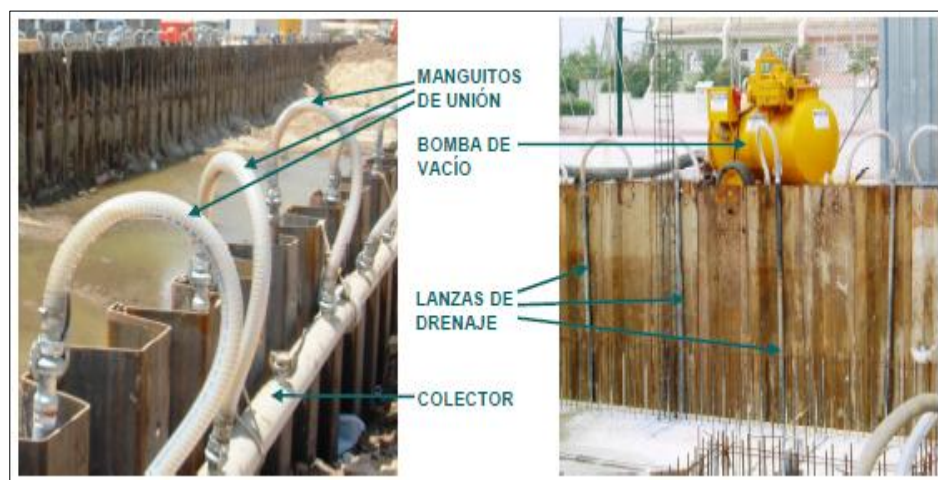


Figura N° 01: Sistema Well-Point

Oosterbaan (2002), realizó un trabajo de investigación para el “International Institute for land Reclamation and Improvement” (ILRI), Wageningen, Holanda, titulado: “Ecuaciones para espaciado de pozos penetrantes de manera parcial y completa en acuíferos de igual o distintas estratificaciones con o sin anisotropía y resistencia de entrada”. Con frecuencia, es necesario excavar a profundidades mayores que el nivel freático para construir; cuando esto sucede el agua tiende a escurrir hacia el área donde se extrae el material y obliga al constructor a extraerla.

Gonzales Vergara, C. – Dussan Buitrago, E (2011) El documento referido a la Modelación del flujo en taludes para drenes horizontales; propone un criterio de diseño de obras de drenaje (drenes Horizontales) en estabilización de taludes, para

lo cual realizarla modelación analítica del flujo de agua mediante el empleo del software Slide. Se plantea un marco metodológico para el diseño con base en el criterio de un incremento en el factor de seguridad generado por el dren colocado evaluando la sensibilidad con las variables establecidas en el presente trabajo.

2.2 PLANTEAMIENTO TEORICO

2.2.1. Bases teóricas relacionadas al problema:

- **Sistema de Drenaje:** La función principal de un sistema de drenaje es de permitir la retirada de las aguas que se acumulan en depresiones topográficas del terreno, causando inconvenientes ya sea a la agricultura o en áreas urbanizadas o carreteras, (https://es.wikipedia.org/wiki/sistema_de_drenaje).
- Otra función sumamente importante del sistema de drenaje es la de controlar, en los perímetros de riego, la acumulación de sales en el suelo, lo que puede disminuir drásticamente la productividad. (https://es.wikipedia.org/wiki/sistema_de_drenaje), (Ver Figura 02).

El origen de las aguas puede ser:

- ✓ Por escurrimiento o esorrentía superficial
- ✓ Por la elevación del nivel freático, causado por el riego, o por la elevación del nivel de un río próximo
- ✓ Directamente precipitadas en el área.

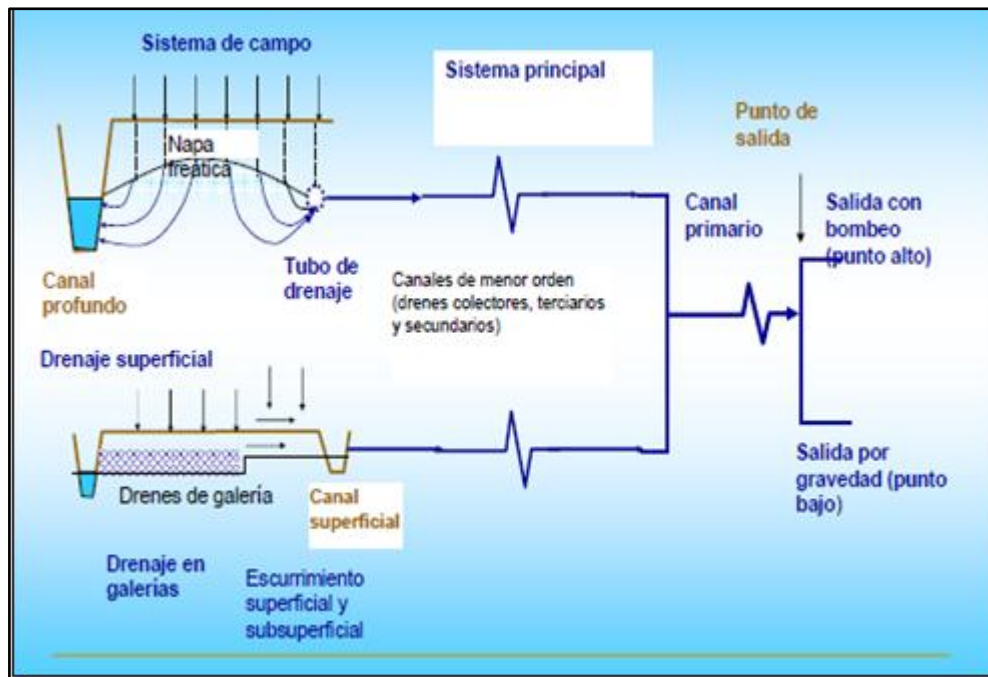


Figura 02: Principales Componentes de un Sistema de Drenaje

- **Acuíferos:** La palabra acuífero proviene del latín y significa que lleva agua. El acuífero está representado por formaciones geológicas de estructura permeable que se encuentran saturadas de agua, y con propiedades físicas que permiten el almacenamiento y el desplazamiento del agua a través de ella, y que es capaz de suministrar agua a pozos, galerías y manantiales, los que a su vez pueden ser empleados con algún fin beneficioso. (CEPIS,2002, Manual de Diseños de Galerías Filtrantes, Auspiciado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, LIMA, pag 09).
- **Propiedades del acuífero:** Las dos propiedades más importantes de los mantos acuíferos son la porosidad y la permeabilidad. Sin embargo, se tiene que una formación puede ser porosa, pero no necesariamente permeable, por lo que el acuífero no puede ser catalogado como tal. (CEPIS,2002, Manual de Diseños de Galerías

Filtrantes, Auspiciado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, LIMA, pag 10).

- **Porosidad:** Una de las principales propiedades del suelo es la porosidad y está vinculada con la cantidad de agua que puede ser almacenada en el material de la zona de saturación. La porosidad está representada por el volumen de las aberturas o poros de un determinado volumen unitario de material, es decir es la proporción del volumen unitario de material no ocupado por el material sólido. La porosidad, normalmente se la expresa como porcentaje del volumen bruto del material. Así, por ejemplo, si a un recipiente de 500cm³, provisto de una llave de drenaje en la parte inferior, se le enrasa con arena y se encuentra que se necesitan 160 cm³ de agua para cubrir toda la arena, se tiene que la porosidad es igual a 160/500, es decir, 0,32 o 32%. Planteado por (CEPIS,2002, Manual de Diseños de Galerías Filtrantes, Auspiciado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, LIMA, pag 10).
- **Conductividad hidráulica o coeficiente de permeabilidad:** Los experimentos han demostrado que la velocidad del agua a través de una columna saturada de arena, es directamente proporcional a la diferencia de las cargas hidrostáticas en los extremos de la columna, e inversamente proporcional a la longitud de la misma, la expresión matemática conocida como la Ley de Darcy se expresa como sigue; en la Ecuación N.º 01 Formula de Velocidad de Flujo de un Acuífero. Planteado por (CEPIS,2002, Manual de Diseños de Galerías

Filtrantes, Auspiciado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, LIMA, pag 11).

$$V = k_f \times (h_1 - h_2) / l$$

Siendo:

- V = velocidad de flujo (m/d).
- (h₁ - h₂) = diferencia de cargas hidrostáticas (m).
- l = distancia a lo largo de la trayectoria del flujo (m).
- k_f = constante que depende de las características del material poroso a través del cual tiene lugar el movimiento del agua y denominado conductividad hidráulica (m/d).

Ecuación N.º 01: Formula de Velocidad de Flujo de un Acuífero

- **Coefficiente de transmisividad:** Según (CEPIS,2002, Manual de Diseños de Galerías Filtrantes, Auspiciado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, LIMA, pag 11); indica que es la capacidad de un medio poroso para transmitir el agua según el espesor del horizonte acuífero y su permeabilidad, y se define como la razón del caudal en metros cúbicos por día que fluye a través de una sección vertical del acuífero, cuya altura es igual a su espesor y cuyo ancho es de un metro y se expresa en m²/d. (Ver Ecuación N.º 02).

$$T = k_f \times h_a$$

Donde:

- T = transmisividad (m²/d)
- k_f = permeabilidad (m/d)
- h_a = espesor acuífero (m)

Ecuación N.º 02: Formula de Transistividad

- ✓ **Coefficiente de almacenamiento:** Según (CEPIS,2002, Manual de Diseños de Galerías Filtrantes, Auspiciado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, LIMA, pag 12); dice que es el volumen de agua liberado por la columna de un acuífero de altura igual a todo su espesor y de un metro de ancho, cuando la presión disminuye una unidad. Su valor varía de 10^{-5} a 10^{-3} .

Así, por ejemplo, el valor de coeficiente de almacenamiento $S = 0,01$ indica que quedarían libres $0,01 \text{ m}^3$ de agua bajo un área de acuífero de 1 m^2 cuando la presión hidrostática desciende 1 m ; (CEPIS,2002, Manual de Diseños de Galerías Filtrantes, Auspiciado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, LIMA, pag 12).

Caudal o gasto específico: Es la relación que existe entre el caudal de bombeo de un pozo y el descenso en el nivel de las aguas subterráneas que esta extracción provoca. Usualmente se expresa en $\text{m}^3 / \text{d-m}$ o en l/s-m ; Tal como se presenta en la Ecuación N.º 03 planteada por; (CEPIS,2002, Manual de Diseños de Galerías Filtrantes, Auspiciado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, LIMA, pag 12).

$$q = Q / s$$

Donde:

q	=	Caudal específico ($\text{m}^3/\text{d-m}$)
Q	=	Caudal de bombeo (m^3/d)
s	=	Descenso del nivel de las aguas (m)

Ecuación N.º 03: Formula de Caudal Específico

Gradiente hidráulica: Es la pendiente de la superficie piezométrica en el acuífero y se determina por la relación de la diferencia de niveles entre dos puntos y la distancia entre ellos, tal como se presenta en la ecuación N.º 04 ;(CEPIS,2002, Manual de Diseños de Galerías Filtrantes, Auspiciado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, LIMA, pag 12).

$$i = \frac{(h_1 - h_2)}{l}$$

Por lo tanto, la velocidad del flujo también puede ser expresada como $V = k_f \times i$.

Ecuación N.º 04: Formula de Gradiente Hidráulica

Radio de influencia: Es la distancia alrededor de la obra de captación hasta donde llegan a ocurrir descensos en el nivel de agua cuando se realiza el bombeo;(CEPIS,2002, Manual de Diseños de Galerías Filtrantes, Auspiciado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, LIMA, pag 12).

Las galerías de filtración: son obras sencillas que captan agua filtrada en forma natural, funcionando como pozos horizontales. Estas estructuras recolectan el agua subálvea o subsuperficial a todo lo largo de su recorrido y resultan ventajosas cuando es posible su construcción, constituyéndose la mayor parte de las veces, en una importante alternativa de suministro de agua, tanto en cantidad como en calidad. Muchos pueblos y ciudades en países poco desarrollados están situados a lo largo de ríos o lagos, cuyas orillas están constituidas por capas de arenas y gravas por donde circula el agua

subálvea alimentada por aguas superficiales. Estas capas suelen ser fáciles de excavar por lo que constituyen excelentes emplazamientos para drenes o galerías. Para esto, se excava la zanja en cuyo fondo se coloca el dren o se horada un socavón al cual se le reviste interiormente, el agua se recolecta en una cámara o pozo central desde donde es conducida para su posterior uso. La longitud del dren o galería depende de la cantidad de agua deseada y de las dimensiones del acuífero;(CEPIS,2002, Manual de Diseños de Galerías Filtrantes, Auspiciado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, LIMA, pag 04).

Diseño de los componentes de la galería de filtración:

Considerando que el proyectista de pequeñas obras de abastecimiento de agua tiene que diseñar una galería de filtración en base a su experiencia y, por lo general, sin un detallado estudio hidrogeológico, resulta una buena práctica efectuar cálculos por medio de diferentes métodos, variando los parámetros dentro de un rango razonable de magnitud, para luego seleccionar los resultados más probables. Aunque el procedimiento no parece muy confiable, en muchos casos proporciona buenos resultados en el diseño de pequeños sistemas de abastecimiento de agua. El procedimiento de emplear diferentes modelos en el diseño de la galería filtrante, permite al proyectista identificar los parámetros o factores de mayor influencia y, por lo tanto, ayuda a definir las pruebas de campo a ser realizadas;(CEPIS,2002, Manual de Diseños de Galerías Filtrantes,

Auspiciado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, LIMA, pag 41).

Conducto colector: Según ;(CEPIS,2002, Manual de Diseños de Galerías Filtrantes, Auspiciado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, LIMA, pag 41); dice que en el diseño del conducto colector de la galería se deben considerar los aspectos siguientes:

- Sección con capacidad suficiente para que fluya el caudal de diseño.
- Mínimas pérdidas por fricción.
- Área de las aberturas del dren que faciliten el flujo de agua del acuífero hacia el conducto.

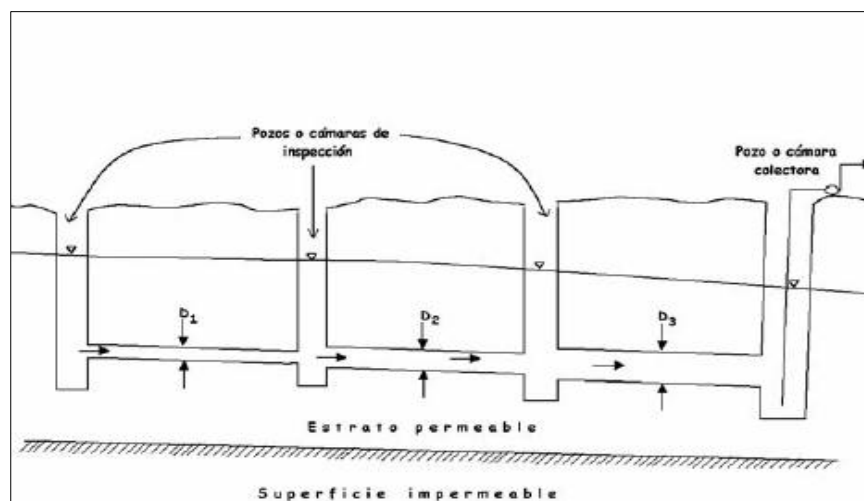


Figura N.º 03: Conductor Colector de una Galería Filtrante

- Tipo de material: Por lo general, se utilizan las tuberías comerciales disponibles, entre las que se pueden mencionar las de cloruro de polivinilo (PVC), asbesto cemento, hierro fundido y hormigón simple o armado. La selección del tipo de

material está condicionada por la resistencia estructural del ducto y su capacidad para reaccionar con la calidad de agua. Adicionalmente, los conductos empleados deben ser fáciles de perforar. Si se evalúan los diferentes tipos de materiales, se encuentra que la tubería plástica de PVC presenta grandes ventajas: es barata, liviana, induce pocas pérdidas por fricción, fácil de transportar, instalar y perforar, no se corroe y tiene una larga vida útil;(CEPIS,2002, Manual de Diseños de Galerías Filtrantes, Auspiciado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, LIMA, pag 42). Ver Figura N.º 03

- **Velocidad:** Para evitar la acumulación del material fino que pueda entrar al conducto, la tubería del dren debe tener una pendiente adecuada que facilite su auto limpieza. Normalmente, la velocidad de escurrimiento del agua en el dren debe ser menor a 0.90 m/s, pero con un valor mínimo de 0,60 m/s. De esta manera, el material fino podrá ser arrastrado hasta la cámara colectora donde se depositará para su eliminación;(CEPIS,2002, Manual de Diseños de Galerías Filtrantes, Auspiciado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, LIMA, pag 43).
- **Área abierta:** En el diseño del área perimetral abierta de los conductos, se debe tomar en consideración dos aspectos fundamentalmente:
 - Pérdida de la resistencia estructural de la tubería
 - Velocidad de ingreso

Existen diversas opiniones acerca del valor de la máxima velocidad de entrada permisible para evitar el arrastre de partículas finas. Estos valores varían desde 2,5cm/s hasta 10cm/s con un valor recomendado de 3cm/s y calculado para un coeficiente de contracción de entrada por orificio de 0,55. En todo caso, es recomendable disponer de la mayor cantidad de área abierta para tener bajas velocidades de entrada. El área abierta por unidad de longitud del conducto estará dada por la siguiente expresión;(CEPIS,2002, Manual de Diseños de Galerías Filtrantes, Auspiciado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, LIMA, pag 43); presentada en la Ecuación N.º 05

$$A = \frac{Q_u}{V_e \times C_c}$$

Donde:

A	=	Area abierta por unidad de longitud del conducto (m ²)
Q _u	=	Caudal de diseño de la galería por unidad de longitud (m ³ /s)
V _e	=	Velocidad de entrada. (m/s)
C _c	=	Coficiente de contracción

Ecuación N.º 05: Formula de Área Abierta de una Galería Filtrante

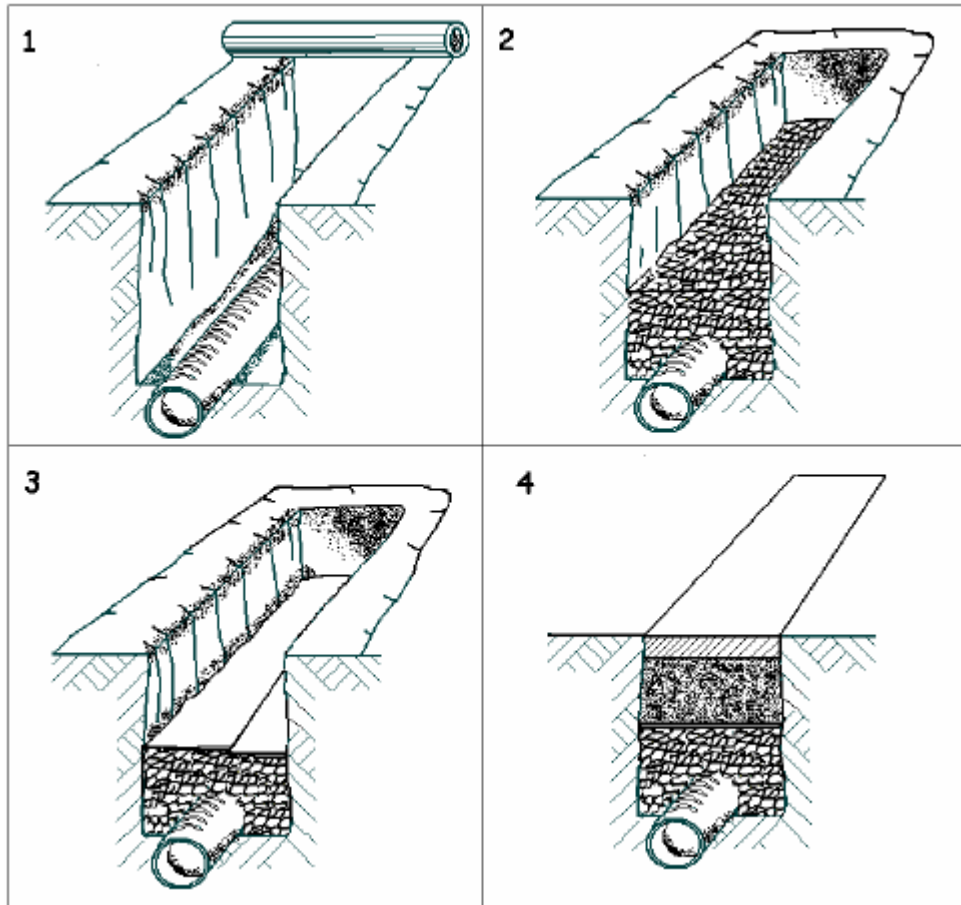


Figura N.º 04: Zanja de una Galería Filtrante

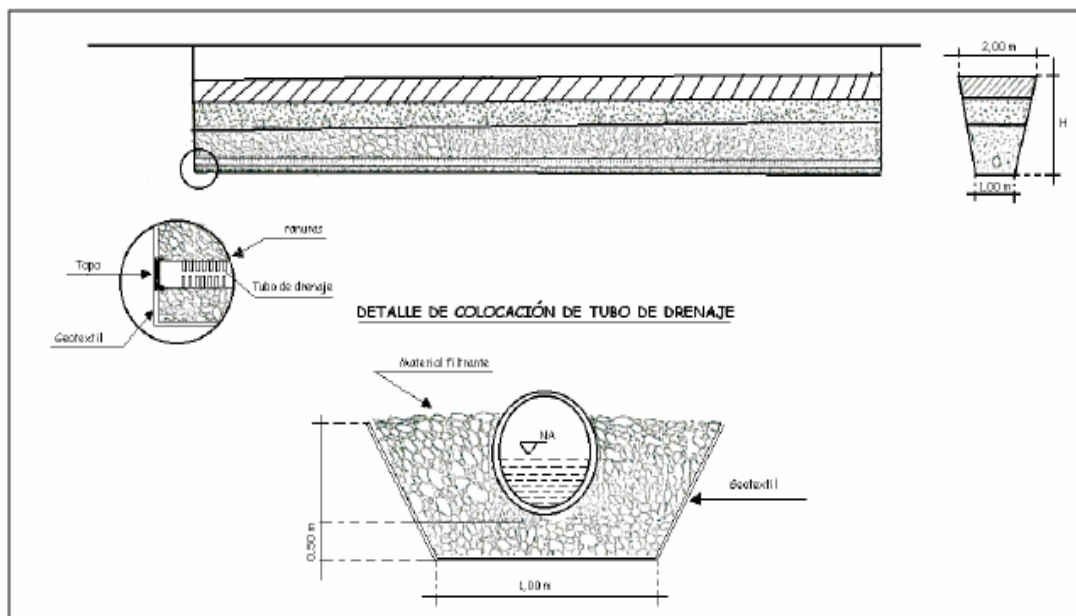


Figura N.º 05: Dren de una Galería Filtrante

- **Ley de Darcy:** Según; (Salazar Vilorio, Carlos y Gómez Bonvecchio, Andres autores de la tesis “Diseño de un Sistema de Abatimiento de Agua, para un Área Extensa con Nivel Freático Superficial”, Marzo 2011, Maracaibo-Venezuela, pag 32); precisa que la ley propuesta por Henry Darcy expresa que la tasa o velocidad a la cual el agua fluye a través de un medio poroso es directamente proporcional a la diferencia de altura entre los dos niveles de la columna de agua del material en estudio (suelo), e inversamente proporcional a la longitud del lecho.

El flujo es también proporcional al área perpendicular al escurrimiento, A, por lo cual al combinar todos estos elementos podemos escribir:

$$Q = K * A * \frac{\Delta h}{\Delta L} \rightarrow i = \text{gradiente hidraulico} = \frac{\Delta h}{\Delta L}$$

Ecuación N.º 06: Formula de Darcy

La ecuación puede ser modificada para obtener que:

$$K = \frac{Q}{i * A} \rightarrow K = \frac{m^3/seg}{m^2} = m/seg$$

Donde:

K= Permeabilidad

Q= Caudal (m³/seg)

i= Gradiente Hidráulico

A= Área de superficie en estudio (m²)

Ecuación N.º 07: Formula de Permeabilidad

2.3 MARCO CONCEPTUAL

2.3.1. Conceptos relacionados al problema:

- **Abatimiento:** Consiste en la extracción del agua contenida en un medio poroso, sea cualquiera que sea su precedencia;(Salazar Viloria, Carlos y Gómez Bonvecchio, Andrés autores de la tesis “Diseño de un Sistema de Abatimiento de Agua, para un Área Extensa con Nivel Freático Superficial”, marzo 2011, Maracaibo-Venezuela, pag 50).
- **Acuífero:** Se denomina acuífero a toda formación geológica capaz de almacenar y transmitir el agua subterránea a través de ella, pudiendo extraerse en cantidades significativas mediante obras de captación (ej. pozos) ;(María Paula Collazo Caraballo y Jorge Montaña Xavier,2012, Manual de Aguas Subterráneas, Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca, Montevideo-Uruguay, pag 20).
- **Aguas residuales domésticas:** Son aquellas de origen residencial y comercial que contienen desechos fisiológicos, entre otros, provenientes de la actividad humana, y deben ser dispuestas adecuadamente;(OEFA,2014, Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales, Ministerio del Ambiente, Lima-Perú, pag 03).
- **Agua Subterránea:** Es el agua que se aloja y circula en el subsuelo, conformando los acuíferos. La fuente de aporte principal es el agua de lluvia, mediante el proceso de infiltración. Otras fuentes de alimentación localizada pueden ser los ríos, arroyos, lagos y lagunas. El agua subterránea se sitúa por debajo del nivel freático y está saturando completamente los poros y/o fisuras del terreno y fluye a la superficie de forma natural a través de vertientes o manantiales o cauces fluviales. ;(María Paula Collazo Caraballo y Jorge

Montaño Xavier,2012, Manual de Aguas Subterráneas, Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca, Montevideo-Uruguay, pag 16).

- **Agua Superficial:** Aguas superficiales son aquellas que se encuentran sobre la superficie del planeta. Esta se produce por la escorrentía generada a partir de las precipitaciones o por el afloramiento de aguas subterráneas. Pueden presentarse en forma correntosa, como en el caso de corrientes, ríos y arroyos, o quietas si se trata de lagos, reservorios, embalses, lagunas, humedales, estuarios, océanos y mares;(https://es.wikipedia.org/wiki/Agua_Superficial).
- **Drenaje:** La función principal de un sistema de drenaje es la de permitir la retirada de las aguas que se acumulan en depresiones topográficas del terreno, causando inconvenientes ya sea a la agricultura o en áreas urbanizadas o carreteras, (https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_drenaje).
- **Drenes:** Están compuestos por perforaciones horizontales o excavaciones de zanja en cuyo interior o fondo se instalan tuberías perforadas o ranuradas conocidas como drenes. Estos drenes se instalan en la zona húmeda del acuífero y se encuentran cubiertos con material seleccionado para garantizar un adecuado rendimiento. En el caso del tipo zanja, el relleno se efectúa con el material proveniente de la excavación y se concluye con el sellado de la superficie para minimizar la contaminación del agua por infiltración de las aguas superficiales. Normalmente, los diámetros de los drenes son mayores a 200 mm, con pendientes que fluctúan entre uno y cinco por mil. Dependiendo de la longitud de los drenes y del número de ellos, se instalan buzones de reunión;(CEPIS,2002, Manual de Diseños de Galerías Filtrantes, Auspiciado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, Lima, pag 15).

- **Galería Filtrante:** En general, las galerías son obras destinadas a la captación y conducción del agua subterránea hasta un punto determinado, bien sea para su distribución o para consumo. Se consideran como galerías a los sistemas de captación de aguas subálveas o subsuperficiales ubicadas en los lechos de los ríos o sus márgenes por medio de drenes o bóvedas;(CEPIS,2002, Manual de Diseños de Galerías Filtrantes, Auspiciado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, Lima, pag 13).
- **Laguna de Estabilización:** Una laguna de estabilización es, básicamente, una excavación en el suelo donde el agua residual se almacena para su tratamiento por medio de la actividad bacteriana con acciones simbióticas de las algas y otros organismos;(Comisión Nacional del Agua, Edición 2007, Editor Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México DF-México, pag 02).
- **Nivel Freático:** Conformar el límite superior de la zona saturada en un acuífero libre. Es el lugar geométrico de los puntos de un acuífero libre que se encuentra a la presión atmosférica;(Juan Antonio López-Geta, Juan María Fornes Azcoiti, Gerardo Ramos Gonzales y Fermín Villarroya Gil,2009, Las Aguas Subterráneas un Recurso Natural del Subsuelo, Fundación Marcelino Botín, Madrid-España, pag 14).
- **Suelo Saturado:** Se dice que un suelo es saturado cuando contiene únicamente dos fases, la sólida y líquida y se denomina suelo saturado porque los espacios vacíos de la muestra están ocupados por agua el cual proviene de lluvias, nieves, granizo, humedad atmosférica, etc. un claro ejemplo de este son los suelos yacientes que están bajo el nivel freático pues son suelos totalmente saturados;(https://es.slideshare.net/MauricioRosasPadron/mecanica-de-suelos-1).

2.3.2. Marco legal:

- Reglamento Nacional de Edificaciones: Título II Habilitaciones Urbanas, Norma OS.090 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.
- Reglamento de Procedimientos Administrativos para el Otorgamiento de Autorización de Vertimiento y Reusó de Aguas Residuales.
- Decreto Supremo n°001-2010-AG-Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos.
- Decreto Supremo n°001-2010-AG: Tupa Ana-Autorización de Vertimiento de Aguas Residuales Industriales, Domesticas y Municipales Tratadas.
- Reglamento Nacional de Edificaciones: Título II Habilitaciones Urbanas, Norma OS.060 Drenaje Pluvial Urbano.
- Directiva General N° 004 – 2005 – INRENA – OA: Formulación del Plan de Mantenimiento de la Infraestructura de Riego y Drenaje en Los Distritos de Riego del Perú.

2.4 HIPOTESIS

2.4.1. Hipótesis General:

Aplicando este sistema de drenaje tipo galería filtrante, se logra abatir la napa freática del suelo saturado; facilitando la construcción y el funcionamiento eficiente de las lagunas de estabilización de San Pedro de Lloc.

2.4.2. Hipótesis Específicas:

- Aplicando este sistema de drenaje se logra abatir la napa freática; haciendo viable la construcción de las lagunas de estabilización.
- Aplicando este sistema de drenaje hace que las lagunas cumplan con su función que es tratar los desagües domésticos del lugar.
- Aplicando este sistema de drenaje, hace que las estructuras de las lagunas estén protegidas contra la napa freática, garantizando su durabilidad y funcionalidad.

2.4.3. Variables:

- **Variables Independientes:**

- ✓ Diseño hidráulico del sistema de drenaje, que garantice el abatimiento de la napa freática.
- ✓ Aplicando correctamente el manual de operación y mantenimiento no se tendrá problemas en el funcionamiento del sistema de drenaje.
- ✓ Aplicando los procesos constructivos propuestos, la construcción de los drenes se torna fácil.

- **Variables Dependientes:**

- ✓ Construcción y operación de las lagunas de estabilización.
- ✓ Conservación del medio ambiente.
- ✓ La no aplicación del manual creara problemas en el funcionamiento del sistema de drenaje.
- ✓ Si no se tiene en cuenta los procesos constructivos, se tornará difícil la ejecución de los drenes.

CAPÍTULO III

METODO

3.1 TIPO DE INVESTIGACION

Por el tipo de investigación el presente trabajo reúne las condiciones metodológicas de una investigación descriptiva en el nivel proyectiva; consiste en elaborar una propuesta o un modelo; como solución a un problema de tipo práctico; como es abatir la napa freática mediante un sistema de drenaje, facilitando la construcción y garantizando el normal funcionamiento de las lagunas de estabilización de la localidad de San Pedro de Lloc.

3.2 METODOS DE INVESTIGACION

Los principales métodos de investigación que se utilizarán serán:

- **Método Empírico:** Se aproximan al conocimiento del objeto mediante sus conocimientos directos y el uso de la experiencia, entre ellos encontramos la observación y la experimentación.
- **Método Deductivo:** Forma de razonamiento mediante el cual se pasa de un conocimiento general a otro de menor nivel, la deducción parte principios, leyes y axiomas, que reflejan las relaciones generales, estables, necesarias y fundamentales entre los objetos y fenómenos de la realidad.
- **Método Analógico:** Reproducción detallada de todas las cualidades del sistema real, establece una analogía entre el sistema real y el modelo, y se estudia el primero, utilizando como medio auxiliar al segundo.

3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACION

Esta investigación se encuentra dentro del diseño del Campo No Experimental, dado que se observaron los fenómenos, hechos, situaciones o sujetos en su ambiente natural o realidad.

3.4 PROCEDIMIENTO A EMPLEAR

Los procesos utilizados en esta investigación, para abatir la napa freática, lo primero que se realizó es la prueba de bombeo por 72 horas consecutivos, en época en que los campos de arroz están inundados, obteniendo un caudal de equilibrio en donde los pozos de inspección no teniendo variación en el descenso quedando estabilizados. Con este caudal obtenido se procedió a calcular los drenes, utilizando la lógica hidráulica de galerías filtrantes; utilizando como filtros cantos rodados y geotextil para no dejar pasar las arenas. Usando las fórmulas hidráulicas de Manning, se calculó el diámetro del emisor que transportara el agua de la napa freática hasta el punto de descarga al canal existente a las lagunas.

CAPÍTULO IV

RESUTADOS

4.1 PROPUESTA DE UN MODELO DE DISEÑO DE DRENAJE PARA ABATIR LA NAPA FREÁTICA

La propuesta de un modelo de diseño para abatir la napa freática, se refiere a la aplicación de la teoría de diseño de galerías filtrantes, en el cálculo de un sistema de drenaje para abatir la napa freática; mediante el cual obtenemos, el diámetro de los drenes con sus agujeros de filtración; buzones de inspección.

Para la conducción del agua filtrada se diseñará un emisor, aplicando las fórmulas de Manning para fluidos que trabajan a gravedad, el cual se obtiene el diámetro, teniendo en cuenta la tensión tractiva; todo este sistema funcionara a gravedad.

Este diseño de drenaje garantiza la construcción, la operación optima de las lagunas de estabilización.

Este sistema de drenaje propuesto es para zonas con napa freática y sobre todo para terrenos de sembrío de arroz que poseen los agricultores y que viven cerca a sus campos de cultivos.

Este sistema de drenaje el funcionamiento es a gravedad por que la topografía del terreno se presta; este mismo sistema también puede ser por bombeo dependerá por muchos factores como la topografía del terreno, así como la sapiencia del diseñador sin encarecer los costos de operación y mantenimiento del sistema, también se debe tener en cuenta lo socio económico de la población.

Para el sistema de drenaje de la napa freática para la construcción de las cuatros lagunas de estabilización para la Localidad de San Pedro de Lloc-Pacasmayo-La Libertad, que se propone consta de lo siguiente:

Las tuberías a instalarse como drenes:

- ✓ Tubería de PVC, SN-4; con agujeros de 2.00 cm; 250 mm; L=202.00 ml
- ✓ Tubería de PVC, SN-4; con agujeros de 2.00 cm; 300 mm; L=759.00 ml
- ✓ Tubería de PVC, SN-4; con agujeros de 2.00 cm; 350 mm; L=111.00 ml
- ✓ Tubería de PVC, SN-4; con agujeros de 2.00 cm; 400 mm; L= 94.00 ml
- ✓ Tubería de PVC, SN-4; con agujeros de 2.00 cm; 450 mm; L= 90.00 ml
- ✓ Colocación de 4680.00 m²; de geotextil
- ✓ Construcción de 12.00 buzones tipo I
- ✓ Cantos rodados

Tuberías a instalarse como emisor:

- ✓ Tubería de PVC, clase SN 4, de diámetro 500 mm y de una longitud de 825.00
- ✓ Construcción de 08.00 buzones tipo I

Seguidamente se adjunta, un juego completo de planos del sistema de drenaje que consta de: planos en planta del sistema de drenaje; plano de planta del emisor; perfil longitudinal del emisor y detalles.

4.2 PRESUPUESTO

Presupuesto **PRESUPUESTO ADICIONAL N°05**

Cliente **MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PACASMAYO**

Lugar **LA LIBERTAD - PACASMAYO - SAN PEDRO DE LLOC**

Costo al


30/11/201

Ítem	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	EMISOR DE DRENAJE DE LA NAPA FREATICA DEL PTAR				651,099.02
	OBRAS PRELIMINARES				6,492.66
01.01	CERCO DE MALLA HDP DE 1M. ALTURA PARA LIMITE SEGURIDAD OBRA	ml	4,200.00	0.95	3,990.00
01.02	TRAZOS Y REPLANTEO INICIAL DEL PROYECTO PARA LINEAS-REDES CON ESTACION TOTAL	ml	1,955.20	0.59	1,153.57
01.03	TRAZOS Y REPLANTEO FINAL DEL PROYECTO PARA LINEAS-REDES CON ESTACION TOTAL	ml	1,955.20	0.69	1,349.09
02	EXCAVACIONES DEL EMISOR DE DRENAJE DE LA NAPA FREATICA DEL PTAR				462,379.20
02.01	EXCAV. ZANJA (MAQ) P/TUB T-NORMAL SATUR DN 500MM DE 5.01M A 6.00M PROF.	ml	598.60	165.89	99,301.75
02.02	EXCAV. ZANJA (MAQ) P/TUB T-NORMAL SATUR DN 500MM DE 6.01M A 7.00M PROF.	ml	129.60	182.50	23,652.00
02.03	REFINE Y NIVEL DE ZANJA T-NORMAL SATURADO P/TUB. DN 500MM PARA TODA PROF.	ml	2.85	5.82	16.59
02.04	RELLENO Y COMPACTADO ZANJA (MAQ) P/TUB. T-NORMAL "D-S" DN 500MM DE 5.01M A 6M PROF.	ml	598.60	147.70	88,413.22

02.05	RELLENO Y COMPACTADO ZANJA (MAQ) P/TUB. T-NORMAL "D-S" DN 500MM DE 6.01M A 7M PROF.	m1	129.60	155.94	20,209.82
02.06	ELIMIN. DE DESMONTE (CARG+V) T-NORMAL "S" D=15KM P/TUB. DN 300 A 500MM PARA TODA PROF	m3	1,141.44	34.61	39,505.24
02.07	EXCAVACIONES CORTES EN TERRENO NORMAL CON TRACTORPROFUNDIDAD	m3	1,388.42	4.70	6,525.57
02.08	TUBERIA PVC UF ISO 4435 SN-4 CORRUGADO EXTERIOR LIS INTERIOR D=500MM	m1	830.70	160.90	133,659.63
02.09	INSTALACION DE TUBERIA PARA DESAGUE DN 500MM INCL. PRUEBA HIDRAULICA.	m1	830.70	35.80	29,739.06
02.10	ELIMINACION DE MATERIAL EXCAVADO EN ZANJA PARA CANAL	m3	1,627.00	11.95	19,442.65
02.11	ELIMINACION DE DESMONTE EN TERRENO NORMAL R=5KM CON MAQUINARIA.	m3	160.14	11.95	1,913.67
03	SOBRE EXCAVACION EN ZANJAS DE DRENAJE				149,309.45
03.01	EXCAVACIONES LATERALES	m3	9,727.00	4.70	45,716.90
03.02	RELLENO COMP. EN EXCAVACIONES LATERALES	m3	9,727.00	10.65	103,592.55
04	BUZONES DEL EMISOR DE DRENAJE DE LA NAPA FREATICA DEL PTAR				32,917.71
04.01	BUZON I T. NORMAL SATURADO A MAQUINA DE 5.01 A 6.00M PROF. (ENCOF. EXTER. E INTER.)	Und.	5.00	5,357.23	26,786.15
04.02	BUZON I T. NORMAL SATURADO A MAQUINA DE 6.01 A 7.00M PROF. (ENCOF. EXTER. E INTER.)	Und.	1.00	6,131.56	6,131.56
05	DRENES DEL PTAR				509,201.93
05.01	EXCAVACIONES DE DRENES DE LA PTAR				234,902.30
05.01.01	EXCAVAC.ZANJA (MAQ) P/TUB.T-NORMAL DELEZNABLE SATURADO. PROFUNDIDAD DE 3.51M A 4.00M	m1	73.80	89.03	6,570.41
05.01.02	EXCAVAC.ZANJA (MAQ) P/TUB.T-NORMAL DELEZNABLE SATURADO. PROFUNDIDAD DE 4.01M A 4.50M	m1	732.05	99.14	72,575.44
05.01.03	EXCAVAC.ZANJA (MAQ) P/TUB.T-NORMAL DELEZNABLE SATURADO. PROFUNDIDAD DE 4.51M A 5.00M	m1	299.40	113.30	33,922.02
05.01.04	EXCAVAC.ZANJA (MAQ) P/TUB.T-NORMAL DELEZNABLE SATURADO. PROFUNDIDAD DE 5.01M A 6.00M	m1	121.75	132.18	16,092.92
05.01.05	ELIMIN. DE DESMONTE (CARG+V) T-NORMAL "S" D=15KM	m3	3,055.23	34.61	105,741.51
05.02	SOBRE EXCAVACION EN ZANJAS DE DRENES DEL PTAR				111,772.26
05.02.01	EXCAVACIONES LATERALES	m3	7,281.58	4.70	34,223.43
05.02.02	RELLENO COMP. EN EXCAVACIONES LATERALES	m3	7,281.58	10.65	77,548.83
05.03	TUBERIAS DE LOS DRENES DE LA PTAR				138,814.14
05.03.01	TUBERIA PVC 350mm SN 4 Perforado	m1	3.75	80.64	302.40
05.03.02	TUBERIA PVC 400mm SN 4 Perforado	m1	1.70	100.22	170.37
05.03.03	TUBERIA PVC 450mm SN 4 Perforado	m1	7.10	140.10	994.71
05.03.04	SUMINISTRO DE GEOTEXTIL GTX	m2	787.60	2.31	1,819.36
05.03.05	INSTALACION DE GEOTEXTIL	m2	787.60	1.72	1,354.67
05.03.06	INSTALACION DE TUBERIA PVC 350mm SN 4 Perforado	m1	3.75	15.13	56.74
05.03.07	INSTALACION DE TUBERIA PVC 400mm SN 4 Perforado	m1	1.70	20.12	34.20
05.03.08	INSTALACION DE TUBERIA PVC 450mm SN 4 Perforado	m1	7.10	30.04	213.28
05.03.09	RELLENO CON CANTO RODADO, PIEDRA DE RIO Y MAT. PROPIO DE 3.51m - 4.00m DE PROFUNDIDAD	m1	73.80	104.46	7,709.15
05.03.10	RELLENO CON CANTO RODADO, PIEDRA DE RIO Y MAT. PROPIO DE 4.01m - 4.50m DE PROFUNDIDAD	m1	732.05	107.13	78,424.52
05.03.11	RELLENO CON CANTO RODADO, PIEDRA DE RIO Y MAT. PROPIO DE 4.51m - 5.00m DE PROFUNDIDAD	m1	299.40	110.45	33,068.73
05.03.12	RELLENO CON CANTO RODADO, PIEDRA DE RIO Y MAT. PROPIO DE 5.01m - 6.00m DE PROFUNDIDAD	m1	121.75	120.46	14,666.01
05.04	BUZONES DE LOS DRENES DE LA PTAR				23,713.23
05.04.01	BUZON I T. NORMAL SATURADO A MAQUINA DE 4.01 A 5.00M PROF. (ENCOF. EXTER. E INTER.)	Und.	4.00	4,589.00	18,356.00
05.04.02	BUZON I T. NORMAL SATURADO A MAQUINA DE 5.01 A 6.00M PROF. (ENCOF. EXTER. E INTER.)	Und.	1.00	5,357.23	5,357.23
	Costos Directo				1,160,300.95
	Gastos Generales 13.82%				160,353.59
	Utilidad 0.5%				5,801.50
	Sub Total				1,326,456.04
	IGV 18%				412,686.20
	PRESUPUESTO TOTAL				1,739,142.24

SON: UN MILLON SETECIENTOS TREINTAINUEVE MIL CIENTO CUARENTAIDOS Y 24/100 NUEVOS SOLES

Proforma:

				
Lima 28 de Octubre del 2010.				
Señores:				
CONSORCIO SAN PEDRO				
Presente.-				
Atención: Ing. Hernán Tirado.				
Ref. Obra San Pedro de Lloc.				
Sirva la presente para saludarlo muy cordialmente y presentarle nuestra oferta:				
Descripción	Und.	Cant.	Precio Unit.	Precio Total
Tubería PVC 250 mm SN 4 Perforado	Tb.	34	80.17	2,725.85
Tubería PVC 315 mm SN 4 Perforado	Tb.	127	123.41	15,672.82
Tubería PVC 355 mm SN 4 Perforado	Tb.	19	156.99	2,982.81
Tubería PVC 400 mm SN 4 Perforado	Tb.	16	195.10	3,121.57
Tubería PVC 450 mm SN 4 Perforado	Tb.	15	272.80	4,092.05
Geotextil GTX 019M 4mts x 130 mts.	M2	4680	0.76	3,538.08
Tubería PVC 500 mm SN 4	Tb.	210	313.29	65,791.36
			Sub Total	97,924.53
			I.G.V.	18,605.66
			Total \$	116,530.19
Certificaciones:				
ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001,				
SELLO SEDAPAL en la categoría "A",				
SELLO A LA CALIDAD INDECOPI.				
Atentamente,				
Leonardo Cavero Infantas.				
División Infraestructura				
Telf. 3620016 anexo 283				
Nextel 833*2631				
leonardo.cavero@amanco.com				

4.3 PRUEBA DE AFORO

De acuerdo a la revisión bibliográfica

(www.metropol.gov.co/.../anexo_3_prueba_de_bombeo_o_hidraulica.pdf...pag 02).

La prueba tiene el propósito fundamental de obtener con una precisión aceptable, los valores de las características hidráulicas del pozo y del acuífero, para ello deberá evaluarse el lugar de la prueba, conocer previamente algunas características

del acuífero y tomar determinadas precauciones en relación con los pozos de bombeo, principales o de control y con los pozos de observación.

Para nuestro caso se utilizará un pozo de bombeo y dos pozos de observación.

Excavación de los pozos de prueba y de observación:

Para realizar las pruebas de bombeo se excavó un pozo de prueba, así mismo se excavaron 02 pozos de observación, los cuales fueron excavados hasta alcanzar una profundidad promedio de 4.50 m.

Ejecución de las pruebas de bombeo y sus aforos:

Según (www.bdigital.unal.edu.co/4993/3/Capitulos_6-9.pdf,pag243) las propiedades del acuífero son obtenidas de una prueba de bombeo determinando los valores del coeficiente de almacenamiento S , la conductividad hidráulica K y la transmisividad T que hacen los abatimientos dados por las soluciones teóricas vistas anteriormente, próximos a los abatimientos reales medidos en uno o dos pozos de observación.

En las pruebas de bombeo para determinar la conductividad hidráulica, se ha usado un pozo de prueba (pozo de extracción del agua) y dos pozos de observación. Los diámetros de los pozos de prueba son en promedio de 3.00 m y sus profundidades de 4.50 m en promedio. Para medir la depresión dentro de los pozos de bombeo y de observación se refirieron los niveles estáticos a puntos fijos con cotas relativas.

En el pozo de prueba se instaló tres motobombas de 4" con capacidad de bombeo de 18 l/s cada bomba. Dos bombas operaban cada 12 horas alternado con la tercera bomba consiguiendo así el bombeo continuo sin interrupciones por 72 horas.

Para llegar al nivel de equilibrio se han efectuado mediciones del nivel dinámico en el pozo de bombeo y los dos pozos de observación, así mismo se fue variando los

caudales de bombeo desde 17 lps hasta 14 lps, obteniéndose la condición de equilibrio a las 41 horas de haberse iniciado el bombeo.

Resultados obtenidos de las pruebas de bombeo:

La prueba de bombeo en la calicata de prueba N° 01 se inició el día 06 de setiembre del 2010 a las 13.00 pm culminándose con el bombeo continuo el día 09 de setiembre del 2010 a las 13.00 horas; realizando 72 horas de bombeo continuo.

Los resultados del bombeo se muestran en el Cuadro N.º 01.

El nivel dinámico, en los pozos de observación se estabilizó luego de 41 horas de bombeo continuo, manteniéndose hasta el final de la prueba.

En la calicata de prueba N.º 01 el caudal aforado en el nivel de equilibrio fue al final de la prueba de bombeo fue de 15.22 lps con el cual se obtiene un descenso de los niveles de agua en los pozos de observación de 0.741 m en la calicata N.º 02, 0.821 m en la calicata N.º 03. (Ver Figura N.º 06 y Cuadro N.º 02).

CUADRO N.º 01:

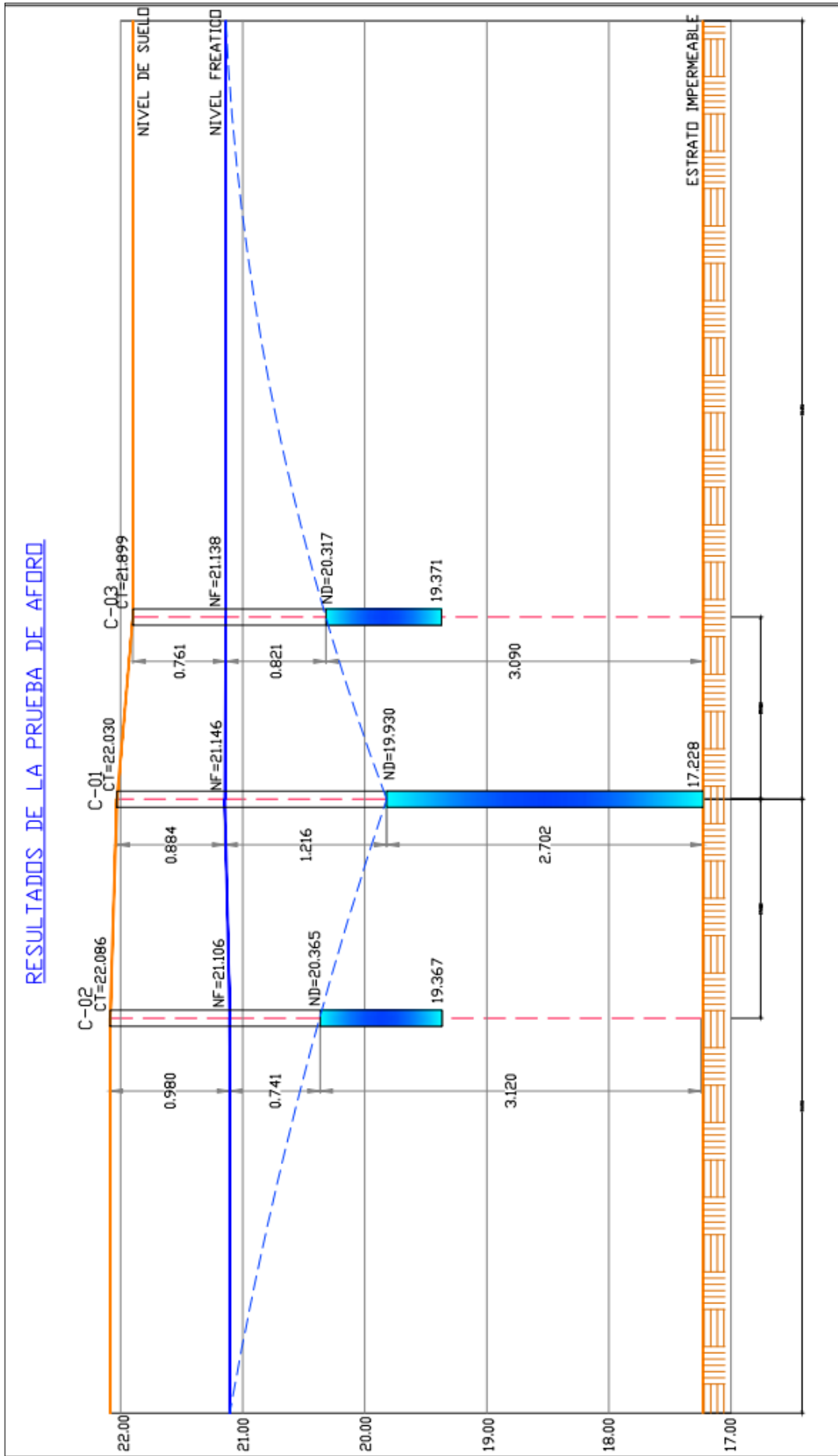
RESULTADOS FINALES DE LA PRUEBA DE BOMBEO

CALICATA DE PRUEBA N.º 01			
COTA (m.s.n.m)			Δh
Terreno	Nivel Estático	Nivel Dinámico	(mt)
22.030	21.146	19.93	1.216

CALICATA N.º 02			
COTA (m.s.n.m)			Δh
Terreno	Nivel Estático	Nivel Dinámico	(mt)
22.086	21.106	20.365	0.741

CALICATA N.º 03			
COTA (m.s.n.m)			Δh
Terreno	Nivel Estático	Nivel Dinámico	(mt)
21.899	21.138	20.317	0.821

Figura N° 06: Perfil Longitudinal de la Prueba de Aforo de la Zona



CUADRO N.º 02: DETALLE DE LA PRUEBA DE BOMBEO

CALICATA DE PRUEBA N.º 01

Fecha	Hora	Tiempo	Nivel de Agua	Descenso	Caudal
06 de setiembre del 2010	13.00	0	21.146	0.000	0.00
	14.00	1	21.036	-0.110	11.33
	15.00	2	20.926	-0.220	11.33
	16.00	3	20.766	-0.380	11.33
	17.00	4	20.676	-0.470	11.30
	18.00	5	20.536	-0.610	11.30
	19.00	6	20.406	-0.740	10.40
	20.00	7	20.186	-0.960	10.21
	21.00	8	20.176	-0.970	10.21
	22.00	9	20.186	-0.960	10.22
	23.00	10	20.186	-0.960	10.22
07 de setiembre del 2010	00.00	11	20.136	-1.010	10.22
	01.00	12	20.116	-1.030	12.34
	02.00	13	20.111	-1.035	12.34
	03.00	14	20.111	-1.035	14.18
	04.00	15	20.090	-1.056	14.18
	05.00	16	20.090	-1.056	14.18
	06.00	17	20.068	-1.078	15.33
	07.00	18	20.068	-1.078	15.38
	08.00	19	20.068	-1.078	15.38
	09.00	20	20.050	-1.096	15.41
	10.00	21	20.050	-1.096	15.38
	11.00	22	20.046	1.100	16.21
	12.00	23	20.046	1.100	16.01
	13.00	24	20.045	-1.101	15.98
	14.00	25	20.045	-1.101	15.63
	15.00	26	20.045	-1.101	16.33
	16.00	27	20.035	-1.111	16.33
	17.00	28	20.034	-1.112	15.17
	18.00	29	20.034	-1.112	15.17
	19.00	30	20.033	-1.113	15.17
	20.00	31	20.032	-1.114	14.86
	21.00	32	20.005	-1.140	14.86
	22.00	33	20.015	-1.131	14.86
	23.00	34	20.015	-1.131	14.53
08 de setiembre del 2010	00.00	35	20.018	-1.128	14.53
	01.00	36	20.028	-1.118	14.55
	02.00	37	20.029	-1.117	14.55
	03.00	38	20.029	-1.117	15.35
	04.00	39	19.930	-1.216	15.39
	05.00	40	19.930	-1.216	15.39
	06.00	41	19.930	-1.216	15.22
	07.00	42	19.930	-1.216	15.22
Fecha	Hora	Tiempo	Nivel de Agua	Descenso	Caudal

	08.00	43	19.930	-1.216	15.22
	09.00	44	19.930	-1.216	15.22
	10.00	45	19.930	-1.216	15.22
	11.00	46	19.930	-1.216	15.22
	12.00	47	19.930	-1.216	15.22
	13.00	48	19.930	-1.216	15.22
	14.00	49	19.930	-1.216	15.22
	15.00	50	19.930	-1.216	15.22
	16.00	51	19.930	-1.216	15.22
	17.00	52	19.930	-1.216	15.22
	18.00	53	19.930	-1.216	15.22
	19.00	54	19.930	-1.216	15.22
	20.00	55	19.930	-1.216	15.22
	21.00	56	19.930	-1.216	15.22
	22.00	57	19.930	-1.216	15.22
	23.00	58	19.930	-1.216	15.22
09 de setiembre del 2010	00.00	59	19.930	-1.216	15.22
	01.00	60	19.930	-1.216	15.22
	02.00	61	19.930	-1.216	15.22
	03.00	62	19.930	-1.216	15.22
	04.00	63	19.930	-1.216	15.22
	05.00	64	19.930	-1.216	15.22
	06.00	65	19.930	-1.216	15.22
	07.00	66	19.930	-1.216	15.22
	08.00	67	19.930	-1.216	15.22
	09.00	68	19.930	-1.216	15.22
	10.00	69	19.930	-1.216	15.22
	11.00	70	19.930	-1.216	15.22
	12.00	71	19.930	-1.216	15.22
	13.00	72	19.930	-1.216	15.22

Cálculo de la permeabilidad media:

Para la determinación de la permeabilidad media del acuífero, se consideró los resultados luego de llegar al equilibrio en la calicata de bombeo N.º 1.

Debido a que no se ha encontrado el nivel impermeable de acuífero, se ha empleado la fórmula de permeabilidad para un acuífero de gran espesor, con los valores del rendimiento de la prueba de bombeo, los descensos de la calicata de prueba y de observación, se ha calculado la permeabilidad del acuífero en la zona donde se construirá el sistema de drenaje, para lo cual se aplicó la siguiente ecuación obtenida anteriormente:

$$K = \frac{q * \ln\left(\frac{R}{r}\right)}{\pi(H^2 - h^2)}$$

Ecuación N.º 08: Formula de Permeabilidad 2

Dónde:

K: Permeabilidad

q: Caudal en condiciones de equilibrio de la calicata de bombeo.

R: Radio de influencia.

H: Altura del nivel estático de la calicata de bombeo.

h: Altura del nivel dinámico de la calicata de observación.

Teniendo en cuenta los valores geométricos obtenidos en el gráfico N.º 01, se obtiene los siguientes resultados:

Dato:

Caudal de bombeo = 15.22 l/s = 1315 m³/día

$$K_2 = \frac{1315 * \ln\left(\frac{36.88}{19.00}\right)}{\pi(3.75^2 - 3.12^2)} = 65.76 \text{ m/día}$$

$$K_3 = \frac{1315 * \ln\left(\frac{32.45}{15.80}\right)}{\pi(3.75^2 - 3.09^2)} = 66.75 \text{ m/día}$$

$$K_P = \frac{65.76 + 66.75}{2} = 66.25 \text{ m/día}$$

Cálculo del rendimiento máximo del acuífero:

La ecuación que permite calcular el máximo caudal que puede ser extraído del acuífero con el máximo abatimiento del tirante de agua es:

$$Q = q * L$$

Ecuación N.º 09: Formula de Capacidad Máxima de Producción del Acuífero a la Profundidad H

$$q = H * k * i$$

Donde:

q = Caudal específico

H = Profundidad en donde estará ubicado los drenes

k = Permeabilidad

i = Gradiente hidráulica del acuífero

L= Longitud del dren

Q = Capacidad máxima de producción del acuífero a la profundidad H

Datos:

H = 4.85 m

K = 66.25 m/día = 0.000766 m/s

i = 0.025 m/m

Reemplazando.

q = 4.85x0.000766x0.025

q = 0.000092 m³/s-m = 0.092 l/s

Q = 0.000092m³/s-m x 1256 m =0.115 m³/s = 115.5 l/s

Factor de seguridad (asumida) = 1.3

Q = 1.3 x 115.5 = 150 l/s

$$q_U = Q/L$$

$$q_U = 150/1256 = 0.12 \text{ l/s-}$$

4.4 DISEÑO DE DRENES

Para el diseño de los drenes, se emplea las mismas ecuaciones que para el diseño de colectores de desagüe; la formula a usar es la de Manning y tiene la siguiente ecuación:

$$V = \frac{(R^{2/3}) * (S^{1/2})}{n}$$

Donde:

V = velocidad (m/s)

n = coeficiente de rugosidad (adimensional)

R = radio hidráulico (m)

S = pendiente (m/m)

El radio hidráulico (R), se define como:

$$R = \frac{\text{Area mojada}}{\text{perimetro mojado}}$$

Mayores detalles se pueden ver en los cuadros N.º 03 y N.º 04

CUADRO N.º 03: TRAMOS DE LOS DRENES

Tramo	Longitud	Cau.uni	Cau.tramo	Cau.acum
A - B	55.00	0.12	6.60	6.60
B - H	60.00	0.12	7.20	13.80
H - I	60.00	0.12	7.20	21.00
I - J	112.00	0.12	13.44	34.44
J - Bz 01	111.00	0.12	13.32	47.76
A - F	78.00	0.12	9.36	9.36
F - G	124.00	0.12	14.88	24.24
G - E	124.00	0.12	14.88	39.12
A - K	80.00	0.12	9.60	9.60
K - C	140.00	0.12	16.80	26.40
C - D	128.00	0.12	15.36	41.76
D - E	94.00	0.12	11.28	53.04
E - Bz 01	90.00	0.12	10.80	102.96

CUADRO N.º 04: CALCULOS HIDRAULICOS DE LOS DRENES

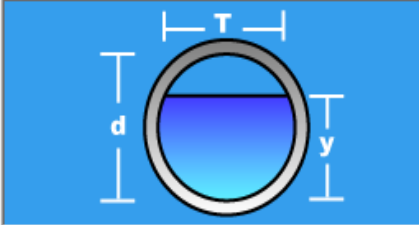
N° TRAMO	CALLE	TRAMO BzDel-BzAl	COTAS DE FONDO		CAUDAL l/s	COEFICIENTE MANNING	DIAMETRO mm	LONGITUD ml	PENDIENTE %º	VELOCIDAD m/s	TIRANTE mt	RADIO H. mt	F. TRACTIVA Pa	$(Q_{xm}) / ((D^{\wedge}8/3) / (s^{\wedge}1/2))$	AREA MOJADA m2	%
			BZ Del	BZ Al												
1.00	LAGUNA	A-B	18.350	18.240	6.600	0.009	300	55.00	2.00	0.6000	0.066	0.03900	0.765	0.0327	0.0110	22.00
2.00	LAGUNA	B-H	18.240	18.120	13.800	0.009	300	60.00	2.00	0.7667	0.095	0.05200	1.020	0.0683	0.0180	31.67
3.00	LAGUNA	H-I	18.120	18.000	21.000	0.009	300	60.00	2.00	0.8400	0.119	0.06300	1.236	0.1039	0.0250	39.67
4.00	LAGUNA	I-J	18.000	17.776	34.440	0.009	300	112.00	2.00	0.9308	0.157	0.07600	1.491	0.1705	0.0370	52.33
5.00	LAGUNA	J-Bz01	17.776	17.554	47.760	0.009	350	111.00	2.00	1.0383	0.174	0.08600	1.687	0.1569	0.0460	49.71
6.00	LAGUNA	A-F	18.350	18.194	9.360	0.009	250	78.00	2.00	0.6686	0.083	0.04600	0.903	0.0752	0.0140	33.20
7.00	LAGUNA	F-G	18.194	17.946	24.240	0.009	250	124.00	2.00	0.8657	0.143	0.06700	1.315	0.1949	0.0280	57.20
8.00	LAGUNA	G-E	17.946	17.698	39.120	0.009	300	124.00	2.00	0.9541	0.172	0.08100	1.589	0.1936	0.0410	57.33
9.00	LAGUNA	A-K	18.350	18.190	9.600	0.009	300	80.00	2.00	0.6857	0.079	0.04500	0.883	0.0475	0.0140	26.33
10.00	LAGUNA	K-C	18.190	17.910	26.400	0.009	300	140.00	2.00	0.8800	0.136	0.06900	1.354	0.1307	0.0300	45.33
11.00	LAGUNA	C-D	17.910	17.654	41.760	0.009	300	128.00	2.00	0.9491	0.179	0.08200	1.609	0.2067	0.0440	59.67
12.00	LAGUNA	D-E	17.654	17.466	53.040	0.009	400	94.00	2.00	1.0400	0.174	0.09000	1.766	0.1221	0.0510	43.50
13.00	LAGUNA	E-Bz01	17.466	17.280	102.96	0.009	450	90.00	2.07	1.2113	0.239	0.11000	2.230	0.1705	0.0850	53.11

Calculo Hidraulico de los Drenes Comprobando con H Canales:

Lugar:	<input type="text" value="San Pedro de LLoc"/>	Proyecto:	<input type="text" value="Diseño de drenes"/>
Tramo:	<input type="text" value="A-B"/>	Revestimiento:	<input type="text"/>

Datos:

Caudal (Q):	<input type="text" value="0.0066"/>	m ³ /s
Diámetro (d):	<input type="text" value="0.300"/>	m
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.009"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.002"/>	m/m



Resultados:

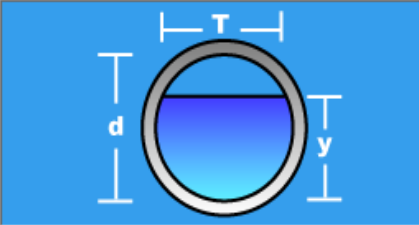
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.0659"/>	m	Perímetro mojado (p):	<input type="text" value="0.2926"/>	m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0115"/>	m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0393"/>	m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.2483"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="0.5742"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.8522"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="0.0827"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>				

Figura N° 07: Comprobación con el Programa de H Canales (Tramo A-B)

Lugar:	<input type="text" value="San Pedro de LLoc"/>	Proyecto:	<input type="text" value="Diseño de drenes"/>
Tramo:	<input type="text" value="B-H"/>	Revestimiento:	<input type="text"/>

Datos:

Caudal (Q):	<input type="text" value="0.0138"/>	m ³ /s
Diámetro (d):	<input type="text" value="0.300"/>	m
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.009"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.002"/>	m/m




Resultados:

Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.0958"/>	m	Perímetro mojado (p):	<input type="text" value="0.3604"/>	m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0194"/>	m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0540"/>	m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.2797"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="0.7096"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.8593"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="0.1215"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>				

Figura N° 08: Comprobación con el Programa de H Canales (Tramo B-H)

Lugar:	San Pedro de LLoc	Proyecto:	Diseño de drenes
Tramo:	H-I	Revestimiento:	

Datos:			
Caudal (Q):	0.0210	m ³ /s	
Diámetro (d):	0.300	m	
Rugosidad (n):	0.009		
Pendiente (S):	0.002	m/m	




Resultados:					
Tirante normal (y):	0.1198	m	Perímetro mojado (p):	0.4105	m
Área hidráulica (A):	0.0264	m ²	Radio hidráulico (R):	0.0642	m
Espejo de agua (T):	0.2939	m	Velocidad (v):	0.7967	m/s
Número de Froude (F):	0.8494		Energía específica (E):	0.1522	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico				

Figura N° 09: Comprobación con el Programa de H Canales (Tramo H-I)

Lugar:	San Pedro de LLoc	Proyecto:	Diseño de drenes
Tramo:	I-J	Revestimiento:	

Datos:			
Caudal (Q):	0.0344	m ³ /s	
Diámetro (d):	0.300	m	
Rugosidad (n):	0.009		
Pendiente (S):	0.002	m/m	



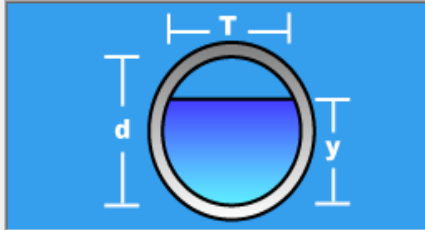
Resultados:					
Tirante normal (y):	0.1589	m	Perímetro mojado (p):	0.4890	m
Área hidráulica (A):	0.0380	m ²	Radio hidráulico (R):	0.0777	m
Espejo de agua (T):	0.2995	m	Velocidad (v):	0.9050	m/s
Número de Froude (F):	0.8110		Energía específica (E):	0.2006	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico				

Figura N° 10: Comprobación con el Programa de H Canales (Tramo I-J)

Lugar:	<input type="text" value="San Pedro de LLoc"/>	Proyecto:	<input type="text" value="Diseño de drenes"/>
Tramo:	<input type="text" value="J-Bz01"/>	Revestimiento:	<input type="text"/>

Datos:

Caudal (Q):	<input type="text" value="0.04746"/>	m ³ /s
Diámetro (d):	<input type="text" value="0.350"/>	m
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.009"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.002"/>	m/m



Resultados:


Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.1758"/>	m	Perímetro mojado (p):	<input type="text" value="0.5513"/>	m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0484"/>	m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0877"/>	m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.3500"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="0.9812"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.8426"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="0.2248"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>				

Figura N° 11: Comprobación con el Programa de H Canales (Tramo J-Bz01)

Lugar:	<input type="text" value="San Pedro de LLoc"/>	Proyecto:	<input type="text" value="Diseño de drenes"/>
Tramo:	<input type="text" value="A-F"/>	Revestimiento:	<input type="text"/>

Datos:

Caudal (Q):	<input type="text" value="0.00936"/>	m ³ /s
Diámetro (d):	<input type="text" value="0.250"/>	m
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.009"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.002"/>	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.0840"/>	m	Perímetro mojado (p):	<input type="text" value="0.3093"/>	m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0145"/>	m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0469"/>	m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.2362"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="0.6459"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.8325"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="0.1053"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>				

Figura N° 12: Comprobación con el Programa de H Canales (Tramo A-F)

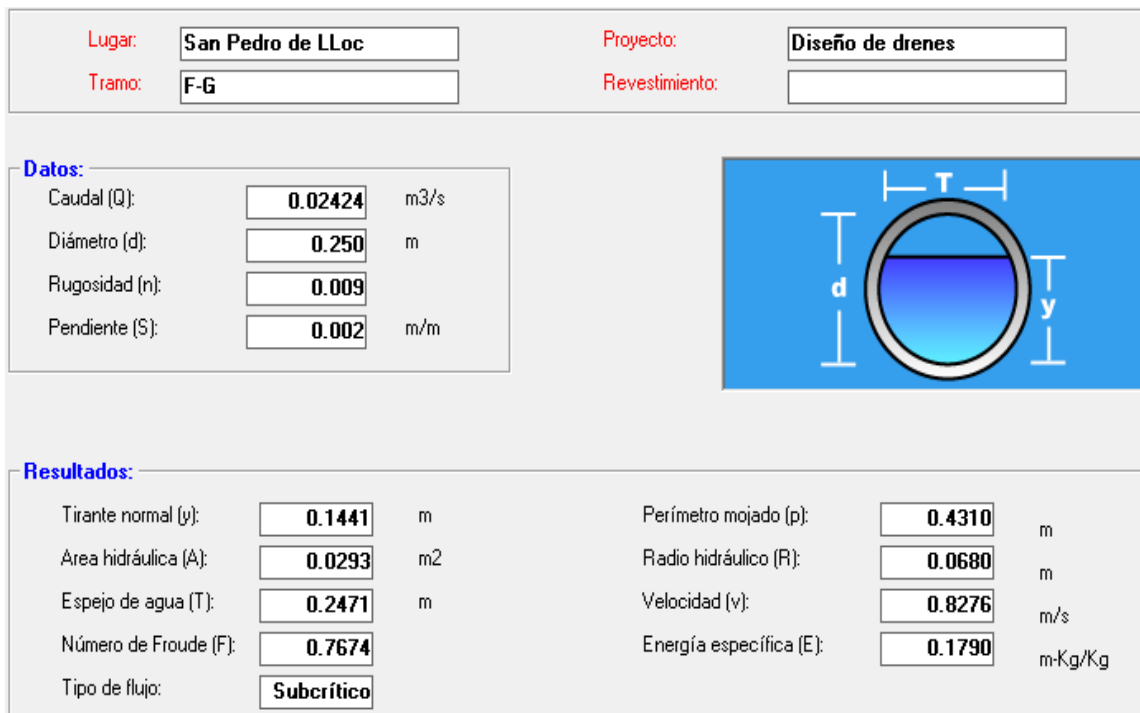


Figura N° 13: Comprobación con el Programa de H Canales (Tramo F-G)




Figura N° 14: Comprobación con el Programa de H Canales (Tramo G-E)

Lugar:	<input type="text" value="San Pedro de LLoc"/>	Proyecto:	<input type="text" value="Diseño de drenes"/>
Tramo:	<input type="text" value="A-K"/>	Revestimiento:	<input type="text"/>

Datos:

Caudal (Q):	<input type="text" value="0.0096"/>	m ³ /s
Diámetro (d):	<input type="text" value="0.300"/>	m
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.009"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.002"/>	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.0795"/>	m	Perímetro mojado (p):	<input type="text" value="0.3244"/>	m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0150"/>	m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0462"/>	m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.2648"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="0.6401"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.8586"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="0.1004"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>				

Figura N° 15: Comprobación con el Programa de H Canales (Tramo A-K)

Lugar:	<input type="text" value="San Pedro de LLoc"/>	Proyecto:	<input type="text" value="Diseño de drenes"/>
Tramo:	<input type="text" value="K-C"/>	Revestimiento:	<input type="text"/>

Datos:

Caudal (Q):	<input type="text" value="0.02640"/>	m ³ /s
Diámetro (d):	<input type="text" value="0.300"/>	m
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.009"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.002"/>	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.1361"/>	m	Perímetro mojado (p):	<input type="text" value="0.4434"/>	m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0312"/>	m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0703"/>	m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.2987"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="0.8466"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.8366"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="0.1726"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>				

Figura N° 16: Comprobación con el Programa de H Canales (Tramo K-C)

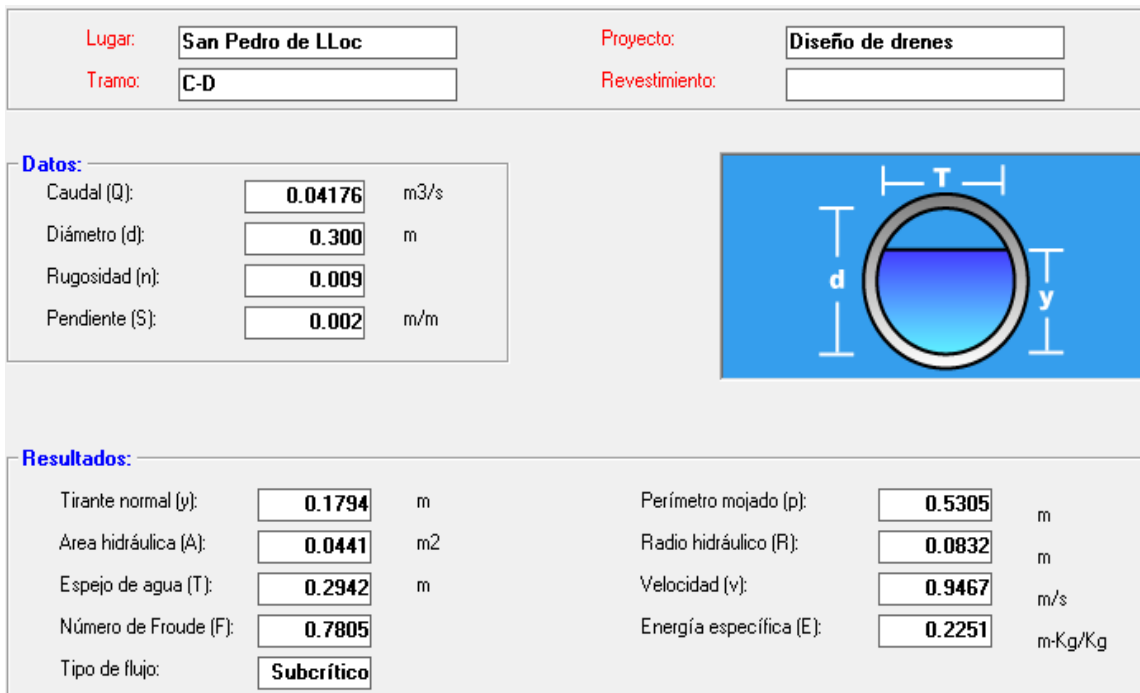


Figura N° 17: Comprobación con el Programa de H Canales (Tramo C-D)

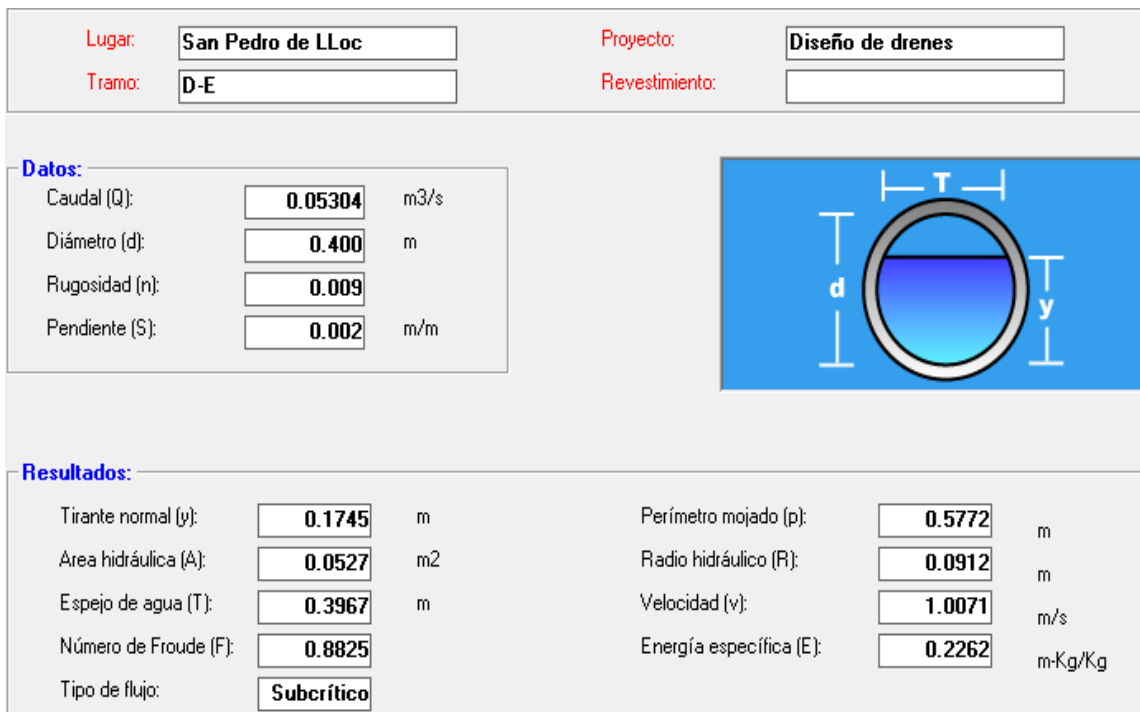



Figura N° 18: Comprobación con el Programa de H Canales (Tramo D-E)

Lugar:	<input type="text" value="San Pedro de LLoc"/>	Proyecto:	<input type="text" value="Diseño de drenes"/>
Tramo:	<input type="text" value="E-Bz01"/>	Revestimiento:	<input type="text"/>

Datos:

Caudal (Q):	<input type="text" value="0.102.96"/>	m3/s
Diámetro (d):	<input type="text" value="0.450"/>	m
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.009"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.002"/>	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.2392"/>	m	Perímetro mojado (p):	<input type="text" value="0.7352"/>	m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0859"/>	m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.1168"/>	m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.4491"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="1.1875"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.8670"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="0.3110"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>				

Figura N.º 19: Comprobación con el Programa de H Canales (Tramo E-Bz01)

Cálculo de los agujeros de los drenes

Se utiliza la fórmula de área abierta; planteada por CEPIS (Manual de Diseño de Galerías Filtrantes, pag 43).

$$A = \frac{Qu}{Ve * Cc}$$

Donde:

A = área abierta por unidad de longitud del conducto (m²)

Qu = caudal de diseño del dren por unidad de longitud (m³/s)

Ve = velocidad de entrada (m/s)

Cc = coeficiente de contracción

Por las experiencias (CEPIS), la velocidad de entrada permisible para evitar el arrastre de partículas finas se recomienda el valor de 3 cm/s y cuando al coeficiente de contracción de entrada por el orificio de 0.55.

Aplicando la fórmula se tiene:

$$A = \frac{\left(\frac{0.12}{1000}\right) m^3/s}{\left(\frac{3}{100}\right) m/s * 0.55}$$

$$A = 0.00727273 \text{ m}^2$$

Cantidad de agujeros en 1.00 mt de tubería

Asumo diámetro del agujero = 2 cm

$$\text{Área del agujero de 2 cm} = 0.00031416 \text{ m}^2$$

Número de agujeros en 1.00 mt de tubería (N)

$$N = \frac{0.00727273 \text{ m}^2}{0.00031416 \text{ m}^2}$$

$$N = 24 \text{ agujeros}$$

La distribución de los 24 agujeros en 1.00 mt de tubería será de 4 filas y cada fila será de 06 agujeros, espaciados cada 15 cm.

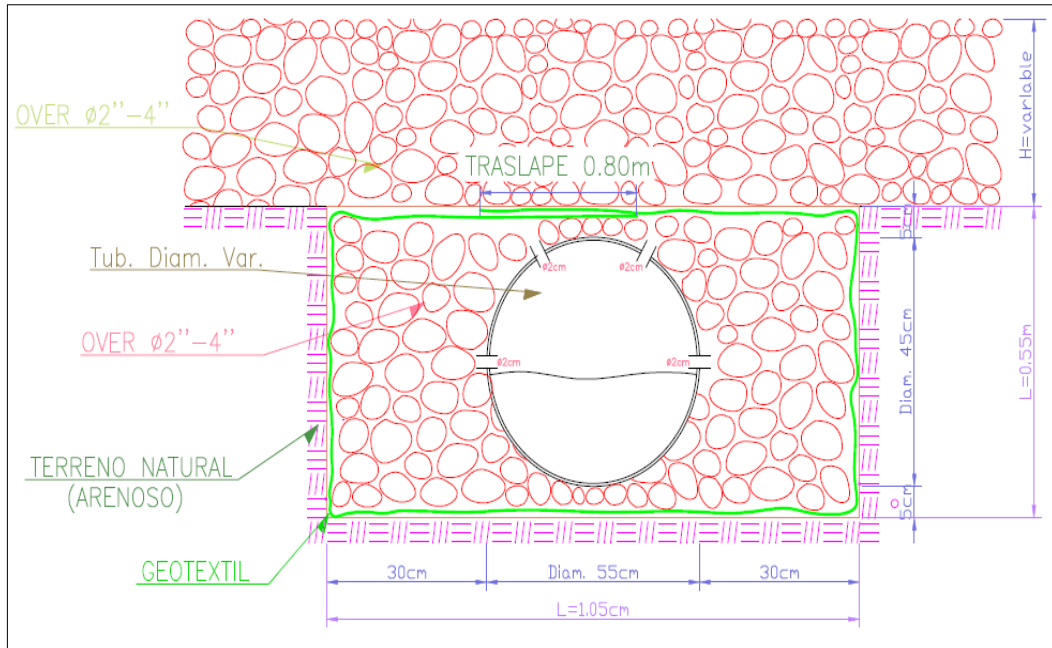


Figura N.º 20: Sección Transversal de Dren-Corte-Geotextil

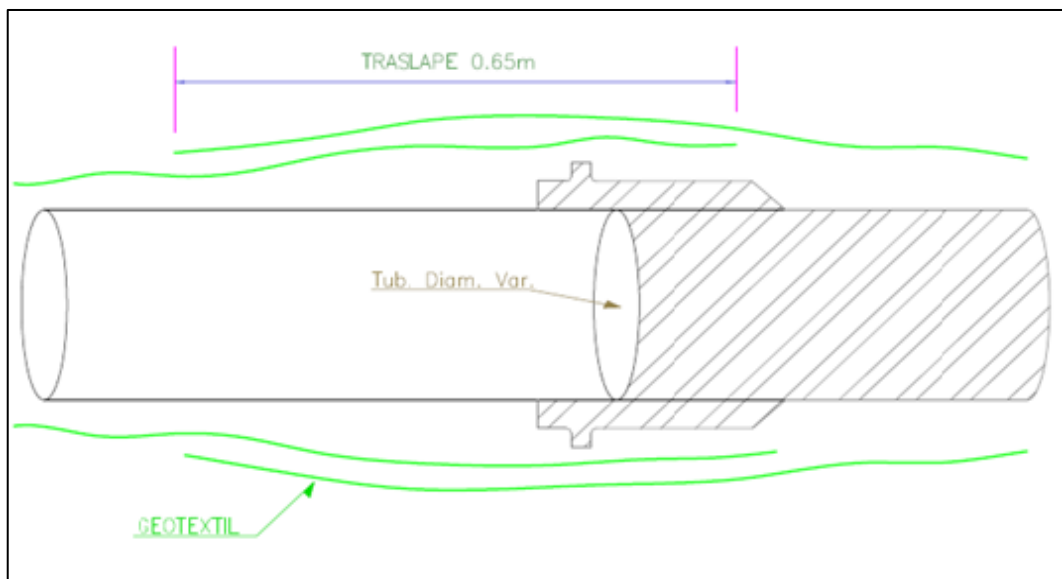


Figura N.º 21: Sección Longitudinal de Dren-Corte-Geotextil

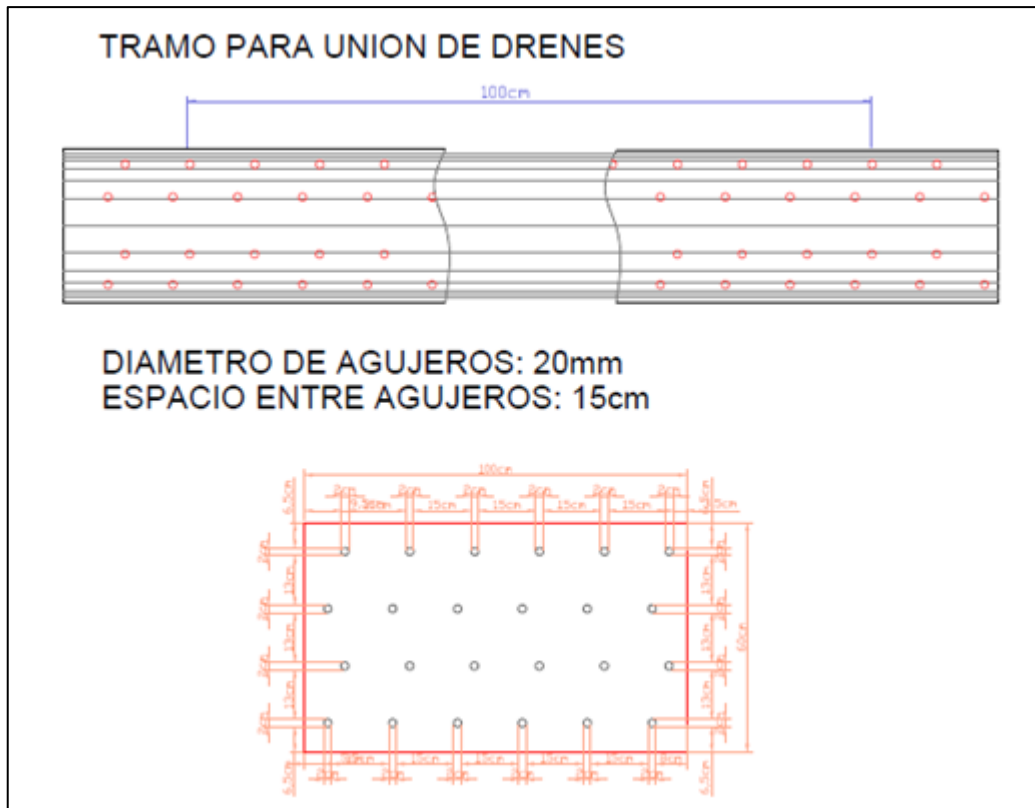


Figura N.º 22: Diámetro de los Agujeros de los Drenes

4.5 DISEÑO DE EMISOR

CUADRO N.º 05: CALCULOS HIDRAULICOS DEL EMISOR DE LOS DRENES

Nº Tramo	Tramo Del - Al	BUZON				Altura Buzon		Longitud Parcial	Caudal l/s	Pendiente %	Diametro mm	Material	Clase SN
		Del		Al		Del	Al						
		CT	CF	CT	CF								
1.00	01 al 02	22.050	17.280	22.000	17.260	4.77	4.74	20.00	150	1.0000	500	PVC	SN-4
2.00	02 al 03	22.000	17.260	22.000	17.130	4.74	4.87	130.00	150	1.0000	500	PVC	SN-4
3.00	03 al 04	22.000	17.130	21.700	16.980	4.87	4.72	150.00	150	1.0000	500	PVC	SN-4
4.00	04 al 05	21.700	16.980	21.000	16.830	4.72	4.17	150.00	150	1.0000	500	PVC	SN-4
5.00	05 al 06	21.000	16.830	20.430	16.780	4.17	3.65	50.00	150	1.0000	500	PVC	SN-4
6.00	06 al 07	20.430	16.780	20.000	16.680	3.65	3.32	100.00	150	1.0000	500	PVC	SN-4
7.00	07 al 08	20.000	16.680	19.500	16.530	3.32	2.97	150.00	150	1.0000	500	PVC	SN-4
8.00	08 al desc.	19.500	16.530	16.455	16.455	2.97	0.00	75.00	150	1.0000	500	PVC	SN-4

Sera de diametro de 500 mm; de PVC, corrugado exteriormente y liso interiormente; de clase SN-4, y de una longitud de 825.00 ml.

CUADRO N.º 06: CALCULOS HIDRAULICOS DEL EMISOR DE LOS DRENES (Laguna)

Nº	CALLE	TRAMO	COTAS DE FONDO		CAUDAL	COEFICIENTE	DIAMETRO	LONGITUD	PENDIENTE	VELOCIDAD	TIRANTE	RADIO H.	F. TRACTIVA	$(Qm)/((D^8/3)/(s^1/2))$	AREA MOJADA	%
			BzDel-BzAL	BZDel												
1.00	LAGUNA	01 al 02	17.280	17.260	150.000	0.009	500	20.00	1.00	0.9934	0.36	0.14900	1.462	0.2698	0.1510	72.00
2.00	LAGUNA	02 al 03	17.260	17.130	150.000	0.009	500	130.00	1.00	0.9934	0.36	0.14900	1.462	0.2698	0.1510	72.00
3.00	LAGUNA	03 al 04	17.130	16.980	150.000	0.009	500	150.00	1.00	0.9934	0.36	0.14900	1.462	0.2698	0.1510	72.00
4.00	LAGUNA	04 al 05	16.980	16.830	150.000	0.009	500	150.00	1.00	0.9934	0.360	0.14900	1.462	0.2698	0.1510	72.00
5.00	LAGUNA	05 al 06	16.830	16.780	150.000	0.009	500	50.00	1.00	0.9934	0.360	0.14900	1.462	0.2698	0.1510	72.00
6.00	LAGUNA	06 al 07	16.780	16.680	150.000	0.009	500	100.00	1.00	0.9934	0.360	0.14900	1.462	0.2698	0.1510	72.00
7.00	LAGUNA	07 al 08	16.680	16.530	150.000	0.009	500	150.00	1.00	0.9934	0.360	0.14900	1.462	0.2698	0.1510	72.00
8.00	LAGUNA	08 a desc.	16.530	16.455	150.000	0.009	500	75.00	1.00	0.9934	0.36	0.14900	1.462	0.2698	0.1510	72.00

Calculo Hidraulico del Emisor de los Drenes, comprobando con H Canales:

Lugar:

Tramo:

Proyecto:

Revestimiento:

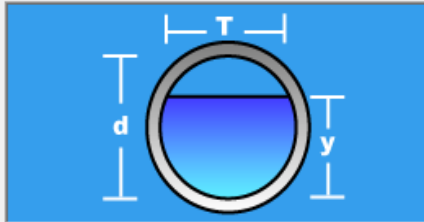
Datos:

Caudal (Q): m3/s

Diámetro (d): m

Rugosidad (n):

Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante normal (y): <input type="text" value="0.3606"/> m	Perímetro mojado (p): <input type="text" value="1.0145"/> m
Área hidráulica (A): <input type="text" value="0.1516"/> m2	Radio hidráulico (R): <input type="text" value="0.1494"/> m
Espejo de agua (T): <input type="text" value="0.4484"/> m	Velocidad (v): <input type="text" value="0.9895"/> m/s
Número de Froude (F): <input type="text" value="0.5433"/>	Energía específica (E): <input type="text" value="0.4105"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo: <input type="text" value="Subcrítico"/>	

Figura N.º 23: Comprobación con el Programa de H Canales (Emisor)

Los tramos 02-03, 03-04, 04-05, 05-06, 06-07, 07-08 y 08- descarga en la acequia existente; conducen el mismo caudal de 150 l/s, y tienen la misma pendiente (1‰), así como el mismo diámetro (500 mm).

4.6 DISCUSIÓN

Con los resultados obtenidos aceptamos la hipótesis general establece que aplicando este sistema de drenaje tipo galería filtrante, se logra abatir la napa freática del suelo saturado; facilitando la construcción y el funcionamiento eficiente de las lagunas de estabilización de San Pedro de Lloc.

Estos resultados son semejantes al trabajo de investigación “Diseño de un Sistema de Abatimiento de Agua, para un Área de Extensa con Nivel Freático Superficial”, de los señores Carlos Salazar Vilorio y Andrés Gómez Bonvecchio, (Maracaibo-Venezuela, marzo 2011); quienes dicen que una forma de abatir la napa freática es usando un sistema de bombeo que debe ser capaz de extraer un volumen de agua suficiente para disminuir progresivamente el nivel freático hasta la cota deseada y luego mantener constante; usando sistemas de bombeo es una manera de abatir la napa freática, por lo tanto es acorde con nuestra investigación.

Pero en lo que no concuerda el estudio de los autores referidos con el estudio nuestro que ellos mencionan que sus investigaciones son para facilitar en la etapa de construcción de estructuras como edificaciones, etc., en cambio en nuestro estudio es tanto para la etapa constructiva y también en la etapa de funcionamiento de la estructura para nuestro caso son las lagunas de estabilización.

Además, se debe tener en cuenta que nuestro estudio el sistema de drenaje es permanente tanto en la etapa de construcción y en todo el periodo de diseño,

garantizando el normal funcionamiento de las lagunas de estabilización; así mismo el sistema es a gravedad, ahorrando en gasto de energía.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- La aplicación de este tipo de drenaje permite el abatimiento de la napa freática, facilitando la construcción de las lagunas de estabilización.
- Utilizando este tipo de drenaje, se garantiza el normal funcionamiento de las lagunas de estabilización que es de tratar los desagües domésticos del lugar.
- La aplicación de este tipo de drenaje se asegura que las estructuras (diques, taludes, etc.); de las lagunas de estabilización estén protegidas contra la napa freática garantizando su durabilidad en el tiempo.

5.2 Recomendaciones

- Se debe tratar que el sistema de drenaje funcione a gravedad, se está ahorrando en gastos de energía eléctrica, mantenimiento y equipos de bombeo.
- Usar materiales de la zona para facilitar la construcción, y posterior reparación (gravas, arenas, canto rodado, tuberías, etc.).
- Realizar estudio de vulnerabilidad del sistema de drenaje en conjunto con las lagunas de estabilización, para garantizar la sostenibilidad en el tiempo.
- Dar uso del agua captada de la napa freática por medio del sistema de drenaje; para el regadío de los campos de sembríos (maíz, choclo, verduras, etc.); esto hace que se tenga mayor frecuencia de cosecha y a la vez un aumento económico para los agricultores de la zona.

- Ubicar, en la etapa de diseño, que el punto de descarga (cuerpo receptor) de las aguas de drenaje; este lo más cerca de las lagunas de estabilización; para no encarecer en los costos en la etapa de construcción.
- Establecer un programa periódico de mantenimiento e inspección del sistema de drenaje, el cual debe estar a cargo de la EPS o de la Municipalidad del lugar.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Autoridad Nacional del Agua. (2010). *Tupa. Autorización de Vertimiento de Aguas Residuales Industriales, Domesticas y Municipales Tratadas*. Recuperado el 20 de Marzo de 2018, de <http://www.ana.gob.pe>: <http://www.ana.gob.pe/contenido/autorizacion-de-vertimientos-de-aguas-residuales-industriales-municipales-y-domesticas>
- Bernal, C. (2007). *Metodología de la Investigación*. Bogotá: Pearson-Prentice Hall.
- Cassigara, E., & Ferrer, A. (02 de 2017). *Ingeniería Geológico Ambiental, Control de las aguas subterráneas en la Construcción*. Recuperado el 21 de marzo de 2018, de Web de Fferrersl: https://www.ferrersl.com/wp-content/uploads/2017/02/Ponencia_INGENIER%3%8DA-GEOL%3%93GICO-AMBIENTAL_Control-de-las-aguas-subterr%3%A1neas-en-la-construcci%C3%B3n.pdf
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria, CEPIS. (2002). *Guía de diseño de galerías filtrantes para pequeñas localidades*. Lima: CEPIS.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria, CEPIS. (2002). *Manual de Diseño de Galerías Filtrantes*. Lima: CEPIS.
- Collazo, M., & Montaña, J. (2012). *Manual de Aguas Subterráneas*. Montevideo: Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca.
- Comisión Nacional del Agua. (Diciembre de 2007). *Manual de Agua Potable, alcantarillado y saneamiento. Diseño de lagunas de estabilización*. Recuperado el 15 de Marzo de 2018, de <http://www.conagua.gob.mx>: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/Libros/10DiseñoDeLagunasDeEstabilizacion.pdf>
- Diaz, O., & Duarte, R. (1991). *Tecnología de la tierra y aguas I - Teoría de drenaje*. Recuperado el 21 de marzo de 2018, de fca.uner.edu.ar: <http://fca.uner.edu.ar/files/academica/deptos/catedras/riego/Archivos/Cap%2015%20-%20Teoria%20de%20Drenaje.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1972). *Materiales de Drenaje, Estudio FAO de Riego y Drenaje N° 9*. Roma: FAO.

- García, R., & Hurtado, E. (2005). *Calculo Hidráulico de la Planta de Bombeo Gran Canal de Ecatepec. (Tesis de Pregrado), Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica Eléctrica*. México DF: Instituto Politécnico Nacional.
- Goicochea, R. (2006). *Flujo de aguas subterráneas hacia drenes*. Recuperado el 21 de marzo de 2018, de <https://tarwi.lamolina.edu.pe/>:
<https://tarwi.lamolina.edu.pe/~jgoicochea/Manuales/Flujo%20de%20Agua%20Drenes.PDF>
- López-Geta, J., Fornes Azcoiti, J., Ramos Gonzales, G., & Villarroja Gil, F. (2009). *Las Aguas Subterráneas un Recurso Natural del Subsuelo*. Madrid: Fundación Marcelino Botín.
- McGhee, T. J. (1999). *Abastecimiento de agua y alcantarillado, Ingeniería Ambiental*. Santa Fe de Bogotá: McGraw-Hill.
- Orosco, M. (2007). *Sistemas de drenaje en obras de estabilización. (Tesis de pregrado), Escuela Colombiana de Ingeniería Jorge Garavito*. Bogotá, Colombia: ECIJG.
- Perú. Ministerio de Agricultura; Autoridad Nacional de Agua. (2010). *Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos*. Lima, Perú: ANA.
- Perú. Ministerio del Ambiente; Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (Abril de 2014). *Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales*. Recuperado el 19 de Marzo de 2018, de <https://www.oefa.gob.pe>: https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
- Perú. Ministerio de Agricultura; Autoridad Nacional de Agua. (2012). *Reglamento de Procedimientos Administrativos para el Otorgamiento de Autorización de Vertimiento y Reuso de Aguas Residuales*. Recuperado el 20 de Marzo de 2018, de <http://portal.ana.gob.pe>:
http://portal.ana.gob.pe/media/497100/reglamento%20vertimientos_rj218.pdf
- Peru. Ministerio de Agricultura; Instituto Nacional de Recursos Naturales. Intendencia de Recursos Hídricos. (2005). <http://www.ana.gob.pe>. Recuperado el 20 de Marzo de 2018, de *Formulación del Plan de Mantenimiento de la Infraestructura de Riego y Drenaje en Los Distritos de Riego del Perú*:
http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/dir4_mantenimiento_infraestructura_0_0.pdf

- Perú. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; Servicio Nacional de Capacitación para la industria de la construcción. (2009). *Reglamento Nacional de edificaciones: Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA*. Lima: SENCICO.
- Rocha, A. (1993). *Recursos hidráulicos*. Lima: UNI.
- Salazar, C., & Gómez, A. (2011). Diseño de un sistema de abatimiento de agua, para un área extensa con nivel freático superficial. (*Tesis de Pregrado*), *Universidad Rafael Urdaneta*. Maracaibo, Venezuela: Universidad Rafael Urdaneta.
- Stuyt, I. D. (2009). *Materiales para sistemas de drenaje subterráneo*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Suarez, J. (2009). *Deslizamientos: Técnicas de Remediación*. Bogotá: UIS.

ANEXOS
GALERIA DE FOTOS



Foto N.º 01: Excavación inicial del terreno con presencia de agua.



Foto N.º 02: Presencia de agua que imposibilita la Excavación.



Foto N.º 03: Excavación masiva con presencia de napa freática.



Foto N.º 04: Imposibilidad de continuar la excavación por la presencia la napa freática.



Foto N.º 05: Inicio de la excavación del emisor en su punto de descarga en canal existente.



Foto N.º 06: Continuación de la construcción del emisor (Excavando y rellenando)



Foto N.º 07: Acabado final del punto de descarga del emisor



Foto N.º 08: Continuación de la excavación del emisor aguas arriba.



Foto N.º 09: Colocación de cantos rodados en el emisor



Foto N.º 10: Colocación y encimado de buzón pre fabricado en el emisor.



Foto N.º 11: Compactación del relleno del emisor.



Foto N.º 12: Excavación de los drenes en el buzón inicial del emisor.



Foto N.º 13: Encimado de buzón de los drenes.



Foto N.º 14: Colocación del Geotextil en los drenes.



Foto N.º 15: Colocación de canto rodado interior y exterior del geotextil.



Foto N.º 16: Disminución de la napa freática por efecto de los drenes.



Foto N.º 17: Comprobación topográfica del nivel de fondo de excavación.

Fotos complementarias del proceso constructivo de las lagunas de estabilización sin presencia de la napa freática por efecto del sistema de drenaje construido.



Foto N.º 18: Excavación del fondo sin presencia de la napa freática



Foto N.º 19: Colocación masiva de over en el fondo de la laguna.



Foto N.º 20: Distribución y nivelación del over en el fondo de la laguna.



Foto N.º 21: Nivel final de over del fondo de la laguna.



Foto N.º 22: Colocación de afirmado encima del over en fondo de la laguna



Foto N.º 23: Nivelación de afirmado en fondo de la laguna.



Foto N.º 24: Compactación del afirmado en fondo de laguna.



Foto N.º 25: Conformación de talud en terreno natural.



Foto N.º 26: Eliminación de excedentes de la conformación de talud en terreno natural.



Foto N.º 27: Colocación de over en los taludes en terreno natural.



Foto N.º 28: Compactación de over colocado en los taludes.



Foto N.º 29: Colocación y compactación de afirmado en los taludes.



Foto N.º 30: Compactación final del afirmado de los taludes.



Foto N.º 31: Prueba de compactación de talud.



Foto N.º 32: Conformación de la coronación de los diques.



Foto N.º 33: Vista de una laguna con afirmado.



Foto N.º 34: Vista panorámica de las lagunas en afirmado. (Taludes, coronación y fondos)



Foto N.º 35: Obras de arte (cámara de rejillas, canaleta parshall, by-pass)



Foto N.º 36: Trazado de zanja para anclaje de geomembrana.



Foto N.º 37: Tendido de la geomembrana.



Foto N.º 38: Anclaje de la geomembrana.



Foto N.º 39: Acabado de colocación de la geomembrana.



Foto N.º 40: Detalle de la unión de geomembrana por termofusión.



Foto N.º 41: Llenado de lagunas.



Foto N.º 42: Vista del llenado de lagunas desde la coronación.



Foto N.º 43: Llenado hasta el tirante de la laguna.



Foto N.º 44: Vista panorámica de las cuatro lagunas construidas en funcionamiento.



Foto N.º 45: Vista panorámica de las cuatro lagunas construidas en funcionamiento.

PLANOS

