



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS Y DISEÑO DE BOCATOMA PARA DOTAR
AGUA DE RIEGO A LA COMUNIDAD
LÚCUMO – LUNAHUANÁ – CAÑETE – LIMA**

PRESENTADA POR

**RAÚL MANUEL DÁVILA VALLADARES
JORGE ERNESTO VEGA APESTEGUI**

ASESOR

GONZALO RAMCES FANO MIRANDA

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LIMA – PERÚ

2018



**Reconocimiento - No comercial – Compartir igual
CC BY-NC-SA**

Los autores permiten transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra con fines no comerciales, siempre y cuando se reconozca la autoría y las nuevas creaciones estén bajo una licencia con los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

**FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS Y DISEÑO DE BOCATOMA
PARA DOTAR AGUA DE RIEGO A LA COMUNIDAD
LÚCUMO – LUNAHUANÁ – CAÑETE – LIMA**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR

**DÁVILA VALLADARES, RAÚL MANUEL
VEGA APESTEGUI, JORGE ERNESTO**

LIMA, PERÚ

2018

El presente trabajo lo dedico a Dios, quien está presente día a día. A mis padres y hermana, por su apoyo incondicional, siendo mi fortaleza y el factor de mis logros. A mis asesores por todo el apoyo brindado.

R. Dávila

El presente trabajo lo dedico a Dios por cuidarme día a día, a mis padres por apoyarme pese a tantas adversidades que se presentaron, a mis hermanos, por las ganas que me dan cada día para seguir adelante, y a las personas que estuvieron en las buenas y en las malas.

J. VEGA

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1. Situación problemática	1
1.2. Definición del problema	2
1.3. Objetivos	2
1.4. Justificación	3
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	
2.1. Antecedentes de la investigación	4
2.2. Bases teóricas	9
2.3. Definición de términos básicos	17
CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES	
3.1. Hipótesis y variables	19
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA	
4.1. Diseño metodológico	22
4.2. Técnicas de recolección de datos	23
4.3. Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información	23
4.4. Diseño muestral	23

4.5. Aspectos éticos	24
CAPÍTULO V RESULTADOS	
5.1. Análisis topográfico	25
5.2. Análisis geotécnico	39
5.3. Análisis hidrológico	79
5.4. Diseño de bocatoma	111
CAPÍTULO VI DISCUSIÓN	137
CONCLUSIONES	138
RECOMENDACIONES	139
FUENTES DE INFORMACIÓN	140
ANEXOS	141

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Cultivos	24
Tabla 2. Resumen de calicatas	40
Tabla 3. Análisis granulométrico para la calicata N° 1 (M.D.)	42
Tabla 4. Análisis granulométrico para la calicata N° 2 (M.I.)	43
Tabla 5. Muestra C-1 / Margen Derecho - Bandeja (USMP-24)	47
Tabla 6. Muestra C-1 / Margen Derecho - Bandeja (USMP-24)	47
Tabla 7. Muestra C-1 / Margen Derecho - Bandeja (USMP-24)	48
Tabla 8. Muestra C-2 / Margen Izquierdo - Bandeja	50
Tabla 9. Muestra C-2 / Margen Izquierdo - Bandeja (USMP-7)	50
Tabla 10. Muestra C-2 / Margen Izquierdo - Bandeja (USMP-7)	51
Tabla 11. Muestra C-1 / Margen derecho - Bandeja (USMP-24)	52
Tabla 12. Datos Gs	53
Tabla 13. Grado de saturación	53
Tabla 14. Contenido de Humedad	53
Tabla 15. Muestra C-1 / Margen Derecho (3kg.)	54
Tabla 16. Muestra C-1 / Margen Derecho (31 Kg.)	55
Tabla 17. Muestra C-1 / Margen Derecho (7Kg.)	56
Tabla 18. Resultado final - Consolidación	59
Tabla 19. Muestra C-2 / Margen izquierda – bandeja (USMP-7)	65
Tabla 20. Datos Gs	65
Tabla 21. Grados de saturación	65
Tabla 22. Contenido de humedad	65
Tabla 23. Muestra C-2 / Margen izquierdo	67

Tabla 24. Muestra C-2 / Margen izquierdo	68
Tabla 25. Muestra C-2 / Margen izquierdo	69
Tabla 26. Resultado final - Consolidación	72
Tabla 27. Caudales máximos 1968 - 2017	79
Tabla 28. Promedio de caudales máximos	79
Tabla 29 Tabla de cultivos	83
Tabla 30. Kc de cultivo	83
Tabla 31. Valores radiación extraterrestre (RA)	84
Tabla 32. Estación meteorológica Socsi - Cañete, temperatura máxima (°C) 2013	85
Tabla 33 Estación meteorológica Socsi - Cañete, temperatura máxima (°C) 2014	86
Tabla 34 Estación meteorológica Socsi - Cañete, temperatura máxima (°C) 2015	87
Tabla 35 Estación meteorológica Socsi - Cañete, temperatura máxima (°C) 2016	88
Tabla 36 Estación meteorológica Socsi - Cañete, temperatura máxima (°C) 2017	89
Tabla 37 Estación meteorológica Socsi - Cañete, temperatura máxima (°C) 2018	90
Tabla 38 Estación meteorológica Socsi - Cañete, temperatura mínima (°C) 2013	91
Tabla 39 Estación meteorológica Socsi - Cañete, temperatura mínima (°C) 2014	92
Tabla 40 Estación meteorológica Socsi - Cañete, temperatura mínima (°C) 2015	93
Tabla 41 Estación meteorológica Socsi - Cañete, temperatura mínima (°C) 2016	94
Tabla 42 Estación meteorológica Socsi - Cañete, temperatura mínima (°C) 2017	95
Tabla 43 Estación meteorológica Socsi - Cañete, temperatura mínima (°C) 2018	96
Tabla 44 Promedio de temperaturas máximas (°C)	97
Tabla 45 Promedio de temperaturas mínimas (°C)	97

Tabla 46 Evapotranspiración por mes	97
Tabla 47 Cultivo: Alfalfa	100
Tabla 48 Cultivo: Arándano	100
Tabla 49 Cultivo: Alverja Grano Verde	101
Tabla 50 Cultivo: Maíz Amarillo	101
Tabla 51 Cultivo: Maíz Morado	102
Tabla 52 Cultivo: Palta	102
Tabla 53 Cultivo: Uva	103
Tabla 54 Demanda total por cultivo	103
Tabla 55 Caudales para cada tiempo de retorno	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Asentamiento por consolidación primaria (en suelos saturados)	11
Figura 2. Liquidación de consolidación	12
Figura 3. Liquidación de consolidación	12
Figura 4. Proceso de consolidación según Terzaghi	13
Figura 5. El modelo analógico de la válvula equivale al coeficiente de permeabilidad K de la Ley de Darcy	13
Figura 6. Partes de recipiente	14
Figura 7. Lugar de trabajo	25
Figura 8. Ensayos a realizar	41
Figura 9. Tabla de numeración y abertura de tamices	42
Figura 10. Curva granulométrica calicata N° 1	43
Figura 11 Curva granulométrica calicata N° 2	44
Figura 12 Formula de Terzaghi	46
Figura 13 Carga aplicada vs. Desplazamiento horizontal	48
Figura 14 Gráfico esfuerzo cortante (τ) versus esfuerzo normal (σ_n)	49
Figura 15 Carga aplicada vs. Desplazamiento horizontal	51
Figura 16 Gráfico esfuerzo cortante (τ) versus esfuerzo normal (σ_n)	52
Figura 17 In vs raíz 1 Kg/cm ²	56
Figura 18 In vs raíz 3 Kg/cm ²	56
Figura 19 In vs raíz 7 Kg/cm ²	57
Figura 20 In vs raíz 15 Kg/cm ²	57
Figura 21 In vs raíz 31 Kg/cm ²	57
Figura 22 In vs raíz 63 Kg/cm ²	58
Figura 23 In vs raíz 31 Kg/cm ²	58

Figura 24 In vs raíz 15 Kg/cm ²	58
Figura 25 In vs raíz 7 Kg/cm ²	59
Figura 26 Curva de consolidación de Ensayo	60
Figura 27 Curva de compresión	60
Figura 28 Curva de compresión – teorema de casagrande	61
Figura 29 Curva de compresión – Teorema de casagrande	62
Figura 30 Curva de compresión – método de Schamertman	63
Figura 31 Curva de compresión – método de Schamertman	64
Figura 32 In vs raíz 1 Kg/cm ²	69
Figura 33 In vs raíz 3 Kg/cm ²	69
Figura 34 In vs raíz 7 Kg/cm ²	70
Figura 35 In vs raíz 15 Kg/cm ²	70
Figura 36 In vs raíz 31 Kg/cm ²	70
Figura 37 In vs raíz 63 Kg/cm ²	71
Figura 38 In vs raíz 31Kg/cm ²	71
Figura 39 In vs raíz 15 Kg/cm ²	71
Figura 40 In vs raíz 7 Kg/cm ²	72
Figura 41 Curva de Consolidación de Ensayo	73
Figura 42 Curva de Compresión	74
Figura 43 Curva de Compresión - Teorema de Casagrande	75
Figura 44 Curva de Compresión - Método de Schmertman	76
Figura 45 Curva de Compresión - Método de Schmertman	77
Figura 46 Curva de Compresión - Método de Schmertman	78
Figura 47. Coeficiente de cultivos	82
Figura 48. Radiación extraterrestre, Hemisferio Sur	84
Figura 49 Eficiencia del sistema de riego	98
Figura 50 Curva de demanda de agua para riego	104
Figura 51. Ingreso de datos	105
Figura 52. Ingreso de datos	105
Figura 53. Analisis de datos	106
Figura 54. elección de fórmula	106
Figura 55. Elección de metodo a usar	107
Figura 56. Nivel de significancia	107
Figura 57. Resultados	108

Figura 58. Datos ingresados	109
Figura 59. Caudal de retorno para 10 años	109
Figura 60. Caudal de retorno para 20 años	110
Figura 61. Caudal de retorno para 50 años	110
Figura 62. Ventana de captación	114
Figura 63. Dimensiones de bocatoma	120
Figura 64. Ancho de bocatoma fijo y móvil	122
Figura 62. Resumen de bocatoma	123
Figura 63. Coeficiente de descarga en barraje de paramento aguas arriba vertical, vertiendo con la carga de diseño (USBR)	126
Figura 64. Coeficientes de contracción en estribos (USBR)	127
Figura 64. Valores de K	133
Figura 65. Valores de n	134

RESUMEN

El principal objetivo de la presente tesis es analizar el lugar de trabajo mediante el estudio topográfico, estudio geológico y estudio hidrológico, para determinar un óptimo diseño de la bocatoma que será de tipo mixto.

Este proyecto se basó en aspectos importantes, como el estudio topográfico que sirvió para establecer los puntos adecuados donde se instalará la bocatoma, el estudio geotécnico que servirá para determinar el tipo de suelo donde se desarrollará el proyecto, y, por último, el estudio hidrológico donde se halló la evapotranspiración por cultivo y el periodo de retorno máximo de diseño.

Para saber el comportamiento del terreno fue necesario hacer el estudio con la ayuda de un dron para una mejor precisión al momento de realizar las secciones longitudinales y secciones transversales con lo cual se obtuvo que el terreno cuenta con una pendiente de 0.56%, a su vez, se realizaron tres estudios importantes como estudio de análisis granulométrico, corte directo y consolidación, puesto que se trata de un suelo no cohesivo, y por último para el estudio hidrológico se usaron los programas Hyfran y Hec-Ras con lo cual se hallaron los periodos máximos de avenidas (684 m³/s) y la simulación real del Río Cañete.

ABSTRACT

The main goal of this thesis is to analyze the work place through the photographic study, geologic study and hydrologic study, to determine an optimum design of the water outlet for irrigation that will be of mixed type.

This project is based on the topographic study that served to establish the adequate points where the water outlet for irrigation will be installed, the geotechnics study that will serve to determine the ground type to work, and finally, the hydrologic study where the evapotranspiration by crop and the maximum design return period were found.

To know the behavior of the land, it was necessary to do the study with the help of a drone for a better precision at the time of making the longitudinal and transversal sections; the study determined the land with a slope of 0.56%. Likewise, three important studies were developed: granulometric analysis, direct cutting and consolidation, because it is a non-cohesive soil. Finally, for the hydrological study, the Hyfran and Hec-Ras programs were used, and they found the maximum periods of avenues (684 m³ / s) and the real simulation of the Cañete River.

INTRODUCCIÓN

La diferencia más sobresaliente con respecto a las condiciones climatológicas que existen en las zonas de cultivo en la costa del país a comparación de las otras regiones, es la poca afluencia de precipitaciones fluviales, por ello, la mayor parte de la región costeña se caracteriza por la aridez de su suelo. Sin embargo, la zona costeña es actualmente la región que produce más cultivos a nivel nacional.

La región costeña aprovecha los ríos y afluentes que provienen de la sierra del país, los mismos que son captados y canalizados por los usuarios para irrigar sus tierras de cultivo.

Este informe comprende el análisis y diseño de la bocatoma Lúcumo, en la comunidad de Lúcumo, en la provincia Cañete, con barraje mixto de acuerdo a la necesidad de los usuarios beneficiarios de esta obra, con un diseño adecuado que permite la devolución automática de sólidos hacia el río para lograr que el agua del río ingrese hacia el canal con menor cantidad de sedimentos, y con un dique de encauzamiento enrocado que sirve para asegurar la captación de las aguas del río hacia la bocatoma Lúcumo, en los diferentes períodos de afluencia; asimismo, protege la estructura misma de la bocatoma ante condiciones climáticas severas que se puedan dar en el futuro.

Esta obra importante de ingeniería sirve y seguirá sirviendo para captar agua de regadío con la finalidad de irrigar las zonas de cultivo de la comunidad de Lúcumo, que tiene una dimensión de 700 hectáreas.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Situación problemática

Lúcumo se caracteriza por ser una zona agrícola, con un gran índice de aportación a la agricultura en la provincia de Cañete, con un área de 563 Ha de tierra agrícola; pero el gran problema de esta zona es que no cuenta con el mejor aprovechamiento del agua que ofrece el Río Cañete, esto genera que los cultivos no sean aprovechados al máximo en las diferentes temporadas del año.

En épocas de creciente del Río Cañete, la presencia del fenómeno El Niño agrava la situación, puesto que este fenómeno trae al río sedimentos de gran magnitud, los mismos que se almacenan en las tierras de cultivo y ocasionan inundaciones, y por ende pérdidas económicas.

Por lo tanto, se optó por diseñar una bocatoma de tipo mixta, que compone un barraje fijo y un barraje móvil; mixto porque en épocas de bajo estiaje solo estará operativo el barraje fijo, no teniendo la necesidad de hacer uso del barraje mixto que permanecerá con sus compuertas cerradas. Por otro lado, en épocas de estiaje alto y fenómeno El Niño se abrirán las compuertas del barraje móvil para reducir el tirante de entrada y no tener ningún problema, aprovechando de esta forma las aguas del Río Cañete.

1.2. Definición del problema

La comunidad de Lúcumo no cuenta con el análisis y diseño de una infraestructura hidráulica para captar agua del Río Cañete, y esta infraestructura es de vital importancia porque la población de la zona no cuenta con el agua necesaria para irrigar sus tierras de cultivo, lo que genera un impacto social y económico negativo en sus vidas.

a) Problema general

¿Cómo influyen el análisis y el diseño de bocatoma para dotar de agua de riego a la comunidad Lúcumo-Lunahuaná-Cañete-Lima?

b) Problemas específicos

- ¿De qué manera influye el estudio topográfico en el diseño de bocatoma para dotar de agua de riego a la comunidad Lúcumo-Lunahuaná-Cañete-Lima?
- ¿De qué manera influyen los estudios geológicos en el diseño de bocatoma para dotar de agua de riego a la comunidad Lúcumo-Lunahuaná-Cañete-Lima?
- ¿De qué manera influyen los estudios hidrológicos en el diseño de bocatoma para dotar de agua de riego a la comunidad Lúcumo-Lunahuaná-Cañete-Lima?

1.3. Objetivos

a) Objetivo General

Realizar los análisis y diseño de bocatoma que influyen para dotar agua de riego a la comunidad Lúcumo-Lunahuaná-Cañete-Lima.

b) Objetivos Específicos

- Realizar los estudios topográficos que influyen en el diseño de bocatoma para dotar de agua de riego a la comunidad Lúcumo-Lunahuaná-Cañete-Lima.
- Realizar los estudios geológicos que influyen en el diseño de bocatoma para dotar de agua de riego a la comunidad Lúcumo-Lunahuaná-Cañete-Lima.
- Realizar los estudios hidrológicos que influyen en el diseño de bocatoma para dotar de agua de riego a la comunidad Lúcumo-Lunahuaná-Cañete-Lima.

1.4 Justificación

Realizar un óptimo diseño de una bocatoma a la comunidad de Lúcumo, es un aprovechamiento muy oportuno que se le puede dar a la comunidad, llevando al máximo el aprovechamiento del Río Cañete, esto genera un gran impacto social y económico en dicha comunidad, puesto que la zona tiene un gran índice de aportación agrícola, con un área de 563 ha que se ubican en la provincia de Cañete, Lima.

Para realizar el diseño de una estructura hidráulica de captación, se debe realizar un análisis profundo de estudios de suelos, topográficos e hidrológicos, y simulaciones en programas, para un fin óptimo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

A continuación, se citarán las tesis de los ingenieros Tello Sanchez & Sánchez Ayala, Orosco de la Cruz, Ponce Sahuinco, Prado Martinez y Alfaro Gonzales siendo estas de ámbito nacional y las tesis de los ingenieros Quintero Betin y Diaz Ibañez siendo estas de ámbito internacional, los cuales sirvieron de mucha ayuda para el desarrollo de la presente tesis.

2.1.1. Antecedentes nacionales

- a. (Tello Sanchez & Sánchez Ayala , 2016) *Estudio hidrológico y diseño hidráulico de obras de captación y conducción para la implementación de un nuevo sistema de riego en una tierra de cultivo para palta en el distrito de Luricocha de la provincia de Huanta – departamento de Ayacucho*, de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

La citada tesis presenta un diseño hidráulico para la captación y conducción, para la implementación de un nuevo sistema de riego en una tierra de cultivo de 100 Ha para palta, ubicado en el distrito de Luricocha de la provincia de Huanta, departamento de Ayacucho. Analizando el estudio hidrológico con el fin de tomar los datos hidrológicos necesarios para el diseño de la bocatoma, diseño de desarenador, diseño del canal de conducción y diseño de tubería de

conducción. Su finalidad es dar una mejor herramienta de negocio y producción a las familias que se dedican a la agricultura, teniendo mejores accesos al agua, mejores precios y productos con los cuales puedan competir en un mercado más amplio.

Al finalizar del trabajo de investigación, se llegó a la conclusión de que es viable realizar el proyecto, para captar un caudal de 0.10m³/s mediante una bocatoma, luego pasar por un desarenador para que exista un proceso de limpieza de sólidos. Terminando este proceso, el agua es conducida mediante un canal. Teniendo en cuenta las recomendaciones de diseño según el ANA (Autoridad Nacional de Agua).

- b. (Orosco de la Cruz, 2015) *Criterios de diseño de la bocatoma “El Vado” en el río Arma con fines de riego - provincia de Condesuyos – Arequipa*, de la Universidad Ricardo Palma.

La finalidad del proyecto antes mencionado es utilizar el agua de río Arma con fines de ampliar la frontera agrícola, en los terrenos eriazos en la provincia de Condesuyo, región de Arequipa. Dicha provincia abarca un área aproximada de 1,219.00 Km², incluye la subcuenta del río Arma, ubicada en el pueblo de Salamanca, en dicho lugar se encuentran las estaciones hidrométricas y climatológicas, operadas por el SENAMHI, de donde se obtuvo información de precipitaciones de la zona, tomando una serie de datos representativos de las estaciones hidrométricas y climatológicas de Salamanca, las cuales fueron sometidos a un análisis de validación de datos y extensión de datos faltantes de precipitación y caudales.

Se realizaron los respectivos análisis hidrológicos aplicando en método de Lutz Schölz, para caudales medios, y una comparación de métodos para hallar el caudal máximo.

El área donde se realizó la estructura hidráulica ha sido seleccionada desde los puntos de hidráulica fluvial, geológicos, de geotecnia, topográficos, el área ha sido objeto de levantamiento topográfico a curva de nivel, usando los equipos adecuados, así se encontró el mejor punto de ubicación de la bocatoma, además su diseño y dimensionamiento.

El diseño y cálculo hidráulico se han realizado en función del caudal calculado, siguiendo recomendaciones de diseño y utilizando la formulación hidráulica respectiva para la estructura, dando como resultado el diseño de la estructura y sus dimensiones finales.

- c. (Ponce Sahuinco , 2015) *Diseño Hidráulico de Bocatoma caso: Bocatoma en el río Chicama*, de la Universidad de San Martín de Porres.

Esta tesis indica que en la zona de Facalá el problema principal es el bajo rendimiento de producción de los cultivos, que es producido por la falta de lluvia que da como resultado que 8 mil hectáreas dejen de cultivarse, esto a su vez genera un bajo desarrollo social y económico. El objetivo de esta tesis es realizar el estudio hidrológico de la zona de Facalá, haciendo el análisis de los caudales a lo largo de un periodo de 50 años, tanto máximos como mínimos y medios, para un periodo de retorno de 75 años en Ascope, La Libertad, con la finalidad de tener un diseño de una bocatoma con una estructura de larga duración, de bajo costo y que pueda abastecer a todos los cultivos en la zona.

- d. (Prado Martinez , 2009) *Estudio Geotécnico para el diseño hidráulico y estructural de la bocatoma del río Chacco – Ayacucho*, de la Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote.

Esta tesis muestra como problema principal la falta de aprovechamiento del agua en el fundo de Wayllapampa, que es propiedad de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga y para la comunidad de Pacaycasa, Ayacucho, que posee buena extensión de terrenos de cultivos y ganadería, con una topografía irregular de

pequeñas pampas, laderas empinadas, cárcavas profundas donde la acción del viento y de las aguas de lluvias han causado estragos y la erosión ha contribuido al empobrecimiento de esta zona.

El objetivo de esta tesis es derivar agua del río Chacco, regulado por una bocatoma, a un canal de alimentación que descarga en la poza de bombeo, que va a permitir irrigar 210 Has. de terreno, de las que 133 Has. son pertenecientes al fundo Wayllapampa y 77 Has. a la comunidad de Pacaycasa. Así mismo permitirá una mejor utilización de la disponibilidad de recursos hídricos en el río Chacco, beneficiando directamente tanto al fundo Wyllapampa como a los agricultores del distrito de Pacaycasa e indirectamente a todo el departamento de Ayacucho.

- e. (Alfaro Gonzales , 1981), Diseño de una *Bocatoma caso: Bocatoma de Bocanegra*, de la Universidad Nacional de Ingeniería.

En esta tesis se indica que en 1954 la captación de agua se realizaba mediante un barrage fijo a lo ancho de todo el río, pero dicha estructura carecía de un dissipador de energía; como consecuencia, en 1955 se originó un problema cuando hubo una descarga de 380m³/s, esto hizo sufrir al barrage que terminó con una rotura en la parte central, provocando un asentamiento e haciendo inutilizable la estructura. En dicha ocasión se realizó un análisis de la dirección de aguas, y como conclusión se realizó la reparación del barrage averiado y el diseño y construcción de una nueva toma.

El objetivo del proyecto es dotar mediante la estructura de captación a 1,200 Ha, que aseguren la derivación del volumen requerido y que controle el ingreso de sólidos, el proyecto está ubicado sobre la margen derecha del río Rímac, en el distrito de Rímac, aproximadamente a 400m. aguas abajo del puente Santa Rosa.

Se realizaron los estudios hidrológicos, los estudios de caudales, descargas del río con un periodo de 60 años. Asimismo, se realizó el diseño hidráulico según las dimensiones del río, la capacidad de la toma, el dimensionamiento del canal de derivación, las dimensiones del barraje, las dimensiones de la estructura de disipación de energía y las dimensiones de los muros de encauzamiento.

Por otro lado, el diseño estructural consta del diseño del barraje, diseño de pilares de apoyo, diseño de pantalla frontal, diseño de puentes de maniobra, diseño de escalera y el diseño de muros de encauzamiento. Mientras que el diseño de compuertas consta del diseño de izaje de la estructura y un presupuesto de ejecución del proyecto.

Los resultados obtenidos fueron óptimos para el diseño y dimensionamiento de toda la estructura, dando un presupuesto óptimo para la ejecución y muchos beneficios de impacto social y económico.

2.1.2. Antecedentes internacionales

- a) (Quintero Betin, 2009), *Metodologías de diseño de obras hidráulicas en estudios de pre-factibilidad de pequeñas centrales hidroeléctricas*, Universidad Nacional de Colombia.

En esta tesis se ha demostrado que durante el proceso de análisis, pre dimensionamiento, cálculo, diseño y ejecución del proyecto para una pequeña hidroeléctrica, es muy importante una estructura hidráulica de captación. El objetivo del proyecto es presentar el valor de la energía hidroeléctrica, realizando metodologías de diseño de obras hidráulicas en estudios de pre factibilidad, dando a conocer lo importante y útil que es usar una estructura de captación en una central hidroeléctrica.

- b) (Diaz Ibañez, 2015), *Análisis de estabilidad y diseño estructural de la bocatoma del proyecto hidroeléctrico de - paso ancho*, de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Esta tesis muestra de manera gráfica y analítica los diferentes escenarios de carga a los cuales se encuentra sometida la estructura, también describe la solución óptima ante un problema de inestabilidad que se presenta durante el análisis de estabilidad, y describe el diseño estructural de la bocatoma mediante un software basado en elemento finito.

Tiene como objetivo realizar el análisis y diseño estructural de la bocatoma, a partir de un dimensionamiento hidráulico, así como su análisis de estabilidad y todas las consideraciones que se tienen para su correcto diseño, siempre de acuerdo a los reglamentos del American Concrete Institute (ACI) y manuales pertinentes. Previamente se obtuvo un modelo estructural estable y un diseño económicamente factible, para soportar las diferentes solicitaciones de cargas a las que estará sometida durante las etapas de construcción y operación.

2.2. Bases teóricas

A continuación, se detallarán los estudios y diseño que tendrá la bocatoma que se realizarán en el presente proyecto como son; el estudio topográfico, el estudio geológico y datos importantes a tomar en cuenta para el diseño de la misma.

2.2.1. Estudio topográfico

Con la ayuda de este estudio se permitirá definir la adecuada ubicación de la bocatoma, por lo cual se realizarán los siguientes trabajos topográficos:

- a)** Se hará un estudio con la ayuda de un dron con una hora de vuelo de 30 min. El cual permitirá conocer con mayor detalle la topografía, teniendo curvas de nivel cada 2.54 cm.
- b)** Levantamiento en planta del cauce del río, medidos 200m. tanto aguas arriba como aguas abajo del eje del barraje.

- c) Perfil longitudinal del río, en todo el eje del Río Cañete y en el eje del barraje con 200 m tanto aguas arriba como aguas abajo.
- d) Secciones transversales del cauce del río a cada 10m. en un tramo comprendido 200 m. aguas arriba y 200m. aguas abajo del eje del barraje.

2.2.2. Estudio geológico

El suelo donde se trabajará necesita ser evaluado, puesto que tendrá contacto directo con la bocatoma, por lo cual se optó por hacer los siguientes análisis de laboratorio.

a) Granulometría

Su finalidad es obtener la distribución por tamaño de las partículas presentes en una muestra de suelo. Así es posible también su clasificación mediante sistemas como AASHTO o USCS. El ensayo es importante y a que gran parte de los criterios de aceptación de suelos para ser utilizados en bases o sub-bases de carreteras, presas de tierra o diques, drenajes, etc., depende de este análisis.

Para obtener la distribución de tamaños, se emplean tamices normalizados y numerados, dispuestos en orden decreciente.

Para suelos con tamaño de partículas mayor a 0,074 mm. se utiliza el método de análisis mecánico mediante tamices de abertura y numeración indicado en la figura 42. Para suelos de tamaño inferior, se utiliza el método del hidrómetro, basado en la ley de Stokes.

b) Corte directo

La resistencia que presenta el terreno ante cargas externas, también ejerce influencia para determinar la ubicación de la toma, hay que evitar las zonas heterogéneas, que determinen diferentes capacidades de carga, pues da asentamientos diferenciales que son los más peligrosos para la estabilidad de las estructuras.

c) Consolidación

El objetivo fundamental del ensayo de consolidación es el cálculo de las cargas aplicadas al suelo. El ámbito de aplicación, es el diseño de la cimentación, cálculo de hundimiento y fenómeno de subsidencia.

Uno de los problemas más difíciles en ingeniería geotécnica es el comportamiento que sufriría una cimentación cargada.

d) Problemática

La problemática el estudio de suelo por consolidación es la evaluación de la cantidad de asentamientos, la velocidad y el tiempo para llegar este valor de asentamientos.

Cuando está sujeto a un debido stress debido a una cimentación cargada hay tres tipos de asentamientos: elástico, consolidación primaria, consolidación secundaria.

e) Asentamiento elástico o inmediato

La compresión ocurre de inmediato después la aplicación de la carga. Movimiento vertical debido a la deformación elástico. En este tipo de asentamiento la deformación es elástica vertical, que es preeminente a otra deformación horizontal.

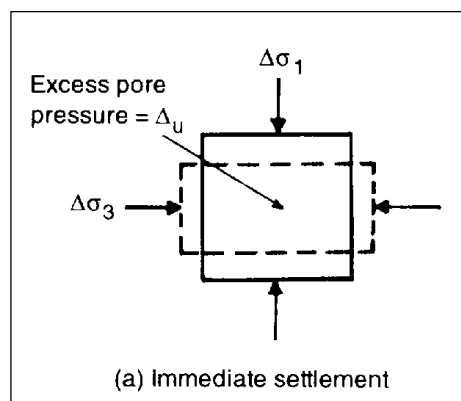


Figura 1. Asentamiento por consolidación primaria (en suelos saturados)

Fuente: Dr. Lorenzo Borselli. Instituto de Geología de la facultad de Ingeniería de la Universidad de Autónoma de San Luis de Potosí, 2017

El incremento de carga debido a la compresión y deformación elástica, crea un incremento de presión hidrostática en el medio poroso.

Este exceso de presión de poro puede reducirse en el tiempo debido a una expulsión gradual de agua. La expulsión de agua produce un cambio de volumen que es dependiente del tiempo.

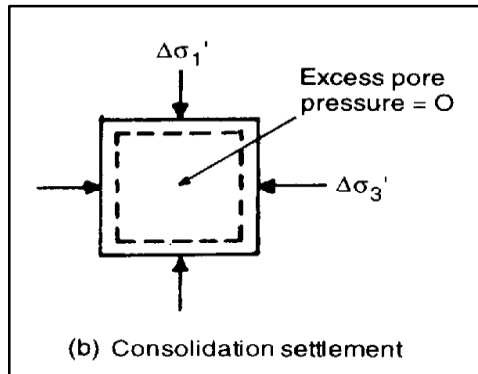


Figura 2. Liquidación de consolidación

Fuente: Dr. Lorenzo Borselli. Instituto de Geología de la facultad de Ingeniería de la Universidad de Autónoma de San Luis de Potosí, 2017

El incremento de carga, con la compresión y las deformaciones elásticas, crean un incremento de presión hidrostática en el medio poroso.

Este exceso de presión de los poros puede ser reducido en el tiempo con una expulsión gradual de agua. La expulsión de agua produce un cambio de volumen que es dependiente del tiempo. Este proceso requiere a veces años para ser completado (Teoría de Terzaghi).

— Antes de la carga:

$$\sigma_0 = \sigma'_0 + u_0$$

— Tras la carga:

$$\sigma_0 + \Delta\sigma = (\sigma'_0 + \Delta\sigma') + (u_0 + \Delta u)$$

— Por lo tanto:

$$\Delta\sigma = \Delta\sigma' + \Delta u$$

Figura 3. Liquidación de consolidación

Teoría de Terzaghi

Fuente: Dr. Lorenzo Borselli. Instituto de Geología de la facultad de Ingeniería de la Universidad de Autónoma de San Luis de Potosí, 2017

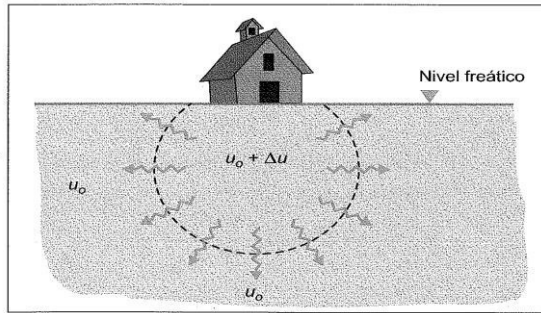


Figura 4. Proceso de consolidación según Terzaghi
 Fuente: Dr. Lorenzo Borselli. Instituto de Geología de la facultad de Ingeniería de la Universidad de Autónoma de San Luis de Potosí, 2017

La válvula regula la tasa de expulsión del agua y la transferencia de carga a un sistema de resortes que se comprime. Dando, así con el comportamiento del suelo.

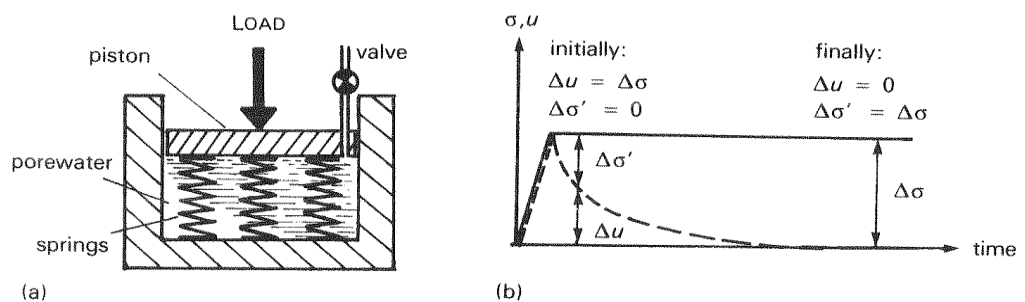


Fig. 10.4 One-dimensional consolidation
 (a) Terzaghi's model (b) Stress/time curve

Figura 5. El modelo analógico de la válvula equivale al coeficiente de permeabilidad K de la Ley de Darcy

Fuente: Dr. Lorenzo Borselli. Instituto de Geología de la facultad de Ingeniería de la Universidad de Autónoma de San Luis de Potosí, 2017

A continuación, se muestra un detalle del modelo de consolidación de Terzaghi:

- Material en la muestra es uniforme
- Partículas sólidas y moléculas de agua son incompresible
- Flujo y deformación uni-dimensional
- Espacio poroso todo saturado

- Es válida la ley de Darcy
- Permeabilidad constante en todas las direcciones
- Comprensibilidad linear del suelo

f) Ensayo de consolidación en el laboratorio uso e interpretación

El método requiere que una muestra del suelo sea restringida lateralmente, y que se cargue axialmente con incrementos constantes de carga, aplicados hasta que todo exceso de la presión de agua en los poros se disipe, para cada incremento. Durante el proceso de compresión se efectuarán medidas de la disminución del espesor de la muestra, datos que se usarán para calcular los parámetros que describen la relación entre el esfuerzo efectivo y la relación de vacíos o deformación.

La muestra se coloca entre piedras porosas y dentro de un recipiente lleno de agua.

- Se aplica una carga constante
- Se mide la deformación vertical de la muestra
- Se mide la deformación bajo un régimen de tiempos
- Se tabulan los resultados
- Se interpreta la prueba
- Se calculan los parámetros de consolidación

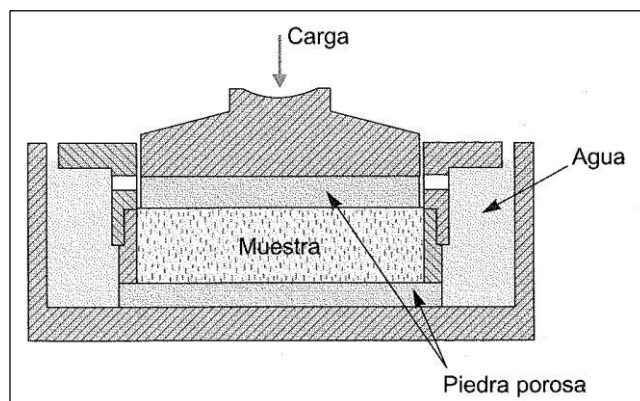


Figura 6. Partes de recipiente

Fuente: Dr. Lorenzo Borselli. Instituto de Geología de la facultad de Ingeniería de la Universidad de Autónoma de San Luis de Potosí, 2017

2.2.3. Diseño de bocatoma

Obra hidráulica construida en una fuente de agua, ya sea río o canal, con la finalidad de captar y derivar de dicha fuente un determinado volumen de agua, para utilizarlo con fines energéticos, de irrigación, de abastecimiento público u otros. Generalmente es mejorar el aprovechamiento hídrico del agua.

Es una estructura básica que forma un sistema de captación, dependerá fundamentalmente de las condiciones hidrológicas, geotécnicas y topográficas de la zona de captación, además de la importancia de la misma y del uso que se dará a las aguas derivadas.

Para el diseño de la bocatoma se debe tener en cuenta los siguientes criterios:

- El caudal máximo que se tomará para el diseño debe ser entre 50 años y 100 años, para las condiciones de operación extrema.
- Para determinar una captación adecuada, se debe realizar un estudio de caudal requerido, pudiendo ser una o más ventanas.
- Para atenuar el ingreso de sólidos de fondo, se puede incluir un canal de limpia gruesa, ubicado frente a las ventanas de captación. Completando la limpia, un conducto de purga ubicado antes de las compuertas de regulación, el caudal descargará a la poza del barraje móvil.
- La operación de captación del caudal de diseño, tendrá en cuenta que lo podrá efectuar en época de estiaje, manteniendo cerradas las compuertas del barraje móvil y durante el periodo de avenidas con la compuerta parcial o completamente abiertas.
- El diseño de la estructura vertedora a proyectarse en el cauce del río, deberá permitir el paso de la avenida máxima de diseño, mediante la acción combinada entre el barraje fijo y el móvil, cuyo salto hidráulico deberá estar contenido dentro de los muros de encauzamiento y poza disipadora. Aguas abajo se deberá contemplar una protección de enrocado.

El proyecto debe señalar el tipo de obra proyectada de acuerdo al tipo de cauce y forma desde el cual se captan las aguas:

- Bocatomas en ríos de llanura
- Bocatomas en embalses y lagos
- Bocatoma de alta montaña
- Captaciones por elevación mecánica

Como consideraciones generales el diseño debe incluir:

- Estimación de cotas mínimas y máximas asociadas a probabilidad de excedencia y períodos de retorno.
- Establecer las alteraciones del normal escurrimiento del régimen natural y la forma como el proyecto lo soluciona.
- Arrastre de sedimentos y su influencia en el diseño de la obra.
- Cierre total de la aducción como medida de seguridad para el manejo de la obra en crecidas.
- Medidas de control y monitoreo del caudal captado.
- Plan de manejo del cauce durante la etapa de construcción.

a) Bocatomas en Ríos

Las obras principales de una captación de este tipo son:

- Barrera transversal de cierre del cauce
- Captación para el ingreso de las aguas

El proyecto de diseño hidráulico de la obra de captación debe incluir al menos los siguientes capítulos:

- Consideraciones de diseño.
- Ubicación de la captación.
- Tipo y criterios de diseño de la barrera: fija, vertedora, móvil, etc.
- Dispositivos de limpieza de sedimentos.

- Determinación de niveles de la poza para los caudales mínimos y máximos.
- Manejo de las aguas del cauce durante la construcción.
- Se velará porque cada elemento esté desarrollado en el diseño y justificado técnicamente.

2.3. Definición de términos básicos

a) Bocatoma

Una bocatoma es una estructura hidráulica que es usada para distribuir cursos de agua, que son provenientes de ríos, arroyos, o canales; teniendo en cuenta la cantidad considerable del agua que esta tiene disponible, para que la misma sea utilizada para una finalidad específico, como abastecimiento de agua potable, para el riego, generar energía eléctrica, acuicultura entre otros.

La bocatoma se caracteriza principalmente por captar el caudal de un punto o de varios puntos y canalizarla en un solo punto para así distribuirla de manera óptima.

Las bocatomas cuentan con las siguientes partes: compuerta, barraje, ventana de captación, canal de conducción, colchón disipador y desarenador.

b) Compuerta

Se ubica en el extremo del barraje al lado de la reja de entrada, tiene como función mantener limpio el cauce frente a la reja. En época alto estiaje ayuda a estabilizar el caudal captado.

c) Barraje

Tiene como finalidad elevar el nivel de agua, la altura debe ser la adecuada tal que permita una carga de agua suficiente en la toma, para el ingreso seguro del agua considerando las pérdidas de carga que se producen en los muros, rejillas, y compuertas en la toma.

El barrage puede ser de dos tipos, barrage fijo y barrage móvil.

d) Ventana de captación

La ventana de captación se encuentra a una altura del piso del canal de limpia, lo que hace que el agua sea captada mediante un orificio que se encuentra en una o en ambos lados del río, esta ventana de captación está compuesta de barrotes lo que impide el paso de los sedimentos grandes.

e) Colchón disipador

Debido a la colocación del barrage vertedero en el cauce del río se genera un incremento de energía potencial que se transforma en energía cinética al momento de verter el agua por encima del barrage. Se construyen estructuras de disipación aguas abajo del barrage, con el objeto de formar un salto hidráulico, para disipar la energía cinética ganada.

f) Desarenador

En épocas de alto estiaje, las aguas traen consigo materiales sólidos, tanto en su fondo como en suspensión, debido a la erosión que produce en su trayecto.

Por lo cual el desarenador cumple la función de evacuar el material suspendido.

CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis y variables

A continuación, se detallará la hipótesis general, hipótesis específica y variable como puntos importantes de este capítulo, adjuntando la matriz de consistencia que tiene como objetivo hacer un pequeño resumen del proyecto teniendo en su contenido el título del proyecto, objetivos, hipótesis, variables, indicadores y diseño.

a) Hipótesis general

Los análisis y el diseño de una bocatoma influyen directamente en la dotación de agua de riego a la comunidad Lúcumo-Lunahuana-Cañete-Lima.

b) Hipótesis específica

- Los estudios topográficos influyen directamente en el diseño de bocatoma para dotar de agua de riego a la comunidad Lúcumo-Lunahuaná-Cañete-Lima.

- Los estudios geológicos influyen directamente en el diseño de bocatoma para dotar de agua de riego a la comunidad Lúcumo-Lunahuaná-Cañete-Lima.

- Los estudios hidrológicos influyen directamente en el diseño de bocatoma para dotar de agua de riego a la comunidad Lúcumo-Lunahuaná-Cañete-Lima.

c) Variables

En esta tesis se han identificado como variables, una dependiente y otra independiente:

- Variable independiente, corresponde al análisis y diseño de la bocatoma.
Es este análisis y diseño se tiene en cuenta todos los estudios a realizarse, como el estudio geotécnico, estudio topográfico, estudios hidrológicos, entre otros.
- Variable dependiente, corresponde a la dotación de agua de riego a la comunidad Lúcumo– Lunahuaná–Cañete-Lima. Esta variable dependerá del análisis y el diseño de la bocatoma.

d) Matriz de consistencia

En la matriz de consistencia se detalla el planteamiento del problema, los objetivos, las hipótesis, las variables, los indicadores y el diseño.

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: "ANÁLISIS Y DISEÑO DE BOCATOMA PARA DOTAR AGUA DE RIEGO A LA COMUNIDAD LUCUMO – LUNAHUANÁ – CAÑETE - LIMA "

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	DISEÑO
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Estudios		Tipo de investigación
¿Cómo influyen el análisis y diseño de bocatoma para dotar agua de riego a la comunidad Lúcumo-Lunahuaná-Cañete-Lima?	Realizar los análisis y diseño de bocatoma que influyen para dotar agua de riego a la comunidad Lúcumo-Lunahuaná-Cañete-Lima.	Los análisis y diseño de una bocatoma influyen directamente en la dotación de agua de riego a la comunidad Lúcumo-Lunahuaná-Cañete-Lima.	VARIABLE INDEPENDIENTE Análisis y diseño de bocatoma - Estudio geotécnico. - Estudio topográfico. - Estudio Hidrológico.	- Números de calicatas. - Curva granulométrica. - Consolidación. - Corte directo. - Próctor modificado. - Toma de puntos y coordenadas. - Elaboración de planos. - Caudal máximo	TIPO Cuantitativa: Porque se obtuvieron datos numéricos durante los ensayos realizados. NIVEL Explicativo: Porque a partir de los datos obtenidos se hará el diseño de la bocatoma que beneficiará a la población.
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicos			DISEÑO Experimental: Mediante ensayos se llega al objetivo principal que es el diseño de la bocatoma.
¿De qué manera influyen los estudios geológicos en el diseño de bocatoma para dotar agua de riego a la comunidad Lúcumo-Lunahuaná-Cañete-Lima	Realizar los estudios geológicos que influyen en el diseño de bocatoma para dotar agua de riego a la comunidad Lúcumo-Lunahuaná-Cañete-Lima.	Los estudios geológicos influyen directamente en el diseño de bocatoma para dotar agua de riego a la comunidad Lúcumo-Lunahuaná-Cañete-Lima.			Longitudinal: Las muestras o toma de información se darán en las diversas etapas del proyecto.
¿De que manera influyen el estudio topográfico en el diseño de bocatoma para dotar agua de riego a la comunidad Lúcumo-Lunahuaná-Cañete-Lima	Realizar los estudios topográficos que influyen en el diseño de bocatoma para dotar agua de riego a la comunidad Lúcumo-Lunahuaná-Cañete-Lima.	Los estudios topográficos influyen directamente en el diseño de bocatoma para dotar agua de riego a la comunidad Lúcumo-Lunahuaná-Cañete-Lima.	VARIABLE DEPENDIENTE Dotación de agua de riego a la comunidad Lúcumo– Lunahuaná–Cañete-Lima.	Prospectiva: Se evaluarán los resultados que se darán durante la ejecución del proyecto mediante datos numéricos que se expresarán en cuadros y gráficos.	
¿De qué manera influyen los estudios hidrológicos en el diseño de bocatoma para dotar agua de riego a la comunidad Lúcumo-Lunahuaná-Cañete-Lima	Realizar los estudios hidrológicos que influyen en el diseño de bocatoma para dotar agua de riego a la comunidad Lúcumo-Lunahuaná-Cañete-Lima.	Los estudios hidrológicos influyen directamente en el diseño de bocatoma para dotar agua de riego a la comunidad Lúcumo-Lunahuaná-Cañete-Lima.			

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA

4.1. Diseño metodológico

A continuación, se detallará y explicará porque nuestra tesis tiene el siguiente diseño metodológico, que técnicas de recolección de datos y estadísticas se utilizaron, y por último el diseño muestral que se tuvo.

a) Experimental

Es experimental porque se hizo uso de la variable independiente (análisis y diseño de bocatoma) a través de los estudios topográficos, ensayos de laboratorio y los software usados para determinar los caudales del rio Cañete.

b) Longitudinal

Es longitudinal porque todas las pruebas y ensayos se realizaron tanto en campo como en laboratorio para obtener las características de la zona a estudiar, lo que sirvió para el diseño de la bocatoma.

c) Prospectiva

Es prospectiva porque se evaluarán los resultados que se obtuvieron durante la ejecución del proyecto, los mismos que se expresaron mediante cuadros y gráficos estadísticos.

4.2. Técnicas de recolección de datos

Para la recolección de datos se utilizó la técnica de observación experimental, porque todos los datos se obtuvieron en los diferentes ensayos de laboratorio y en los diferentes software usados en el presente proyecto.

4.3. Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información

Los datos de estudio geológicos obtenidos se procesaron a través de hojas de cálculo con el software Microsoft Excel, cuyas hojas de formatos contienen la información para cada uno de los ensayos realizados para la determinación de las propiedades físicas y mecánicas del suelo estudiado.

Los datos de estudio topográficos obtenidos mediante un dron en campo se procesaron mediante el software Pix4D para la determinación de un mejor análisis del campo de trabajo.

Los datos de estudio hidrológico obtenidos se procesaron mediante a través de hojas de cálculo con el software Microsoft Excel, HyfranPlus y Hec-Ras para la determinación de los periodos de retorno de 10, 20 y 50 años y la simulación del río Cañete con sus periodos de retornos respectivos.

4.4. Diseño muestral

Según lo investigado la muestra serán todos los cultivos que se encuentran en la comunidad de Lúcumo perteneciente al distrito de Lunahuaná, provincial de Cañete, departamento de Lima, representados en la siguiente tabla.

Cultivo	Área (Ha)
Alfalfa	11
Arándanos	5
Alverja	5
Maíz amarillo	20
Maíz morado	55
Palta	9
Uva	312

Fuente Ministerio de Agricultura y Riego (MINEGRI)

4.5. Aspectos éticos

La presente tesis considera el Código de Ética de la Universidad de San Martín de Porres (de acuerdo en la resolución Rectoral N° 615-2008-CUR-USMP, del 05 de julio del 2018).

El presente código se refiere a los principios éticos basados en el respeto a la persona humana, búsqueda de la verdad, honestidad, solidaridad, cumplimiento de compromisos, honradez, responsabilidad, equidad y justicia, búsqueda de la excelencia, calidad en el servicio, liderazgo, innovación, conciencia ecológica, trabajo en equipo, comunicación efectiva, fomento y difusión de la cultura, libertad y tolerancia, compromiso con el desarrollo del país.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1. Análisis topográfico

El presente capítulo detallará los procesos a seguir para determinar con exactitud el tipo de terreno en el que se trabajará.



Figura 7. Lugar de trabajo

Fuente: Google Earth

5.1.1. Ubicación política

- Departamento: Lima
- Provincia: Cañete
- Distrito: Lunahuaná
- Comunidad: Lúcumo

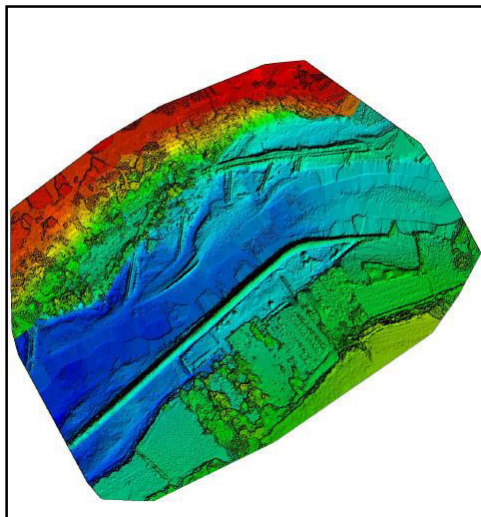
- Cuenca: Río Cañete




5.1.2. Ubicación geográfica

- Paralelo: 13° 01'06.43" Latitud Sur
- Longitud: 76° 10'48.99" Longitud Oeste
- Altitud: 334 m.s.n.m.

Con el levantamiento topográfico se busca identificar los puntos de ubicación de la estructura de la bocatoma. El presente estudio se realizó en campo con la ayuda de un dron con una media hora de vuelo, donde se pudo tener con mayor detalle las características del campo y se realizó el estudio.

En la siguiente imagen se muestra las diferentes elevaciones que se encontraron en el lugar de estudio, diferenciándolas en la siguiente leyenda. Ver anexo 1



	Punto más bajo de terreno
	Punto medio de terreno
	Punto más alto de terreno

Elaborado por los autores

Para poder tener un mejor detalle del lugar de trabajo, se hizo uso de un software, ya que se quiere saber la topografía del lugar de trabajo con mayor exactitud y reflejarlo de manera virtual para tener datos necesarios que servirán para el diseño de la bocatoma. Para esto se usó el software Civil 3D que es útil para el cálculo y diseño en el desarrollo de diseño de sitio, diseño urbanístico, carreteras, movimientos de

tierras, cálculo topográfico, replanteo de información; para el proyecto será necesario y con la ayuda de dicho software obtener el plano principal, perfil longitudinal y perfiles transversales. Ver anexo 2.

5.1.3. Sección transversal

La determinación de las secciones transversales consiste en la medición de las elevaciones del terreno y de sus correspondientes distancias perpendiculares a la izquierda y a la derecha de la línea eje. Las lecturas deben tomarse en la línea eje, en los puntos altos y bajos y en las localidades donde se presentan cambios de pendiente para determinar con precisión el perfil del terreno, en este caso se tomarán datos cada 0+010.00 m para tener una mejor precisión del terreno, con lo cual se pudo obtener los siguientes datos correspondientes a las secciones transversales. Ver anexo 2

Progresiva N° 10		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	-60 m	604.738m
20	-50 m	605.232m
30	-40 m	606.246m
40	-30 m	605.00 m
50	-20 m	605.00 m
60	-10 m	604.750m
70	0.000m	605.030m
80	10 m	604.373m
90	20 m	604.985m
100	30 m	605.161m
110	40 m	607.809m
120	50 m	605.206m
130	60 m	605.296m
140	70 m	605.551m
150	80 m	604.761m
160	90 m	608.535m
170	100 m	608.605m

Progresiva N° 20		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	-100 m	619.009m
20	-90 m	614.527m
30	-80 m	614.612m
40	-70 m	604.615m
50	-60 m	605.503m
60	-50 m	605.633m
70	-40 m	604.070m
80	-30 m	604.446m
90	-20 m	604.696m
100	-10 m	604.637m
110	0.000m	604.875m
120	10 m	604.272m
130	20 m	605.774m
140	30 m	605.326m
150	40 m	607.838m
160	50 m	605.259m
170	60 m	605.351m
180	70 m	605.635m
190	80 m	604.935m
200	90 m	608.272m
210	100 m	608.472m
220	110 m	609.041m

Progresiva N° 30		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 110 m	621.094m
20	- 100 m	616.851m
30	- 90 m	616.414m
40	- 80 m	615.330m
50	- 70 m	606.672m
60	- 60 m	605.028m
70	- 50 m	605.334m
80	- 40 m	604.797m
90	- 30 m	604.571m
100	- 20 m	604.873m
110	- 10 m	604.816m
120	0 m	604.727m
130	10 m	604.595m
140	20 m	605.605m
150	30 m	605.488m
160	40 m	605.478m
170	50 m	606.548m
180	60 m	605.183m
190	70 m	605.614m
200	80 m	605.707m
210	90 m	605.074m
220	100 m	608.281m
230	110 m	608.452m
240	120 m	608.553m

Progresiva N° 40		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 180 m	634.101m
20	- 170 m	633.896m
30	- 160 m	633.792m
40	- 150 m	633.864m
50	- 140 m	632.960m
60	- 130 m	628.648m
70	- 120 m	626.222m
80	- 110 m	619.687m
90	- 100 m	616.536m
100	- 90 m	612.429m
110	- 80 m	610.227m
120	- 70 m	608.856m
130	- 60 m	605.241m
140	- 50 m	605.443m
150	- 40 m	604.792m
160	- 30 m	604.751m
170	- 20 m	604.448m
180	- 10 m	604.695m
190	0 m	604.814m
200	10 m	605.167m
210	20 m	605.244m
220	30 m	606.430m
230	40 m	605.720m
240	50 m	605.619m
250	60 m	606.069m
260	70 m	605.371m
270	80 m	605.535m
280	90 m	608.295m
290	100 m	608.355m
300	110 m	608.553m

Progresiva N° 50		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 180 m	634.976m
20	- 170 m	635.268m
30	- 160 m	635.649m
40	- 150 m	635.124m
50	- 140 m	632.009m
60	- 130 m	629.042m
70	- 120 m	621.196m
80	- 110 m	612.949m
90	- 100 m	612.166m
100	- 90 m	611.760m
110	- 80 m	604.826m
120	- 70 m	605.217m
130	- 60 m	605.386m
140	- 50 m	604.751m
150	- 40 m	604.484m
160	- 30 m	604.520m
170	- 20 m	604.761m
180	- 10 m	604.898m
190	0 m	605.188m
200	10 m	605.262m
210	20 m	607.842m
220	30 m	605.776m
230	40 m	605.851m
240	50 m	606.167m
250	60 m	605.426m
260	70 m	605.991m
270	80 m	608.331m
280	90 m	608.367m
290	100 m	608.683m

Progresiva N° 60		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 180 m	634.626m
20	- 170 m	635.791m
30	- 160 m	635.645m
40	- 150 m	635.772m
50	- 140 m	630.905m
60	- 130 m	625.286m
70	- 120 m	618.644m
80	- 110 m	614.236m
90	- 100 m	611.651m
100	- 90 m	611.805m
110	- 80 m	611.870m
120	- 70 m	605.135m
130	- 60 m	604.917m
140	- 50 m	605.139m
150	- 40 m	605.208m
160	- 30 m	604.743m
170	- 20 m	604.976m
180	- 10 m	604.220m
190	0 m	605.003m
200	10 m	605.080m
210	20 m	605.324m
220	30 m	605.424m
230	40 m	608.333m
240	50 m	606.014m
250	60 m	606.119m
260	70 m	605.716m
270	80 m	605.501m
280	90 m	610.475m
290	100 m	608.712m
300	110 m	608.690m
310	120 m	608.564m

Progresiva N° 70		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 190 m	635.029m
20	- 180 m	634.427m
30	- 170 m	635.753m
40	- 160 m	635.634m
50	- 150 m	633.299m
60	- 140 m	630.453m
70	- 130 m	623.845m
80	- 120 m	619.298m
90	- 110 m	611.979m
100	- 100 m	612.712m
110	- 90 m	611.578m
120	- 80 m	612.546m
130	- 70 m	606.074m
140	- 60 m	605.270m
150	- 50 m	605.164m
160	- 40 m	604.799m
170	- 30 m	605.088m
180	- 20 m	605.151m
190	- 10 m	604.950m
200	0 m	605.201m
210	10 m	605.489m
220	20 m	605.536m
230	30 m	608.475m
240	40 m	606.150m
250	50 m	606.192m
260	60 m	605.470m
270	70 m	606.769m
280	80 m	608.589m
290	90 m	608.764m
300	100 m	608.795m
310	110 m	609.621m

Progresiva N° 80		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 190 m	635.230m
20	- 180 m	636.443m
30	- 170 m	635.348m
40	- 160 m	637.619m
50	- 150 m	635.281m
60	- 140 m	628.376m
70	- 130 m	621.585m
80	- 120 m	615.723m
90	- 110 m	612.027m
100	- 100 m	611.224m
110	- 90 m	610.756m
120	- 80 m	615.731m
130	- 70 m	607.972m
140	- 60 m	604.863m
150	- 50 m	605.170m
160	- 40 m	605.291m
170	- 30 m	603.531m
180	- 20 m	604.731m
190	- 10 m	604.763m
200	0 m	605.156m
210	10 m	605.600m
220	20 m	605.952m
230	30 m	606.831m
240	40 m	606.356m
250	50 m	605.950m
260	60 m	605.374m
270	70 m	608.248m
280	80 m	608.394m
290	90 m	608.582m
300	100 m	608.734m
310	110 m	608.840m

Progresiva N° 90		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 180 m	634.764m
20	- 170 m	634.715m
30	- 160 m	634.146m
40	- 150 m	634.499m
50	- 140 m	630.971m
60	- 130 m	620.010m
70	- 120 m	614.899m
80	- 110 m	611.554m
90	- 100 m	610.412m
100	- 90 m	610.825m
110	- 80 m	610.663m
120	- 70 m	610.227m
130	- 60 m	605.041m
140	- 50 m	605.361m
150	- 40 m	605.211m
160	- 30 m	604.233m
170	- 20 m	604.929m
180	- 10 m	604.827m
190	0 m	605.644m
200	10 m	605.723m
210	20 m	607.240m
220	30 m	605.882m
230	40 m	606.025m
240	50 m	605.658m
250	60 m	606.224m
260	70 m	608.295m
270	80 m	608.348m
280	90 m	608.474m
290	100 m	608.632m
300	110 m	608.769m
310	120 m	608.832m

Progresiva N° 100		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 190 m	637.377m
20	- 180 m	637.776m
30	- 170 m	634.841m
40	- 160 m	633.774m
50	- 150 m	632.344m
60	- 140 m	625.022m
70	- 130 m	620.306m
80	- 120 m	614.479m
90	- 110 m	613.013m
100	- 100 m	609.729m
110	- 90 m	609.467m
120	- 80 m	612.962m
130	- 70 m	608.437m
140	- 60 m	605.081m
150	- 50 m	605.466m
160	- 40 m	605.222m
170	- 30 m	606.115m
180	- 20 m	604.732m
190	- 10 m	605.271m
200	0 m	605.257m
210	10 m	605.717m
220	20 m	607.984m
230	30 m	605.794m
240	40 m	605.792m
250	50 m	605.145m
260	60 m	608.044m
270	70 m	608.168m
280	80 m	608.390m
290	90 m	608.458m
300	100 m	608.534m
310	110 m	608.635m

Progresiva N° 110		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 190 m	638.024m
20	- 180 m	638.399m
30	- 170 m	635.578m
40	- 160 m	633.668m
50	- 150 m	629.955m
60	- 140 m	624.350m
70	- 130 m	618.263m
80	- 120 m	612.302m
90	- 110 m	612.845m
100	- 100 m	608.720m
110	- 90 m	608.955m
120	- 80 m	609.623m
130	- 70 m	611.064m
140	- 60 m	604.199m
150	- 50 m	605.598m
160	- 40 m	605.129m
170	- 30 m	605.468m
180	- 20 m	604.797m
190	- 10 m	604.852m
200	0 m	605.242m
210	10 m	605.796m
220	20 m	608.441m
230	30 m	605.899m
240	40 m	605.853m
250	50 m	605.749m
260	60 m	608.096m
270	70 m	608.281m
280	80 m	608.462m
290	90 m	608.571m
300	100 m	608.610m
310	110 m	608.704m

Progresiva N° 120		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 190 m	638.140m
20	- 180 m	635.453m
30	- 170 m	635.494m
40	- 160 m	632.794m
50	- 150 m	628.549m
60	- 140 m	623.037m
70	- 130 m	615.973m
80	- 120 m	611.798m
90	- 110 m	609.659m
100	- 100 m	608.777m
110	- 90 m	609.262m
120	- 80 m	610.299m
130	- 70 m	605.397m
140	- 60 m	604.694m
150	- 50 m	605.545m
160	- 40 m	605.103m
170	- 30 m	605.547m
180	- 20 m	605.548m
190	- 10 m	605.501m
200	0 m	605.127m
210	10 m	605.956m
220	20 m	607.993m
230	30 m	605.891m
240	40 m	606.042m
250	50 m	606.551m
260	60 m	608.137m
270	70 m	608.394m
280	80 m	608.513m
290	90 m	608.604m
300	100 m	608.695m
310	110 m	608.785m

Progresiva N° 130		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 190 m	638.338m
20	- 180 m	638.373m
30	- 170 m	634.552m
40	- 160 m	630.709m
50	- 150 m	624.978m
60	- 140 m	619.326m
70	- 130 m	617.094m
80	- 120 m	615.484m
90	- 110 m	609.095m
100	- 100 m	608.763m
110	- 90 m	610.077m
120	- 80 m	610.698m
130	- 70 m	605.127m
140	- 60 m	605.984m
150	- 50 m	605.329m
160	- 40 m	605.039m
170	- 30 m	604.856m
180	- 20 m	604.592m
190	- 10 m	605.095m
200	0 m	605.853m
210	10 m	606.459m
220	20 m	606.539m
230	30 m	606.020m
240	40 m	605.858m
250	50 m	609.594m
260	60 m	610.233m
270	70 m	610.078m
280	80 m	610.190m
290	90 m	610.530m
300	100 m	610.079m
310	110 m	613.401m

Progresiva N° 140		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 180 m	635.448m
20	- 170 m	635.512m
30	- 160 m	633.765m
40	- 150 m	626.169m
50	- 140 m	617.581m
60	- 130 m	612.513m
70	- 120 m	609.508m
80	- 110 m	609.446m
90	- 100 m	609.317m
100	- 90 m	611.990m
110	- 80 m	605.598m
120	- 70 m	606.788m
130	- 60 m	605.973m
140	- 50 m	605.419m
150	- 40 m	605.141m
160	- 30 m	605.049m
170	- 20 m	605.124m
180	- 10 m	604.944m
190	0 m	605.531m
200	10 m	607.787m
210	20 m	606.192m
220	30 m	605.794m
230	40 m	605.485m
240	50 m	610.139m
250	60 m	610.265m
260	70 m	610.282m
270	80 m	610.071m
280	90 m	610.675m
290	100 m	611.203m
300	110 m	610.971m
310	120 m	614.340m

Progresiva N° 150		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 190 m	636.596m
20	- 180 m	635.081m
30	- 170 m	632.800m
40	- 160 m	625.734m
50	- 150 m	626.473m
60	- 140 m	614.845m
70	- 130 m	615.880m
80	- 120 m	609.729m
90	- 110 m	609.384m
100	- 100 m	609.059m
110	- 90 m	609.623m
120	- 80 m	606.539m
130	- 70 m	605.524m
140	- 60 m	605.332m
150	- 50 m	605.692m
160	- 40 m	605.380m
170	- 30 m	605.263m
180	- 20 m	604.948m
190	- 10 m	604.017m
200	0 m	605.004m
210	10 m	608.229m
220	20 m	606.916m
230	30 m	606.361m
240	40 m	605.832m
250	50 m	611.169m
260	60 m	609.719m
270	70 m	613.873m
280	80 m	613.523m
290	90 m	610.741m
300	100 m	610.931m
310	110 m	610.960m

Progresiva N° 160		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 190 m	636.352m
20	- 180 m	635.552m
30	- 170 m	631.583m
40	- 160 m	624.539m
50	- 150 m	618.976m
60	- 140 m	614.433m
70	- 130 m	611.744m
80	- 120 m	610.095m
90	- 110 m	608.886m
100	- 100 m	609.951m
110	- 90 m	606.665m
120	- 80 m	605.673m
130	- 70 m	605.808m
140	- 60 m	605.410m
150	- 50 m	605.699m
160	- 40 m	605.490m
170	- 30 m	605.278m
180	- 20 m	605.438m
190	- 10 m	605.451m
200	0 m	605.503m
210	10 m	608.602m
220	20 m	606.402m
230	30 m	606.430m
240	40 m	607.232m
250	50 m	615.688m
260	60 m	608.308m
270	70 m	612.536m
280	80 m	614.140m
290	90 m	614.977m
300	100 m	612.428m
310	110 m	612.436m

Progresiva N° 170		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 190 m	636.756m
20	- 180 m	637.105m
30	- 170 m	630.810m
40	- 160 m	625.323m
50	- 150 m	619.486m
60	- 140 m	612.664m
70	- 130 m	610.052m
80	- 120 m	609.882m
90	- 110 m	608.683m
100	- 100 m	608.904m
110	- 90 m	606.889m
120	- 80 m	606.583m
130	- 70 m	605.637m
140	- 60 m	605.622m
150	- 50 m	605.727m
160	- 40 m	605.630m
170	- 30 m	605.313m
180	- 20 m	605.240m
190	- 10 m	606.255m
200	0 m	606.700m
210	10 m	606.892m
220	20 m	607.897m
230	30 m	613.288m
240	40 m	608.421m
250	50 m	608.724m
260	60 m	608.819m
270	70 m	610.766m
280	80 m	610.871m
290	90 m	609.342m
300	100 m	614.554m
310	110 m	613.613m

Progresiva N° 180		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	-200 m	639.277m
20	- 190 m	639.608m
30	- 180 m	636.321m
40	- 170 m	628.468m
50	- 160 m	622.358m
60	- 150 m	622.086m
70	- 140 m	613.802m
80	- 130 m	611.480m
90	- 120 m	608.616m
100	- 110 m	609.297m
110	- 100 m	607.631m
120	- 90 m	608.688m
130	- 80 m	605.909m
140	- 70 m	605.742m
150	- 60 m	605.862m
160	- 50 m	605.933m
170	- 40 m	605.693m
180	- 30 m	605.606m
190	- 20 m	605.420m
200	- 10 m	605.834m
210	0 m	606.653m
220	10 m	607.255m
230	20 m	606.576m
240	30 m	606.938m
250	40 m	606.330m
260	50 m	613.571m
270	60 m	611.647m
280	70 m	608.871m
290	80 m	612.987m
300	90 m	614.483m
310	100 m	609.504m

Progresiva N° 190		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	-200 m	638.646m
20	- 190 m	636.181m
30	- 180 m	633.446m
40	- 170 m	627.717m
50	- 160 m	626.412m
60	- 150 m	617.352m
70	- 140 m	614.166m
80	- 130 m	609.815m
90	- 120 m	609.372m
100	- 110 m	609.590m
110	- 100 m	608.384m
120	- 90 m	608.142m
130	- 80 m	606.455m
140	- 70 m	605.648m
150	- 60 m	605.584m
160	- 50 m	606.365m
170	- 40 m	605.663m
180	- 30 m	605.223m
190	- 20 m	605.440m
200	- 10 m	605.921m
210	0 m	607.753m
220	10 m	606.564m
230	20 m	607.006m
240	30 m	607.152m
250	40 m	608.705m
260	50 m	608.026m
270	60 m	612.798m
280	70 m	610.138m
290	80 m	613.795m
300	90 m	613.755m
310	100 m	611.980m

Progresiva N° 200		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 190 m	636.007m
20	- 180 m	633.827m
30	- 170 m	629.559m
40	- 160 m	626.827m
50	- 150 m	617.284m
60	- 140 m	611.558m
70	- 130 m	610.038m
80	- 120 m	609.586m
90	- 110 m	612.035m
100	- 100 m	608.712m
110	- 90 m	606.684m
120	- 80 m	606.522m
130	- 70 m	606.376m
140	- 60 m	605.684m
150	- 50 m	606.881m
160	- 40 m	605.578m
170	- 30 m	605.489m
180	- 20 m	605.561m
190	- 10 m	604.144m
200	0 m	609.122m
210	10 m	607.126m
220	20 m	607.050m
230	30 m	608.015m
240	40 m	608.904m
250	50 m	609.044m
260	60 m	611.559m
270	70 m	609.606m
280	80 m	609.816m
290	90 m	609.959m
300	100 m	611.070m
310	110 m	612.760m

Progresiva N° 210		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 190 m	636.442m
20	- 180 m	636.036m
30	- 170 m	628.551m
40	- 160 m	623.598m
50	- 150 m	618.349m
60	- 140 m	612.032m
70	- 130 m	610.266m
80	- 120 m	614.019m
90	- 110 m	608.817m
100	- 100 m	607.129m
110	- 90 m	607.195m
120	- 80 m	606.383m
130	- 70 m	605.726m
140	- 60 m	606.715m
150	- 50 m	605.903m
160	- 40 m	605.652m
170	- 30 m	606.156m
180	- 20 m	605.518m
190	- 10 m	604.829m
200	0 m	609.400m
210	10 m	608.190m
220	20 m	607.005m
230	30 m	607.669m
240	40 m	608.858m
250	50 m	608.959m
260	60 m	609.001m
270	70 m	609.236m
280	80 m	609.470m
290	90 m	609.697m
300	100 m	610.288m
310	110 m	610.470m

Progresiva N° 220		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 190 m	638.412m
20	- 180 m	636.402m
30	- 170 m	636.400m
40	- 160 m	627.751m
50	- 150 m	621.969m
60	- 140 m	614.977m
70	- 130 m	610.176m
80	- 120 m	614.908m
90	- 110 m	608.382m
100	- 100 m	608.973m
110	- 90 m	607.212m
120	- 80 m	605.538m
130	- 70 m	606.665m
140	- 60 m	606.608m
150	- 50 m	605.823m
160	- 40 m	604.514m
170	- 30 m	605.598m
180	- 20 m	605.714m
190	- 10 m	605.809m
200	0 m	608.883m
210	10 m	606.951m
220	20 m	606.973m
230	30 m	611.619m
240	40 m	611.626m
250	50 m	610.709m
260	60 m	608.957m
270	70 m	609.173m
280	80 m	609.428m
290	90 m	609.539m
300	100 m	609.853m
310	110 m	611.169m

Progresiva N° 230		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 190 m	637.247m
20	- 180 m	635.153m
30	- 170 m	629.502m
40	- 160 m	622.836m
50	- 150 m	614.913m
60	- 140 m	612.031m
70	- 130 m	610.783m
80	- 120 m	612.843m
90	- 110 m	607.713m
100	- 100 m	607.142m
110	- 90 m	606.217m
120	- 80 m	606.779m
130	- 70 m	606.831m
140	- 60 m	606.353m
150	- 50 m	605.823m
160	- 40 m	605.448m
170	- 30 m	605.501m
180	- 20 m	606.376m
190	- 10 m	606.879m
200	0 m	607.203m
210	10 m	607.032m
220	20 m	607.156m
230	30 m	609.938m
240	40 m	608.921m
250	50 m	608.929m
260	60 m	609.017m
270	70 m	609.108m
280	80 m	610.392m
290	90 m	611.742m
300	100 m	611.960m
310	110 m	610.632m

Progresiva N° 240		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 190 m	637.509m
20	- 180 m	635.635m
30	- 170 m	628.878m
40	- 160 m	622.057m
50	- 150 m	615.341m
60	- 140 m	615.301m
70	- 130 m	610.032m
80	- 120 m	608.522m
90	- 110 m	607.482m
100	- 100 m	607.166m
110	- 90 m	605.978m
120	- 80 m	606.867m
130	- 70 m	606.645m
140	- 60 m	606.286m
150	- 50 m	605.532m
160	- 40 m	605.733m
170	- 30 m	605.588m
180	- 20 m	606.006m
190	- 10 m	607.916m
200	0 m	606.808m
210	10 m	607.102m
220	20 m	607.160m
230	30 m	607.888m
240	40 m	608.849m
250	50 m	609.666m
260	60 m	609.183m
270	70 m	609.395m
280	80 m	610.178m
290	90 m	609.992m
300	100 m	609.890m
310	110 m	610.214m

Progresiva N° 250		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 190 m	639.122m
20	- 180 m	636.725m
30	- 170 m	629.548m
40	- 160 m	623.220m
50	- 150 m	618.003m
60	- 140 m	614.277m
70	- 130 m	610.384m
80	- 120 m	608.827m
90	- 110 m	607.284m
100	- 100 m	606.509m
110	- 90 m	606.406m
120	- 80 m	606.777m
130	- 70 m	606.563m
140	- 60 m	606.115m
150	- 50 m	605.714m
160	- 40 m	605.732m
170	- 30 m	605.597m
180	- 20 m	605.908m
190	- 10 m	609.096m
200	0 m	606.874m
210	10 m	607.154m
220	20 m	607.168m
230	30 m	607.524m
240	40 m	609.005m
250	50 m	609.133m
260	60 m	609.487m
270	70 m	609.747m
280	80 m	609.548m
290	90 m	609.707m
300	100 m	610.071m
310	110 m	613.932m

Progresiva N° 260		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 190 m	638.935m
20	- 180 m	636.707m
30	- 170 m	633.439m
40	- 160 m	623.059m
50	- 150 m	617.485m
60	- 140 m	612.898m
70	- 130 m	609.537m
80	- 120 m	609.860m
90	- 110 m	606.806m
100	- 100 m	606.130m
110	- 90 m	606.825m
120	- 80 m	606.893m
130	- 70 m	606.532m
140	- 60 m	606.207m
150	- 50 m	605.907m
160	- 40 m	605.725m
170	- 30 m	605.518m
180	- 20 m	606.573m
190	- 10 m	609.555m
200	0 m	607.144m
210	10 m	607.251m
220	20 m	607.171m
230	30 m	607.862m
240	40 m	609.394m
250	50 m	609.379m
260	60 m	609.531m
270	70 m	609.943m
280	80 m	610.048m
290	90 m	609.694m
300	100 m	610.151m
310	110 m	615.698m

Progresiva N° 270		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 180 m	637.427m
20	- 170 m	630.389m
30	- 160 m	626.668m
40	- 150 m	620.020m
50	- 140 m	615.128m
60	- 130 m	611.675m
70	- 120 m	608.938m
80	- 110 m	607.222m
90	- 100 m	607.459m
100	- 90 m	607.230m
110	- 80 m	606.987m
120	- 70 m	606.411m
130	- 60 m	606.269m
140	- 50 m	605.345m
150	- 40 m	605.951m
160	- 30 m	605.775m
170	- 20 m	605.910m
180	- 10 m	609.161m
190	0 m	607.022m
200	10 m	607.310m
210	20 m	607.642m
220	30 m	609.325m
230	40 m	609.924m
240	50 m	610.305m
250	60 m	609.591m
260	70 m	609.826m
270	80 m	609.784m
280	90 m	609.927m
290	100 m	610.336m
300	110 m	615.764m
310	120 m	615.914m

Progresiva N° 280		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 180 m	637.757m
20	- 170 m	631.237m
30	- 160 m	625.641m
40	- 150 m	621.242m
50	- 140 m	614.556m
60	- 130 m	613.761m
70	- 120 m	608.352m
80	- 110 m	607.305m
90	- 100 m	606.867m
100	- 90 m	606.930m
110	- 80 m	606.763m
120	- 70 m	606.107m
130	- 60 m	606.242m
140	- 50 m	606.399m
150	- 40 m	605.931m
160	- 30 m	605.774m
170	- 20 m	606.450m
180	- 10 m	607.485m
190	0 m	607.104m
200	10 m	607.128m
210	20 m	607.375m
220	30 m	609.124m
230	40 m	610.018m
240	50 m	610.528m
250	60 m	611.223m
260	70 m	610.228m
270	80 m	611.431m
280	90 m	612.701m
290	100 m	614.492m
300	110 m	616.108m
310	120 m	616.315m

Progresiva N° 290		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 180 m	638.390m
20	- 170 m	635.060m
30	- 160 m	626.688m
40	- 150 m	619.571m
50	- 140 m	615.106m
60	- 130 m	607.715m
70	- 120 m	608.045m
80	- 110 m	609.144m
90	- 100 m	606.835m
100	- 90 m	606.500m
110	- 80 m	607.248m
120	- 70 m	606.126m
130	- 60 m	605.759m
140	- 50 m	605.882m
150	- 40 m	605.510m
160	- 30 m	606.425m
170	- 20 m	607.469m
180	- 10 m	607.225m
190	0 m	607.279m
200	10 m	607.289m
210	20 m	609.845m
220	30 m	610.370m
230	40 m	610.448m
240	50 m	610.340m
250	60 m	610.419m
260	70 m	611.274m
270	80 m	612.662m
280	90 m	615.851m
290	100 m	616.570m

Progresiva N° 300		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 180 m	639.996m
20	- 170 m	635.896m
30	- 160 m	625.811m
40	- 150 m	620.391m
50	- 140 m	615.510m
60	- 130 m	607.655m
70	- 120 m	607.651m
80	- 110 m	608.878m
90	- 100 m	607.173m
100	- 90 m	606.782m
110	- 80 m	606.236m
120	- 70 m	606.746m
130	- 60 m	605.594m
140	- 50 m	606.525m
150	- 40 m	605.843m
160	- 30 m	605.796m
170	- 20 m	605.988m
180	- 10 m	608.353m
190	0 m	606.852m
200	10 m	607.317m
210	20 m	608.965m
220	30 m	610.142m
230	40 m	610.532m
240	50 m	610.310m
250	60 m	610.343m
260	70 m	610.472m
270	80 m	610.824m
280	90 m	614.516m
290	100 m	615.015m
300	110 m	616.469m
310	120 m	617.232m

Progresiva N° 310		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 180 m	642.440m
20	- 170 m	637.615m
30	- 160 m	627.801m
40	- 150 m	622.745m
50	- 140 m	612.577m
60	- 130 m	607.717m
70	- 120 m	607.691m
80	- 110 m	607.471m
90	- 100 m	608.288m
100	- 90 m	607.655m
110	- 80 m	606.510m
120	- 70 m	606.508m
130	- 60 m	606.255m
140	- 50 m	606.979m
150	- 40 m	606.033m
160	- 30 m	606.358m
170	- 20 m	606.204m
180	- 10 m	609.219m
190	0 m	606.833m
200	10 m	606.784m
210	20 m	609.585m
220	30 m	610.439m
230	40 m	610.434m
240	50 m	611.559m
250	60 m	610.381m
260	70 m	610.971m
270	80 m	610.647m
280	90 m	615.407m
290	100 m	616.768m
300	110 m	617.097m
310	120 m	618.309m

Progresiva N° 320		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 180 m	640.970m
20	- 170 m	638.475m
30	- 160 m	630.526m
40	- 150 m	621.760m
50	- 140 m	613.507m
60	- 130 m	608.556m
70	- 120 m	607.626m
80	- 110 m	607.129m
90	- 100 m	608.550m
100	- 90 m	607.145m
110	- 80 m	606.963m
120	- 70 m	606.468m
130	- 60 m	606.536m
140	- 50 m	606.730m
150	- 40 m	606.151m
160	- 30 m	606.610m
170	- 20 m	606.336m
180	- 10 m	606.738m
190	0 m	606.869m
200	10 m	607.302m
210	20 m	608.242m
220	30 m	610.206m
230	40 m	610.630m
240	50 m	611.648m
250	60 m	610.805m
260	70 m	610.631m
270	80 m	611.135m
280	90 m	615.901m
290	100 m	617.063m
300	110 m	617.218m

Progresiva N° 330		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 180 m	641.175m
20	- 170 m	640.249m
30	- 160 m	638.683m
40	- 150 m	623.754m
50	- 140 m	613.957m
60	- 130 m	608.975m
70	- 120 m	607.628m
80	- 110 m	606.993m
90	- 100 m	608.591m
100	- 90 m	607.522m
110	- 80 m	607.926m
120	- 70 m	606.853m
130	- 60 m	606.853m
140	- 50 m	606.838m
150	- 40 m	606.318m
160	- 30 m	606.761m
170	- 20 m	606.861m
180	- 10 m	606.889m
190	0 m	608.767m
200	10 m	607.785m
210	20 m	608.689m
220	30 m	609.203m
230	40 m	609.688m
240	50 m	610.261m
250	60 m	610.292m
260	70 m	610.494m
270	80 m	610.430m
280	90 m	615.060m
290	100 m	617.245m
300	110 m	617.352m
310	120 m	617.563m

Progresiva N° 340		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 180 m	641.660m
20	- 170 m	639.636m
30	- 160 m	638.629m
40	- 150 m	628.524m
50	- 140 m	616.341m
60	- 130 m	609.426m
70	- 120 m	607.614m
80	- 110 m	607.019m
90	- 100 m	607.048m
100	- 90 m	608.556m
110	- 80 m	608.196m
120	- 70 m	606.688m
130	- 60 m	606.809m
140	- 50 m	606.071m
150	- 40 m	606.501m
160	- 30 m	606.868m
170	- 20 m	606.993m
180	- 10 m	607.188m
190	0 m	607.760m
200	10 m	607.941m
210	20 m	608.560m
220	30 m	609.191m
230	40 m	610.315m
240	50 m	610.533m
250	60 m	610.384m
260	70 m	610.409m
270	80 m	610.424m
280	90 m	612.914m
290	100 m	617.253m
300	110 m	617.674m

Progresiva N° 350		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 180 m	641.912m
20	- 170 m	640.805m
30	- 160 m	641.787m
40	- 150 m	634.515m
50	- 140 m	617.869m
60	- 130 m	611.622m
70	- 120 m	607.636m
80	- 110 m	607.138m
90	- 100 m	606.960m
100	- 90 m	608.383m
110	- 80 m	608.141m
120	- 70 m	607.175m
130	- 60 m	606.373m
140	- 50 m	607.828m
150	- 40 m	606.874m
160	- 30 m	606.904m
170	- 20 m	607.073m
180	- 10 m	607.156m
190	0 m	606.973m
200	10 m	608.803m
210	20 m	608.639m
220	30 m	608.985m
230	40 m	610.117m
240	50 m	610.489m
250	60 m	610.395m
260	70 m	610.459m
270	80 m	610.573m
280	90 m	611.255m
290	100 m	616.953m
300	110 m	617.650m
310	120 m	617.758m

Progresiva N° 360		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 180 m	642.175m
20	- 170 m	640.702m
30	- 160 m	640.673m
40	- 150 m	637.688m
50	- 140 m	630.925m
60	- 130 m	619.786m
70	- 120 m	608.108m
80	- 110 m	607.333m
90	- 100 m	607.003m
100	- 90 m	606.852m
110	- 80 m	608.471m
120	- 70 m	608.041m
130	- 60 m	607.122m
140	- 50 m	606.614m
150	- 40 m	606.573m
160	- 30 m	607.012m
170	- 20 m	607.268m
180	- 10 m	607.049m
190	0 m	607.515m
200	10 m	607.968m
210	20 m	608.598m
220	30 m	608.788m
230	40 m	609.288m
240	50 m	610.509m
250	60 m	610.974m
260	70 m	610.534m
270	80 m	610.622m
280	90 m	611.361m
290	100 m	616.011m
300	110 m	617.809m
310	120 m	617.953m

Progresiva N° 370		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 170 m	640.627m
20	- 160 m	639.873m
30	- 150 m	639.405m
40	- 140 m	635.031m
50	- 130 m	629.785m
60	- 120 m	622.434m
70	- 110 m	607.540m
80	- 100 m	607.100m
90	- 90 m	606.871m
100	- 80 m	608.780m
110	- 70 m	608.442m
120	- 60 m	606.714m
130	- 50 m	606.794m
140	- 40 m	606.991m
150	- 30 m	607.094m
160	- 20 m	607.517m
170	- 10 m	607.527m
180	0 m	607.699m
190	10 m	607.860m
200	20 m	609.399m
210	30 m	608.724m
220	40 m	609.065m
230	50 m	609.668m
240	60 m	611.361m
250	70 m	610.566m
260	80 m	610.682m
270	90 m	610.759m
280	100 m	614.627m
290	110 m	617.619m

Progresiva N° 380		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 170 m	640.904m
20	- 160 m	644.043m
30	- 150 m	640.020m
40	- 140 m	638.563m
50	- 130 m	635.572m
60	- 120 m	630.369m
70	- 110 m	607.770m
80	- 100 m	607.132m
90	- 90 m	606.989m
100	- 80 m	608.201m
110	- 70 m	609.095m
120	- 60 m	608.232m
130	- 50 m	606.979m
140	- 40 m	606.422m
150	- 30 m	606.883m
160	- 20 m	607.538m
170	- 10 m	607.694m
180	0 m	607.397m
190	10 m	607.798m
200	20 m	608.561m
210	30 m	608.875m
220	40 m	608.902m
230	50 m	609.354m
240	60 m	609.974m
250	70 m	611.551m
260	80 m	610.688m
270	90 m	610.784m
280	100 m	613.792m

Progresiva N° 390		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 170 m	640.478m
20	- 160 m	639.817m
30	- 150 m	642.579m
40	- 140 m	640.952m
50	- 130 m	638.602m
60	- 120 m	636.768m
70	- 110 m	628.366m
80	- 100 m	607.488m
90	- 90 m	607.209m
100	- 80 m	607.287m
110	- 70 m	608.228m
120	- 60 m	608.716m
130	- 50 m	606.626m
140	- 40 m	606.592m
150	- 30 m	606.924m
160	- 20 m	607.402m
170	- 10 m	607.718m
180	0 m	607.646m
190	10 m	607.780m
200	20 m	607.996m
210	30 m	608.818m
220	40 m	608.960m
230	50 m	609.297m
240	60 m	610.644m
250	70 m	611.472m
260	80 m	610.853m
270	90 m	610.958m
280	100 m	612.225m

Progresiva N° 400		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 110 m	628.224m
20	- 100 m	627.205m
30	- 90 m	607.097m
40	- 80 m	607.176m
50	- 70 m	608.721m
60	- 60 m	609.027m
70	- 50 m	607.879m
80	- 40 m	606.593m
90	- 30 m	607.051m
100	- 20 m	607.438m
110	- 10 m	607.699m
120	0 m	607.932m
130	10 m	607.934m
140	20 m	607.517m
150	30 m	608.205m
160	40 m	610.413m
170	50 m	609.614m
180	60 m	609.685m
190	70 m	610.178m
200	80 m	610.586m
210	90 m	610.857m
220	100 m	612.406m

Progresiva N° 410		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 100 m	614.668m
20	- 90 m	607.545m
30	- 80 m	607.125m
40	- 70 m	608.243m
50	- 60 m	608.483m
60	- 50 m	608.547m
70	- 40 m	607.530m
80	- 30 m	607.153m
90	- 20 m	607.272m
100	- 10 m	607.858m
110	0 m	608.074m
120	10 m	607.969m
130	20 m	607.489m
140	30 m	607.960m
150	40 m	609.150m
160	50 m	609.240m
170	60 m	609.708m
180	70 m	609.993m
190	80 m	610.299m
200	90 m	610.583m
210	100 m	612.317m

Progresiva N° 420		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 70 m	608.563m
20	- 60 m	607.357m
30	- 50 m	608.582m
40	- 40 m	608.748m
50	- 30 m	606.323m
60	- 20 m	607.275m
70	- 10 m	606.978m
80	0 m	607.819m
90	10 m	608.218m
100	20 m	608.113m
110	30 m	608.082m
120	40 m	608.816m
130	50 m	609.057m
140	60 m	609.531m
150	70 m	609.865m
160	80 m	614.497m
170	90 m	610.724m

Progresiva N° 430		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 50 m	607.979m
20	- 40 m	608.592m
30	- 30 m	607.386m
40	- 20 m	606.992m
50	- 10 m	607.557m
60	0 m	608.246m
70	10 m	607.884m
80	20 m	608.341m
90	30 m	608.282m
100	40 m	608.155m
110	50 m	608.542m
120	60 m	612.259m
130	70 m	612.518m
140	80 m	612.548m
150	90 m	612.072m

Progresiva N° 440		
Nº	Distancia desde eje	Elevación del vértice
10	- 50 m	608.990m
20	- 40 m	608.645m
30	- 30 m	608.403m
40	- 20 m	607.540m
50	- 10 m	607.380m
60	0 m	608.199m
70	10 m	607.536m
80	20 m	608.040m
90	30 m	608.460m
100	40 m	608.069m
110	50 m	608.883m
120	60 m	611.036m
130	70 m	610.309m
140	80 m	611.202m

Elaborado por los autores

5.1.4. Sección longitudinal

Los perfiles longitudinales indican el comportamiento del terreno a lo largo de un eje determinado. Se pueden observar en él las pendientes, las zonas de desmonte y terraplén.

Los datos incluidos en el perfil longitudinal vienen organizados en la guitarra, entre ellos, se encuentran las distancias al origen de trazado y las distancias entre puntos considerados en el perfil. En este caso se busca la pendiente del río que será usada en el diseño de la bocatoma. Anexo 2.

5.2. Análisis geotécnico

El presente estudio técnico, tiene por objetivo realizar las investigaciones en el terreno del Proyecto “Análisis y diseño de bocatoma para dotar agua de riego a la comunidad de Lúcumo - Lunahuaná - Cañete – Lima”, a fin de determinar sus condiciones físico-mecánicas de cimentación ya que su cimentación permitirá dimensionar con mayor seguridad la bocatoma Lúcumo.

El referido Proyecto, está destinado a la construcción de una Bocatoma de tipo barraje mixto, de 140 metros de longitud sobre el río Cañete. Esta obra permitirá desviar un volumen apreciable de agua por el extremo izquierdo de la bocatoma, en beneficio de la agricultura de la comunidad Lúcumo.

5.2.1. Excavación de calicatas

Para el reconocimiento real de las propiedades físico-mecánicas del terreno, se tuvo previsto haber excavado 04, adecuadamente ubicadas en el eje de la bocatoma (margen derecha e izquierda), pero al tener inconvenientes con la población solo se pudo hacer la toma de 3 calicatas como muestras para su respectivo análisis. Las calicatas excavadas se indican:

Tabla 2. Resumen de calicatas

N° Calicata	Margen del río	largo	ancho	profundidad
1	derecho	4.10 m	2.05 m	3.00 m
2	derecho	X	X	X
3	izquierdo	4.20 m	2.10 m	3.00 m
4	izquierdo	4.15 m	2.15 m	3.00 m

Elaborado por los autores

5.2.2. Muestreo y registro de excavaciones

Una vez identificada la estratigrafía del terreno de fundación, en las calicatas excavadas, se procedió la toma de muestras alteradas e inalteradas, para su respectiva identificación en el laboratorio de mecánica de suelos, a través de la determinación de sus propiedades físico-mecánicas.

Previo al proceso del muestreo, se elaboró el registro de la excavación indicando las principales características de la secuencia de los estratos (Norma ASTM D-2487).

5.2.3. Ensayos de laboratorio

Los ensayos permitieron identificar las propiedades físico-mecánicas del terreno de fundación o suelo de cimentación de la bocatoma Lúcumo, dichos ensayos fueron realizados en el laboratorio de mecánica de suelos de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura (FIA) de la Universidad San Martín de Porres siguiendo las siguientes normas de acuerdo a la Norma E.050 suelos y cimentaciones, los cuales fueron:

- Análisis granulométrico (NTP 339.128 / ASTM D-422)
- Clasificación SUCS (NTP 339.134 / ASTM D-2487)
- Corte directo (NTP 339.171 / ASTM D-3080)
- Consolidación (NTP 339.154 / ASTM D2435)

Se realizarán de acuerdo con las normas que se indican en la Tabla N° 5

TABLA N° 5 ENSAYOS DE LABORATORIO	
ENSAYO	NORMA APLICABLE
Contenido de Humedad	NTP 339.127 (ASTM D2216)
Análisis Granulométrico	NTP 339.128 (ASTM D422)
Límite Líquido y Límite Plástico	NTP 339.129 (ASTM D4318)
Peso Específico Relativo de Sólidos	NTP 339.131 (ASTM D854)
Clasificación Unificada de Suelos (SUCS)	NTP 339.134 (ASTM D2487)
Densidad Relativa *	NTP 339.137 (ASTM D4253) NTP 339.138 (ASTM D4254)
Peso volumétrico de suelo cohesivo	NTP 339.139 (BS 1377)
Límite de Contracción	NTP 339.140 (ASTM D427)
Ensayo de Compactación Proctor Modificado	NTP 339.141 (ASTM D1557)
Descripción Visual-Manual	NTP 339.150 (ASTM D2488)
Contenido de Sales Solubles Totales en Suelos y Agua Subterránea	NTP 339.152 (BS 1377)
Consolidación Unidimensional	NTP 339.154 (ASTM D2435)
Colapsibilidad Potencial	NTP 339.163 (ASTM D5333)
Compresión Triaxial no Consolidado no Drenado	NTP 339.164 (ASTM D2850)
Compresión Triaxial Consolidado no Drenado	NTP 339.166 (ASTM D4767)
Compresión no Confinada	NTP 339.167 (ASTM D2166)
Expansión o Asentamiento Potencial Unidimensional de Suelos Cohesivos	NTP 339.170 (ASTM D4546)
Corte Directo	NTP 339.171 (ASTM D3080)
Contenido de Cloruros Solubles en Suelos y Agua Subterránea	NTP 339.177 (AASHTO T291)
Contenido de Sulfatos Solubles en Suelos y Agua Subterránea	NTP 339.178 (AASHTO T290)

Figura 8. Ensayos a realizar

Fuente: Norma Norma E.050 suelos y cimentaciones

5.2.3.1. Análisis granulométrico (NTP 339.128 / ASTM D-422)

El análisis granulométrico tiene como finalidad la distribución cuantitativa del tamaño de la partícula de los suelos.

La clasificación de las partículas retenidas en el tamiz N° 200 se efectúa por tamizado, mientras que las partículas pasantes al tamiz N° 200 se podrán trabajar a través de dos tipos de dispositivos de dispersión, como lo son, un agitador mecánico de alta velocidad o uno de dispersión por aire.



Elaborado por los autores

Figura 9. Tabla de numeración y abertura de tamices

Tamiz (ASTM)	Tamiz (Nch) (mm.)	Abertura real (mm.)	Tipo de suelo
3 "	80	76,12	GRAVA
2 "	50	50,80	
1 1/2 "	40	38,10	
1 "	25	25,40	
3/4 "	20	19,05	
3/8 "	10	9,52	ARENA GRUESA
N° 4	5	4,76	
N° 10	2	2,00	ARENA MEDIA
N° 20	0,90	0,84	
N° 40	0,50	0,42	
N° 60	0,30	0,25	ARENA FINA
N° 140	0,10	0,105	
N° 200	0,08	0,074	

Fuente: Espinace R., 1979, p.

Tabla 3. Análisis granulométrico para la calicata N° 1 (M.D.)

DATOS DE LA MUESTRA					
Identificación : Muestra C-1 Margen derecho					
Procedencia : Río Cañete - Lúcumo - Cañete					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (grs.)	% Parcial Retenido	% ACUMULADO	
				Retenido	Pasando
3"	75 mm	0	0	0	100.00
1 1/2"	37.5 mm	0.88	13.94	13.94	86.06
3/4"	19 mm	1.77	28.11	42.05	57.95
3/8"	9.5 mm	0.78	12.42	54.47	45.53
4"	4.75 mm	0.53	8.36	62.83	37.17
8"	2.36 mm	0.31	4.91	67.74	32.26
16"	1.10 mm	0.26	4.16	71.90	28.10
30"	0.600 mm	0.40	6.37	78.27	21.73
50"	0.300 mm	0.51	8.18	86.45	13.55
100"	0.150 mm	0.51	8.18	94.63	5.37
200"	0.075 mm	0.21	3.30	97.93	2.07
Fondo		0.13	2.07	100.00	0.00
TOTAL		6.28	100.00		

Elaborado por los autores

A continuación, la curva granulométrica de la calicata N°1 margen derecha según los porcentajes pasantes en cada tamiz estándar:

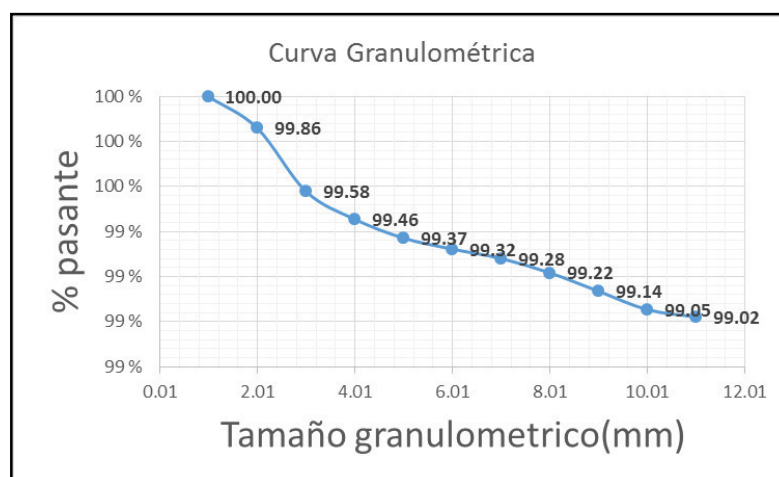


Figura 10. Curva granulométrica calicata N° 1
Elaborado por los autores

Tabla 4. Análisis granulométrico para la calicata N° 2 (M.I.)

DATOS DE LA MUESTRA					
Identificación : Muestra C-2 Margen izquierda					
Procedencia : Río Cañete - Lúcumo - Cañete					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (grs.)	% Parcial Retenido	% ACUMULADO	
				Retenido	Pasando
3"	75 mm	0	0	0	100
1 1/2"	37.5 mm	0.91	12.91	12.91	87.09
3/4"	19 mm	1.95	27.69	40.60	59.40
3/8"	9.5 mm	0.51	7.18	47.78	52.22
4"	4.75 mm	0.47	6.60	54.38	45.62
8"	2.36 mm	0.34	4.75	59.14	40.86
16"	1.10 mm	0.39	5.52	64.66	35.34
30"	600 μm	0.99	14.08	78.74	21.26
50"	300 μm	1.17	16.59	95.33	4.67
100"	150 μm	0.24	3.34	98.67	1.33
200"	75 μm	0.06	0.84	99.50	0.50
Fondo		0.04	0.50	100.00	0.00
TOTAL		7.05	100.00		

Elaborado por los autores

A continuación, la curva granulométrica de la calicata N° 2 margen izquierdo según los porcentajes pasantes en cada tamiz estándar:

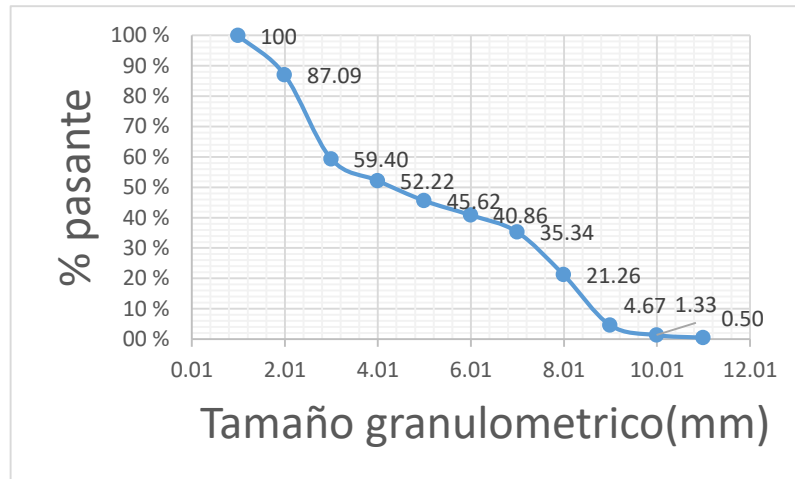


Figura 11 Curva granulométrica calicata N° 2
Fuente propia

Una vez obtenido los datos se precede a hallar el coeficiente de uniformidad y coeficiente de curvatura para los diámetros D10, D30, D60 con las siguientes formulas y obteniendo los datos según tabla:

$$D_x = \left(\frac{D_2 - D_1}{\log \%_{02} - \log \%_{01}} * \log \%_x - \log \%_{01} \right) + D_1$$

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$Cu = \frac{D_{30}^2}{D_{60} * D_{10}}$$

Reemplazando tenemos:

- Calicata 1 – Margen derecho (USMP-24)

$$D_{10} = \left(\frac{0.150 - 0.300}{\log(5.37) - \log(13.55)} * \log(10) - \log(13.55) \right) + 0.300$$

$$D_{10} = 0.04$$

$$D_{30} = \left(\frac{1.10 - 2.36}{\log(28.10) - \log(32.26)} * \log(30) - \log(32.26) \right) + 2.36$$

$$D_{30} = 0.051$$

$$D_{60} = \left(\frac{19 - 37.5}{\log(57.95) - \log(86.06)} * \log(60) - \log(86.06) \right) + 37.5$$

$$D_{60} = 0.086$$

$$Cu = \frac{0.086}{0.04} = 2.15$$

$$Cc = 0.76$$

Interpretación: La investigación da como resultado que la muestra (calicata 1) se trata de un suelo compuesto por grava mal graduada. Ver Anexo

- Calicata 2 – Margen izquierda (USMP-07)

$$D_{10} = \left(\frac{0.300 - 0.600}{\log(4.67) - \log(21.26)} * \log(10) - \log(21.26) \right) + 0.600$$

$$D_{10} = 0.04$$

$$D_{30} = \left(\frac{0.600 - 1.10}{\log(21.26) - \log(35.36)} * \log(30) - \log(35.36) \right) + 1.10$$

$$D_{30} = 0.049$$

$$D_{60} = \left(\frac{19 - 37.5}{\log(59.40) - \log(87.09)} * \log(60) - \log(87.09) \right) + 37.5$$

$$D_{60} = 0.084$$

$$Cu = \frac{0.084}{0.04} = 2.10$$

$$Cc = 0.71$$

Interpretación: La investigación da como resultado que la muestra (calicata 2) se trata de un suelo compuesto por grava mal graduada. Ver Anexo

5.2.3.2. Análisis de corte directo

La finalidad del ensayo de corte directo, es determinar la resistencia de una muestra de suelo, sometida a fatigas y/o deformaciones que simulen las que existen o existirán en terreno producto de la aplicación de una carga.

$$q_u = c' N_c + q N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma$$

Figura 12 Formula de Terzaghi

Fuente: Fundamentos de ingeniería de cimentaciones, Braja M. Das

Donde:

c' = cohesión del suelo

γ = peso específico del suelo

$q = \gamma D_f$

N_c, N_q, N_γ = factores de capacidad de carga que son adimensionales y funciones solo del ángulo de fricción del suelo ϕ'

Tabla 5. Muestra C-1 / Margen Derecho - Bandeja (USMP-24)

Velocidad 34 a 35 mm/min							
Desplazamiento				Muestra 1 1 Kg	Área corregida	Fuerza de corte (Fv)	Resistencia al esfuerzo de corte (τ)
0.00	mm	0.0000	6.0000	0.00	36.000	0.00	0.000
0.10	mm	0.0010	5.9990	1.40	35.994	1.40	0.039
0.20	mm	0.0020	5.9980	2.00	35.988	2.00	0.056
0.30	mm	0.0030	5.9970	2.50	35.982	2.50	0.069
0.40	mm	0.0040	5.9960	3.20	35.976	3.20	0.089
0.50	mm	0.0050	5.9950	3.80	35.970	3.80	0.106
0.60	mm	0.0060	5.9940	4.20	35.964	4.20	0.117
0.70	mm	0.0070	5.9930	4.50	35.958	4.50	0.125
0.80	mm	0.0080	5.9920	4.70	35.952	4.70	0.131
0.90	mm	0.0090	5.9910	4.80	35.946	4.80	0.134
1.00	mm	0.0100	5.9900	4.90	35.940	4.90	0.136
1.10	mm	0.0110	5.9890	5.00	35.934	5.00	0.139
1.20	mm	0.0120	5.9880	5.00	35.928	5.00	0.139
1.30	mm	0.0130	5.9870	5.10	35.922	5.10	0.142
1.40	mm	0.0140	5.9860	5.10	35.916	5.10	0.142
1.50	mm	0.0150	5.9850	5.10	35.910	5.10	0.142
1.60	mm	0.0160	5.9840	5.10	35.904	5.10	0.142
1.70	mm	0.0170	5.9830	5.10	35.898	5.10	0.142
1.80	mm	0.0180	5.9820	5.10	35.892	5.10	0.142

Elaborado por los autores

Tabla 6. Muestra C-1 / Margen Derecho - Bandeja (USMP-24)

Velocidad 34 a 35 mm/min							
Desplazamiento				Muestra 2 2 Kg	Área corregida	Fuerza de corte (Fv)	Resistencia al esfuerzo de corte (τ)
0.00	mm	0.0000	6.0000	0.00	36.000	0.00	0.000
0.10	mm	0.0010	5.9990	3.10	35.994	3.10	0.086
0.20	mm	0.0020	5.9980	4.40	35.988	4.40	0.122
0.30	mm	0.0030	5.9970	5.40	35.982	5.40	0.150
0.40	mm	0.0040	5.9960	6.20	35.976	6.20	0.172
0.50	mm	0.0050	5.9950	6.80	35.970	6.80	0.189
0.60	mm	0.0060	5.9940	7.20	35.964	7.20	0.200
0.70	mm	0.0070	5.9930	7.60	35.958	7.60	0.211
0.80	mm	0.0080	5.9920	7.90	35.952	7.90	0.220
0.90	mm	0.0090	5.9910	8.10	35.946	8.10	0.225
1.00	mm	0.0100	5.9900	8.30	35.940	8.30	0.231
1.10	mm	0.0110	5.9890	8.40	35.934	8.40	0.234
1.20	mm	0.0120	5.9880	8.50	35.928	8.50	0.237
1.30	mm	0.0130	5.9870	8.50	35.922	8.50	0.237
1.40	mm	0.0140	5.9860	8.60	35.916	8.60	0.239
1.50	mm	0.0150	5.9850	8.60	35.910	8.60	0.239
1.60	mm	0.0160	5.9840	8.70	35.904	8.70	0.242
1.70	mm	0.0170	5.9830	8.70	35.898	8.70	0.242
1.80	mm	0.0180	5.9820	8.70	35.892	8.70	0.242

Elaborado por los autores

Tabla 7. Muestra C-1 / Margen Derecho - Bandeja (USMP-24)

Velocidad 34 a 35 mm/min							
Desplazamiento				Muestra 3 4 kg	Área corregida	Fuerza de corte (Fv)	Resistencia al esfuerzo de corte (τ)
0.00	mm	0.0000	6.0000	0.00	36.000	0.00	0.000
0.10	mm	0.0010	5.9990	3.20	35.994	3.20	0.089
0.20	mm	0.0020	5.9980	5.10	35.988	5.10	0.142
0.30	mm	0.0030	5.9970	6.80	35.982	6.80	0.189
0.40	mm	0.0040	5.9960	8.10	35.976	8.10	0.225
0.50	mm	0.0050	5.9950	9.30	35.970	9.30	0.259
0.60	mm	0.0060	5.9940	10.30	35.964	10.30	0.286
0.70	mm	0.0070	5.9930	11.30	35.958	11.30	0.314
0.80	mm	0.0080	5.9920	12.10	35.952	12.10	0.337
0.90	mm	0.0090	5.9910	12.90	35.946	12.90	0.359
1.00	mm	0.0100	5.9900	13.50	35.940	13.50	0.376
1.10	mm	0.0110	5.9890	14.10	35.934	14.10	0.392
1.20	mm	0.0120	5.9880	14.40	35.928	14.40	0.401
1.30	mm	0.0130	5.9870	14.90	35.922	14.90	0.415
1.40	mm	0.0140	5.9860	15.30	35.916	15.30	0.426
1.50	mm	0.0150	5.9850	15.50	35.910	15.50	0.432
1.60	mm	0.0160	5.9840	15.80	35.904	15.80	0.440
1.70	mm	0.0170	5.9830	15.90	35.898	15.90	0.443
1.80	mm	0.0180	5.9820	16.00	35.892	16.00	0.446

Elaborado por los autores

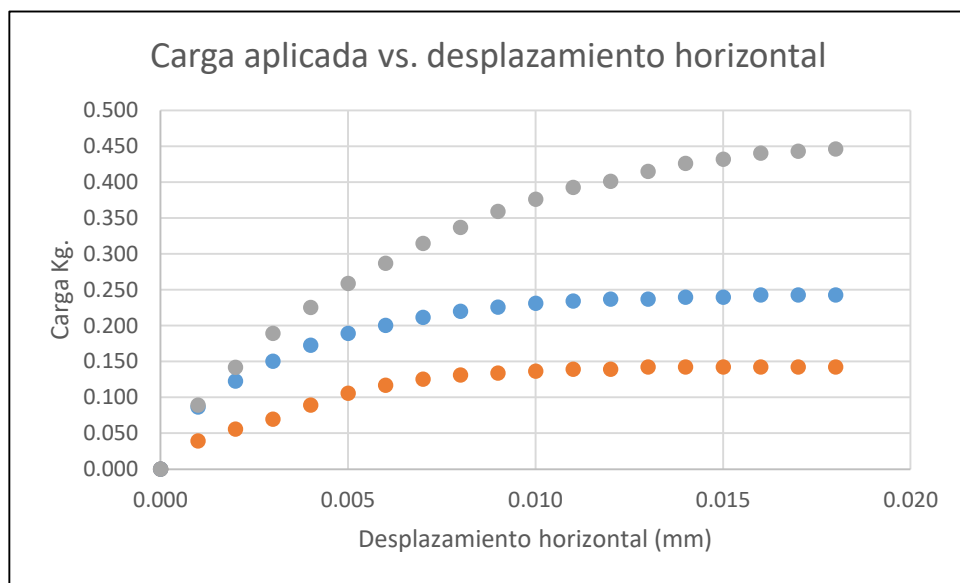


Figura 13 Carga aplicada vs. Desplazamiento horizontal
Elaborado por los autores

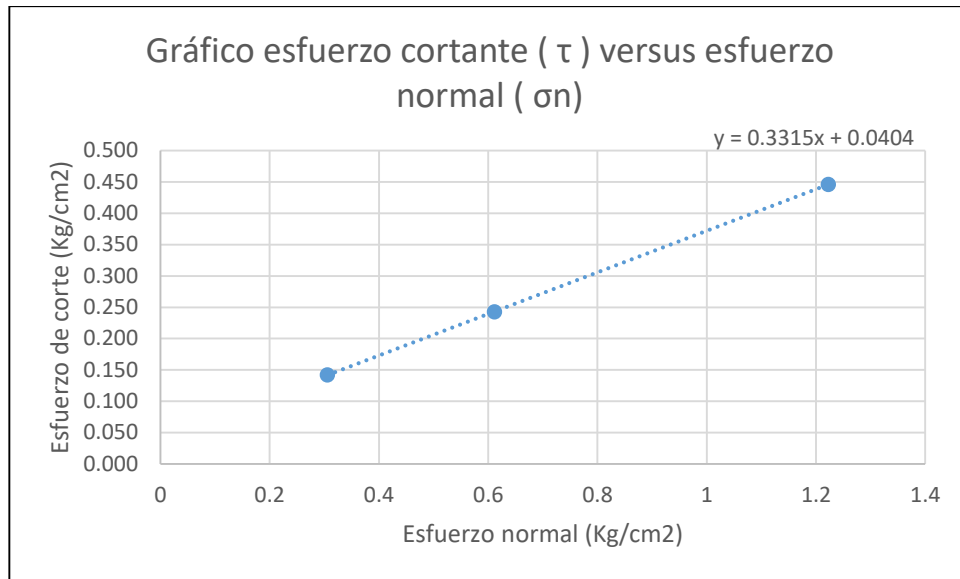


Figura 14 Gráfico esfuerzo cortante (τ) versus esfuerzo normal (σ)
Fuente propia

Reemplazando los datos tenemos:

- $\phi = \text{Arctang}(0.3315)$
 $\phi = 32$
- $\gamma = 0.045$ (resulta de la proyección de la línea de tendencia)
- $q_u = 0.045(35.486) + 2720(23.174) + \frac{1}{2}(2720)(20.784)$
 $q_u = 9.29 / 3$
 $q_u = 3.10 \text{ Kg} / \text{m}^2$

Tabla 8. Muestra C-2 / Margen Izquierdo - Bandeja

Velocidad 34 a 35 mm/min							
Desplazamiento				Muestra 1	Área corregida	Fuerza de corte (Fv)	Resistencia al esfuerzo de corte (τ)
				1 Kg			
0.00	mm	0.0000	6.0000	0.00	36.000	0.00	0.000
0.10	mm	0.0010	5.9990	0.90	35.994	0.90	0.025
0.20	mm	0.0020	5.9980	1.70	35.988	1.70	0.047
0.30	mm	0.0030	5.9970	2.30	35.982	2.30	0.064
0.40	mm	0.0040	5.9960	2.70	35.976	2.70	0.075
0.50	mm	0.0050	5.9950	3.10	35.970	3.10	0.086
0.60	mm	0.0060	5.9940	3.40	35.964	3.40	0.095
0.70	mm	0.0070	5.9930	3.70	35.958	3.70	0.103
0.80	mm	0.0080	5.9920	3.90	35.952	3.90	0.108
0.90	mm	0.0090	5.9910	4.10	35.946	4.10	0.114
1.00	mm	0.0100	5.9900	4.20	35.940	4.20	0.117
1.10	mm	0.0110	5.9890	4.30	35.934	4.30	0.120
1.20	mm	0.0120	5.9880	4.40	35.928	4.40	0.122
1.30	mm	0.0130	5.9870	4.40	35.922	4.40	0.122
1.40	mm	0.0140	5.9860	4.50	35.916	4.50	0.125
1.50	mm	0.0150	5.9850	4.50	35.910	4.50	0.125
1.60	mm	0.0160	5.9840	4.60	35.904	4.60	0.128
1.70	mm	0.0170	5.9830	4.60	35.898	4.60	0.128
1.80	mm	0.0180	5.9820	4.50	35.892	4.50	0.125

Elaborado por los autores

Tabla 9. Muestra C-2 / Margen Izquierdo - Bandeja (USMP-7)

Velocidad 34 a 35 mm/min							
Desplazamiento				Muestra 2	Área corregida	Fuerza de corte (Fv)	Resistencia al esfuerzo de corte (τ)
				2 Kg			
0.00	mm	0.0000	6.0000	0.00	36.000	0.00	0.000
0.10	mm	0.0010	5.9990	3.20	35.994	3.20	0.089
0.20	mm	0.0020	5.9980	4.20	35.988	4.20	0.117
0.30	mm	0.0030	5.9970	5.00	35.982	5.00	0.139
0.40	mm	0.0040	5.9960	5.70	35.976	5.70	0.158
0.50	mm	0.0050	5.9950	6.40	35.970	6.40	0.178
0.60	mm	0.0060	5.9940	6.80	35.964	6.80	0.189
0.70	mm	0.0070	5.9930	7.30	35.958	7.30	0.203
0.80	mm	0.0080	5.9920	7.60	35.952	7.60	0.211
0.90	mm	0.0090	5.9910	7.90	35.946	7.90	0.220
1.00	mm	0.0100	5.9900	8.20	35.940	8.20	0.228
1.10	mm	0.0110	5.9890	8.40	35.934	8.40	0.234
1.20	mm	0.0120	5.9880	8.60	35.928	8.60	0.239
1.30	mm	0.0130	5.9870	8.80	35.922	8.80	0.245
1.40	mm	0.0140	5.9860	8.90	35.916	8.90	0.248
1.50	mm	0.0150	5.9850	8.90	35.910	8.90	0.248
1.60	mm	0.0160	5.9840	9.00	35.904	9.00	0.251
1.70	mm	0.0170	5.9830	9.00	35.898	9.00	0.251
1.80	mm	0.0180	5.9820	9.00	35.892	9.00	0.251

Elaborado por los autores

Tabla 10. Muestra C-2 / Margen Izquierdo - Bandeja (USMP-7)

Velocidad 34 a 35 mm/min							
Desplazamiento				Muestra 3	Área corregida	Fuerza de corte (Fv)	Resistencia al esfuerzo de corte (τ)
				4 kg			
0.00	mm	0.0000	6.0000	0.00	36.000	0.00	0.000
0.10	mm	0.0010	5.9990	3.50	35.994	3.50	0.097
0.20	mm	0.0020	5.9980	5.70	35.988	5.70	0.158
0.30	mm	0.0030	5.9970	7.30	35.982	7.30	0.203
0.40	mm	0.0040	5.9960	8.60	35.976	8.60	0.239
0.50	mm	0.0050	5.9950	9.70	35.970	9.70	0.270
0.60	mm	0.0060	5.9940	10.50	35.964	10.50	0.292
0.70	mm	0.0070	5.9930	11.20	35.958	11.20	0.311
0.80	mm	0.0080	5.9920	11.80	35.952	11.80	0.328
0.90	mm	0.0090	5.9910	12.30	35.946	12.30	0.342
1.00	mm	0.0100	5.9900	12.70	35.940	12.70	0.353
1.10	mm	0.0110	5.9890	13.00	35.934	13.00	0.362
1.20	mm	0.0120	5.9880	13.20	35.928	13.20	0.367
1.30	mm	0.0130	5.9870	13.40	35.922	13.40	0.373
1.40	mm	0.0140	5.9860	13.60	35.916	13.60	0.379
1.50	mm	0.0150	5.9850	13.70	35.910	13.70	0.382
1.60	mm	0.0160	5.9840	13.70	35.904	13.70	0.382
1.70	mm	0.0170	5.9830	13.80	35.898	13.80	0.384
1.80	mm	0.0180	5.9820	13.80	35.892	13.80	0.384

Elaborado por los autores

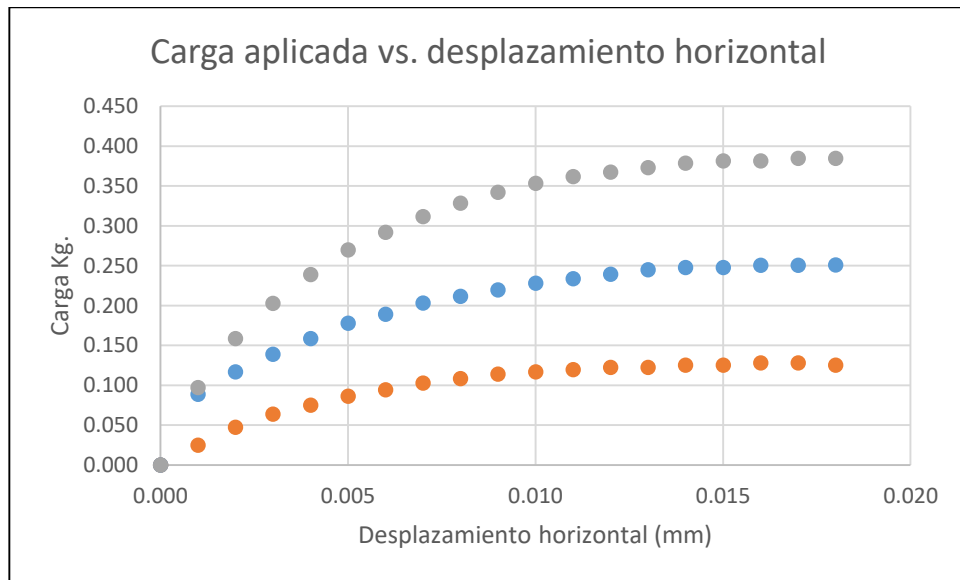


Figura 15 Carga aplicada vs. Desplazamiento horizontal

Elaboración propia

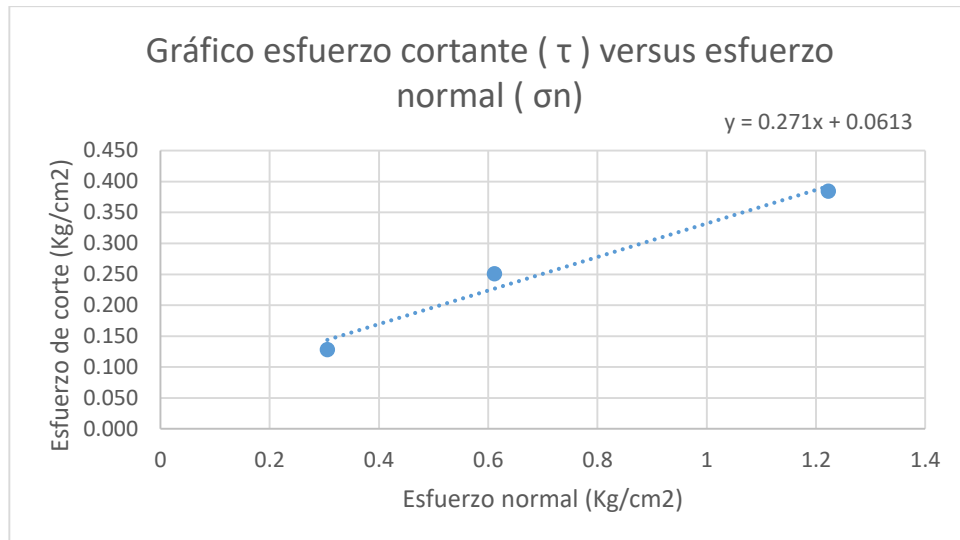


Figura 16 Gráfico esfuerzo cortante (τ) versus esfuerzo normal (σ)
Elaboración propia

Reemplazando los datos tenemos:

- $\phi = \text{Arctang}(0.271)$
 $\phi = 31$
- $\gamma = 0.065$ (resulta de la proyección de la línea de tendencia)
- $q_u = 0.065(32.668) + 2720(20.629) + \frac{1}{2}(2720)(17.691)$
 $q_u = 8.16 / 3$
 $q_u = 2.74 \text{ Kg} / \text{m}^2$

5.2.3.3. Análisis de consolidación

Datos de Laboratorio Muestra C – 1 / Margen Derecho

Tabla 11. Muestra C-1 / Margen derecho - Bandeja (USMP-24)

DIMENSIONES DEL ANILLO			B	
ALTURA	2.1	cm	0.83	plg.
DIÁMETRO	6.35	cm	2.50	plg.
ÁREA	31.67	cm ²		
Peso Unitario inicial			2.252	g/cm ³

Elaborado por los autores

Tabla 12. Datos Gs

DATOS DEL Gs	
Peso Seco gr.	500.00
Pignometro + agua gr.	1222.00
Peso total	1619.00

Elaborado por los autores

Tabla 13. Grado de saturación

GRADO DE SATURACIÓN %	
Inicial	100
Final	100

Gs : 2.72

Elaborado por los autores

Tabla 14. Contenido de Humedad

CONTENIDO DE HUMEDAD			
PESO DE LA MUESTRA		Inicial	Final
Peso anillo+muestra hum.	g	238.32	224.33
Peso anillo+muestra seca.	g	189.63	196.41
Peso anillo	g	97.63	97.63
Peso del agua	Ws	67.12	45.27
Peso suelo seco	%	92.00	98.78
Humedad	%	58.76	40.34

Elaborado por los autores

$$\text{Altura de sólidos, } 2H_o = \frac{W_s}{G_s * D_w * A} = 2.0846 \text{ cm} = 0.8207 \text{ plg}$$

$$e = \frac{2H - 2H_o}{2H_o} = 140.69$$

Tabla 15. Muestra C-1 / Margen Derecho (3kg.)

Muestra C-1 / Margen Derecho														
Bandeja (USMP-24)														
Tiempo		Raiz de T	Peso	1"/10000		Conversión	Peso	1"/10000		Conversión	Peso	1"/10000		Conversion
0	min	0.0000	1.00 kg	2	0.00	0.10160	3.00 kg	2	5.75	0.11621	7.00 kg	2	14.02	0.13721
0.1	min	0.3162	1.00 kg	2	3.05	0.10935	3.00 kg	2	10.35	0.12789	7.00 kg	3	1.78	0.15692
0.25	min	0.5000	1.00 kg	2	3.30	0.10998	3.00 kg	2	10.60	0.12852	7.00 kg	3	2.00	0.15748
0.5	min	0.7071	1.00 kg	2	3.52	0.11054	3.00 kg	2	10.80	0.12903	7.00 kg	3	2.10	0.15773
1	min	1.0000	1.00 kg	2	3.55	0.11062	3.00 kg	2	11.05	0.12967	7.00 kg	3	2.20	0.15799
2	min	1.4142	1.00 kg	2	3.70	0.11100	3.00 kg	2	11.25	0.13018	7.00 kg	3	2.40	0.15850
4	min	2.0000	1.00 kg	2	3.85	0.11138	3.00 kg	2	11.47	0.13073	7.00 kg	3	2.51	0.15878
8	min	2.8284	1.00 kg	2	3.95	0.11163	3.00 kg	2	11.70	0.13132	7.00 kg	3	2.80	0.15951
15	min	3.8730	1.00 kg	2	4.05	0.11189	3.00 kg	2	11.92	0.13188	7.00 kg	3	3.10	0.16027
30	min	5.4772	1.00 kg	2	4.20	0.11227	3.00 kg	2	12.20	0.13259	7.00 kg	3	3.50	0.16129
60	min	7.7460	1.00 kg	2	4.25	0.11240	3.00 kg	2	12.75	0.13399	7.00 kg	3	3.70	0.16180
120	min	10.9545	1.00 kg	2	4.40	0.11278	3.00 kg	2	13.02	0.13467	7.00 kg	3	3.97	0.16248
240	min	15.4919	1.00 kg	2	4.68	0.11349	3.00 kg	2	13.18	0.13508	7.00 kg	3	4.22	0.16312
480	min	21.9089	1.00 kg	2	5.00	0.11430	3.00 kg	2	13.72	0.13645	7.00 kg	3	4.65	0.16421
1440	min	37.9473	1.00 kg	2	5.75	0.11621	3.00 kg	2	14.02	0.13721	7.00 kg	3	5.72	0.16693

Elaborado por los autores

Tabla 16. Muestra C-1 / Margen Derecho (31 Kg.)

Muestra C-1 / Margen Derecho												Bandeja (USMP-24)			
Peso	1"/10000	Conversión	Peso	1"/10000	Conversión	Peso	1"/10000	Conversión	Peso	1"/10000	Conversión				
15.00 kg	3	5.72	0.16693	31.00 kg	4	17.72	0.24821	63.00 kg	5	9.80	0.27889	31.00 kg	6	8.75	0.32703
15.00 kg	4	11.45	0.23228	31.00 kg	5	3.40	0.26264	63.00 kg	6	1.00	0.30734	31.00 kg	6	5.80	0.31953
15.00 kg	4	11.75	0.23305	31.00 kg	5	3.90	0.26391	63.00 kg	6	1.30	0.30810	31.00 kg	6	5.50	0.31877
15.00 kg	4	12.00	0.23368	31.00 kg	5	4.50	0.26543	63.00 kg	6	1.70	0.30912	31.00 kg	6	5.40	0.31852
15.00 kg	4	12.30	0.23444	31.00 kg	5	5.00	0.26670	63.00 kg	6	2.10	0.31013	31.00 kg	6	5.28	0.31821
15.00 kg	4	12.60	0.23520	31.00 kg	5	5.45	0.26784	63.00 kg	6	2.70	0.31166	31.00 kg	6	5.15	0.31788
15.00 kg	4	12.95	0.23609	31.00 kg	5	5.92	0.26904	63.00 kg	6	3.05	0.31255	31.00 kg	6	5.05	0.31763
15.00 kg	4	13.25	0.23686	31.00 kg	5	6.38	0.27021	63.00 kg	6	3.65	0.31407	31.00 kg	6	4.95	0.31737
15.00 kg	4	13.52	0.23754	31.00 kg	5	6.80	0.27127	63.00 kg	6	4.20	0.31547	31.00 kg	6	4.80	0.31699
15.00 kg	4	13.85	0.23838	31.00 kg	5	7.28	0.27249	63.00 kg	6	4.95	0.31737	31.00 kg	6	4.75	0.31687
15.00 kg	4	14.25	0.23940	31.00 kg	5	7.75	0.27369	63.00 kg	6	5.55	0.31890	31.00 kg	6	4.60	0.31648
15.00 kg	4	14.60	0.24028	31.00 kg	5	8.28	0.27503	63.00 kg	6	6.20	0.32055	31.00 kg	6	4.50	0.31623
15.00 kg	4	14.98	0.24125	31.00 kg	5	9.35	0.27775	63.00 kg	6	6.70	0.32182	31.00 kg	6	4.42	0.31603
15.00 kg	4	15.75	0.24321	31.00 kg	5	9.50	0.27813	63.00 kg	6	7.10	0.32283	31.00 kg	6	4.35	0.31585
15.00 kg	4	17.32	0.24719	31.00 kg	5	9.80	0.27889	63.00 kg	6	8.75	0.32703	31.00 kg	6	4.15	0.31534

Elaborado por los autores

Tabla 17. Muestra C-1 / Margen Derecho (7Kg.)

Muestra C-1 / Margen Derecho			Bandeja (USMP-24)				
Peso	1"/10000	Conversión	Peso	1"/10000	Conversión		
15.00 kg	6	4.15	0.31534	7.00 kg	5	18.40	0.30074
15.00 kg	6	1.15	0.30772	7.00 kg	5	15.80	0.29413
15.00 kg	6	1.00	0.30734	7.00 kg	5	15.70	0.29388
15.00 kg	6	0.90	0.30709	7.00 kg	5	15.60	0.29362
15.00 kg	6	0.72	0.30663	7.00 kg	5	15.45	0.29324
15.00 kg	6	0.52	0.30612	7.00 kg	5	15.20	0.29261
15.00 kg	6	0.32	0.30561	7.00 kg	5	15.05	0.29223
15.00 kg	6	0.10	0.30505	7.00 kg	5	14.85	0.29172
15.00 kg	5	19.88	0.30450	7.00 kg	5	14.68	0.29129
15.00 kg	5	19.65	0.30391	7.00 kg	5	14.35	0.29045
15.00 kg	5	19.22	0.30282	7.00 kg	5	14.10	0.28981
15.00 kg	5	19.10	0.30251	7.00 kg	5	13.80	0.28905
15.00 kg	5	19.00	0.30226	7.00 kg	5	13.65	0.28867
15.00 kg	5	18.80	0.30175	7.00 kg	5	13.40	0.28804
15.00 kg	5	18.40	0.30074	7.00 kg	5	12.85	0.28664

Elaborado por los autores

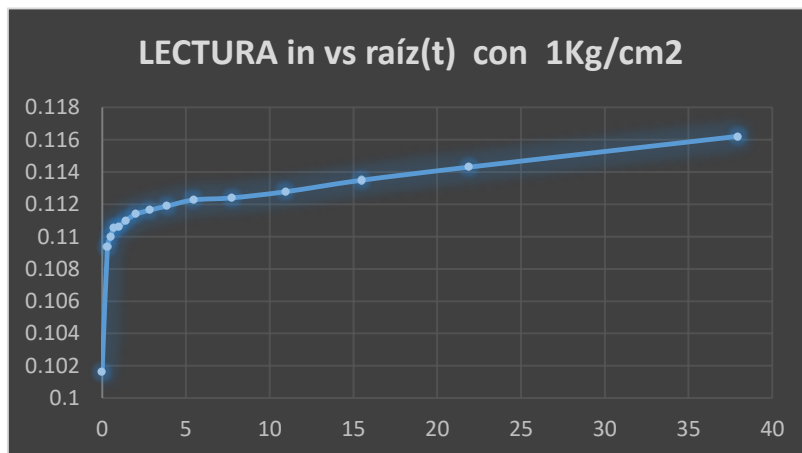


Figura 17 In vs raíz 1 Kg/cm2

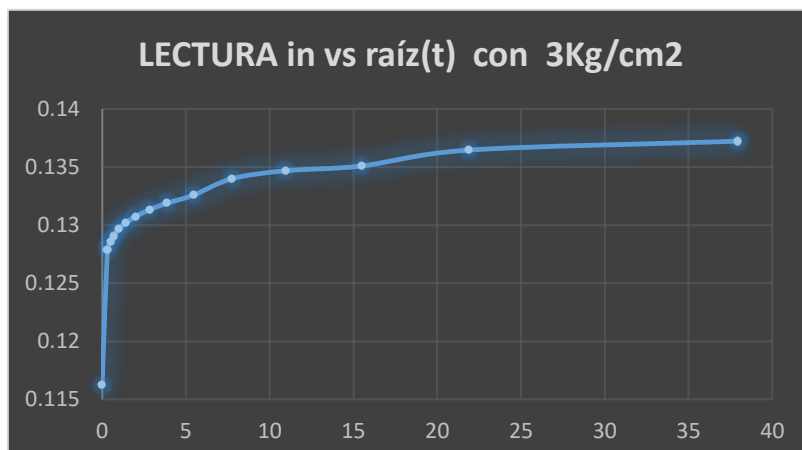


Figura 18 In vs raíz 3 Kg/cm2

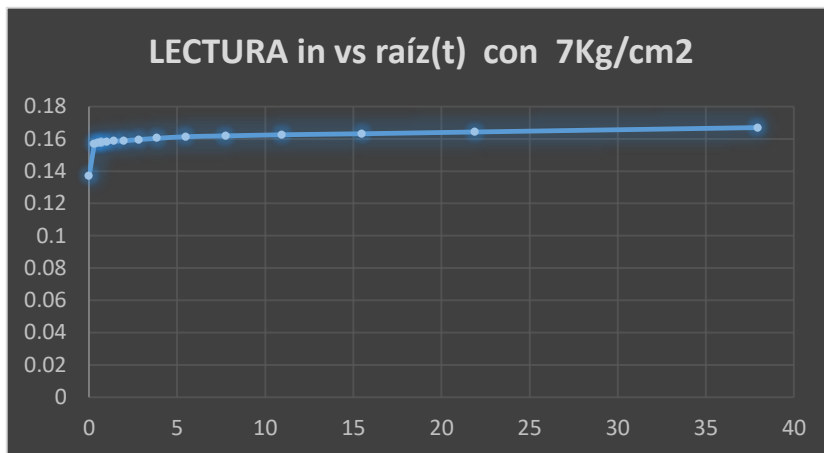


Figura 19 In vs raíz 7 Kg/cm2

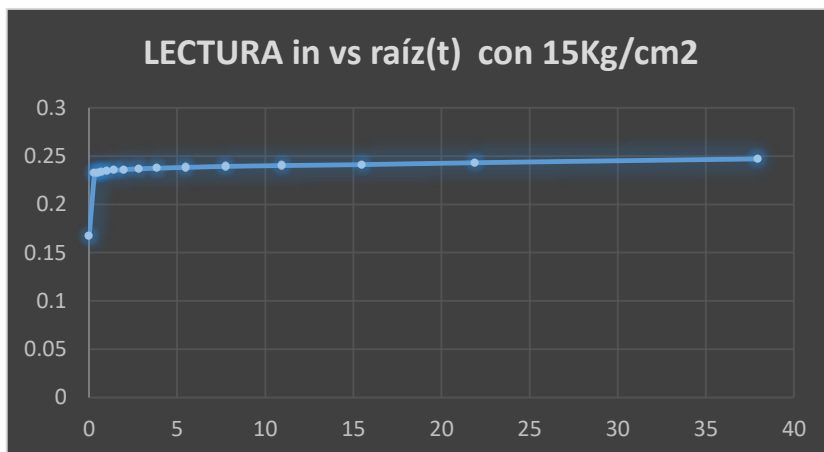


Figura 20 In vs raíz 15 Kg/cm2

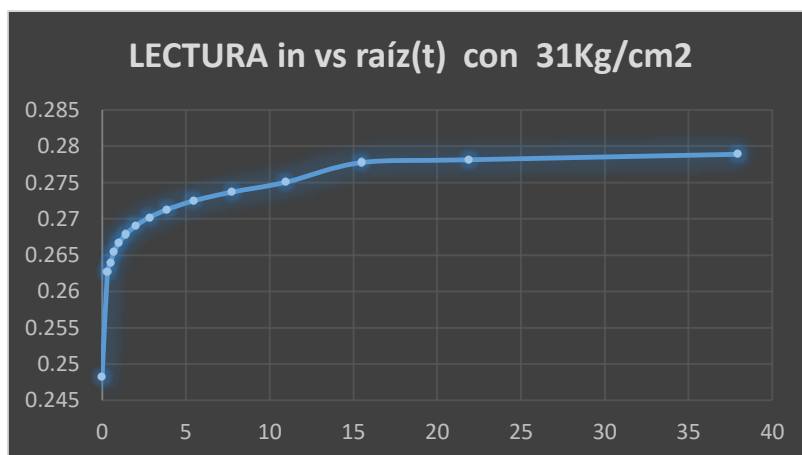


Figura 21 In vs raíz 31 Kg/cm2

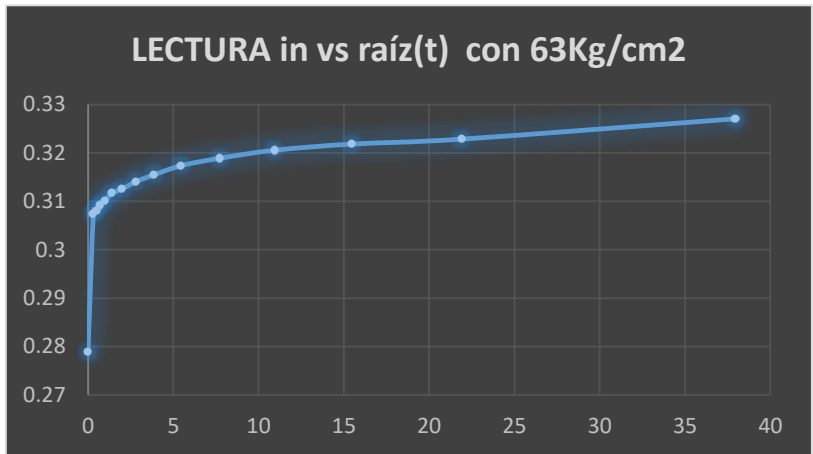


Figura 22 In vs raíz 63 Kg/cm2

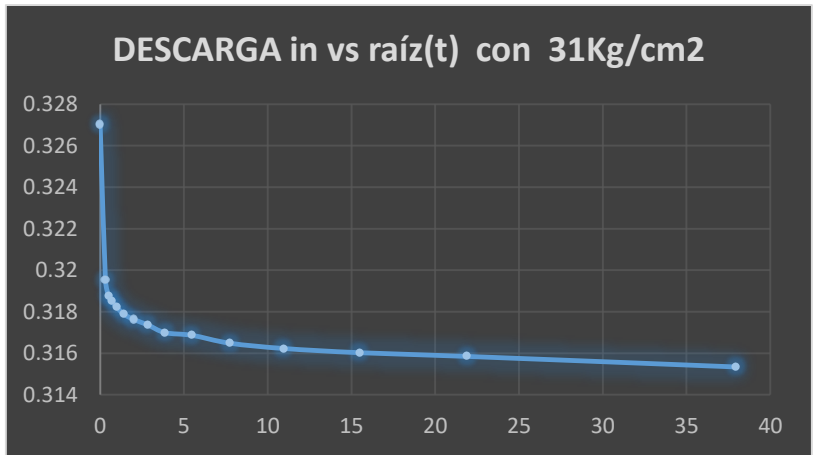


Figura 23 In vs raíz 31 Kg/cm2

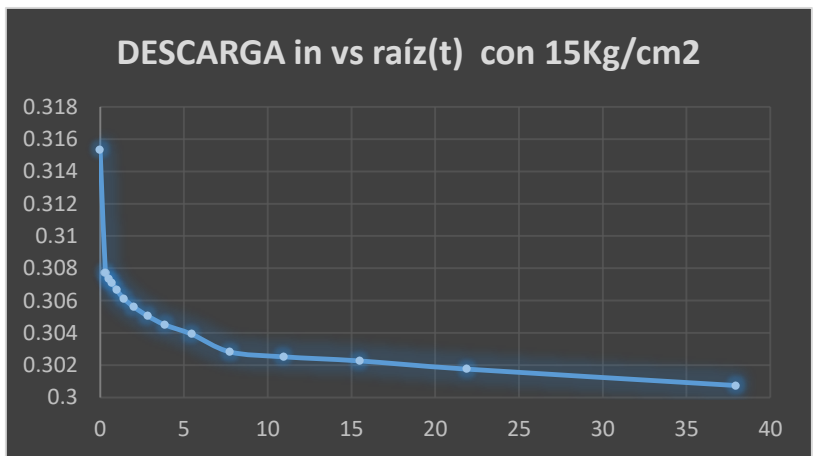


Figura 24 In vs raíz 15 Kg/cm2

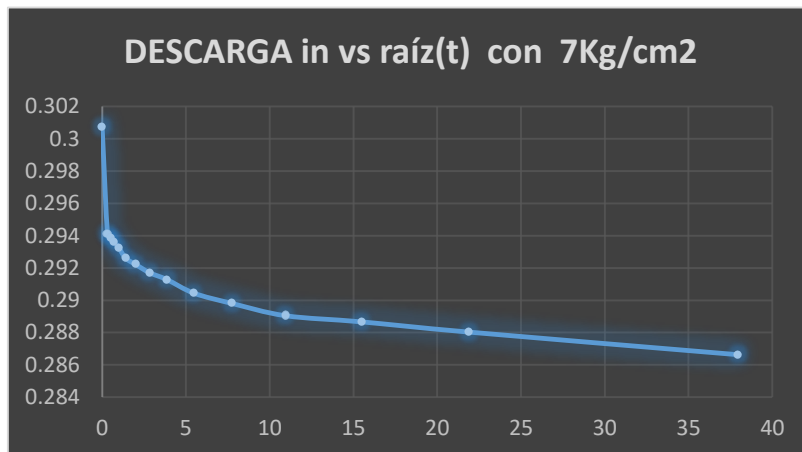


Figura 25 In vs raíz 7 Kg/cm2

Tabla 18. Resultado final - Consolidación

Carga Aplicada (Kg/cm2)	Tiempo min	Lectura Final (plg.)	2H (plg.)	Altura de vacíos (plg.) 2H - 2Ho	Relación de vacíos e
0.00	1440	0.10160	0.7252	0.3043	0.7229
1.00	2880	0.11621	0.7106	0.2897	0.6882
3.00	4320	0.13721	0.6896	0.2687	0.6383
7.00	5760	0.16693	0.6598	0.2389	0.5677
15.00	7200	0.24719	0.5796	0.1587	0.3770
31.00	8640	0.27889	0.5479	0.1270	0.3017
62.00	10080	0.32703	0.4997	0.0788	0.1873
31.00	11520	0.31534	0.5114	0.0905	0.2151
15.00	12960	0.30074	0.5260	0.1051	0.2498
7.00	14400	0.28664	0.5401	0.1192	0.2833

Elaborado por los autores

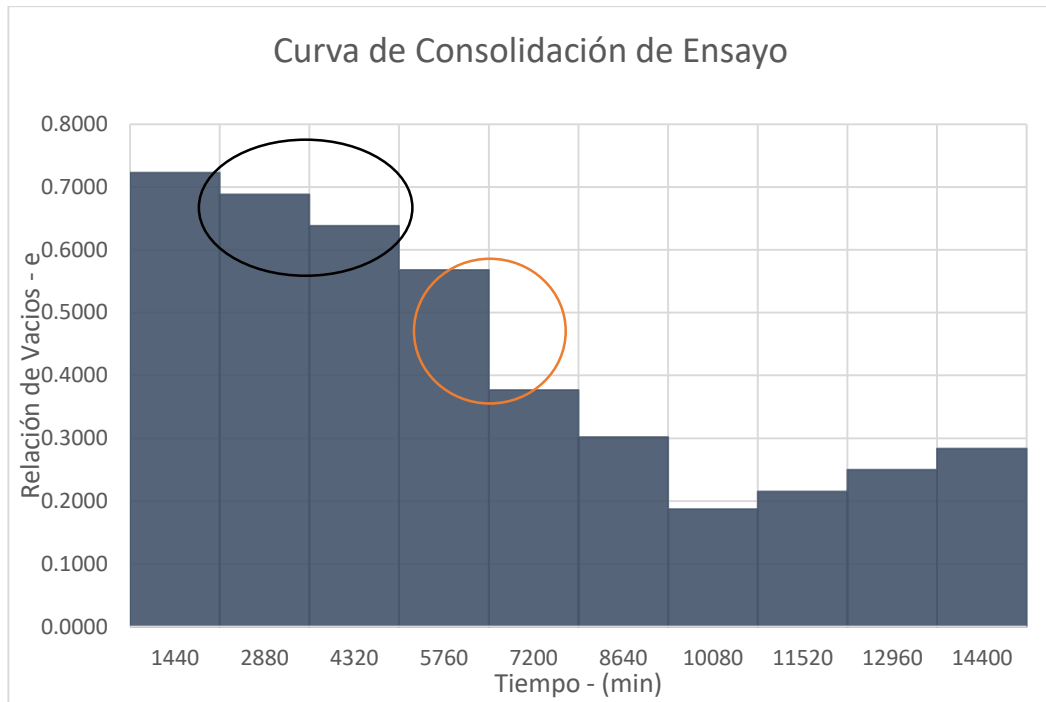


Figura 26 Curva de consolidación de Ensayo

Relación de vacíos inicial		
e_0	=	0.5677

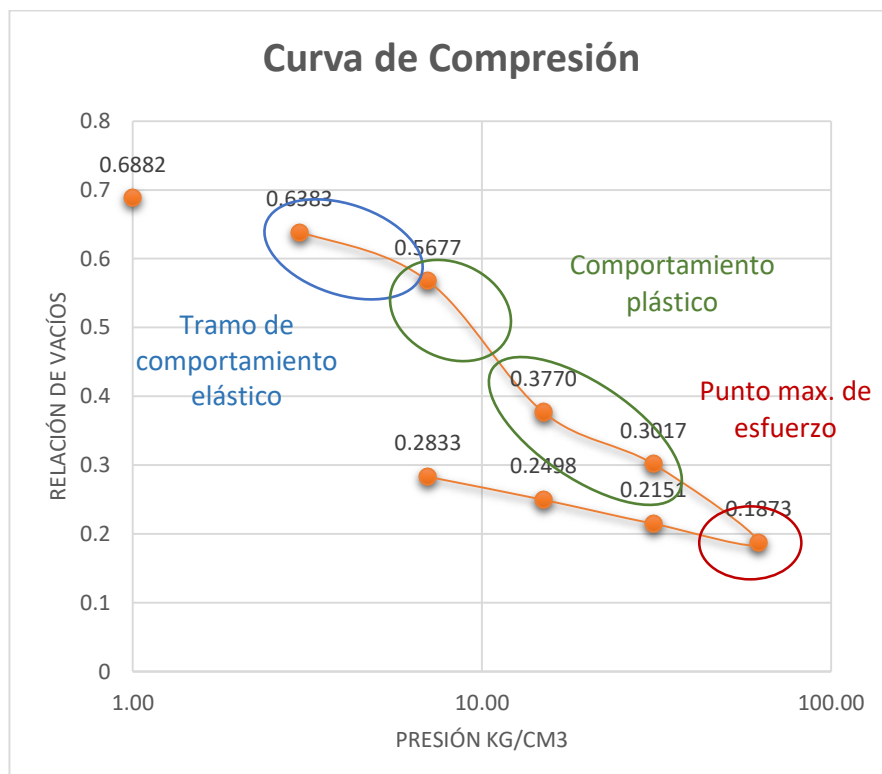


Figura 27 Curva de compresión

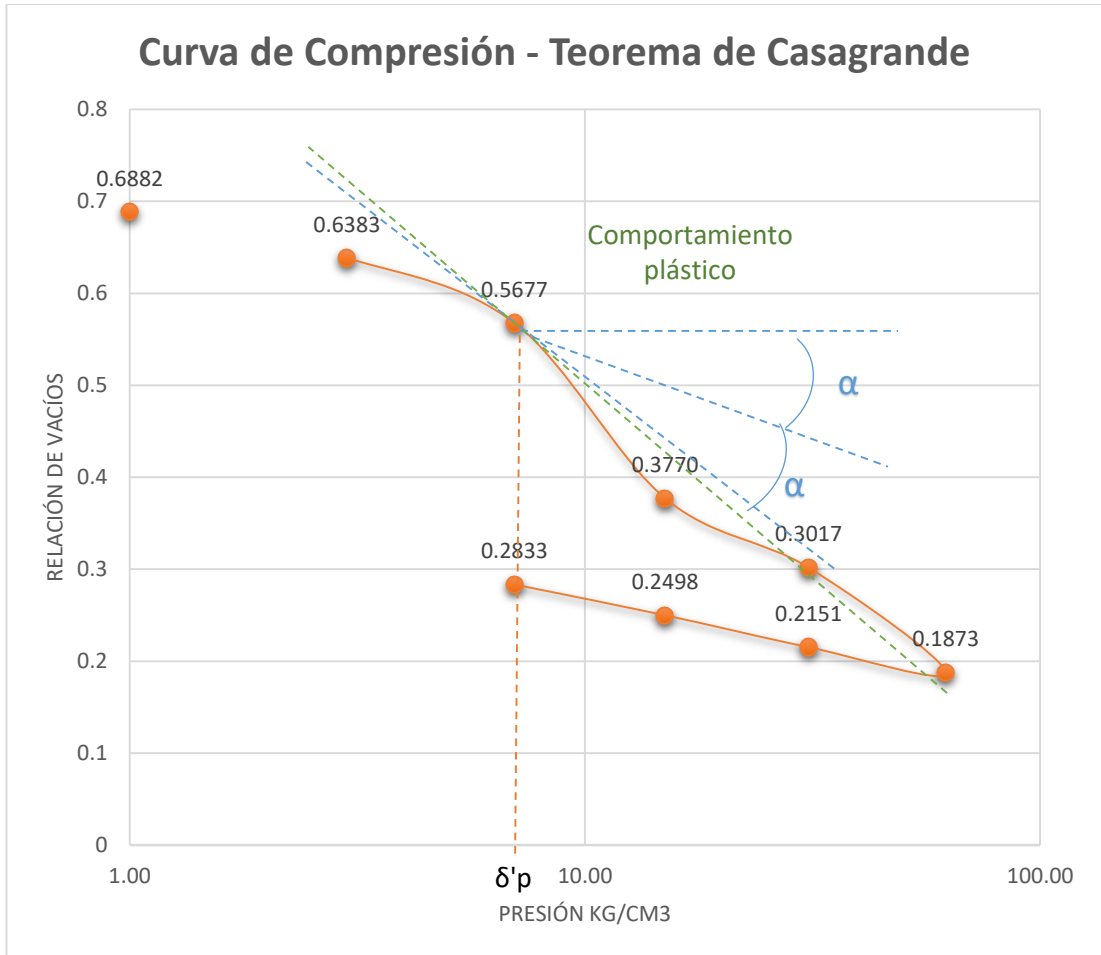


Figura 28 Curva de compresión – teorema de casagrande

Esfuerzo de preconsolidacion		
$\delta'p$	=	8.40 Kpa

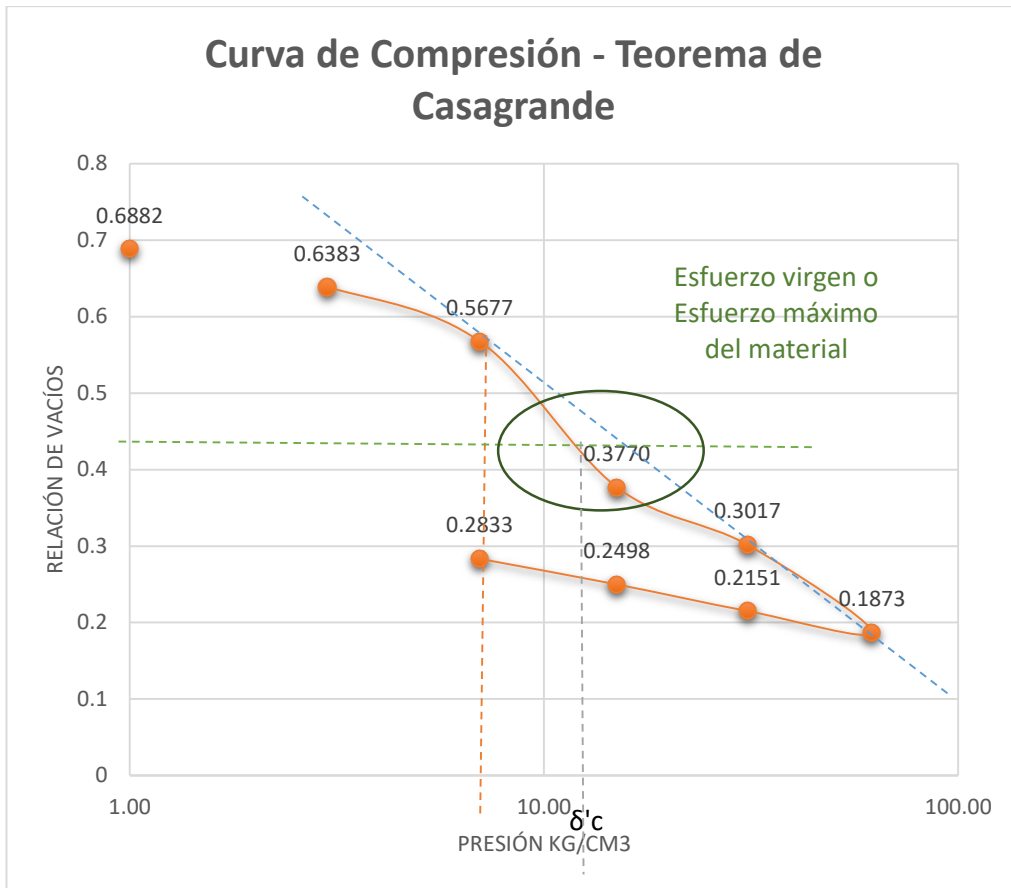


Figura 29 Curva de compresión – Teorema de casagrande

Trazo de línea horizontal			
L.h.	=	$0.42 \times e_o$	= 0.2384
L.h.	=	$L.h. + 0.1897$	= 0.4281

Esfuerzo de estado virgen		
δ'c	=	18.57 Kpa

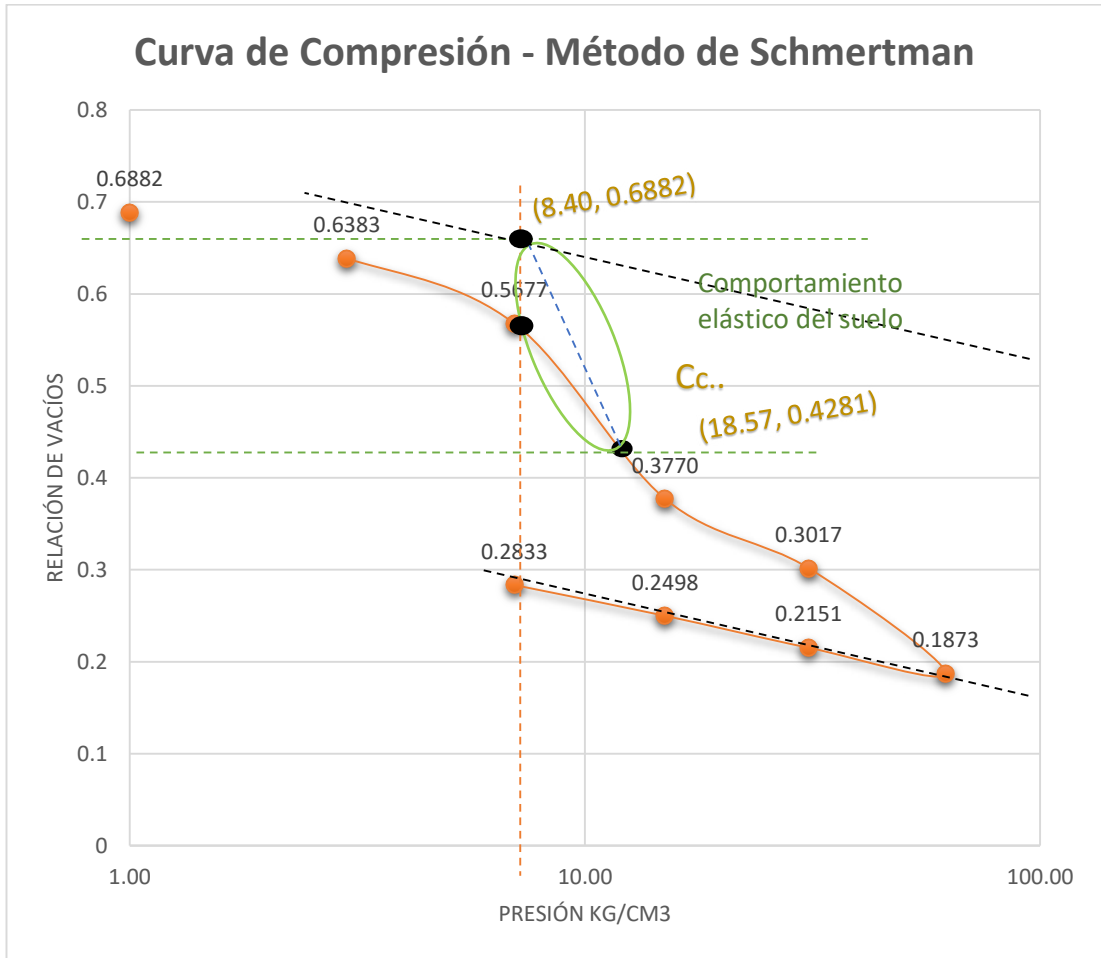


Figura 30 Curva de compresión – método de Schamertman

Esfuerzo de estado virgen	
$\delta'c$	= 18.57 Kpa

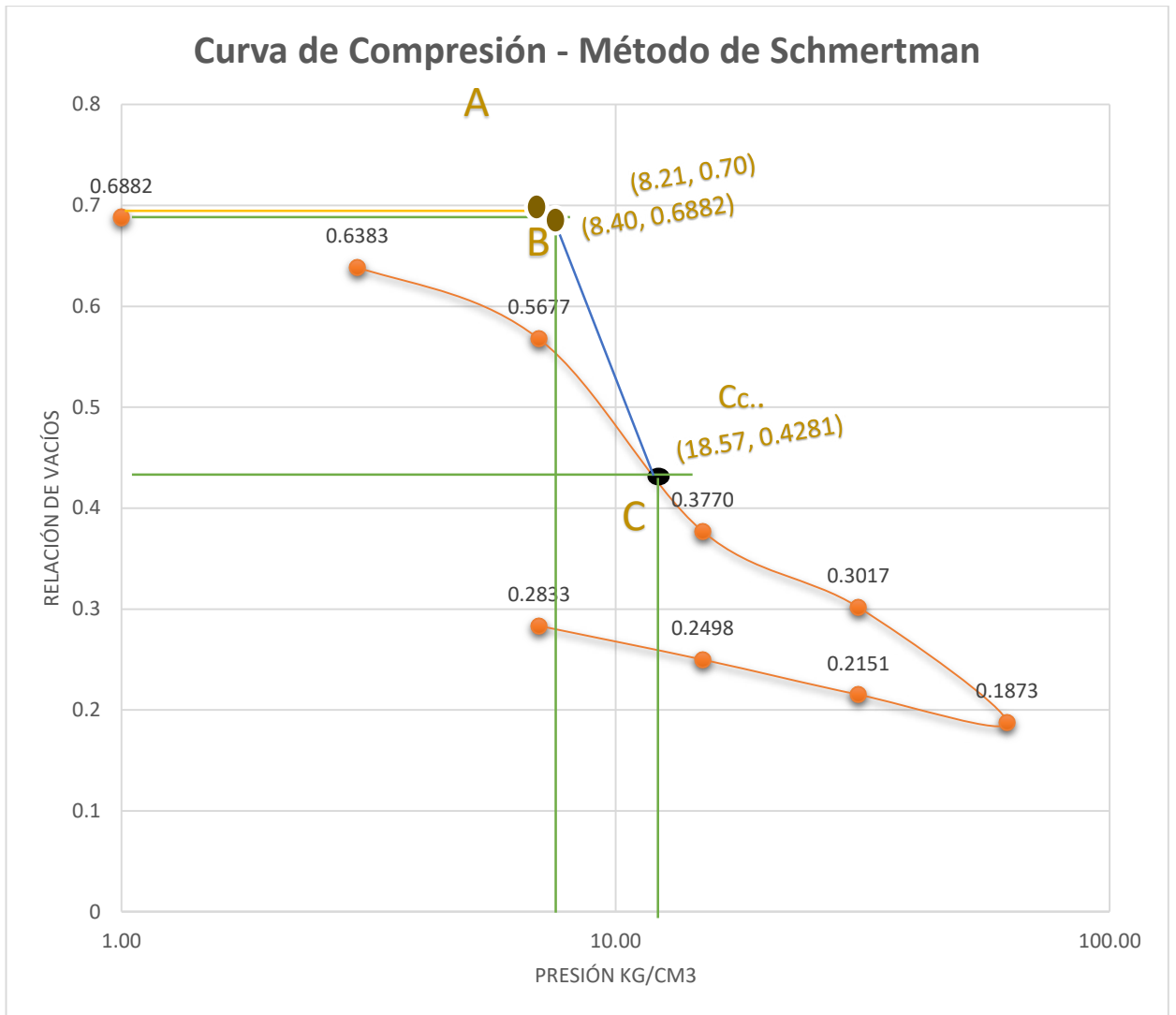


Figura 31 Curva de compresión – método de Schamertman

**Valor del índice de re
compresión del suelo**

$$C_r = \frac{e_B - e_A}{\text{Log}(\sigma_B) - \text{Log}(\sigma_A)}$$

$$C_r = \frac{0.6882 - 0.70}{\text{Log}(8.40) - \text{Log}(8.21)}$$

$$C_r = -1.188$$

**Valor del índice de
compresión del suelo**

$$C_c = \frac{e_c - e_B}{\text{Log}(\sigma_c) - \text{Log}(\sigma_B)}$$

$$C_c = \frac{0.4281 - 0.6882}{\text{Log}(18.57) - \text{Log}(8.40)}$$

$$C_c = -0.748$$

Datos de laboratorio muestra C – 2 / margen izquierdo

Tabla 19. Muestra C-2 / Margen izquierda – bandeja (USMP-7)

DIMENSIONES DEL ANILLO		A	
ALTURA	2.1 cm	0.83	plg.
DIÁMETRO	6.35 cm	2.50	plg.
ÁREA	31.67 cm ²		
Peso Unitario inicial		2.252	g/cm ³

Elaborado por los autores

Tabla 20. Datos Gs

DATOS DEL Gs	
Peso Seco gr.	500.00
Pignometro + agua gr.	1222.00
Peso total	1538.00

Elaborado por los autores

Tabla 21. Grados de saturación

GRADO DE SATURACIÓN %	
Inicial	100
Final	100

Gs : 2.72

Elaborado por los autores

Tabla 22. Contenido de humedad

CONTENIDO DE HUMEDAD			
PESO DE LA MUESTRA		Inicial	Final
Peso anillo+muestra hum.	g	247.41	235.63
Peso anillo+muestra seca.	g	189.63	196.41
Peso anillo	g	97.63	97.63
Peso del agua	Ws	57.78	39.22
Peso suelo seco	%	92.00	98.78
Humedad	%	62.80	39.70

Elaborado por los autores

$$\text{Altura de sólidos, } 2H_o = \frac{W_s}{G_s * D_w * A} = 1.0691 \text{ cm} = 0.4209 \text{ plg}$$

$$e = \frac{2H - 2H_o}{2H_o} = 149.78$$

Tabla 23. Muestra C-2 / Margen izquierdo

Muestra C-2 / Margen izquierdo														
Muestra C-2 / Margen izquierdo							Bandeja (USMP-7)							
Tiempo		Raiz de T	Peso	1"/10000		Conversión	Peso	1"/10000		Conversión	Peso	1"/10000		Conversión
0	min	0.0000	1.00 kg	3	0.00	0.15240	3.00 kg	3	4.05	0.16269	7.00 kg	3	12.72	0.18471
0.1	min	0.3162	1.00 kg	3	2.30	0.15824	3.00 kg	3	8.45	0.17386	7.00 kg	3	18.50	0.19939
0.25	min	0.5000	1.00 kg	3	2.45	0.15862	3.00 kg	3	8.65	0.17437	7.00 kg	3	18.00	0.19812
0.5	min	0.7071	1.00 kg	3	2.52	0.15880	3.00 kg	3	8.80	0.17475	7.00 kg	3	19.20	0.20117
1	min	1.0000	1.00 kg	3	2.65	0.15913	3.00 kg	3	8.98	0.17521	7.00 kg	3	19.35	0.20155
2	min	1.4142	1.00 kg	3	2.75	0.15939	3.00 kg	3	9.15	0.17564	7.00 kg	3	19.65	0.20231
4	min	2.0000	1.00 kg	3	2.85	0.15964	3.00 kg	3	9.35	0.17615	7.00 kg	3	19.85	0.20282
8	min	2.8284	1.00 kg	3	3.00	0.16002	3.00 kg	3	9.52	0.17658	7.00 kg	4	0.28	0.20391
15	min	3.8730	1.00 kg	3	3.08	0.16022	3.00 kg	3	9.77	0.17722	7.00 kg	4	0.50	0.20447
30	min	5.4772	1.00 kg	3	3.21	0.16055	3.00 kg	3	10.00	0.17780	7.00 kg	4	0.78	0.20518
60	min	7.7460	1.00 kg	3	3.32	0.16083	3.00 kg	3	10.20	0.17831	7.00 kg	4	1.08	0.20594
120	min	10.9545	1.00 kg	3	3.48	0.16124	3.00 kg	3	10.62	0.17937	7.00 kg	4	1.42	0.20681
240	min	15.4919	1.00 kg	3	3.60	0.16154	3.00 kg	3	10.68	0.17953	7.00 kg	4	1.72	0.20757
480	min	21.9089	1.00 kg	3	3.80	0.16205	3.00 kg	3	10.98	0.18029	7.00 kg	4	2.00	0.20828
1440	min	37.9473	1.00 kg	3	4.05	0.16269	3.00 kg	3	12.72	0.18471	7.00 kg	4	3.25	0.21146

Elaborado por los autores

Tabla 24. Muestra C-2 / Margen izquierdo

Muestra C-2 / Margen Izquierdo												Bandeja (USMP-7)			
Peso	1"/10000	Conversion	Peso	1"/10000	Conversion	Peso	1"/10000	Conversion	Peso	1"/10000	Conversion	Peso	1"/10000	Conversion	
15.00 kg	4	3.25	0.21146	31.00 kg	4	15.50	0.24257	63.00 kg	5	17.75	0.29909	31.00 kg	6	19.90	0.35535
15.00 kg	4	6.60	0.21996	31.00 kg	5	10.00	0.27940	63.00 kg	6	13.10	0.33807	31.00 kg	6	15.95	0.34531
15.00 kg	4	6.70	0.22022	31.00 kg	5	10.70	0.28118	63.00 kg	6	13.30	0.33858	31.00 kg	6	15.90	0.34519
15.00 kg	4	6.95	0.22085	31.00 kg	5	11.30	0.28270	63.00 kg	6	13.50	0.33909	31.00 kg	6	15.75	0.34481
15.00 kg	4	7.58	0.22245	31.00 kg	5	11.85	0.28410	63.00 kg	6	13.70	0.33960	31.00 kg	6	15.65	0.34455
15.00 kg	4	7.70	0.22276	31.00 kg	5	12.40	0.28550	63.00 kg	6	13.90	0.34011	31.00 kg	6	15.55	0.34430
15.00 kg	4	7.85	0.22314	31.00 kg	5	13.00	0.28702	63.00 kg	6	14.10	0.34061	31.00 kg	6	15.45	0.34404
15.00 kg	4	7.95	0.22339	31.00 kg	5	13.60	0.28854	63.00 kg	6	14.90	0.34265	31.00 kg	6	15.30	0.34366
15.00 kg	4	8.25	0.22416	31.00 kg	5	14.10	0.28981	63.00 kg	6	15.40	0.34392	31.00 kg	6	15.22	0.34346
15.00 kg	4	8.65	0.22517	31.00 kg	5	14.65	0.29121	63.00 kg	6	17.38	0.34895	31.00 kg	6	15.15	0.34328
15.00 kg	4	9.15	0.22644	31.00 kg	5	15.30	0.29286	63.00 kg	6	17.40	0.34900	31.00 kg	6	15.02	0.34295
15.00 kg	4	9.50	0.22733	31.00 kg	5	15.80	0.29413	63.00 kg	6	17.90	0.35027	31.00 kg	6	14.95	0.34277
15.00 kg	4	10.45	0.22974	31.00 kg	5	16.38	0.29561	63.00 kg	6	18.45	0.35166	31.00 kg	6	14.85	0.34252
15.00 kg	4	11.30	0.23190	31.00 kg	5	17.02	0.29723	63.00 kg	6	19.00	0.35306	31.00 kg	6	14.62	0.34193
15.00 kg	4	15.50	0.24257	31.00 kg	5	17.75	0.29909	63.00 kg	6	19.90	0.35535	31.00 kg	6	14.55	0.34176

Elaborado por los autores

Tabla 25. Muestra C-2 / Margen izquierdo

Muestra C-2 / Margen Izquierdo				Bandeja (USMP-7)			
Peso	1"/10000		Conversión	Peso	1"/10000		Conversión
15.00 kg	6	14.55	0.34176	7.00 kg	6	9.00	0.32766
15.00 kg	6	11.30	0.33350	7.00 kg	6	5.00	0.31750
15.00 kg	6	11.05	0.33287	7.00 kg	6	4.98	0.31745
15.00 kg	6	10.98	0.33269	7.00 kg	6	4.98	0.31745
15.00 kg	6	10.90	0.33249	7.00 kg	6	4.95	0.31737
15.00 kg	6	10.78	0.33218	7.00 kg	6	4.90	0.31725
15.00 kg	6	10.65	0.33185	7.00 kg	6	4.85	0.31712
15.00 kg	6	10.50	0.33147	7.00 kg	6	4.80	0.31699
15.00 kg	6	10.35	0.33109	7.00 kg	6	4.70	0.31674
15.00 kg	6	10.17	0.33063	7.00 kg	6	4.60	0.31648
15.00 kg	6	9.97	0.33012	7.00 kg	6	4.45	0.31610
15.00 kg	6	9.92	0.33000	7.00 kg	6	4.15	0.31534
15.00 kg	6	9.62	0.32923	7.00 kg	6	4.00	0.31496
15.00 kg	6	9.50	0.32893	7.00 kg	6	3.70	0.31420
15.00 kg	6	9.00	0.32766	7.00 kg	6	3.28	0.31313

Elaborado por los autores

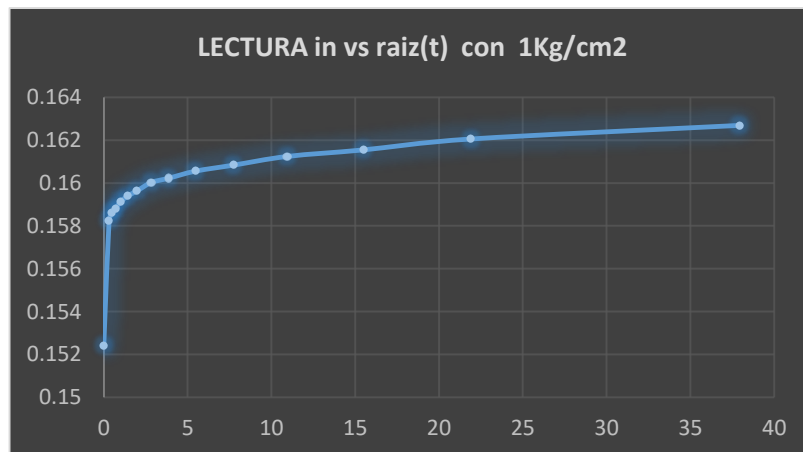


Figura 32 In vs raíz 1 Kg/cm2

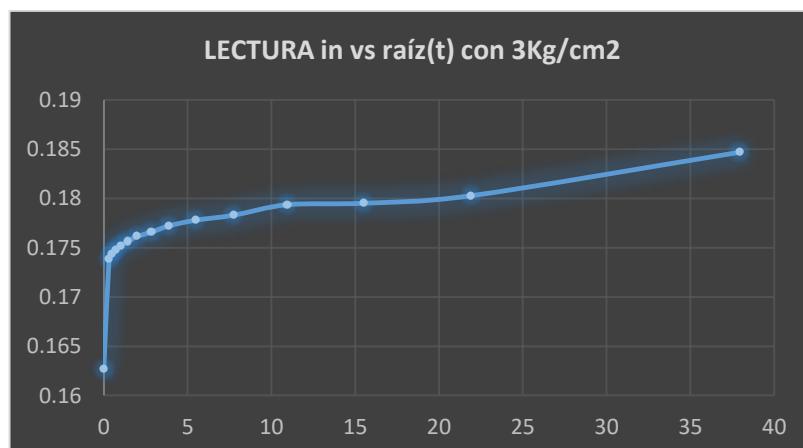


Figura 33 In vs raíz 3 Kg/cm2

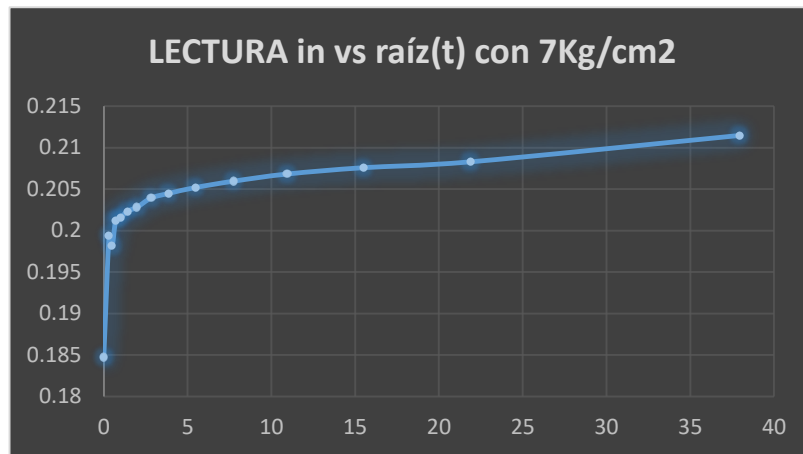


Figura 34 In vs raíz 7 Kg/cm2

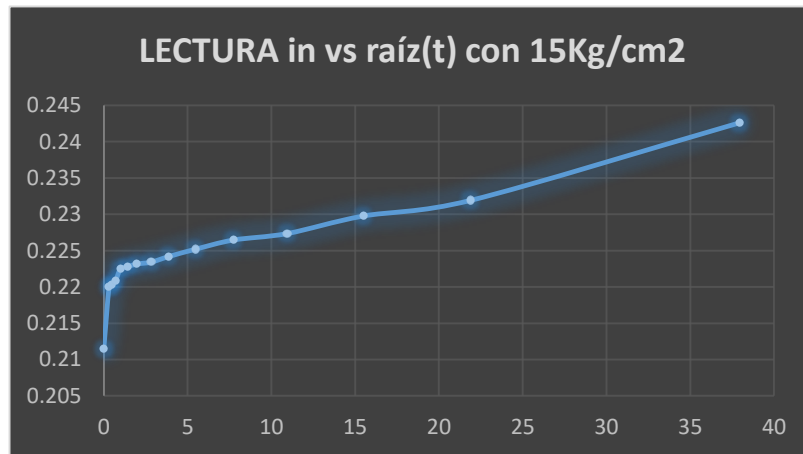


Figura 35 In vs raíz 15 Kg/cm2

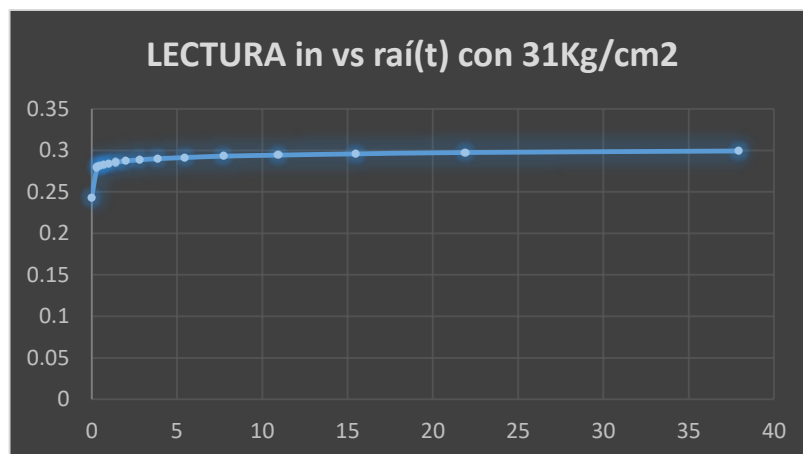


Figura 36 In vs raíz 31 Kg/cm2

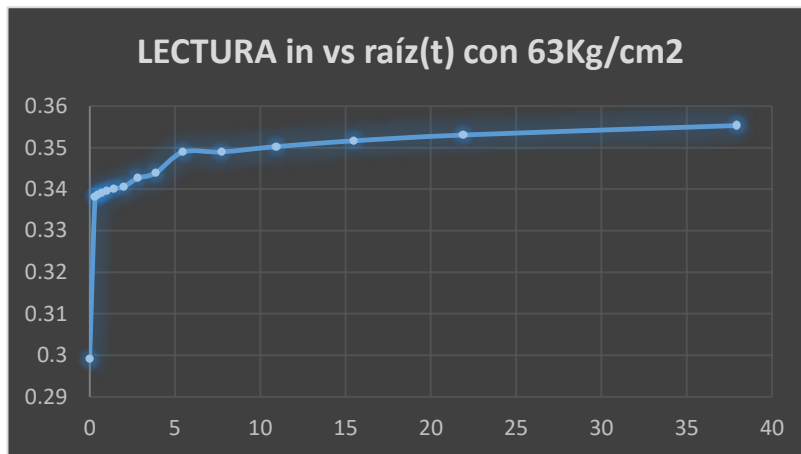


Figura 37 In vs raíz 63 Kg/cm2

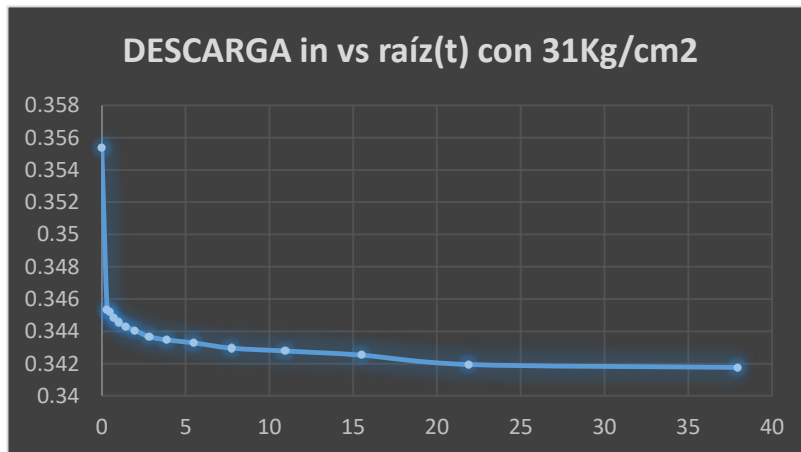


Figura 38 In vs raíz 31Kg/cm2

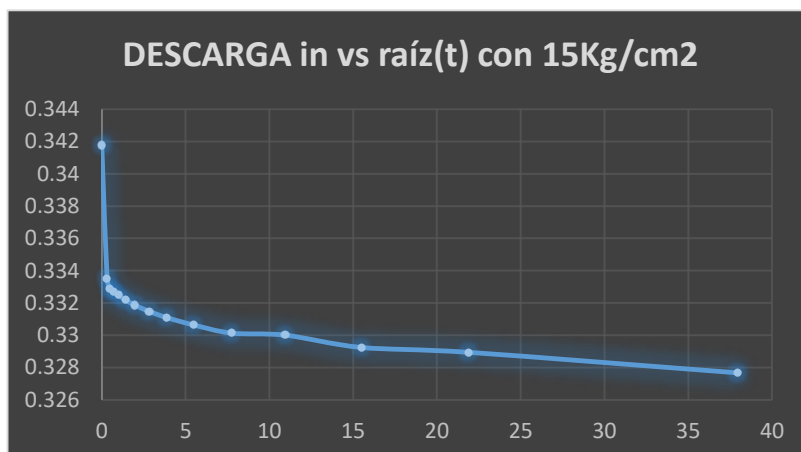


Figura 39 In vs raíz 15 Kg/cm2

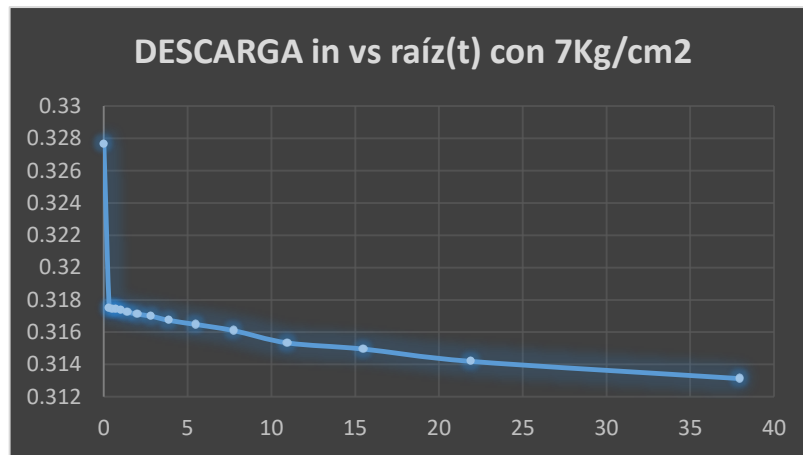


Figura 40 In vs raíz 7 Kg/cm2

Tabla 26. Resultado final - Consolidación

Carga Aplicada (Kg/cm3)	Tiempo min	Lectura Final (plg.)	2H (plg.)	Altura de vacíos (plg.) 2H - 2Ho	Relación de vacíos e
0.00	1440	0.15240	0.6744	0.2535	0.6022
1.00	2880	0.16269	0.6641	0.2432	0.5777
3.00	4320	0.18471	0.6421	0.2212	0.5254
7.00	5760	0.21146	0.6153	0.1944	0.4619
15.00	7200	0.24257	0.5842	0.1633	0.3880
31.00	8640	0.29909	0.5277	0.1068	0.2537
62.00	10080	0.35535	0.4714	0.0505	0.1200
31.00	11520	0.34176	0.4850	0.0641	0.1523
15.00	12960	0.32766	0.4991	0.0782	0.1858
7.00	14400	0.31313	0.5136	0.0927	0.2203

Elaborado por los autores

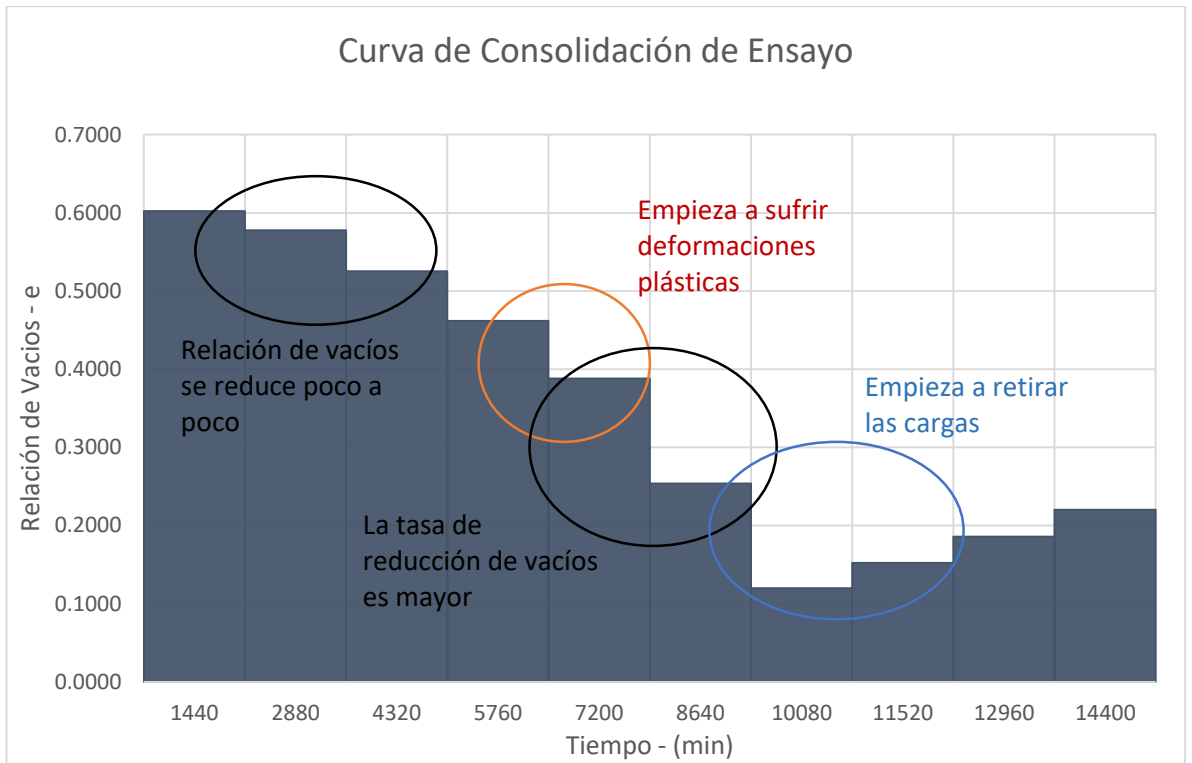


Figura 41 Curva de Consolidación de Ensayo

Relación de vacíos inicial		
e_0	=	0.5777

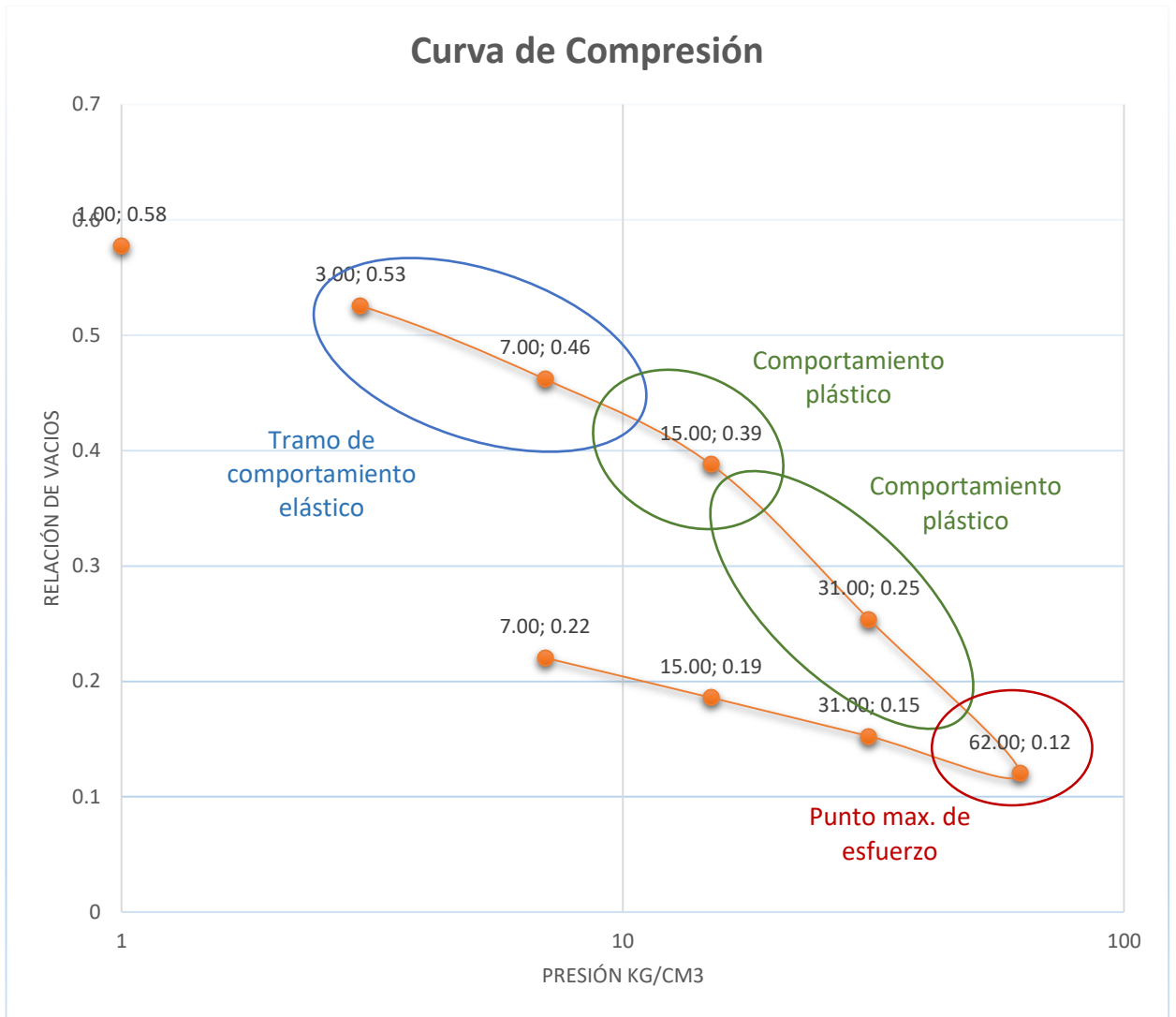


Figura 42 Curva de Compresión

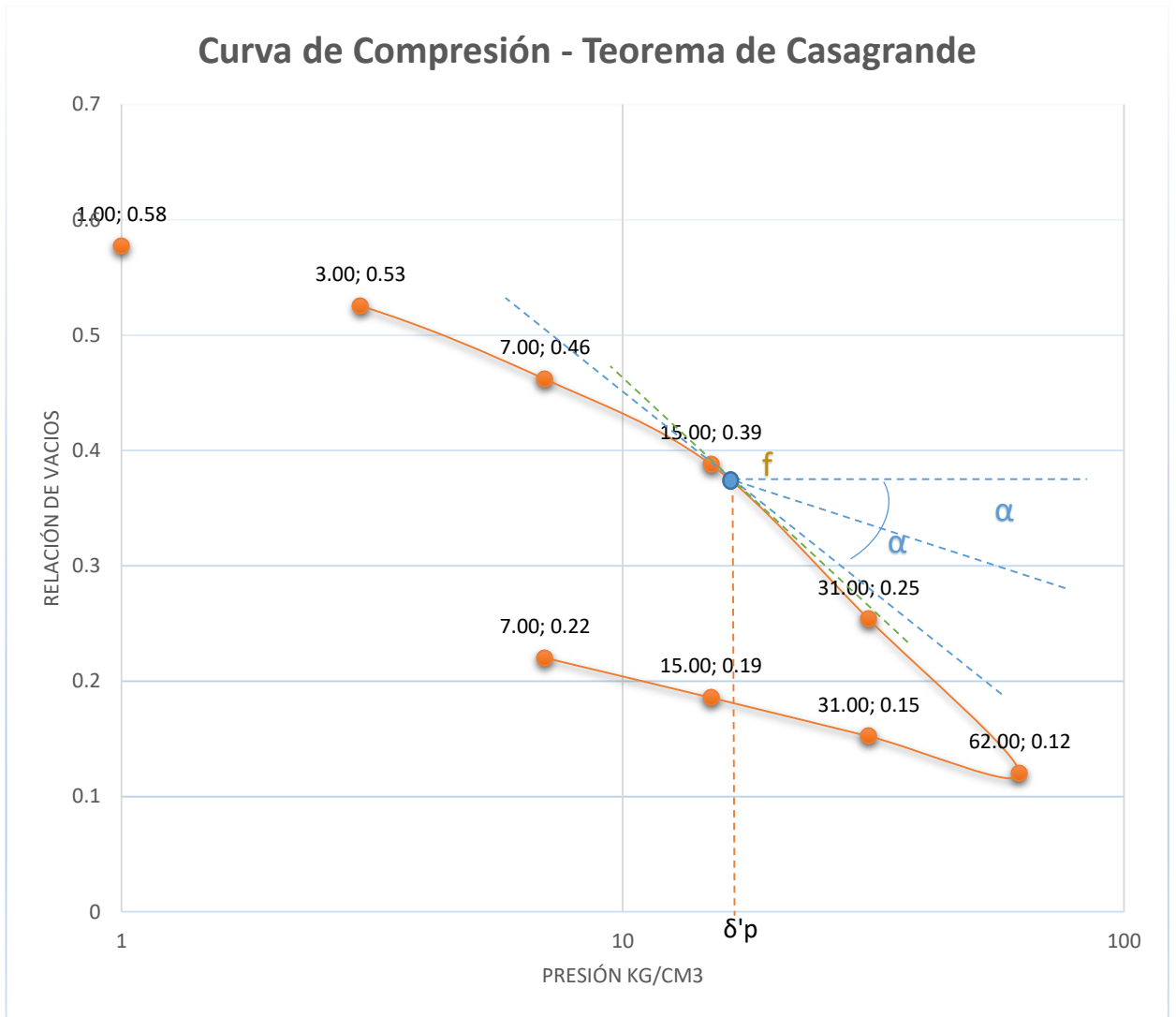


Figura 43 Curva de Compresión - Teorema de Casagrande

Esfuerzo de preconsolidación		
$\delta'p$	=	17.7 Kpa

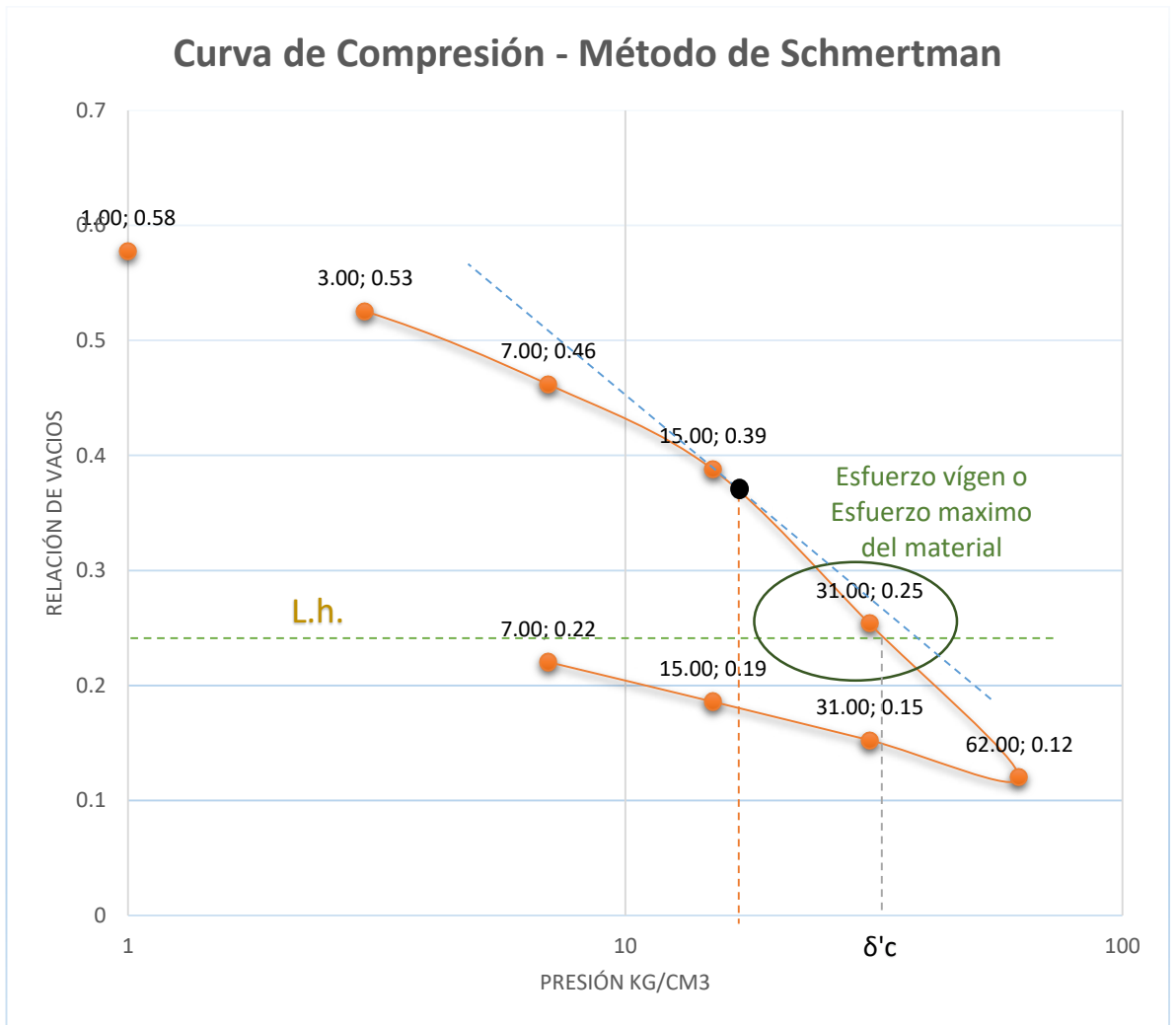


Figura 44 Curva de Compresión - Método de Schmertman

Trazo de línea horizontal			
L.h.	=	$0.42 \times e_0$	= 0.2427

Esfuerzo de estado virgen	
$\delta'c$	= 32.1 Kpa

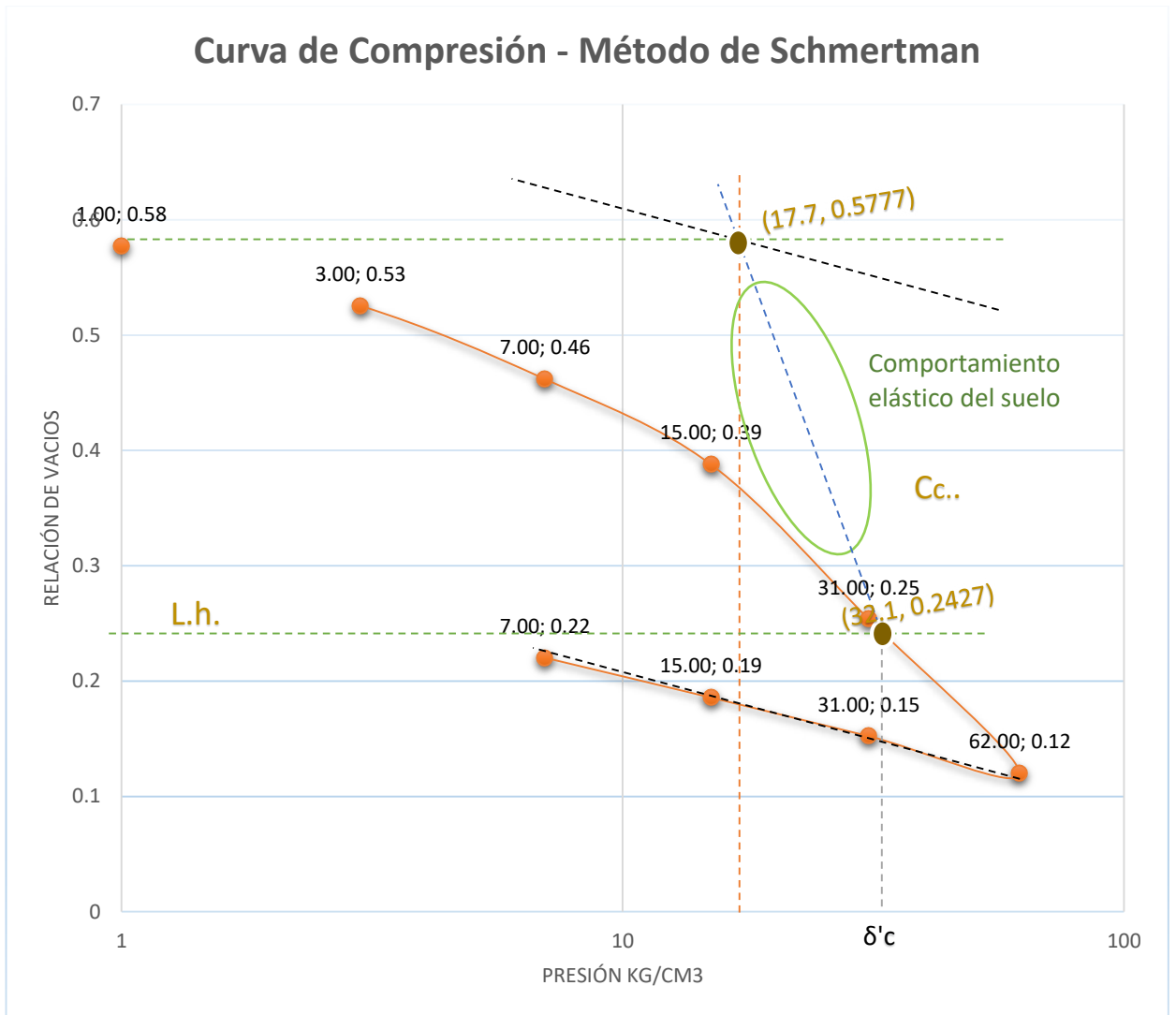


Figura 45 Curva de Compresión - Método de Schmertman

Índice de Compresión	
$\delta'c$	= 32.1 Kpa

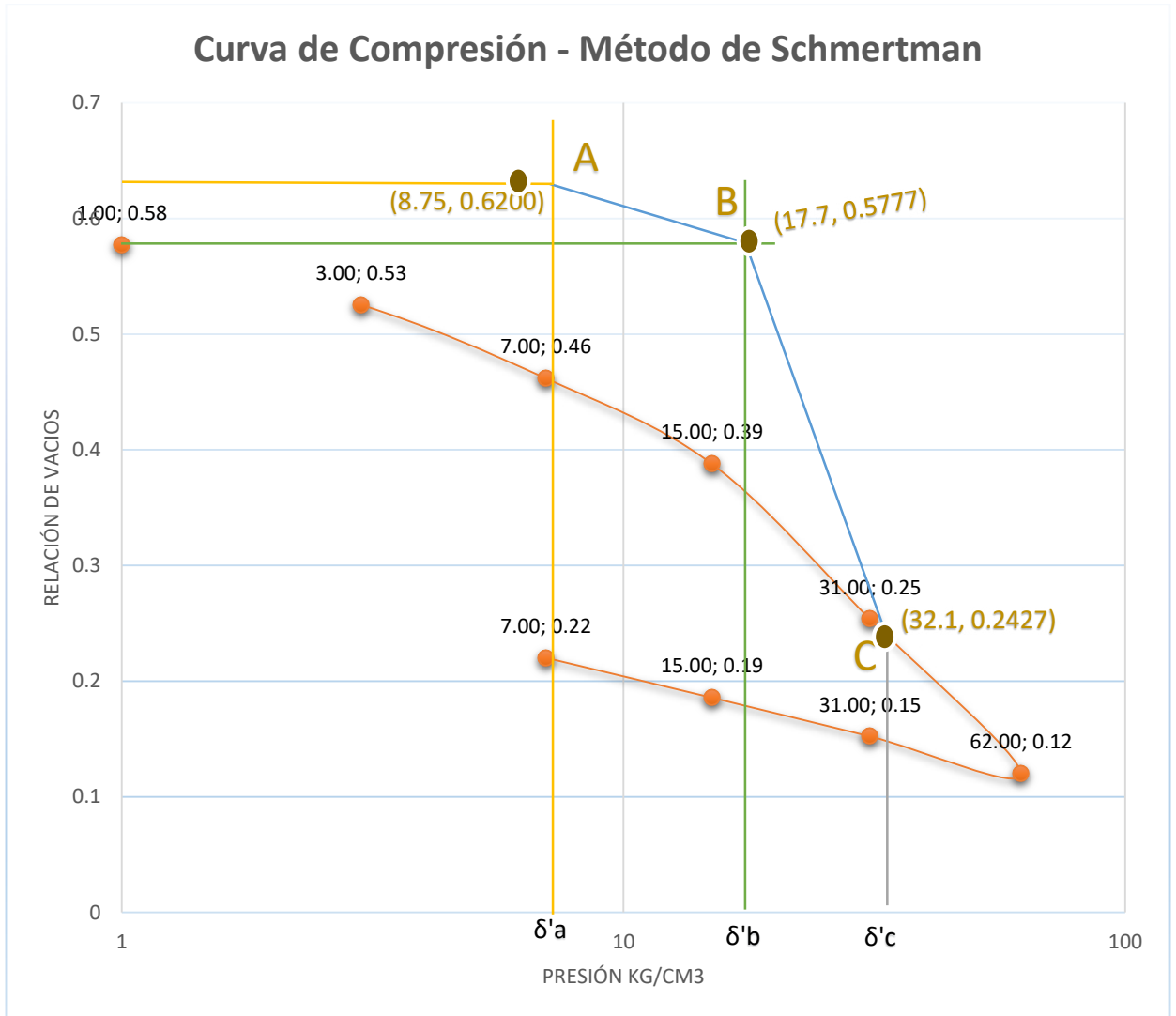


Figura 46 Curva de Compresión - Método de Schmertman

**Valor del índice de re
compresión del suelo**

$$C_r = \frac{e_B - e_A}{\text{Log}(\sigma_B) - \text{Log}(\sigma_A)}$$

$$C_r = \frac{0.5777 - 0.6200}{\text{Log}(17.7) - \text{Log}(8.75)}$$

$$C_r = -0.138$$

**Valor del índice de
compresión del suelo**

$$C_c = \frac{e_c - e_B}{\text{Log}(\sigma_c) - \text{Log}(\sigma_B)}$$

$$C_c = \frac{0.2427 - 0.5777}{\text{Log}(32.1) - \text{Log}(17.7)}$$

$$C_c = -1.296$$

5.3. Análisis hidrológico

5.3.1. Descargas del Río Cañete

Para el presente proyecto se tomará descargas del Río Cañete desde el año 1965 hasta el año 2014, ya que en el estudio se analizará los últimos 50 años. En la siguiente tabla se presenta el registro de los caudales registrados por años, desde el año 1968 al año 2017:

Tabla 27. Caudales máximos 1968 - 2017

ID	Año	Descarga máxima m3/s	ID	Año	Descarga máxima m3/s	ID	Año	Descarga máxima m3/s	ID	Año	Descarga máxima m3/s	ID	Año	Descarga máxima m3/s
1	1968	154	11	1978	216	21	1988	420.3	31	1998	348	41	2008	168
2	1969	316	12	1979	182.8	22	1989	377	32	1999	420	42	2009	220
3	1970	408	13	1980	100.1	23	1990	189	33	2000	350	43	2010	286
4	1971	430	14	1981	257.1	24	1991	372	34	2001	255	44	2011	195
5	1972	900	15	1982	120	25	1992	164.3	35	2002	204	45	2012	410
6	1973	450.1	16	1983	228	26	1993	390	36	2003	215	46	2013	315
7	1974	326	17	1984	425.5	27	1994	550	37	2004	196	47	2014	147.84
8	1975	298	18	1985	165.6	28	1995	500	38	2005	167	48	2015	187.88
9	1976	332	19	1986	370.5	29	1996	310	39	2006	250	49	2016	167.99
10	1977	249	20	1987	487.3	30	1997	350	40	2007	350	50	2017	363.78

Elaborada por los autores

Tabla 28. Promedio de caudales máximos

Total	147.84
Promedio	305.10
Descarga máxima	900.00
Descarga mínima	100.10

Elaborado por los autores

5.3.2. Evapotranspiración

Se utilizarán fórmulas empíricas para hallar el resultado de la Eto. Para el país, específicamente en la costa del Perú, las fórmulas empíricas más usadas para hallar el valor de la evapotranspiración son Penman modificado, Hargreaves y Blaney-Criddle.

Para determinar el valor de la Eto en este caso se usará el método de Hargreaves, necesitando únicamente los datos de temperaturas y radiación solar. Asimismo, para calcular un periodo de retorno de 50 años, se utilizó el HyfranPlus, que es un software usado para aproximar distribuciones estadísticas y que incluye numerosas, flexibles y amigables herramientas matemáticas que pueden ser usadas en el análisis estadístico de eventos extremos. Toda la información que el HyfranPlus provee, permite calcular el periodo de retorno de 50 años basados en las máximas avenidas de los años de 1968 – 2017, el procedimiento será mostrado mediante la siguiente fórmula.

$$Eto = 0.0023 * Ra * (Tm + 17.8) * \sqrt{TD}$$

Donde:

Eto: Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día)

Ra: Radiación extraterrestre (mm/día)

Tm: Temperatura media diaria (°C)

TD: Diferencia de temperatura promedio diaria en el periodo considerado (°C), TD= Temp. Max. Media – Temp. Min. Media.

La siguiente fórmula permite calcular la evapotranspiración para cada cultivo de la zona.

$$Etc = Eto * Kc$$

Donde:

Kc: coeficiente del cultivo de Hargreaves

Teniendo en cuenta que el coeficiente de cultivo indica el grado de desarrollo de un cultivo, los factores que afectan sus valores son: las características del cultivo, el desarrollo del cultivo, la duración del período vegetativo, el clima y la precipitación o el riego.

La duración del período vegetativo cuenta con 3 fases: fase inicial, mediados de temporada y fin de temporada, las mismas que tendrán valores de acuerdo al tipo de cultivo. El coeficiente de los cultivos se detalla en el siguiente cuadro.

TABLA 2-25 : K_{c(H)}
Tabla del coeficiente K_c(Hargreaves)

CULTIVO	FASE INICIAL	MEDIADOS de TEMPORADA	FIN de TEMPORADA
Alcachofa	0.90-1.00	0.95-1.05	0.90-1.00
Alfalfa	0.40-0.50	1.00-1.40	0.95-1.35
Algodón	0.20-0.50	1.05-1.30	0.30-0.60
Apio	0.25-0.35	1.00-1.15	0.90-1.05
Arróz	1.10-1.15	1.10-1.30	1.10
Avena	0.20-0.40	1.00-1.20	0.20-0.25
Bananos	0.40-0.65	1.00-1.20	0.75-1.15
Berenjenas	0.20-0.50	0.95-1.10	0.80-0.90
Calabacitas	0.20-0.40	0.90-1.00	0.70-0.80
Caña de azúcar	0.40-0.50	1.00-1.30	0.50-0.60
Cártamo	0.30-0.40	1.05-1.20	0.20-0.25
Cebada	0.25-0.30	1.00-1.10	0.10-0.20
Cebollas secas	0.40-0.60	0.95-1.10	0.75-0.85
Cebollas verdes	0.40-0.60	0.95-1.05	0.95-1.05
Cereales pequeños	0.20-0.40	1.10-1.30	0.20-0.35
Chile verde -pimiento	0.30-0.40	0.95-1.10	0.80-0.90
Cítricos	0.65	0.65-0.75	0.65
Espárrago	0.25-0.30	0.95	0.25
Espinaca	0.20-0.30	0.95-1.05	0.90-1.00
Frijol castor	0.30-0.40	1.05-1.20	0.50
Frijol seco	0.30-0.40	1.05-1.20	0.25-0.30
Frijol verde	0.30-0.40	0.95-1.05	0.85-0.95
Frutales- hoja caduca	0.50	0.85-1.20	0.50-0.85
idem con cobertura verde	0.75-0.85	1.10-1.25	0.70-1.10
Girasol	0.30-0.40	1.05-1.20	0.35-0.45
Guisantes	0.40-0.50	1.05-1.20	0.95-1.10
Kiwi	0.30	1.05	1.05
Lechuga	0.20-0.30	0.85-1.05	0.45
Legumbres (pulses)	0.20-0.40	1.05-1.20	0.25-0.30
Lenteja	0.20-0.30	1.05-1.20	0.25-0.30
Linaza	0.20-0.40	1.00-1.15	0.20-0.25
Maíz de grano	0.20-0.50	1.05-1.20	0.35-0.60
Maíz dulce	0.20-0.50	1.05-1.20	0.95-1.10
Mani (cacahuete)	0.30-0.50	0.95-1.00	0.50-0.60
Melones	0.15-0.40	1.00-1.10	0.30-0.90
Niño	0.20-0.40	1.00-1.15	0.25-0.30
Olivos	0.60	0.80	0.80
Papas	0.40-0.55	1.10-1.20	0.40-0.75
Pepino	0.20-0.40	0.90-1.00	0.70-0.80
Pistacho	0.10	1.05	0.35
Rábano	0.20-0.30	0.80-0.90	0.75-0.85
Remolacha	0.25-0.40	1.05-1.20	0.25-0.30
Remolacha de azúcar	0.20-0.40	1.05-1.20	0.70-1.00
Repollo	0.30-0.50	0.95-1.10	0.80-0.95
Sandía	0.25-0.50	1.00-1.10	0.20-0.70
Sorgo	0.15-0.40	1.05-1.20	0.30-0.50
Soya	0.30-0.40	1.00-1.15	0.45-0.55
Tabaco	0.30-0.40	1.00-1.20	0.75-0.85
Tomate	0.25-0.50	1.05-1.25	0.60-0.85
Trigo	0.20-0.40	1.00-1.25	0.20-0.30
Uvas de Mesa	0.20-0.50	0.75-0.85	0.20-0.45
Zanahoria	0.40-0.50	1.05	0.75

Figura 47. Coeficiente de cultivos

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO

Para la zona de Lúcumo se tienen los siguientes cultivos más representativos, cada uno con sus áreas en hectáreas respectivamente.

Tabla 29 Tabla de cultivos

Cultivo	Área (Ha)
Alfalfa	11
Arándanos	5
Alverja	5
Maíz amarillo	20
Maíz morado	55
Palta	9
Uva	312

Fuente: Ministerio de Agricultura y Riego (MINEGRI)

Tabla 30. Kc de cultivo

CULTIVO	ÁREA (HA)	Enero	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agos.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Alfalfa	11	0.50	1.20	1.40	1.20	0.90	0.95	0.95	0.98	0.98	0.90	0.90	0.70
		Fin											Inicio
Arándanos	5	1.10	1.15	1.22	1.25	1.30	0.35	0.30	0.25	0.30	0.35	0.40	1.00
		Fin											Inicio
Arveja	5	0.40	1.10	1.25	1.26	1.28	1.30	0.35	0.30	0.28	0.25	0.25	0.35
		Fin											Inicio
Maíz amarillo	20	0.30	0.45	0.50	1.05	1.10	1.15	1.20	0.35	0.40	0.55	0.60	0.25
		Fin											Inicio
Maíz morado	55	1.05	1.10	1.15	1.18	1.20	1.10	1.05	0.90	0.25	0.30	0.35	1.00
		Fin											Inicio
Palta	9	1.20	1.30	0.80	0.60	0.25	0.30	0.35	0.40	0.90	0.95	1.00	1.10
		Fin											Inicio
Uva	312	0.50	0.75	0.80	0.80	0.80	0.85	0.45	0.40	0.35	0.20	0.25	0.30
		Fin											Inicio

Elaborado por los autores

LAT	Ene. 1	Feb. 2	Mar. 3	Abr. 4	May. 5	Jun. 6	Jul. 7	Ago. 8	Sep. 9	Oct. 10	Nov. 11	Dic. 12
0	15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8
-2	15.3	15.7	15.7	15.1	14.1	13.5	13.7	14.5	15.2	15.5	15.3	15.1
-4	15.5	15.8	15.6	14.9	13.8	13.2	13.4	14.3	15.1	15.6	15.5	15.4
-6	15.8	16.0	15.6	14.7	13.4	12.8	13.1	14.0	15.0	15.7	15.8	15.7
-8	16.1	16.1	15.5	14.4	13.1	12.4	12.7	13.7	14.9	15.8	16.0	16.0
-10	16.4	16.3	15.5	14.2	12.8	12.0	12.4	13.5	14.8	15.9	16.2	16.2
-12	16.6	16.2	15.4	14.0	12.5	11.6	12.0	13.2	14.7	15.8	16.4	16.5
-14	16.7	16.4	15.3	13.7	12.1	11.2	11.6	12.9	14.5	15.8	16.5	16.6
-16	16.9	16.4	15.2	13.5	11.7	10.8	11.2	12.6	14.3	15.8	16.7	16.8
-18	17.1	16.5	15.1	13.2	11.4	10.4	10.8	12.3	14.1	15.8	16.8	17.1
-20	17.3	16.5	15.0	13.0	11.0	10.0	10.4	12.0	13.9	15.8	17.0	17.4
-22	17.4	16.5	14.8	12.6	10.6	9.6	10.0	11.6	13.7	15.7	17.0	17.5
-24	17.5	16.5	14.6	12.3	10.2	9.1	9.5	11.2	13.4	15.6	17.1	17.7
-26	17.6	16.4	14.4	12.0	9.7	8.7	9.1	10.9	13.2	15.5	17.2	17.8
-28	17.7	16.4	14.3	11.6	9.3	8.2	8.6	10.4	13.0	15.4	17.2	17.9
-30	17.8	16.4	14.0	11.3	8.9	7.8	8.1	10.1	12.7	15.3	17.3	18.1
-32	17.8	16.2	13.8	10.9	8.5	7.3	7.7	9.6	12.4	15.1	17.2	18.1
-34	17.8	16.1	13.5	10.5	8.0	6.8	7.2	9.2	12.0	14.9	17.1	18.2
-36	17.9	16.0	13.2	10.1	7.5	6.3	6.8	8.8	11.7	14.6	17.0	18.2
-38	17.9	15.8	12.8	9.6	7.1	5.8	6.3	8.3	11.4	14.4	17.0	18.3
-40	17.9	15.7	12.5	9.2	6.6	5.3	5.9	7.9	11.0	14.2	16.9	18.3
-42	17.8	15.5	12.2	8.8	6.1	4.9	5.4	7.4	10.6	14.0	16.8	18.3
-44	17.8	15.3	11.9	8.4	5.7	4.4	4.9	6.9	10.2	13.7	16.7	18.3
-46	17.7	15.4	11.5	7.9	5.2	4.0	4.4	6.5	9.7	13.4	16.7	18.3
-48	17.6	14.9	11.2	7.5	4.7	3.5	4.0	6.0	9.3	13.2	16.6	18.2
-50	17.5	14.7	10.9	7.0	4.2	3.1	3.5	5.5	8.9	12.9	16.5	18.2

Ra [mm/día]
HEMISFERIO SUR
RADIACION EXTRATERRESTRE (Ra), expresada en equivalentes de EVAPORACION.
Tabulada por mes y por latitud para el Método de Hargreaves

Figura 48. Radiación extraterrestre, Hemisferio Sur

Fuente: FAO (Organización de las naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación)

En el siguiente cuadro se muestran los valores Ra para la latitud 13°, donde se encuentra el presente proyecto, teniendo la necesidad de interpolar el valor que no figura en el cuadro anterior.

Tabla 31. Valores radiación extraterrestre (RA)

Latitud sur	Ene	Feb	Mar	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic
12	16.60	16.30	15.40	14.00	12.50	11.60	12.00	13.20	14.70	15.80	16.40	16.50
13	16.65	16.35	15.35	13.85	12.30	11.40	11.80	13.05	14.65	15.80	16.55	16.55
14	16.7	16.4	15.3	13.7	12.1	11.2	11.6	12.9	14.50	15.80	16.5	16.6

Elaborado por los autores

Se registraron las temperaturas desde el año 2013 hasta la actualidad, mostrándose en primer lugar las temperaturas máximas y posteriormente las temperaturas mínimas en los siguientes cuadros.

Tabla 32. Estación meteorológica Socsi - Cañete, temperatura máxima (°C) 2013

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1					16.8	16.5	13	12.3	14.3	14.2	14.2	16.3
2					26.5	23.2	22.7	21.8	25	25.2	24.9	24.8
3					26.4	23.5	23	21.3	25.3	24.6	25.2	24.5
4					26.3	23.2	22.8	21.2	25.1	23.8	25	25.2
5					26	23.1	22.6	21.6	25.4	23.5	25.4	24.7
6					26.1	23.3	22.4	22.2	25.2	24.7	24.9	24.3
7					25.8	23.1	22.1	22.8	25	24.9	24.2	24.1
8					25.6	23.5	22.4	23.2	24.8	24.2	24.6	24
9					25.7	23.4	22.2	23.6	24.9	24.6	24.8	23.7
10					25.4	23.2	22	23.9	25.1	24.8	24.6	25.2
11					25.8	23	22.1	23.7	24.7	24.1	25.1	24.8
12					25.6	23.1	22.1	23.9	24.9	24.9	25.5	25
13					25.4	23.5	21.9	22.5	25	25.1	24.9	2.4
14					25.7	23	22.2	23.1	24.8	25.3	25.2	24.7
15					25.6	23.4	22.5	24.2	24.9	25.6	25	25
16					25.7	23.1	22.7	23.8	24.4	25.8	24.7	25.4
17					25.4	23.5	22.9	24.9	24.8	24.5	25.2	25.8
18					25.6	23	22.6	24.7	24.7	24.9	25	25.2
19					25.3	23.3	22.8	24.6	24.5	24.3	24.8	25.6
20					25.3	23.1	22.3	24.9	24.9	24.8	25.4	25
21					25.1	22.8	22.8	24.7	24.3	25.3	25.3	25.7
22					23.8	22.5	22.1	23	24.8	25.6	25.1	26.1
23					23.6	22.7	22	23.7	24.4	25.1	25.5	26.7
24					23.4	23	22.6	23.9	24.8	24.9	25.2	26.3
25					23.5	23.3	22.8	23.5	25.3	25.4	25.4	26
26					23.3	23.1	22.3	23.1	25.6	25.3	24.1	26.2
27					23.1	23	22.7	23.7	25.8	25.6	25.2	26.1
28					23.2	22.7	21.4	24.2	25.3	24.8	25.4	26.7
29					24.3	22.5	21.6	24.6	24.8	25.3	25	26.5
30					23.5	22.3	23.4	24.4	23.5	22.5	24.2	25.6
Promedio					24.76	22.86	22.10	23.10	24.54	24.45	24.63	24.25

Elaborado por los autores

Tabla 33 Estación meteorológica Socsi - Cañete, temperatura máxima (°C) 2014

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	17.3	17.5	18.9	17.2	15.8	15	23	23.7	24.7	25.4	24.6	26.8
2	26.2	28.3	29	27	25.2	25	24.1	23	24.1	25.2	24.9	26.9
3	26	27.9	28.7	27.3	25.7	24.1	23.7	23.5	24.3	25.6	25.3	26.7
4	26.9	28	28.5	27	25	24.5	23.9	23.9	24.3	25.8	25.8	27
5	26.3	28.2	28.3	26.9	24.8	24.3	24.7	23.8	24.1	25.9	25.5	26.8
6	26	27.9	28	27.2	24.6	24.2	23.9	24.1	24.5	25.2	25.7	26.5
7	26.2	26	27.9	26.8	24.3	24.7	23.7	24.6	24.2	25.6	25.6	26.2
8	25.9	27.5	27.5	26.5	24.1	24.6	23.2	24.4	23.8	25.8	26.1	26.4
9	26	27.6	27.9	26.3	24	24.3	23.5	24	23.5	26.7	25.7	26.7
10	25.8	27.2	27.5	26.7	24.5	24.8	23.1	23.7	23.7	25.9	26	26.9
11	26.3	27.9	27.9	26.1	24.7	24.2	23.5	24.2	24.5	25.4	25.9	26.6
12	26	27.5	28.2	26.5	25.1	24	23.7	23.9	24.8	25.2	25.7	26.1
13	26.5	27.1	28	26.3	25	24.2	23.9	24.5	25.2	25	26.2	25.8
14	26.3	27.7	28.4	26.1	25.4	24.6	23.8	24.1	25.1	24.8	26.3	26.3
15	25.8	27.5	28.1	26.58	24.8	24	24	24.6	25.3	25.1	26.5	26.6
16	25.4	27.9	28	26.2	23.2	24.3	24.2	24.9	25.5	25.3	26.7	26.1
17	25.1	28.2	27.9	25.8	24.5	24.1	24.7	24.3	25	25.5	26.3	25.8
18	26.3	27.6	27.5	26.3	24.7	24	23.5	24.1	24.7	25.7	26.2	26
19	26.7	28.7	27.9	26.4	24.9	24.5	24	23.7	24.5	25.3	25.8	26.5
20	25.9	27.9	28.2	26	25.9	24.5	23.7	24.3	24.1	25.1	26.2	26.8
21	24.9	28.3	29	26.2	25.2	24.7	23.9	24.6	25.2	25.4	25.7	27
22	25.8	28.8	28.8	25.9	25.4	23.7	23.1	24.2	25.4	24.9	26.9	26.7
23	26.2	28.5	28.4	25.9	25.6	23.5	23.5	24.5	25.7	25.6	26.2	26.3
24	26.7	27.9	27.5	26.1	24.7	24.3	23.3	24.8	25.9	25.2	26	26.7
25	26.5	28.2	27.1	25.7	24.9	24.5	23.1	24.7	25.7	24	23.2	26.3
26	26.2	27.7	27.3	25.9	24.6	24.9	23.2	24.9	26.2	24.9	24.5	26.9
27	25.4	28.6	27.6	25.7	24.3	24.6	23	24.6	26	24.5	25.2	26.5
28	24.9	28.9	27.9	25.8	24.3	24.3	22.7	25	25.9	24.2	25.7	26.2
29	25.9	25.9	27.3	25.5	24.6	24.1	23.6	25.3	25.4	25	26.3	26.8
30					24.7	24.7	23.9	24.8	25.7	24.7	26.1	27.2
31								25.1	25.1	24.5		27.4
Promedio	25.70	27.48	27.70	26.00	24.48	24.04	23.64	24.32	24.91	25.24	25.76	26.56

Elaborado por los autores

Tabla 34 Estación meteorológica Sosci - Cañete, temperatura máxima (°C) 2015

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	27.5	29.4	29.4	28.8	27.5	26.3	23.1	23.9	24.5	24.6	24.1	25.1
2	27.3	28.9	29.1	29.3	27.2	26.2	23.8	23.3	24.2	24.5	24.3	25.5
3	27	29.2	29.5	30.1	27.3	25.3	24.3	23.1	24.5	24.3	24.1	25.7
4	27.2	29	29.1	30.3	27	25.7	24.1	23	24.3	24.6	24.7	25.6
5	27.5	29.3	28.8	29.5	26.8	26.2	23.7	23.7	23.9	23.9	24.2	25.9
6	27.7	28.9	29	28.9	26.4	25.8	23.9	23.9	24.1	24.1	24.5	25.7
7	28.2	28.7	29.4	29.7	26.8	25.4	23.5	23.6	24.3	24.5	24.8	25.1
8	28	29.2	29.1	29.9	26.4	25.7	24	23.4	24.6	24.7	24.5	24.6
9	27.8	29.5	28.8	29.4	26.3	24.2	24.2	23.5	24.2	24.6	24.6	24.6
10	28.3	29	29.2	29.7	25.2	23.9	24.8	23.2	24.7	24.2	24.9	25.7
11	28.5	30.1	28.7	30.2	25.9	24.5	23.7	23.7	24.5	23.8	24.7	26.7
12	28	29.1	29.7	30.5	25.3	24.4	23.5	23.9	24.8	24.7	24.9	25.6
13	28.3	29.6	29.3	30.1	25.9	23.2	23.9	24	24.2	24.9	25.2	25.2
14	28.5	29.2	28.4	29.6	26.2	23.5	23.7	23.8	24.8	25.1	25.1	25
15	28.7	28.7	28.2	29.4	25.5	24.9	23.9	23.5	24.5	25.2	25.2	25.5
16	28.9	30.1	29.1	29.2	25.8	24.6	23.7	23.1	24.1	25.4	25.5	25.9
17	28.6	29.5	28.4	29.5	26.3	23.5	23.4	23.5	23.8	25.7	25.3	25.6
18	28.7	29.2	28.9	29.3	25.7	23.6	23.1	23.8	23.7	25.5	25.1	25.8
19	28.9	29	30.1	29.1	25.1	23.3	23	24	24.1	25.4	25.2	25.9
20	28.6	28.6	29.4	28.7	25	23.2	22.8	24.1	24	25.6	25.5	25.5
21	28.5	29.5	29.2	28.6	25.3	23	22.9	24.3	24.4	25.2	25.7	25.2
22	29	29.8	29.7	28.4	25.7	23.5	22.7	24	24.6	24.6	25.9	25.6
23	28.5	29.2	30.2	28.1	26.3	22.7	22.9	24.6	23.8	24.9	25.6	25.8
24	27.9	29	30.4	27.6	25.9	21.6	22.5	24.3	23.9	24.6	25.8	25.3
25	28.3	28.7	30.1	27.9	25.2	22.4	22.7	24.1	23.5	24.8	25.4	25.6
26	28.7	29.3	30	27.7	25.7	23.2	22.9	23.8	23.7	24.3	25.9	25.4
27	28.3	29.6	30.2	28.4	25.2	23.3	22.4	24	23.9	23.9	25.7	25.9
28	28.2	29.7	30.3	27.8	24.7	24.7	22.8	23.5	24	24.1	25.6	25.7
29	28		30.1	28.5	25.3	23.4	22.9	23.3	24.1	24.3	25.9	26.2
30	28.6		30.3	28.9	25.6	23.1	23.2	23.9	24.7	24.8	26.1	25.7
31	29.3		29.3	29.3	29.3	29.3	29.3	29.3		24.7	24.7	25.5
Promedio	28.24	29.25	29.40	29.11	26.06	24.31	23.59	23.91	24.21	24.69	25.12	25.55

Elaborado por los autores

Tabla 35 Estación meteorológica Socsi - Cañete, temperatura máxima (°C) 2016

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	26.1	29.6	31.6	28.7	26.6	26.6	18.5	22.2	24	23.3	24.3	25.5
2	26.5	29.8	30.2	29.2	25.7	25.7	18.8	21.7	23.6	23.7	23.9	26
3	26.7	29.6	30.4	28.9	25.4	25.4	18.6	22.3	23.9	23.4	23.7	26.1
4	26.9	29.8	30.3	29.1	25.1	25.1	18.8	22	24.2	23.6	23.8	25.8
5	27.1	30.2	31.1	29	25	25	18.7	21.7	23.7	23.6	23.6	25.6
6	27.3	30.4	31.3	29.6	24.9	24.9	18.9	20.4	24	23.7	23.3	25.4
7	27.1	30.2	30.2	29.1	25.2	25.2	18.6	21.6	24.4	24.2	23.8	25.8
8	27.4	29.8	30.5	28.7	25	25	18.7	20.7	24.5	23.6	24	26
9	27.5	29.9	30.2	28.9	25.3	25.3	18.9	21.4	24.7	24.1	24.3	26.2
10	27.7	30.4	29.9	28.6	25.1	25.1	19.2	21.9	24.5	23.9	24.4	25.8
11	27.4	30.2	30.2	28.4	24.7	24.7	19	20.8	24.6	24.1	25.4	26.2
12	27.6	30.4	30.5	28.6	24.5	24.5	19.3	21.9	24.3	24.4	25.6	26.3
13	27.7	30.6	31.8	28.8	24.2	24.2	19	22.6	23.9	24.3	25.7	26.3
14	27	31.3	30.9	28.3	23.1	23.1	19.3	23.3	24.4	23.8	25.4	25.9
15	27.3	31.6	30.6	28	22.6	22.6	18.4	22.9	24.4	23.6	25.6	25.7
16	27.1	31.3	29.8	28.5	22.2	22.2	19.2	23.2	24.5	24	25.9	25.9
17	27.8	31.8	29.5	27.3	22	22	18.8	23.9	24.5	23.6	25.9	26.1
18	27.5	31.9	29.8	27.8	22.3	22.3	19.1	24	24.9	23.4	25.6	25.9
19	28.4	32.2	29.6	28.2	22	22	19.4	23.6	25	23.7	25.8	26.3
20	28.6	31.4	29.9	28	21.8	21.8	20.2	23.3	24.7	23.6	25.1	26.3
21	28.4	31	29.6	27.7	21.3	21.3	19.3	23.8	24.8	24	25.4	26.2
22	28.6	30.7	29.4	27.4	21.2	21.2	20.5	24.2	24.7	23.3	25.6	25.9
23	28.4	30.6	29.7	27.6	21	21	21.6	24	24.5	23.5	25.9	26.2
24	28.6	30.5	29.5	27.2	20.7	20.7	22	24.5	24.8	23.9	25.9	26.5
25	28.8	30.8	29.3	27	20.5	20.5	22	24.5	24.3	23.6	25.5	26.3
26	28.4	29.6	29.5	27.5	20.3	20.3	22.7	24.2	24	24.2	25.8	26.9
27	28.7	30.5	29.3	27.3	20.5	20.5	22.3	24.3	23.9	23.9	26.9	27
28	28.6	30.3	29.5	27.1	20.8	20.8	21.6	24.2	23.3	24.1	25	27.3
29	29.1	29.7	29.1	26.8	20.6	20.6	22.4	24.5	23.3	24.4	25.7	27.2
30	29.3		29	26.9	20.3	20.3	22.1	24	23.4	24.6	25.4	26.9
31	29.4						21.8	23.9	23.9	24.3		27.3
Promedio	27.84	30.56	30.07	28.14	23.00	23.00	19.93	22.95	24.25	23.85	25.07	26.22

Elaborado por los autores

Tabla 36 Estación meteorológica Socsi - Cañete, temperatura máxima (°C) 2017

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	27.3	29.5	29.8	30	27.6	19.7	19.2	20.4	22.4	22.3	21.2	24.3
2	27.2	29.8	30	29.2	28.5	21.8	20	20.2	24.5	23.3	20.1	27.1
3	27.5	29.9	29.9	28.6	26.3	24.9	20.3	20.3	21.1	24.3	20.2	26.2
4	27.3	30.2	30.9	29.3	28.6	24.2	20.3	20.3	18.2	23.2	21.4	24.6
5	27.8	30.1	31.1	30	25.3	25.6	20.3	17.4	17.3	26.7	22.2	24.5
6	27.4	30.2	31.4	30	25.5	19.1	20.9	19	18.4	23.4	25.1	25.9
7	27.3	30	30.7	30.2	27.3	22.1	20.2	22.8	21.3	21.4	22.9	26.9
8	27.9	29.9	30.2	30.1	27.6	23.4	19.6	20	19.2	24.9	23.7	26.4
9	27.5	31.4	30.1	30.1	27.8	22.9	21.1	21	16.3	20.1	26.5	26.1
10	27.9	30.1	30.2	30.3	29.9	21	19.1	16.9	20.2	19.5	25.8	24
11	27.9	30	30.9	27.4	28.6	20	20.3	18.3	17.3	22.3	26.9	21.2
12	28.1	29	30.4	28.9	27.4	21.7	20.1	21.4	18.4	24.4	24.8	24.9
13	27.6	31.6	31.2	29.9	27	20.7	20.1	19.7	20.2	26.1	24.2	24.4
14	27.3	31.8	30.3	30	27.1	21.4	20.2	20.2	16.2	21.4	26.4	27.1
15	27.2	31.4	28.9	30.1	26.5	22.9	20	20.1	20.2	26.4	23.9	23.2
16	28.1	31.5	31.4	29.3	27	18.9	20.9	24.3	21.6	25.4	24.4	18.9
17	28	31.1	31	28.8	22	18.6	21.6	20.2	23.4	25.4	23.7	22.9
18	27.9	31.6	30	29.2	25.9	18.9	22.4	23.8	22.6	24.2	25.2	27.1
19	27.6	32.1	30.8	29.7	24.2	24.8	20	24.3	19.2	22.4	21.2	27.9
20	28	32.2	30.2	29.1	26.1	23	17.8	19.9	17.1	24.4	25.7	28.2
21	28.2	31.3	29	30.1	22.1	22.1	20.5	22	17	25.3	20.3	27
22	28.3	31.2	31.1	29.9	22.4	21.9	23.8	23.9	21.2	25.3	18.3	26.2
23	27.8	32.2	31.1	29.9	24.3	25	23.6	20.2	23.4	26.8	22.9	26.9
24	28.8	30.9	31.5	21.9	19.3	22.2	19.6	18.4	22.4	26.3	25.3	24.9
25	29	29.9	30.1	24.7	22.4	23.6	20.3	19.9	20.2	24.3	27.1	23.8
26	29.2	30.2	30.3	28.7	22.7	19.9	20.1	22.8	19.7	25.1	25.1	24.7
27	28.6	30.2	30.1	29.7	24.3	19.2	18.6	23.1	20.4	24	23.5	24.4
28	28.6	32.1	30.3	29.2	24	20.1	20.2	20.1	23.3	25.3	20.4	25.2
29	29.3	29.3	30.7	25.9	21.3	20.2	19.2	20.8	23.5	23.2	21.2	24.5
30	29.3	29.3	27.9	27	19.6	19.7	19.9	19.9	17	26.5	23.3	20.9
31	29.4	29.4	29.4	29.4	18.8	18.8	18.8	18.8		24.8	24.8	24.8
Promedio	28.04	30.63	30.35	28.92	25.08	21.56	20.29	20.66	20.11	24.14	23.47	25.00

Elaborado por los autores

Tabla 37 Estación meteorológica Socsi - Cañete, temperatura máxima (°C) 2018

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	28.1	28.3	30.1	29.1								
2	27.7	27.7	29.9	30.2								
3	26.9	26.4	30.1	30.1								
4	25.6	27.4	29.1	30.1								
5	26.9	27.8	29.8	30.2								
6	25.9	27.9	30	30.1								
7	26.2	28.3	30.1	30.1								
8	27.8	29.3	30.2	28.8								
9	27.4	29.9	31.1	29.1								
10	27.4	27.6	30.1	30.2								
11	28.3	28.9	30	29								
12	27	28.4	28.7	29								
13	27.1	28.1	31.1	29.3								
14	27.2	29.1	30.2	29.6								
15	27.2	30	31.8	30.1								
16	27.9	30.2	32.3	28.7								
17	26.2	32.2	32.3	28.2								
18	25.2	28.9	30.1	29.2								
19	25.9	25.5	31	26.1								
20	25.2	29.8	32.2	28.4								
21	27.4	28.4	29.6	29.9								
22	28.9	28.3	29.8	28.9								
23	30.1	30.2	26.4	28.9								
24	28.6	30.2	30	28.5								
25	30.2	29.9	30.1	29.2								
26	28.3	30.3	29.4	28.8								
27	28.3	27.9	30	29.4								
28	26.9	28	30	28.5								
29	28.9	28.9	30	29								
30	28.3	28.3	29.6	28.1								
31	29.2	29.2	29.2									
Promedio	27.49	28.75	30.14	29.16								

Elaborado por los autores

Tabla 38 Estación meteorológica Socsi - Cañete, temperatura mínima (°C) 2013

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1					16.8	16.9	15.8	13.9	16	15.7	15.3	16.9
2					26.5	16.2	13.3	12	14	14.4	14.5	16.1
3					26.4	16	13.5	12.5	14.1	14	14.9	15.9
4					26.3	16.2	13	12.1	14.3	14.4	14.6	16.3
5					26	16	12.6	12.4	14.5	14.1	14.3	16.5
6					26.1	15.8	12.3	13.3	12.7	14.8	14	16
7					25.8	15.9	12	13.2	12.5	14.9	14.5	16.4
8					25.6	15.7	12.2	12.3	12.9	14.6	14.1	16.1
9					25.7	15.9	12	12.8	13.1	14.3	14.9	15.8
10					25.4	15.6	12.5	12.9	13.8	14	14.6	15.6
11					25.8	15.8	11.9	12.7	14.2	14.5	14.3	15.9
12					25.6	16.2	11.7	12.9	14.3	14.3	14	16.2
13					25.4	15.9	11.8	12.7	14	14.6	14.5	16.7
14					25.7	16.2	12.2	13.1	14.3	14.9	1.9	16.4
15					25.6	13.9	11	12	14.5	14.6	15.2	16.8
16					25.7	14.3	11.7	13.8	14.1	14.8	15.4	16.9
17					25.4	14.2	11.9	13.5	14	14.9	14.8	16.5
18					25.6	13.7	11.7	13.3	14.5	15.2	15.1	16.8
19					25.3	14	12	13	14.7	15	15.3	16.5
20					25.3	13.8	12.3	13.6	14.7	14.8	15.5	16.9
21					25.1	13.5	12.1	13.8	14.5	14.9	16	17.2
22					23.8	13.9	12.5	13.9	14.9	15.1	16.3	17.4
23					23.6	13.6	12.3	14	14.4	15.5	16.1	17.1
24					23.4	13.3	12.7	14.2	14.2	15.1	16.9	17
25					23.5	13.4	12.9	14	12.8	15.3	16.7	17
26					23.3	13.6	12.6	14.3	13	15	16.9	17.3
27					23.1	13.1	12.5	14.2	13.6	15.4	16.5	17.2
28					23.2	13	12.2	13.9	14	15.6	16.8	17.1
29					24.3	13.6	12.3	14.2	13.9	14.9	16.2	17.4
30												
Promedio					24.80	14.80	12.40	13.26	14.02	14.81	14.83	16.62

Elaborado por los autores

Tabla 39 Estación meteorológica Socsi - Cañete, temperatura mínima (°C) 2014

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	18	18.5	19.3	18.3	16.2	15.8	13	13.6	13.9	15.8	15.8	16.9
2	17	17.7	18.6	17.2	15.4	14.3	13.1	13.3	14	15.4	15.6	16.4
3	17.5	17.9	19	16.8	15	14.6	12.9	13.7	13.7	15.6	15.9	16.7
4	17.7	17.7	19.6	16.6	15.3	15	13.2	13.2	14	15.7	15.6	16.9
5	17.5	17.8	18.9	18.1	15	14.8	13.5	13.6	14.2	15.9	16	17.2
6	17.3	18.1	19.2	16.8	15.2	14.5	13.1	13.7	14	15.7	16.7	17.4
7	16.5	18.2	19.6	17.1	15	14.9	13.3	13.9	14.6	15.9	16.9	17.7
8	16.6	17.8	16.9	17	15.4	14.7	13.5	13.5	14.7	15.8	16.9	17.6
9	17.1	17.6	18.7	16.8	15.3	14.5	13.8	13.7	14.9	15.7	16.6	17.8
10	17	17.4	18.4	16.5	15.4	14.3	13.3	14	14.3	15.5	16.8	17.5
11	17.6	17.1	18.7	16.2	15.1	13.8	13.7	14.2	14.6	15.4	17.1	17.2
12	17.3	16.8	18.2	16.5	15	13.9	13.3	13.7	14.8	15.7	17	17.6
13	17	17.5	18.3	16.3	15.3	13.5	13.5	14	14.9	14.9	16.8	16.7
14	17.5	18	18	19.2	15.1	13.7	13.7	13.8	15.2	15.6	17.1	17.3
15	17.8	18.3	17.9	16	15	13.5	13.9	14.2	15.4	15.3	17.4	17.6
16	17.2	18.5	17.3	16.2	15.1	13.3	13.9	14.5	15.6	15.7	17.6	17.8
17	17	18.4	17.5	16.5	15.8	13.6	13.6	14.7	15.3	15.9	17.4	17.5
18	17.5	18.1	17.3	16.2	15.6	13.9	13.7	14.5	15	15.4	17	16.8
19	17.6	18.5	17.8	16	15.3	13.7	13.6	13.9	15.2	15.7	16.9	17.5
20	17.8	18.2	17.2	16.3	15	13.6	13.5	14.5	15	15.9	17.5	17.3
21	17.2	18.5	17.5	16	15.6	13.9	13	14.7	15.6	16.2	16.9	17
22	17	18.9	17.8	16.5	15.7	13.9	13.7	14.2	15.4	15.7	17	17.5
23	17.5	19.2	17.3	15.7	15.3	13.6	13.1	14.1	15	16.2	15	17.3
24	17.3	18.8	17.1	15.5	15	13.8	13	14.4	15.5	15.4	15.5	16.5
25	17.2	18.6	17.4	15.9	14.9	13.6	13.3	14.7	15.7	15.4	15.2	16.9
26	17.6	18.4	17.2	15.7	14.7	13.9	13.9	14.5	15.9	14.1	17.1	16.7
27	17.1	18	17.4	16.2	14.9	13.3	13.7	14	16.3	15.3	15.2	16.5
28	17	18.6	17.6	16	14.7	13.2	13.7	14.4	16	15.7	16.8	16.8
29	17.5	17.5	17.9	15.8	14.8	13.3	13.5	14.2	16.2	15.2	16	17.1
30					14.9	14.9	14.2	14	16.2	15.6	16.5	17.7
31								14.6	14.6	15.1	16.5	18.1
Promedio	17.3069	18.089655	18.0551724	16.548276	15.20	14.04	13.47	14.06	15.02	15.56	16.53	17.21

Elaborado por los autores

Tabla 40 Estación meteorológica Socsi - Cañete, temperatura mínima (°C) 2015

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	18.1	19.7	19.7	19.3	18.6	18.1	17.3	15.9	13.7	14.6	14	16
2	17.7	19.6	19.2	19.7	18	18	16.5	15.6	13.9	14.5	14.3	16.3
3	18.3	19.5	19.5	20.1	17.3	17.4	16.7	15.3	14.1	14.7	14.1	16.1
4	18	19.2	19.1	20.3	17.5	17.3	16.9	15	13.8	14.5	14.3	15.3
5	17.9	19.4	19.3	19.3	17.3	17.9	16.4	15.2	14	14.1	14.4	15.7
6	18.2	19.3	19.1	19.9	17.3	17.5	16.2	14.8	13.9	14	14	15.9
7	18.4	19.5	19.7	19.6	17.6	17.8	16.3	15	14.2	14.4	14.4	16.1
8	18.2	19.7	19.5	20.2	17.2	17.9	16.5	14.9	13.7	14.3	14.7	15.4
9	18	19.5	19.3	19.7	16.5	16.7	16.1	14.7	13.5	14.6	14.5	15.4
10	17.5	19.8	19.6	20.1	16.1	16.8	16	14.9	13.9	14.8	14.8	16.2
11	18.3	19.9	19.1	20.3	16.3	17.3	16.1	14	13.7	14.9	14.9	15.8
12	18.8	19.7	18.3	20.6	16	17.6	15.9	13.6	13.6	14.7	15.2	15.3
13	18.5	20.2	18.5	20.1	16.5	17.4	15.7	13.4	13.4	14.9	15.3	15.1
14	18.2	20.3	19.1	19.4	16.8	17.9	15.9	13.4	14	15.1	15	15
15	18.6	20.5	19.3	19.7	16.4	18.3	15.9	13.6	13.7	15.3	15.4	15.6
16	18.8	19.9	19.5	19.3	16.2	17.7	15.5	13.3	13.9	15.1	15.6	16.1
17	18.7	19.6	18.6	19.6	17	17.9	15.2	13.7	13.6	15.4	15.8	16
18	18.9	19.3	18.3	19	16.8	16.8	15.4	13.9	13.8	15.2	15.5	16.4
19	18.6	19.7	19.9	18.7	16	16.7	15.6	14.1	13.3	15	15.7	16.7
20	18.9	19.5	19.5	18.4	16.3	16.4	15.5	13.7	13.6	15.2	15.8	16.9
21	18.7	19.7	19.8	19.7	15.9	16.6	15.3	13.9	13.9	15	15.6	16.8
22	18.6	19.9	20.2	19.5	16.5	16.5	15.5	13.6	14	14.8	15.7	17.1
23	19.2	20.2	20.6	19	17	16.2	15.7	13.5	14.2	14.6	15.8	17.3
24	19	19.8	20.2	18.6	16.8	16.5	15.6	13.2	14	14.4	15.6	17.1
25	18.8	19.4	20.1	19.3	16.3	16.8	15.4	14	13.7	14.7	15.2	17.6
26	19	19.1	19.8	19.1	16.8	17.3	15.8	13.8	13.5	14.5	15.7	17.2
27	18.3	19.5	19.5	19.2	16	17.5	15.6	13.5	13.8	14.3	15.9	17.1
28	19.1	19.3	20.2	18.6	15.9	16.9	15.9	13.7	14.1	14.1	15.2	17
29	19.2		19.7	19.1	15.8	16.7	15.6	13.9	14.3	14.5	15.7	16.9
30	19.4		19.4	19.6	16	17.3	15.2	14.3	14.7	14.2	15.6	16.7
31	19.7		19.7	19.7	19.7	19.7	19.7	19.7		14	14	16.3
Promedio	18.5677	19.667857	19.4612903	19.506452	16.79	17.34	16.03	14.36	13.85	14.66	15.09	16.27

Elaborado por los autores

Tabla 41 Estación meteorológica Socsi - Cañete, temperatura mínima (°C) 2016

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	16.4	19.8	22.2	22.5	20.3	20.3	17	14	15.6	14.7	14.8	15
2	16.6	20.4	22.8	22.8	20.1	20.1	17.5	14.8	15.1	14.9	14.6	14.9
3	16.9	20.8	22.7	22.9	20.3	20.3	17.2	14.3	15.3	14.5	14.8	15.2
4	17.2	20.9	22.7	22.5	20.5	20.5	17.6	14.7	15.6	14.6	14.9	15.2
5	17.4	21.8	23.3	22.7	20.7	20.7	17.5	14.2	15.3	14.1	14.6	15.3
6	17.6	21.9	23.1	23.3	20.9	20.9	17.1	14	15.1	14.4	14.4	15.5
7	16.8	22.3	22.8	22.5	21.3	21.3	17	14.3	15	14.7	14.7	15.6
8	17	22.5	22.9	22.3	20.6	20.6	17.6	14.7	15.4	14.9	14.9	15.3
9	17.5	22.7	23.3	22	20.9	20.9	17.3	14.5	14.9	14.1	14	15.7
10	17.7	22.9	22.9	21.8	20.4	20.4	17.5	14.2	15.3	14.8	13.8	15.6
11	17.4	22.4	22.4	21.9	20.2	20.2	17.1	14.9	15.7	14.9	14.5	15.3
12	17.1	22.7	23.2	22	20	20	17	15.2	15.9	14.6	14.8	15.7
13	17.6	22.9	22.9	22	19.7	19.7	17.2	15.5	15.2	14.3	15	15.3
14	17.8	23.2	22.2	22.3	19.6	19.6	17.5	15.1	15	14.7	15.2	15.5
15	17.3	23.5	21.8	22	19.9	19.9	17.2	15.5	15.4	14.4	15	15.2
16	17.6	22.9	22.4	22.3	19.7	19.7	17.1	15.2	15.1	14.2	14.6	15.6
17	17.4	23.3	22.1	22.6	19.9	19.9	16.8	14.4	15.6	14	14.9	15.9
18	17	22.9	22	22.2	19.2	19.2	17	14.9	15.8	14.1	14.6	16
19	17.5	23.2	22.7	22.5	19	19	17.3	15.3	16.1	14	15	16.2
20	17.8	22.8	23	22.7	18.7	18.7	17.5	15.6	16.3	14.2	14.7	16.4
21	17.9	23.3	22.7	22.3	18.9	18.9	16.3	15.2	16	14.4	14.5	16.3
22	18.3	23.6	22.9	22	18.7	18.7	15.2	15.6	15.8	14	14.8	16.5
23	18.7	23	22.5	21.5	18.5	18.5	15.8	15.9	16.1	13.7	14.9	16.7
24	18.8	23	22.1	21.2	18.3	18.3	15.5	15	15.8	13.9	15.1	16.9
25	18.9	22.8	22	21	18.1	18.1	14.3	14.8	15.2	14	15.3	16.7
26	19.1	22.7	22.6	21.3	18.2	18.2	15.1	15.5	15	14.3	15	16.5
27	19.6	22.9	22.9	21.1	18.4	18.4	14.7	15.8	14.6	14.5	15.2	16.8
28	20.2	22.6	22.7	20.6	18.6	18.6	14.6	16	14.3	14.1	15	17
29	19.9	22.8	23.2	20.4	18.9	18.9	15.3	16.2	14.1	14.3	15.1	16.8
30	20.6		22.8	20	18.5	18.5	14.9	16.4	14.6	13.9	15.3	17.1
31	20.7						14.3	16	16	14.1		17
Promedio	18.0097	22.5	22.66	21.973333	19.57	19.57	16.48	15.09	15.36	14.33	14.80	15.96

Elaborado por los autores

Tabla 42 Estación meteorológica Socsi - Cañete, temperatura mínima (°C) 2017

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	17.2	20.2	22.3	21.1	19	16.3	14.2	12.8	13.8	12.4	14	14.7
2	17.1	20	21	20.7	18	16.5	14.9	14.5	13.9	12.3	14	15.8
3	17.3	20.2	22	20.7	18.8	15.9	15.1	14.7	13.2	14.3	14.5	17
4	17.5	20.3	21.4	19.9	18.5	16.9	15	14.6	13.6	13.7	14.2	15.5
5	17.3	20.1	21	19.9	18.7	16.7	13.8	14.2	13.8	13.7	14	15
6	17.5	20.3	21.2	19.9	18.3	15.1	14.8	14	13.5	13.5	13	14.7
7	17.4	20.1	21.2	19.2	19.3	15.9	14.7	13.8	13.7	13.6	14	15.8
8	17	20.4	21	20.3	18.4	15.7	14.3	14.2	13.5	13.1	13.6	15.5
9	17.3	20.8	21.3	19.2	18.7	14.8	14.7	13.8	13.4	13.4	19.9	15.8
10	17.5	21.5	21.2	19.6	19.7	15.8	14.8	14.1	13.5	14.1	14	14.8
11	17.8	20.2	20.1	18.8	18.2	15	14.6	13.3	14	14.2	14.1	15.3
12	17.9	21	21	20	19	15	14.5	12.7	13.8	14.1	13.7	15.5
13	18	21.2	22.2	20.1	17	14.4	14.8	11.8	14	14.2	14.7	15.5
14	18.2	22.1	23.1	20.1	18.5	14.2	12.6	11	14	14.3	14.9	15.5
15	18	20.9	21.9	19.9	19	15	12.4	12.1	13.8	13.6	14.7	15.7
16	18.2	22	20.9	19	18	14.3	12.7	12.2	13.9	14.2	14.3	14.6
17	18.5	22.2	21.2	18.9	17.4	15.2	12.5	13.5	13	14.2	15.1	14.6
18	18.7	21.2	21.5	18.5	18.1	15.4	12.3	12.8	14.1	14	15.9	16.1
19	19	21	21.9	20.7	15.9	14.8	12.8	13.2	13.5	14.3	14.7	16.3
20	18.7	20.8	21.8	19.5	17	16	13.8	12.9	13.9	14.2	15.1	15.2
21	18.6	21.3	19.5	19.5	17.5	15.5	14.4	12.8	14.1	14.1	15.4	15.3
22	18.8	20.1	21.8	20.1	17.2	15	12.1	14.7	14.6	14.4	15.1	16.3
23	18.5	22.4	21.4	18.6	16.7	16.2	12.5	13.1	13.7	14.4	15.1	15.8
24	18.7	21.2	21.2	18.8	16.3	16	12.1	12.6	14.7	14.9	15.4	16
25	19	21.6	21.6	18.4	16.4	14.9	13	13.7	14	14.7	16.7	15.5
26	19.3	22.2	21.3	18.7	17.2	14.8	13.5	11.9	13	14.3	15.3	15.2
27	19.4	21.9	22.1	19	17.9	15.7	14.1	12.8	13.6	14.1	15.1	15.5
28	19.6	21.3	22.1	19.3	16.5	15	14.5	12.2	13.2	14.3	15	15.9
29	19.8	19.8	21.2	18.2	16.9	16	13	13.8	12.5	14.1	15.9	16.2
30	20.2	20.2	21.7	18.6	16.1	15	14.3	13.9	12.8	14.7	15.8	17.7
31	20.4	20.4	20.4	20.4	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	12.9	12.9	12.9
Promedio	18.34	20.93	21.40	19.54	17.76	15.47	13.85	13.36	13.67	13.95	14.84	15.52

Elaborado por los autores

Tabla 43 Estación meteorológica Socsi - Cañete, temperatura mínima (°C) 2018

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	18.6	19	21.2	19								
2	18.9	19	19.8	19.1								
3	19.1	19.6	20.3	18.2								
4	18.9	19.3	19.9	19.4								
5	16.3	21.2	19.4	19.2								
6	17	20.1	19.9	19								
7	17.3	20.1	19.6	19.6								
8	17.6	19.7	21.2	19.4								
9	18	20.4	20.4	18.8								
10	16.6	20.2	20	19.1								
11	19.2	21.3	19.7	18.3								
12	17.9	20.2	21.1	18								
13	18.6	18	19.4	17.6								
14	17.7	19	19.4	19.1								
15	19.7	19.6	19.8	18.3								
16	19.9	20.2	21.4	18								
17	19.5	20.3	21.6	18.6								
18	18.4	21.2	20.1	18.1								
19	19.5	20.2	20.3	17.6								
20	18.3	19.9	22.9	18.1								
21	20.2	21.5	19.4	17.3								
22	19.9	20.2	19.1	17.7								
23	20.1	20.3	20.7	18								
24	20	20.2	20.2	18.1								
25	19.8	20.6	20.4	17.9								
26	19.7	22.2	19.6	17.6								
27	19.7	22.4	19.2	19.3								
28	19	20.9	19	18.3								
29	19.9	19.9	19	17.5								
30	19.1	19.1	18.4	18.8								
31	19.2	19.2	19.2									
Promedio	18.83	20.16	20.05	18.43								

Elaborado por los autores

Una vez teniendo todos los datos se hace un promedio de los valores totales de las temperaturas máximas y mínimas, dando como resultado la siguiente tabla.

Tabla 44 Promedio de temperaturas máximas (°C)

PROMEDIO DE TEMPERATURAS MÁXIMAS (°C) - ESTACIÓN METEOROLÓGICA SOCSI - CAÑETE												
SOCSI	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2013					24.76	22.86	22.10	23.10	24.54	24.45	24.63	24.25
2014	25.70	27.48	27.70	26.00	24.48	24.04	23.64	24.32	24.91	25.24	25.76	26.56
2015	28.24	29.25	29.40	29.11	26.06	24.31	23.59	23.91	24.21	24.69	25.12	25.55
2016	27.84	30.56	30.07	28.14	23.00	23.00	19.93	22.95	24.25	23.85	25.07	26.22
2017	28.04	30.63	30.35	28.92	25.08	21.56	20.29	20.66	20.11	24.14	23.47	25.00
2018	27.49	28.75	30.14	29.16								
Promedio	27.46	29.33	29.53	28.27	24.68	23.15	21.91	22.99	23.60	24.48	24.81	25.52

Elaborado por los autores

Tabla 45 Promedio de temperaturas mínimas (°C)

PROMEDIO DE TEMPERATURAS MÍNIMA (°C) - ESTACIÓN METEOROLÓGICA SOCSI - CAÑETE												
SOCSI	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2013					24.80	14.80	12.40	13.26	14.02	14.81	14.83	16.62
2014	17.31	18.09	18.06	16.55	15.20	14.04	13.47	14.06	15.02	15.56	16.53	17.21
2015	18.57	19.67	19.46	19.51	16.79	17.34	16.03	14.36	13.85	14.66	15.09	16.27
2016	18.01	22.50	22.66	21.97	19.57	19.57	16.48	15.09	15.36	14.33	14.80	15.96
2017	18.34	20.93	21.40	19.54	17.76	15.47	13.85	13.36	13.67	13.95	14.84	15.52
2018	18.83	20.16	20.05	18.43								
Promedio	18.21	20.27	20.33	19.20	18.82	16.24	14.45	14.03	14.38	14.66	15.22	16.32

Elaborado por los autores

De los datos obtenidos se realiza la siguiente tabla, hallando Eto por mes.

Tabla 46 Evapotranspiración por mes

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Latitud	13°01'	13°01'	13°01'	13°01'	13°01'	13°01'	13°01'	13°01'	13°01'	13°01'	13°01'	13°01'
Ra (mm/día)	16.65	16.35	15.35	13.85	12.30	11.40	11.80	13.05	14.65	15.80	16.55	16.55
Tm (°C)	22.84	24.80	24.93	23.73	21.75	19.70	18.18	18.51	18.99	19.57	20.01	20.92
Temp. Max. Media (°C)	27.46	29.33	29.53	28.27	24.68	23.15	21.91	22.99	23.60	24.48	24.81	25.52
Temp. Mín. Media (°C)	18.21	20.27	20.33	19.20	18.82	16.24	14.45	14.03	14.38	14.66	15.22	16.32
TD (°C)	9.25	9.06	9.21	9.07	5.85	6.91	7.46	8.96	9.22	9.81	9.59	9.20
ETO	4.7339	4.8226	4.5771	3.9836	2.7063	2.5847	2.6673	3.2620	3.7642	4.2541	4.4586	4.4708

Elaborado por los autores

Una vez obtenido los Eto se procede a evaluar a cada cultivo con su respectivo Kc, los mismos que se mostraron en la Tabla 6.

5.3.3. Eficiencia de riego

Es la relación que existe entre la cantidad de agua que se utiliza por cultivo y la cantidad de agua captada, en este caso, desde la bocatoma, asimismo, la cantidad de agua que es captada de alguna fuente natural de un sistema de riego es conducida a través de un canal principal y luego derivada por un canal de distribución, hasta que finalmente se deriva el agua a nivel parcela para algún cultivo del productor agrario.

Finalmente se evaluará el caudal de agua captado en la bocatoma, para saber la cantidad de agua que será necesaria para el riego de los cultivos. Por ello, es importante calcular la eficiencia de riego a fin de determinar la demanda de agua que se requiere en un proyecto de esta naturaleza.

La eficiencia de riego está compuesta por la eficiencia de conducción en el canal principal, la eficiencia de distribución en los canales laterales y la eficiencia de aplicación a nivel de parcela; el producto de estas tres eficiencias determina la eficiencia de riego de un sistema.

EFICIENCIA DEL SISTEMA DE RIEGO
<i>Ef. Riego (gravedad) = 0.40</i>
<i>Ef. Riego (aspersión) = 0.70</i>
<i>Ef. Riego (goteo) = 0.90</i>

Figura 49 Eficiencia del sistema de riego
Fuente MEF (Ministerio de economía y finanzas)

5.3.4. Demanda de agua por cultivo

Se obtuvo el Eto por mes, el cual se usará para hallar el Eto por cultivo, en este caso será para alfalfa, arándanos, alverja, maíz amarillo, maíz morado, palta y uva respectivamente; además, se hallarán las demanda en volumen por m³.

Tabla 47 Cultivo: Alfalfa

	Un.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul.	Ago.	Set	Oct	Nov	Dic
Eto	mm/día	4.7339	4.8226	4.5771	3.9836	2.7063	2.5847	2.6673	3.2620	3.7642	4.2541	4.4586	4.4708
Núm. de días		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Eto	mm	146.75	135.03	141.89	119.51	83.90	77.54	82.69	101.12	112.93	131.88	133.76	138.59
Kc		0.50	1.20	1.40	1.20	0.90	0.95	0.95	0.98	0.98	0.90	0.90	0.70
Etc.	mm/día	73.38	162.04	198.65	143.41	75.51	73.66	78.55	99.10	110.67	118.69	120.38	97.02
Prep. Efect.	mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Req. Lámina		73.38	162.04	198.65	143.41	75.51	73.66	78.55	99.10	110.67	118.69	120.38	97.02
Req. Vol.	m3/ha	733.76	1620.41	1986.46	1434.11	755.07	736.64	785.53	991.00	1106.68	1186.91	1203.83	970.16
Efic. De Riego		0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Volumen	m3/ha	1834.40	4051.01	4966.16	3585.27	1887.67	1841.60	1963.83	2477.50	2766.70	2967.27	3009.58	2425.41
Área Total	ha	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00
Vol. Total	m3	20178.45	44561.16	54627.74	39437.98	20764.39	20257.55	21602.15	27252.50	30433.66	32639.96	33105.37	26679.54

Tabla 48 Cultivo: Arándano

	Und.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Eto	mm/día	4.7339	4.8226	4.5771	3.9836	2.7063	2.5847	2.6673	3.2620	3.7642	4.2541	4.4586	4.4708
Num. de días		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Eto	mm	146.75	135.03	141.89	119.51	83.90	77.54	82.69	101.12	112.93	131.88	133.76	138.59
Kc		1.10	1.15	1.22	1.25	1.30	0.35	0.30	0.25	0.30	0.35	0.40	1.00
Etc	mm/día	161.43	155.29	173.11	149.39	109.07	27.14	24.81	25.28	33.88	46.16	53.50	138.59
Prep. Efect.	mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Req. Lámina		161.43	155.29	173.11	149.39	109.07	27.14	24.81	25.28	33.88	46.16	53.50	138.59
Req. Vol.	m3/ha	1614.28	1552.89	1731.06	1493.86	1090.65	271.39	248.06	252.81	338.78	461.58	535.04	1385.95
Efic. De Riego		0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Volumen	m3/ha	4035.69	3882.22	4327.65	3734.66	2726.64	678.48	620.16	632.02	846.95	1153.94	1337.59	3464.87
Área Total	ha	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Vol. Total	m3	20178.45	19411.11	21638.26	18673.29	13633.18	3392.41	3100.79	3160.08	4234.74	5769.69	6687.95	17324.37

Elaborado por los autores

Tabla 49 Cultivo: Alverja Grano Verde

	Und.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Eto	mm/día	4.7339	4.8226	4.5771	3.9836	2.7063	2.5847	2.6673	3.2620	3.7642	4.2541	4.4586	4.4708
Num. de días		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Eto	mm	146.75	135.03	141.89	119.51	83.90	77.54	82.69	101.12	112.93	131.88	133.76	138.59
Kc		0.40	1.10	1.25	1.26	1.28	1.30	0.35	0.30	0.28	0.25	0.25	0.35
Etc	mm/día	58.70	148.54	177.36	150.58	107.39	100.80	28.94	30.34	31.62	32.97	33.44	48.51
Prep. Efect.	mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Req. Lámina		58.70	148.54	177.36	150.58	107.39	100.80	28.94	30.34	31.62	32.97	33.44	48.51
Req. Vol.	m3/ha	587.01	1485.37	1773.63	1505.81	1073.88	1008.03	289.41	303.37	316.19	329.70	334.40	485.08
Efic. De Riego		0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Volumen	m3/ha	1467.52	3713.43	4434.07	3764.53	2684.69	2520.08	723.52	758.42	790.48	824.24	835.99	1212.71
Área Total	ha	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Vol. Total	m3	7337.62	18567.15	22170.35	18822.67	13423.44	12600.39	3617.58	3792.09	3952.42	4121.21	4179.97	6063.53

Tabla 50 Cultivo: Maíz Amarillo

Cultivo: Maíz Amarillo													
	Und.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Set	Oct	Nov	Dic
Eto	mm/día	4.7339	4.8226	4.5771	3.9836	2.7063	2.5847	2.6673	3.2620	3.7642	4.2541	4.4586	4.4708
Num. de días		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Eto	mm	146.75	135.03	141.89	119.51	83.90	77.54	82.69	101.12	112.93	131.88	133.76	138.59
Kc		0.30	0.45	0.50	1.05	1.10	1.15	1.20	0.35	0.40	0.55	0.60	0.25
Etc	mm/día	44.03	60.77	70.95	125.48	92.29	89.17	99.23	35.39	45.17	72.53	80.26	34.65
Prep. Efect.	mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Req. Lámina		44.03	60.77	70.95	125.48	92.29	89.17	99.23	35.39	45.17	72.53	80.26	34.65
Req. Vol.	m3/ha	440.26	607.65	709.45	1254.84	922.86	891.72	992.25	353.93	451.71	725.33	802.55	346.49
Efic. De Riego		0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Volumen	m3/ha	1100.64	1519.13	1773.63	3137.11	2307.15	2229.30	2480.63	884.82	1129.26	1813.33	2006.39	866.22
Área Total	ha	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Vol. Total	m3	22012.85	30382.61	35472.56	62742.24	46143.08	44585.99	49612.58	17696.43	22585.28	36266.63	40127.73	17324.37

Tabla 51 Cultivo: Maíz Morado

	Und.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Set	Oct	Nov	Dic
Eto	mm/día	4.7339	4.8226	4.5771	3.9836	2.7063	2.5847	2.6673	3.2620	3.7642	4.2541	4.4586	4.4708
Núm. de días		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Eto	mm	146.75	135.03	141.89	119.51	83.90	77.54	82.69	101.12	112.93	131.88	133.76	138.59
Kc		1.05	1.10	1.15	1.18	1.20	1.10	1.05	0.90	0.25	0.30	0.35	1.00
Etc.	mm/día	154.09	148.54	163.17	141.02	100.68	85.29	86.82	91.01	28.23	39.56	46.82	138.59
Prep. Efect.	mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Req. Lámina		154.09	148.54	163.17	141.02	100.68	85.29	86.82	91.01	28.23	39.56	46.82	138.59
Req. Vol.	m3/ha	1540.90	1485.37	1631.74	1410.21	1006.76	852.95	868.22	910.10	282.32	395.64	468.16	1385.95
Efic. De Riego		0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Volumen	m3/ha	3852.25	3713.43	4079.34	3525.52	2516.90	2132.37	2170.55	2275.26	705.79	989.09	1170.39	3464.87
Área Total	ha	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00
Vol. Total	m3	211873.70	204238.63	224363.93	193903.41	138429.24	117280.54	119380.28	125139.04	38818.45	54399.94	64371.56	190568.12

Tabla 52 Cultivo: Palta

	Und.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Set	Oct	Nov	Dic
Eto	mm/día	4.7339	4.8226	4.5771	3.9836	2.7063	2.5847	2.6673	3.2620	3.7642	4.2541	4.4586	4.4708
Num. de días		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Eto	mm	146.75	135.03	141.89	119.51	83.90	77.54	82.69	101.12	112.93	131.88	133.76	138.59
Kc		1.20	1.30	0.80	0.60	0.25	0.30	0.35	0.40	0.90	0.95	1.00	1.10
Etc	mm/día	176.10	175.54	113.51	71.71	20.97	23.26	28.94	40.45	101.63	125.28	133.76	152.45
Prep. Efect.	mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Req. Lámina		176.10	175.54	113.51	71.71	20.97	23.26	28.94	40.45	101.63	125.28	133.76	152.45
Req. Vol.	m3/ha	1761.03	1755.44	1135.12	717.05	209.74	232.62	289.41	404.49	1016.34	1252.85	1337.59	1524.54
Efic. De Riego		0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Volumen	m3/ha	4402.57	4388.60	2837.80	1792.64	524.35	581.56	723.52	1011.22	2540.84	3132.12	3343.98	3811.36
Área Total	ha	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
Vol. Total	m3	39623.13	39497.39	25540.24	16133.72	4719.18	5234.01	6511.65	9101.02	22867.60	28189.06	30095.80	34302.26

Tabla 53 Cultivo: Uva

	Und.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Eto	mm/día	4.7339	4.8226	4.5771	3.9836	2.7063	2.5847	2.6673	3.2620	3.7642	4.2541	4.4586	4.4708
Num. de días		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Eto	mm	146.75	135.03	141.89	119.51	83.90	77.54	82.69	101.12	112.93	131.88	133.76	138.59
Kc		0.50	0.75	0.80	0.80	0.80	0.85	0.45	0.40	0.35	0.20	0.25	0.30
Etc	mm/día	73.38	101.28	113.51	95.61	67.12	65.91	37.21	40.45	39.52	26.38	33.44	41.58
Prep. Efect.	mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Req. Lámina		73.38	101.28	113.51	95.61	67.12	65.91	37.21	40.45	39.52	26.38	33.44	41.58
Req. Vol.	m3/ha	733.76	1012.75	1135.12	956.07	671.17	659.10	372.09	404.49	395.24	263.76	334.40	415.78
Efic. De Riego		0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Volumen	m3/ha	1834.40	2531.88	2837.80	2390.18	1677.93	1647.74	930.24	1011.22	988.11	659.39	835.99	1039.46
Área Total	ha	312.00	312.00	312.00	312.00	312.00	312.00	312.00	312.00	312.00	312.00	312.00	312.00
Vol. Total	m3	572334.15	789947.75	885395.05	745736.38	523514.21	514095.85	290233.62	315502.05	308289.07	205730.68	260830.23	324312.30

Tabla 54 Demanda total por cultivo

Demanda		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Alfalfa	m3	20178.45	44561.16	54627.74	39437.98	20764.39	20257.55	21602.15	27252.50	30433.66	32639.96	33105.37	26679.54
Arandano	m3	20178.45	19411.11	21638.26	18673.29	13633.18	3392.41	3100.79	3160.08	4234.74	5769.69	6687.95	17324.37
Maíz Amarillo	m3	22012.85	30382.61	35472.56	62742.24	46143.08	44585.99	49612.58	17696.43	22585.28	36266.63	40127.73	17324.37
Maíz Morado	m3	211873.70	204238.63	224363.93	193903.41	138429.24	117280.54	119380.28	125139.04	38818.45	54399.94	64371.56	190568.12
Palta	m3	39623.13	39497.39	25540.24	16133.72	4719.18	5234.01	6511.65	9101.02	22867.60	28189.06	30095.80	34302.26
Uva	m3	572334.15	789947.75	885395.05	745736.38	523514.21	514095.85	290233.62	315502.05	308289.07	205730.68	260830.23	324312.30
Total	m3	886200.74	1128038.63	1247037.77	1076627.03	747203.27	704846.35	490441.06	497851.12	427228.80	362995.96	435218.64	610510.97
Caudal	m3/s	0.33	0.55	0.47	0.42	0.28	0.27	0.18	0.19	0.16	0.14	0.17	0.23

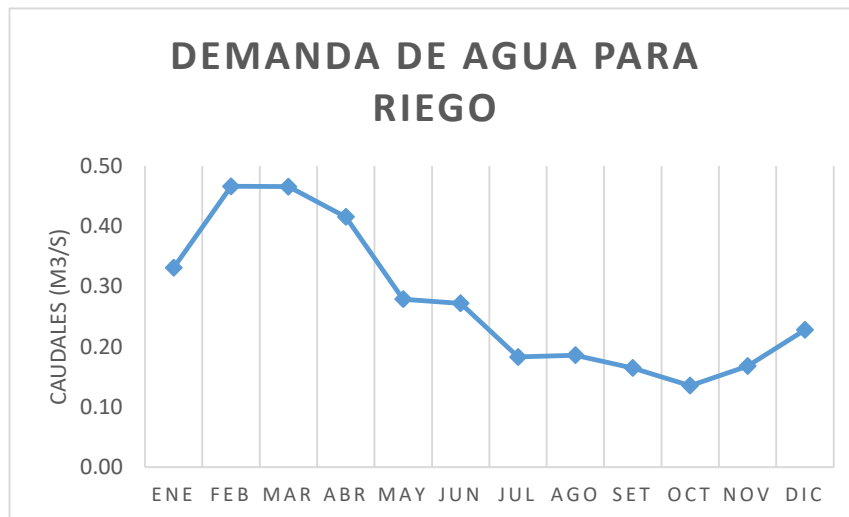


Figura 50 Curva de demanda de agua para riego
Elaborada por los autores

En la tabla 24, se puede apreciar el caudal de demanda por cultivo de acuerdo al área establecida y escogiendo el valor máximo que corresponde al mes de febrero, así se obtiene 0.55 m³/s, el cual será necesario como mínimo.

5.3.5. Caudal de diseño

Es necesario tomar los caudales máximos de cada año, siendo estos desde el año 1968 al 2017, puesto que se evaluará para un periodo de retorno de 50 años, en tanto se trata de una población afectada por el fenómeno El Niño.

Para calcular un periodo de retorno de 50 años, se utilizó el HyfranPlus, que es un software usado para aproximar distribuciones estadísticas, incluye numerosas, flexibles y amigables herramientas matemáticas que pueden ser usadas en el análisis estadístico de eventos extremos. Esto ayudará a calcular el periodo de retorno de 50 años basado en las máximas avenidas de los años de 1968 al 2017, el procedimiento será mostrado mediante la siguiente imagen.

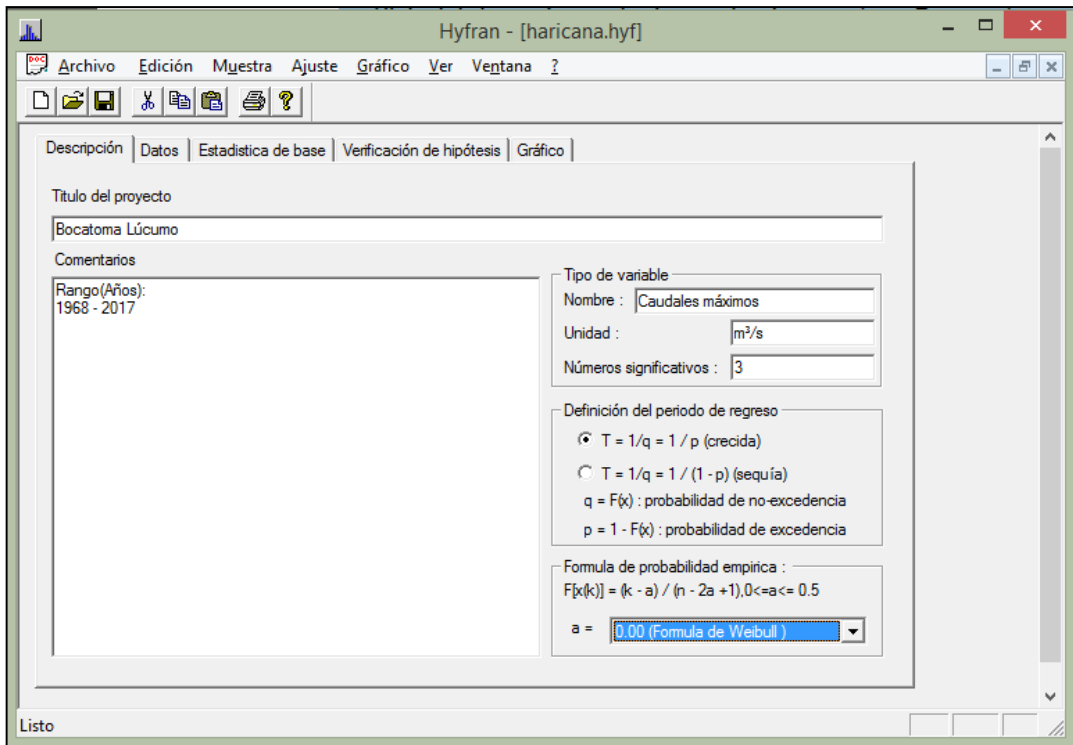


Figura 51. Ingreso de datos
Elaborada por los autores

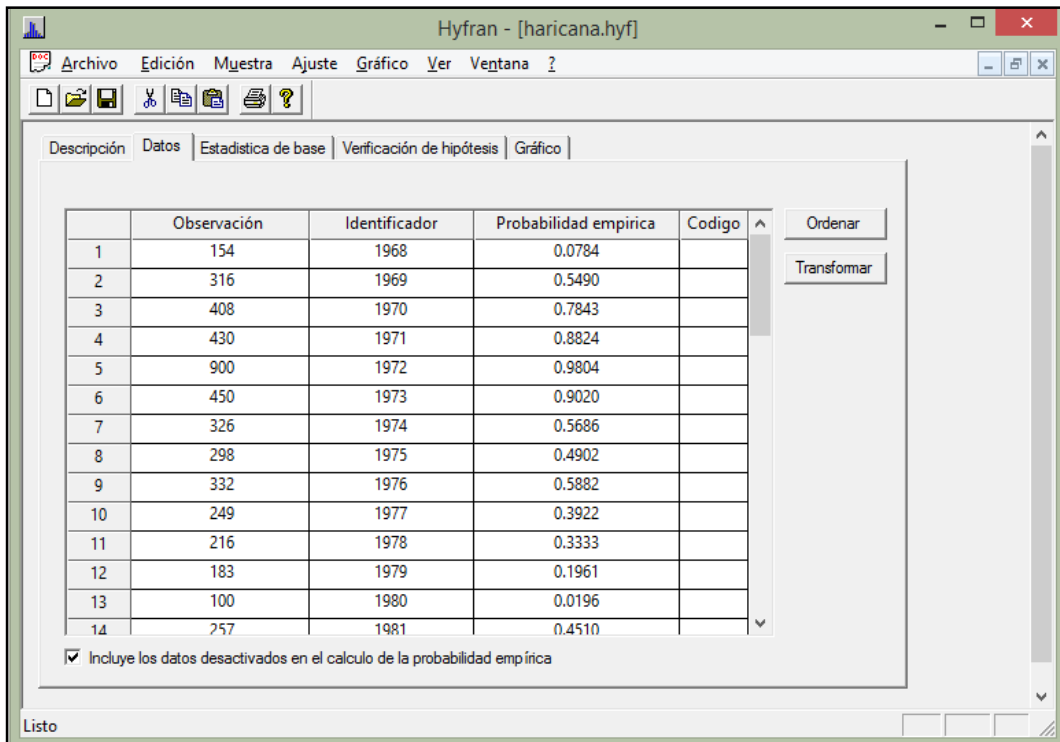


Figura 52. Ingreso de datos
Elaborada por los autores

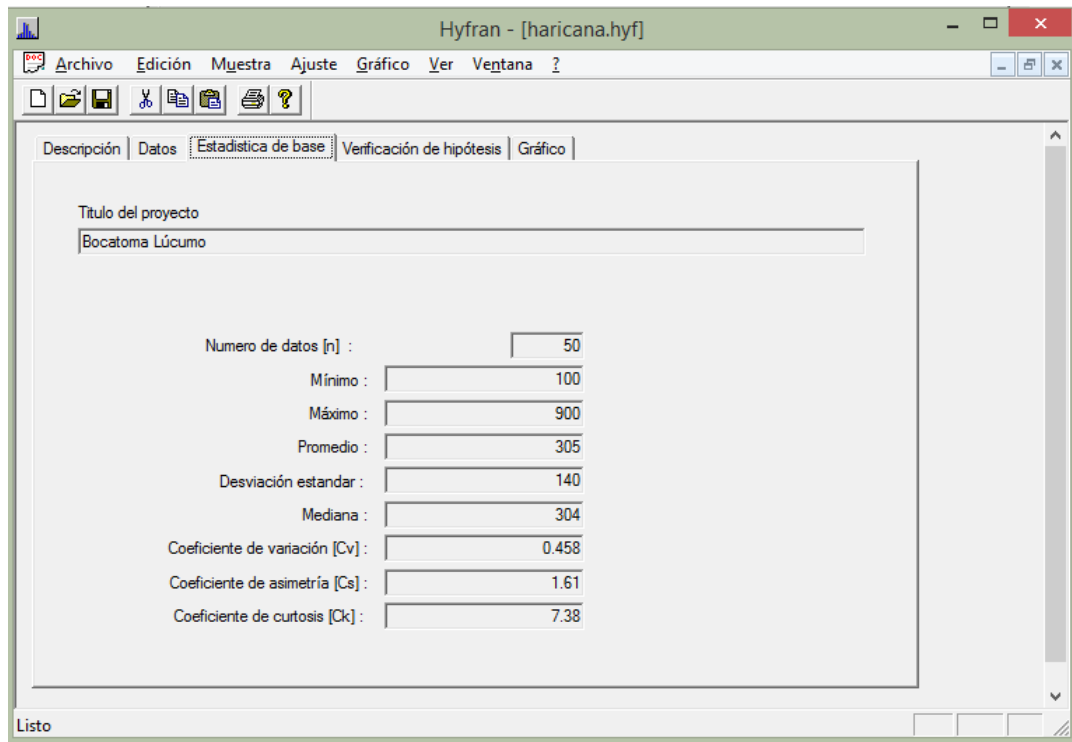


Figura 53. Analisis de datos
Elaborada por los autores

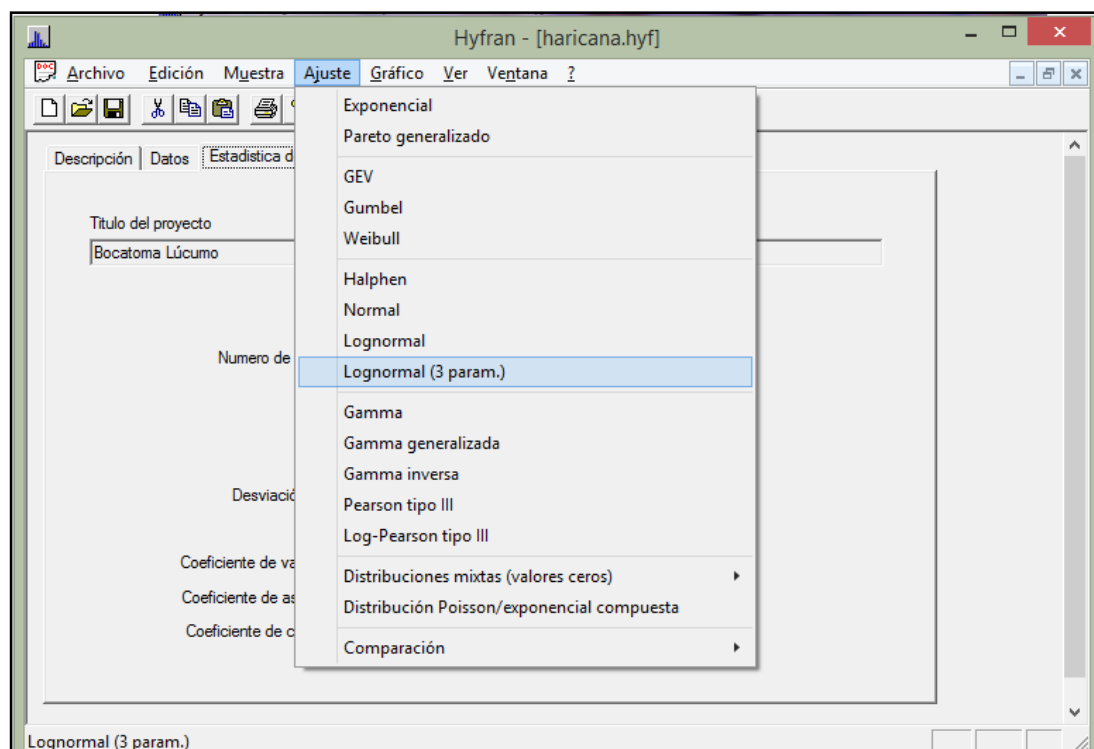


Figura 54. elección de fórmula
Elaborada por los autores

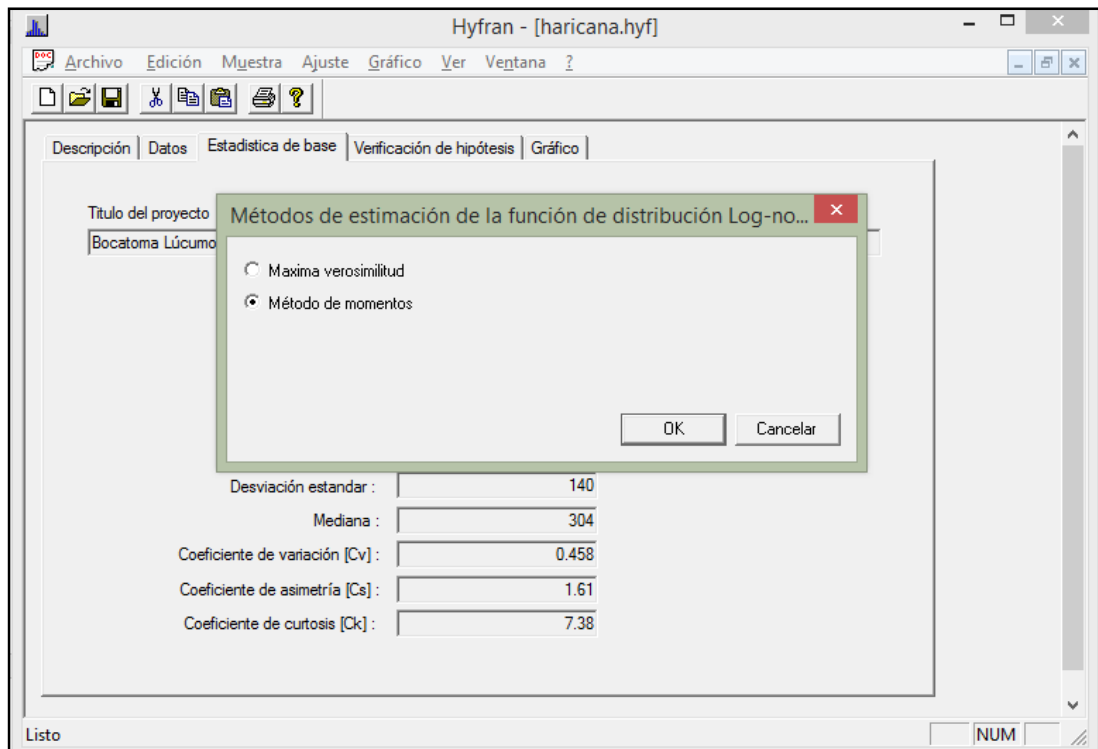


Figura 55. Elección de metodo a usar
Elaborada por los autores

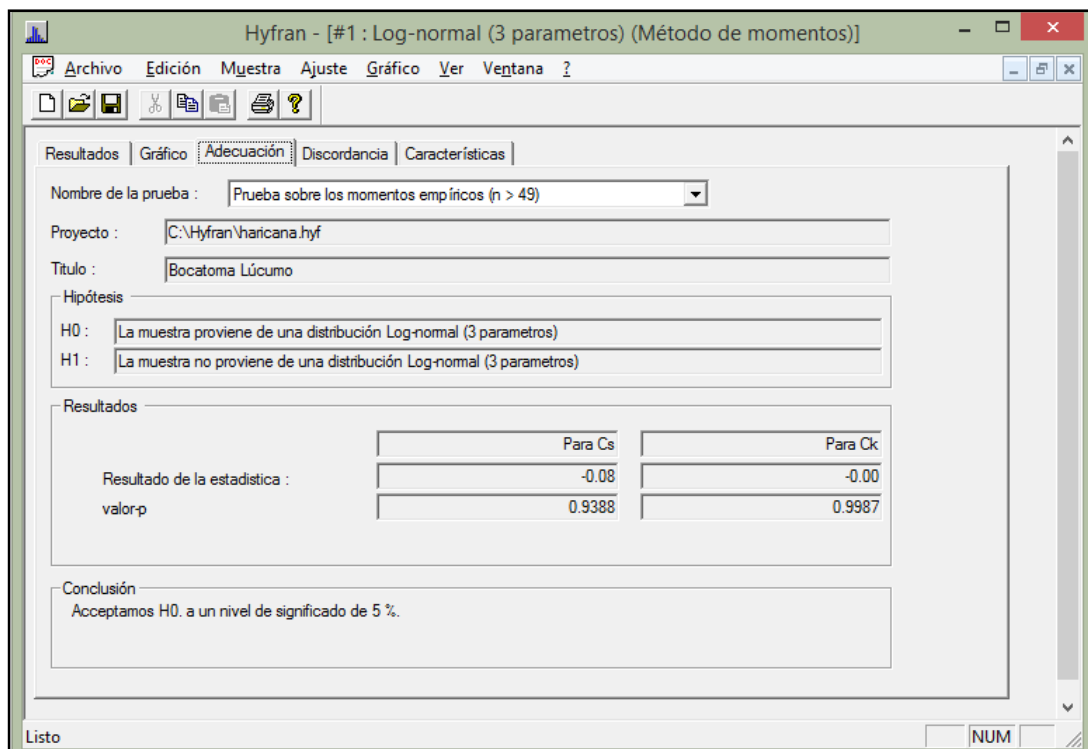


Figura 56. Nivel de significancia
Elaborada por los autores

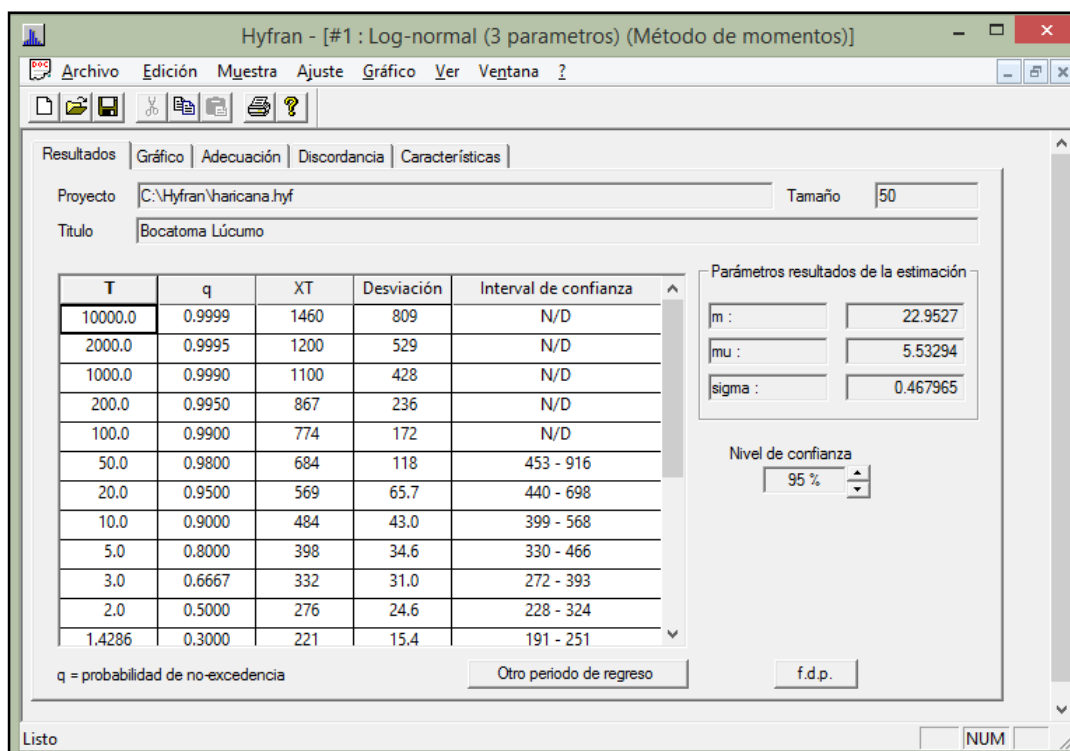


Figura 57. Resultados
Elaborada por los autores

Tabla 55 Caudales para cada tiempo de retorno

promedio (Qm)	305
desviación estándar (σ)	140

T	Q (m3/s)
10	484
20	569
50	684
100	774

T	Qt (m3/s)	Frecuencia
10	484	0.90
20	569	0.95
50	684	0.98
100	774	0.99

Elaborada por los autores

Teniendo el análisis topográfico y el análisis hidrológico se podrá evaluar de manera virtual y con la ayuda del Hec-Ras, el cual es un software usado para la modelización hidráulica unidimensional y está compuesto por 4 tipos de análisis en ríos:

- Modelización de flujo en régimen permanente
- Modelización de flujo en régimen no permanente
- Modelización del transporte de sedimentos
- Análisis de calidad de aguas

El Hec-Ras permite simular flujos en cauces naturales o canales artificiales para determinar el nivel del agua, por lo que su objetivo principal es realizar estudios de inundabilidad y determinar las zonas inundables. El procedimiento será mostrado a través de las siguientes imágenes.

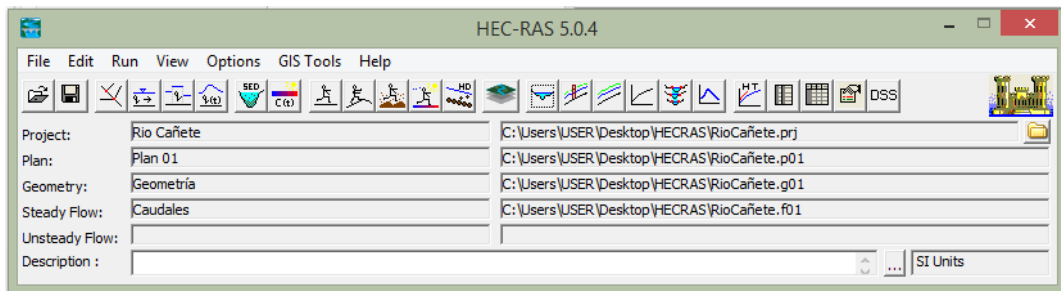


Figura 58. Datos ingresados
Elaborado por los autores

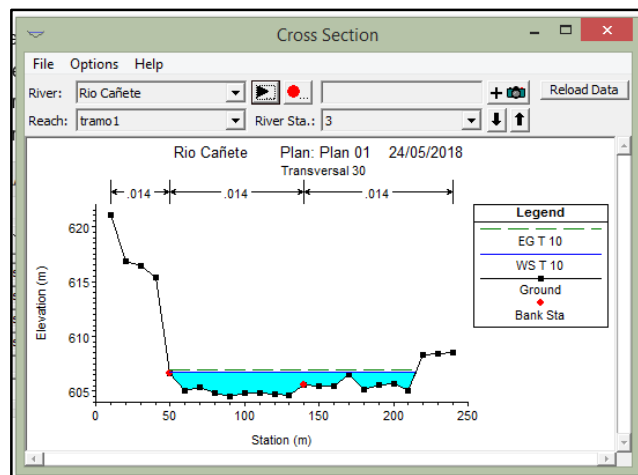


Figura 59. Caudal de retorno para 10 años

Elaborado por los autores

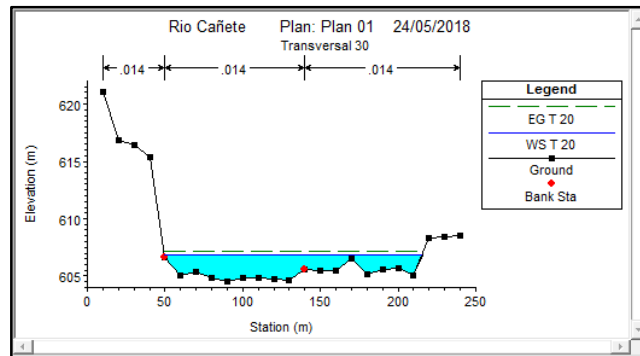


Figura 60. Caudal de retorno para 20 años
Elaborado por los autores

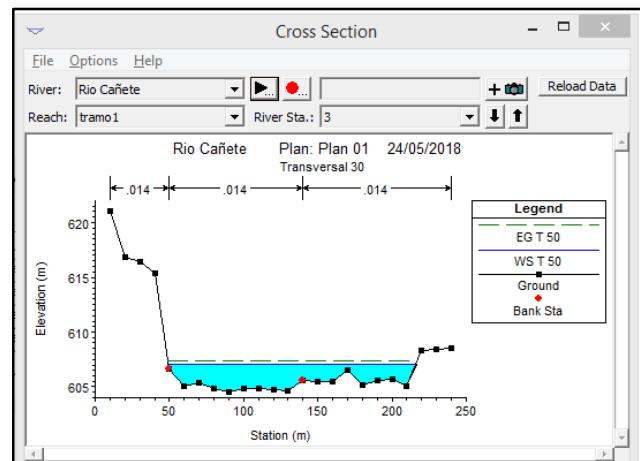


Figura 61. Caudal de retorno para 50 años
Elaborado por los autores

La interpretación de todas las imágenes antes mostradas, permite apreciar la elevación del río de acuerdo al tiempo de retorno.

5.4. Diseño de bocatoma

Este diseño es la parte final y el objetivo principal del proyecto. Después de obtener los resultados de los estudios geotécnicos, topográficos e hidrológicos, se realiza el diseño hidráulico de una bocatoma para la comunidad de Lúcumo, que servirá para dotar de agua de riego a los cultivos de dicha comunidad.

f) Datos hídricos

$Q_{\text{máx}}$, es el caudal de diseño para un retorno de 50 años, que llevaría el río.

$$Q_{\text{máx}} = 684 \text{ m}^3/\text{s}$$

g) Caudal de derivación

Este caudal dependerá de las áreas que se va a irrigar los cultivos de la comunidad de Lúcumo.

$$Q_{\text{cap}} = 0.55 \text{ m}^3/\text{s}$$

h) Cálculo del coeficiente de rugosidad “n”

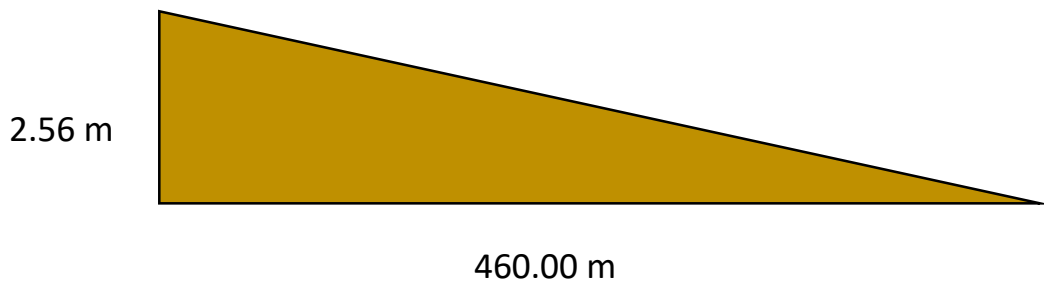
La rugosidad dependerá de las características del cauce del río.

Condiciones del canal		Valores	
Material considerado	Tierra	n0	0.020
	Roca cortada		0.025
	Grava Fina		0.024
	Grava Gruesa		0.028
Grado de irregularidad	Liso	n1	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variaciones de la sección transversal del canal	Gradual	n2	0.000
	Ocasionalmente alternante		0.005
Efectivo relativo de obstrucciones	Frecuentemente alternante	n3	0.010 - 0.015
	Despreciable		0.000
	Menor		0.010 - 0.015
	Apreciable		0.020 - 0.030
Vegetación	Severo	n4	0.040 - 0.060
	Baja		0.005 - 0.010
	Media		0.010 - 0.020
	Alta		0.025 - 0.050
Cantidad de meandros	Muy Alta	m5	0.050 - 0.100
	Menor		1.000
	Apreciable		1.150
	Severa		1.300

Material Considerado	Roca cortada	no	=	0.025
Grado de Irregularidad	Menor	n1	=	0.025
Variaciones de la sección transversal del canal	Gradual	n2	=	0.000
Efectivo relativo de obstrucciones	Despreciable	n3	=	0.000
Vegetación	Media	n4	=	0.015
Cantidad de meandros	Apreciable	m5	=	1.150
n	=	Σ (suma de las condiciones) * m5		0.075
		=		

i) Cálculo de la pendiente del río "S"

El cálculo de la pendiente se ha obtenido en el perfil longitudinal del río, la pendiente entre los tramos del kilometraje: 0+000 a 0+460, que comprende el área del proyecto, o levantamiento topográfico.



Ancho del Río Cañete = 130.00 m

Talud (Z) = 1.00

$S = 2.56 / 460 = 0.0056 = 0.56\%$

El siguiente cuadro comprende la cantidad del caudal que fluye en cada curva de nivel. Se hallan áreas, perímetros y pendientes, y se utilizan las curvas del nivel del Río Cañete.

COTA	Area (m ²)	P (m)	R.H.^ 2/3	1/n	s^ 1/2	Q (m ³ /s)
605.13						
605.00	16.38	129.64	0.2518	13.378	0.075	4.116
604.84	37.10	129.19	0.4353	13.378	0.075	16.115
605.00	16.38	129.64	0.2518	13.378	0.075	4.116
604.98	18.96	129.59	0.2777	13.378	0.075	5.253
605.00	16.38	129.64	0.2518	13.378	0.075	4.116
605.53	52.68	131.14	0.5444	13.378	0.075	28.626
604.58	70.98	128.46	0.6734	13.378	0.075	47.700
605.33	26.56	130.58	0.3459	13.378	0.075	9.169
605.51	49.92	131.09	0.5254	13.378	0.075	26.175
605.17	5.72	130.12	0.1246	13.378	0.075	0.711
605.50	48.62	131.06	0.5163	13.378	0.075	25.052
605.58	59.23	131.28	0.5882	13.378	0.075	34.768
605.50	48.76	131.06	0.5173	13.378	0.075	25.172
605.67	71.02	131.54	0.6630	13.378	0.075	46.992
606.00	114.38	132.47	0.9068	13.378	0.075	103.511
606.50	180.51	133.89	1.2204	13.378	0.075	219.853
606.91	235.10	135.05	1.4472	13.378	0.075	339.551
607.00	247.13	135.30	1.4942	13.378	0.075	368.535
607.22	276.60	135.92	1.6059	13.378	0.075	443.304
607.50	314.26	136.71	1.7417	13.378	0.075	546.251
607.45	307.52	136.57	1.7179	13.378	0.075	527.243
607.85	361.54	137.70	1.9031	13.378	0.075	686.686
608.23	413.15	138.78	2.0695	13.378	0.075	853.299
608.75	484.25	140.25	2.2844	13.378	0.075	1104.033

Caudal de diseño **Q_{máx} = 684.00 m³/s**

La curva de nivel que se aproxima al diseño de caudal es 0+607.85 msnm, con un caudal 686.686 m³/s.

e) Cálculo de captación

e.1) Cálculo de la altura del umbral del orificio

$$h_o = h_u = 3 \varnothing_m + b.l. \quad \text{condición: } 0.20 \text{ m} < h_o < 1.00 \text{ m}$$

Donde:

\varnothing_m = diámetro medio de los sedimentos más gruesos

b.l. = borde libre = 0.10 m

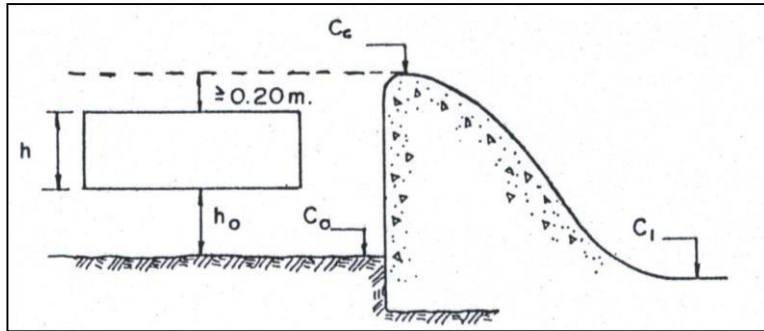


Figura 62. Ventana de captación
Fuente: Mansen Valderrama, Alfredo

$$\varnothing m = 3,5'' = 0.09 \text{ m} \quad \text{b.l.} = 0.10 \text{ m}$$

⇒ Altura del Umbral

$$h_o = h_u = 3 \cdot (0.09) + 0.10 = 0.40 \text{ m}$$

I. Cálculo de la ventana de captación como vertedero

Método de Forcheimer: Caudal de captación a través de la ventana

$$Q_{cap} = \frac{2 * \mu * L * \sqrt{2 * g * h^3}}{3}$$

Donde:

μ = Coeficiente del vertedero según la forma de la cresta

L = Longitud de la ventana de captación

h = Altura de la carga sobre el vertedero de la ventana

Corona ancha	0.49	0.51
Corona ancha redondeada	0.5	0.55
Canto afilado	0.62	0.64
Cima redondeada	0.79	
Tipo creager	0.75	

$$Q_{cap} = 0.55 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\mu = 0.55$$

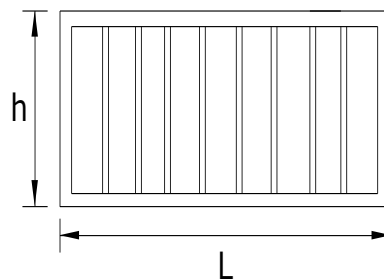
$$L = 0.70 \text{ m}$$

Entonces, aplicando la fórmula: 0.62 m

$$h = 0.65 \text{ m}$$

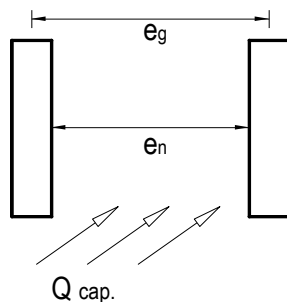
Reemplazando en la fórmula: 0.646 m

$$L = 0.65 \text{ m}$$



II. Cálculo de la ventana de captación como vertedero de captación

En condiciones extremas (caudal de avenida) la avenida de captación se comporta como orificio de descarga sumergido.



en = Espacio entre barras = 0.10 m

eg = Espacio entre barras medias = 0.10 m

Determinamos el número de barras

Nº de barras = 4.00 barras

Pérdida por rejilla

$$a_n = 0.42 \text{ m}^2$$

$$a_g = 0.73 \text{ m}^2$$

$$e_n / e_g = 0.42 \text{ m}^2$$

$$a_n / a_g = 0.58 \text{ m}^2$$

$$k_t = 1$$

$$V_{ing} = 1.30 \text{ m}^2$$

$$V_n = 1.08$$

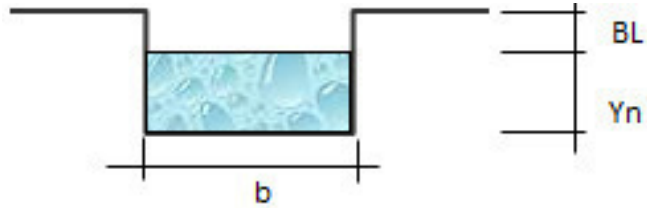
m/s

Finalmente

$h_r = 0.05 \text{ m}$ Pérdida de carga por rejilla

III. Diseño de canal de conducción rectangular

El canal de captación para dotar agua de riego a la comunidad de Lúcumo, será de tipo rectangular.



b = se asume que la base es igual a $a = 0.80 \text{ m}$

Ahora se halla el coeficiente de Manning (n), para determinar las dimensiones del canal de captación.

Perímetro mojado	n	Perímetro mojado	n
Canales naturales		Canales artificiales	
Limpios y rectos	0.030	Vidrio	0.010
Fangoso con piscinas	0.040	Latón	0.011
Ríos	0.035	Acero, suave	0.012
		Acero, pintado	0.014
Llanuras de inundación		Acero remachado	0.016
Pasto, campo	0.035	Hierro fundido	0.013
Matorrales baja densidad	0.050	Concreto terminado	0.012
Matorrales alta densidad	0.075	Concreto sin terminar	0.014
Árboles	0.150	Madera cepillada	0.012
		Baldosa arcilla	0.014
Canales de tierra		Ladrillo	0.015
Limpio	0.022	Asfalto	0.016
Grava	0.025	Metal corrugado	0.022
Maleza	0.030	Madera no cepillada	0.013
Piedra	0.035		

$Q_{cap} = 0.55 \text{ m}^3/\text{s}$

$Z = 0.50$

$S = 0.0056$

$n = 0.015$ canal revestido de concreto

$$A = b \times Y_n$$

$$P = b + 2Y_n$$

$$Q \cdot n / (s^{0.5}) = A \cdot (R^{2/3}) = [A^{5/3}] / [P^{2/3}]$$

$$0.1106 = [(b \cdot Y_n)^{5/3}] / [(b + 2Y_n)^{2/3}]$$

$$0.1106 = [(0.8 \cdot Y_n)^{5/3}] / [(0.8 + 2Y_n)^{2/3}]$$

$$Y_n = 0.43 = 0.55 \text{ m}$$

Remplazando

$$\text{Área (m}^2\text{)} = 0.440 \text{ m}^2$$

$$\text{Perímetro (m)} = 1.900 \text{ m}$$

$$\text{Radio Hidráulico (m)} = 0.232 \text{ m}$$

$$\text{Velocidad} = 1.250 \text{ m/s}$$

$$h_v = 0.080 \text{ m}$$

$$E = Y_n + h_v = 0.080 \text{ m}$$

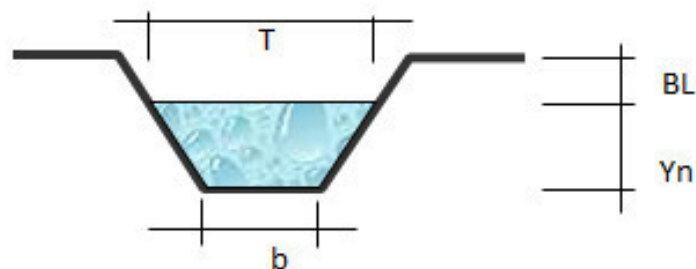
Borde Libre

$$\text{B.L.} = Y_n / 3 = 0.2 = 0.3 \text{ m}$$



IV. Diseño de canal de conducción Trapezoidal

El diseño del canal trapezoidal, permitirá conducir el agua de riego para la comunidad de Lúcumo, con un $Q_{cap} = 0.55 \text{ m}^3/\text{s}$



$$b = \text{se asume que la base es igual } a = 0.80 \text{ m}$$

Ahora se halla el coeficiente de Manning (n), para determinar las dimensiones del canal de captación, en la siguiente tabla.

Perímetro mojado	n	Perímetro mojado	n
Canales naturales		Canales artificiales	
Limpios y rectos	0.030	Vidrio	0.010
Fangoso con piscinas	0.040	Latón	0.011
Ríos	0.035	Acero, suave	0.012
		Acero, pintado	0.014
Llanuras de inundación		Acero remachado	0.016
Pasto, campo	0.035	Hierro fundido	0.013
Matorrales baja densidad	0.050	Concreto terminado	0.012
Matorrales alta densidad	0.075	Concreto sin terminar	0.014
Árboles	0.150	Madera cepillada	0.012
		Baldosa arcilla	0.014
Canales de tierra		Ladrillo	0.015
Limpio	0.022	Asfalto	0.016
Grava	0.025	Metal corrugado	0.022
Maleza	0.030	Madera no cepillada	0.013
Piedra	0.035		

$$Q_{cap} = 0.55 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Z = 0.50$$

$$S = 0.0056$$

$$n = 0.015 \text{ canal revestido de concreto}$$

$$A = (b \cdot Y_n) + (Z \cdot Y_n^2)$$

$$P = b + [2 \cdot Y_n \cdot (1 + Z^2)^{0.5}]$$

$$T = b + (2 \cdot Y_n \cdot Z)$$

$$Q \cdot n / (s^{0.5}) = A \cdot (R^{2/3}) = [A^{5/3}] / [P^{2/3}]$$

$$0.1106 = [((b \cdot Y_n) + (Z \cdot Y_n^2))^{5/3}] / [(b + [2 \cdot Y_n \cdot (1 + Z^2)^{0.5}])^{2/3}]$$

$$0.1106 = [((0.8 \cdot Y_n) + (0.5 \cdot Y_n^2))^{5/3}] / [(0.8 + (2 \cdot Y_n \cdot (1 + 0.5^2)^{1/2}))^{2/3}]$$

$$Y_n = 0.33 = 0.40 \text{ m}$$

Remplazando

$$\text{Área (m}^2) = 0.398 \text{ m}^2$$

$$\text{Perímetro (m)} = 1.690 \text{ m}$$

Radio Hidráulico (m) = 0.235 m

Velocidad = 1.383 m/s

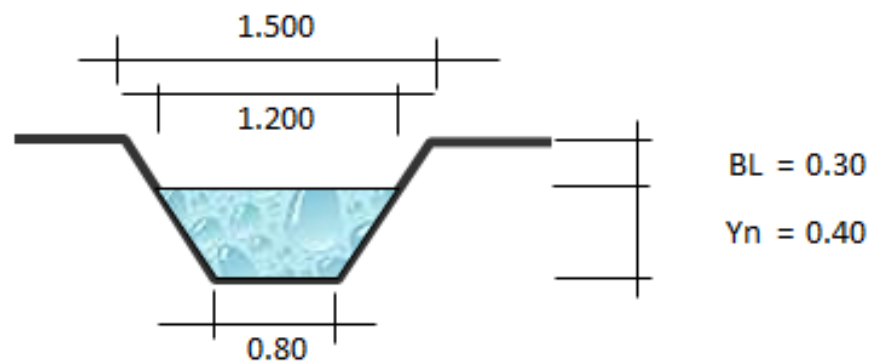
$h_v = 0.098$ m

$E = Y_n + h_v = 0.496$ m

$T = 0.496$ m

Borde Libre

B.L. = $Y_n / 3 = 0.1 = 0.3$ m



f) Barraje mixto (se calculará en: canal de limpia y aliviadero)

I. Cálculo de la elevación del barraje (elev. b)

Para el diseño del barraje, primero se debe ubicar donde estará el barraje, para esto se diseñará la elevación óptima del mismo, y luego se diseñarán las dimensiones necesarias del barraje. Por último, se aplicará la siguiente fórmula.

$$\text{Elev. B} = \text{CFC} + Y_n + h_v + 0.20$$

Donde:

CFC = "Cota de fondo de la rasante del canal de captación"
= CFR + altura de sedimentos

CFR = Cota del fondo de rasante

Altura de sedimentos = 1.00

$Y_n =$ Tirante Normal del canal (m) = 0.55

$h_v =$ Carga de velocidad del canal = 0.080

Pérdida por transición, cambio de dirección, etc. = 0.20

Reemplazando se tiene:

CFR = 605.13

CFC = 605.13 + 1.00 = 606.13 m.s.n.m.

Entonces

Elev. B = 606.96 m.s.n.m.

II. Cálculo de la altura del barraje

Ahora se diseñará la altura que necesitará el barraje fijo de la bocatoma, para lograr elevar la altura del agua y poder captar un $Q_{cap} = 0.55 \text{ m}^3/\text{s}$.

Altura del barraje = $P = \text{Elev. B} - \text{CFR}$

$P = 1.83 \text{ m}$

Ahora con los datos obtenidos, se tienen las siguientes dimensiones del barraje fijo de la bocatoma.

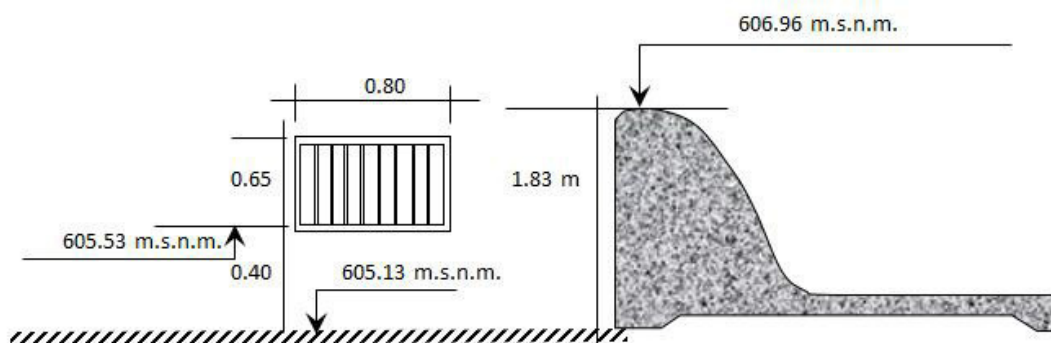


Figura 63. Dimensiones de bocatoma
Elaborado por los autores

III. Cálculo del ancho del barraje fijo

a) Blench

Método de Blench, utilizado para calcular la longitud del barraje, utilizando dos parámetros:

Fb: Factor de fondo

Fs: Factor de orilla

$$B = 1.81 \sqrt{Q \frac{Fb}{Fs}}$$

Donde:

Q = Caudal de diseño m³/s

Fb = Factor de fondo, depende de la naturaleza del lecho.

Fs = Factor de orilla, depende de la erosión de márgenes (taludes), de la viscosidad del agua y de la tendencia del material sólido a depositarse en las márgenes.

Factor de fondo	Fb (ft/s²)
Material Fino	0.8
Material Grueso	1.2
Factor de orilla	Fs (ft²/s³)
Bancos arenosos fácilmente erosionables	0.1
Bancos algo cohesivos	0.2
Bancos cohesivos	0.3

$$B = 164 \text{ m}$$

b) Petit

Para este método se usa solo el caudal de diseño, en la siguiente fórmula:

$$B = 2.45 * \sqrt{Q}$$

Q_{máx} = 684 m³/s

Fs (banco arenosos) = 0.1 ft²/s³

Q_{m³/s} = 684 m³ /s

$$B = 64 \text{ m}$$

Entonces

Para este caso a elegir, se halla el promedio de los resultados de los dos métodos para calcular el ancho óptimo del barraje fijo y se calcula el ancho del barraje móvil.

Blench	164	
Petit	64	
Ancho	114	115 m

IV. Ancho del barraje móvil

Ancho del río = 130.00 m

Ancho del barraje móvil = ancho del río – ancho del barraje fijo

$$\text{Ancho móvil} = 15 \text{ m}$$

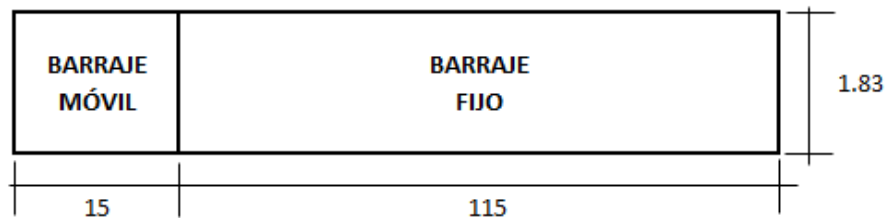


Figura 64. Ancho de bocatoma fijo y móvil
Elaborado por los autores

V. Longitud de compuertas del canal desarenador (Lcd)

$Lcd = \text{ancho móvil} / 2 \text{ compuertas}$

$$Lcd = 15 / 2 = 7.5 \text{ m}$$

VI. Pre dimensionamiento del espesor del pilar (e)

$$e = Lcd / 4 = 1.90 \text{ m} = 1.5 \text{ m}$$

VII. Resumen

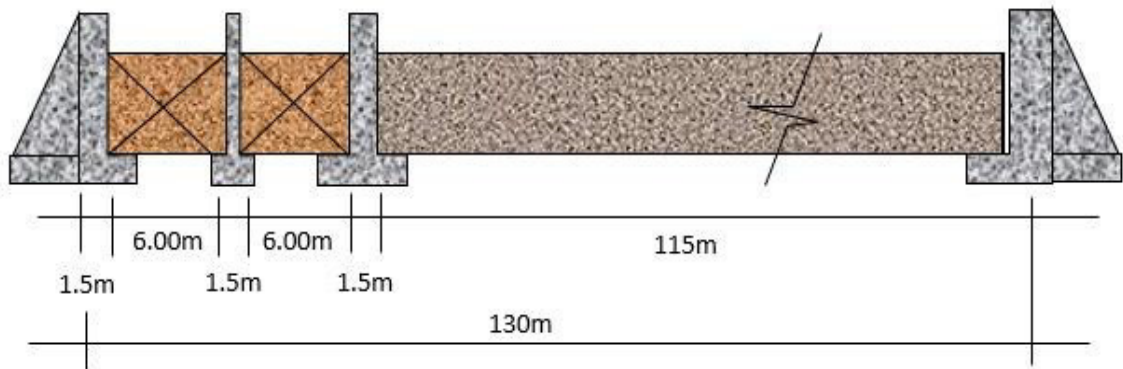


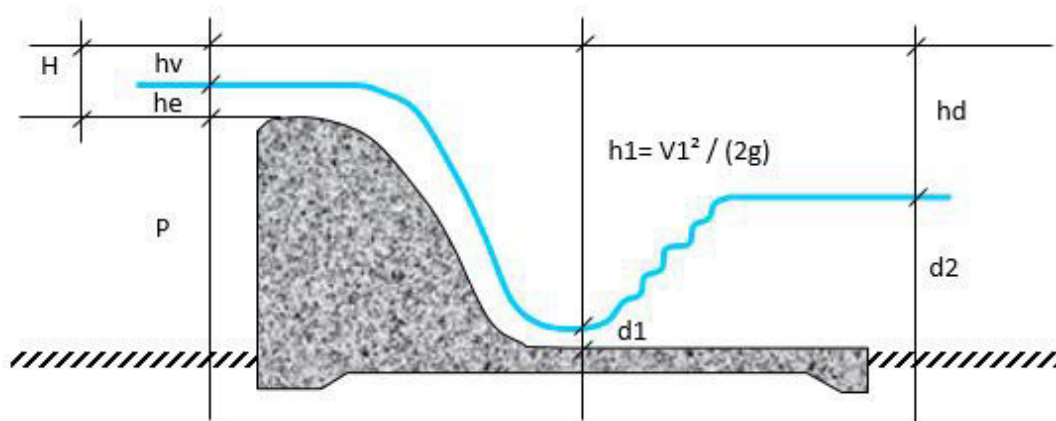
Figura 65. Resumen de bocatoma
Elaborado por los autores

g) Cálculo de la carga hidráulica "H"

En este cálculo se tendrá que considerar que las compuertas deben estar abiertas, el caudal de diseño se compartirá entre el barraje móvil y fijo.

"H" se calcula asumiendo un valor, calculando el coeficiente de descarga "C" y se calculará para el barraje fijo y móvil.

$$Q \text{ diseño máx} = Q \text{ aliviadero} + Q \text{ canal limpia}$$



a) Descarga sobre la cresta (Barraje fijo) = Q aliviadero = Q ali

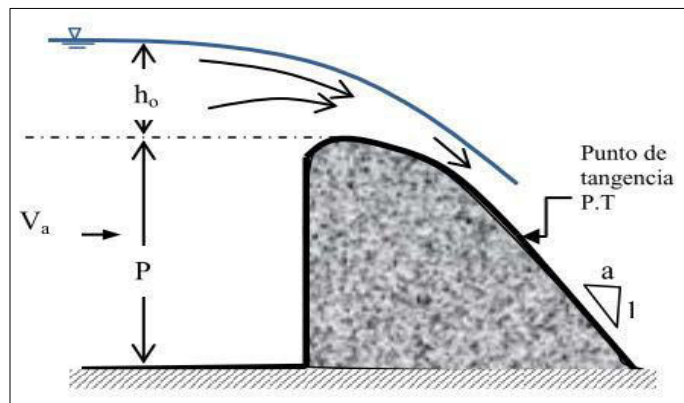
Para hallar la descarga en vertederos libres, se utiliza la siguiente ecuación general:

$$Q_{ali} = 0.55 * C * L_e * H_o^2$$

C = coeficiente de descarga en $m^{0.5}/s$

L_e = longitud efectiva de la cresta en m

H_o = carga total o carga del proyecto



$$H_o = h_o + \frac{V_a^2}{2g} \qquad V_a = \frac{q}{P + h_o}$$

h_o = tirante de diseño.

V_a = velocidad de llegada o de aproximación.

q = gasto unitario = Q / L

P = altura de barraje = $C_c - C_o$

Se calcula la carga sobre el barraje considerando un caso crítico en que todas las avenidas pase sobre el barraje.

Entonces

Para un h_o , asumiremos de 0.50 m

$$q = Q / L = 5.948$$

$$V_a = \frac{q}{P + h_o} = 2.6 \text{ m/s}$$

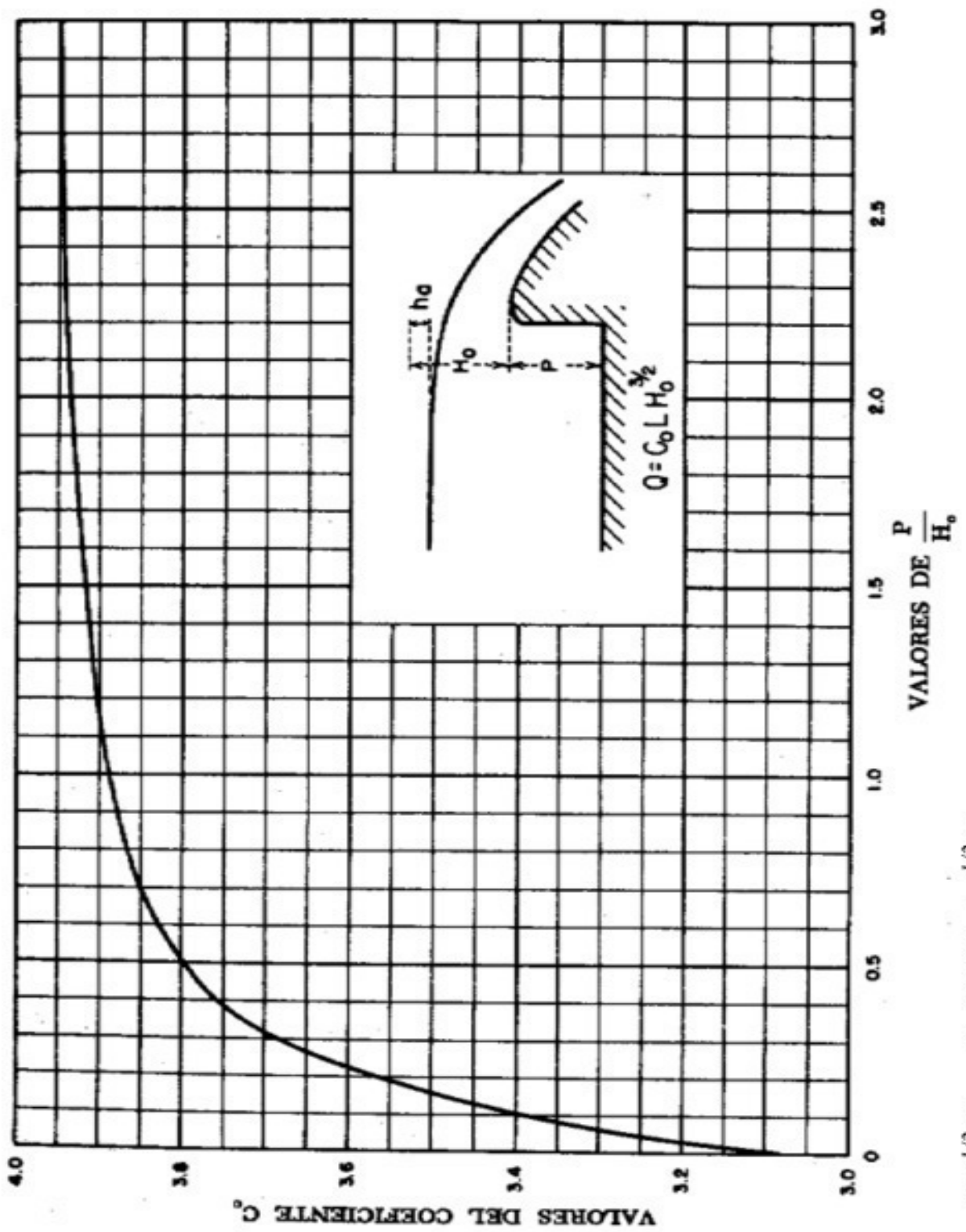
$$H_o = h_o + \frac{V_a^2}{2g} = 0.83 \text{ m}$$

$$\frac{P}{H_0} = 2.20$$

Para el cálculo del coeficiente de descarga se utiliza la siguiente tabla, utilizando los resultados hallados:

C_0

$3.95 \text{ pie}^{1/2}/\text{s}$



$(\text{pie}^{1/2}/\text{s}) = C_0/1.811 (m^{1/2}/\text{s})$

Figura 66. Coeficiente de descarga en barraje de paramento aguas arriba vertical, vertiendo con la carga de diseño (USBR)
Fuente: Bureau of Reclamation

$$C = 3.93$$

Ahora calculamos la siguiente fórmula

$$Le = L - 2(N * Kp + Ka)Ho$$

L = longitud neta de la cresta = 115.00 m

N = número de pilas = 2.00

Kp = coeficiente de contracción de las pilas = 0.00

Ka = coeficiente de contracción de los estribos =

0.20

ho = carga total sobre la cresta

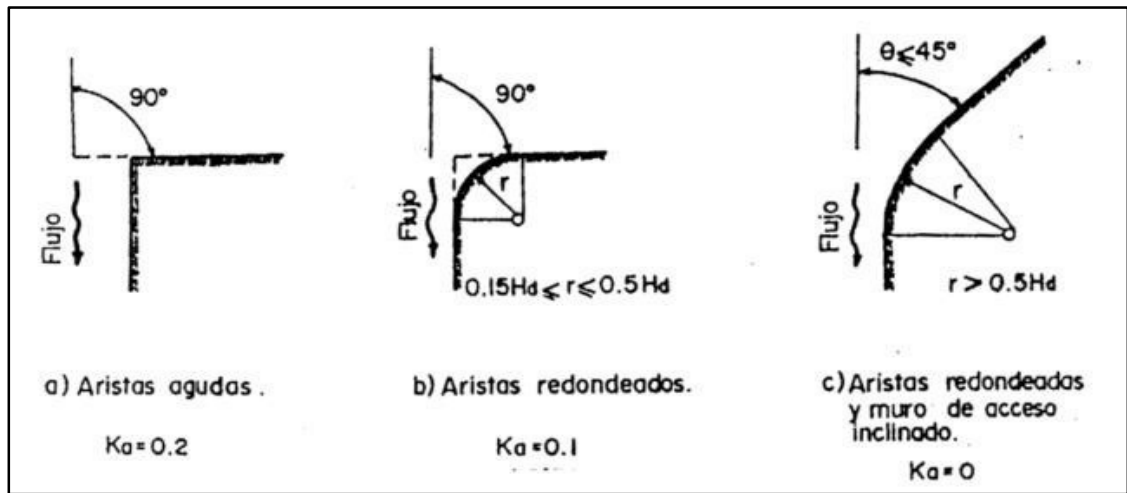


Figura 67. Coeficientes de contracción en estribos (USBR)

Fuente: Bureau of Reclamation

Entonces:

$$Le = 114.67 \text{ m}$$

$$Q_{ali} = 0.55 * C * Le * Ho^2$$

$$\text{Reemplazando valores} = Q_{ali} = 188.14 \text{ m}^3/\text{s}$$

b) Descarga en canal de limpia (Qcl)

Se considera que cada compuerta funciona como vertedero.

Para ello se seguirá iterando, igual que anteriormente asumiendo un valor de h, para ello se utilizará la siguiente fórmula:

$$Q_{cl} = C * Le * Ho^2$$

C = coeficiente de descarga en $m^{0.5}/s$

Le = longitud efectiva de la cresta en m

Ho = carga total o carga del proyecto

$$Le = L - 2(N * Kp + Ka)Ho$$

H = carga sobre la cresta incluyendo hv = 2.33 m

N = número de pilas = 2.00

L = longitud bruta del canal, longitud de las compuertas = 12.00

Kp = coeficiente de construcción de las pilas = 0.00

Ka = coeficiente de contracción de los estribos = 0.00

Considerando compuerta como vertedero:

P = 0.00 m donde: hi = P + H = 2.33 m

Ahora se aplica la fórmula

$$Le = L - 2(N * Kp + Ka)Ho$$

$$Le = 12.00 \text{ m}$$

Se trabajará como un orificio, solo se considera pérdidas por arrastre:

Cálculo de $C = 0.75$

Entonces

$$Qcl = C * Le * Ho^2$$

$$Qcl = 0.75 * 12 * 2.33$$

$$Qcl = 48.8601 \text{ m}^3/\text{s}$$

c) Descarga máxima total Qto

$$Qto = Qali + Qcl$$

$$Qto = 188.14 \text{ m}^3/\text{s} + 48.86 \text{ m}^3/\text{s} = 237.00 \text{ m}^3/\text{s}$$

Este valor no cumple con el caudal de diseño, tendremos que asumir otro valor "H"

Entonces:

Se opta el **proceso de iteración** con el tanteo de "H", para así encontrar un caudal de descarga total óptimo.

En este cuadro, se aplica la iteración hasta que $Q_{to} = 684 \text{ m}^3/\text{s}$.

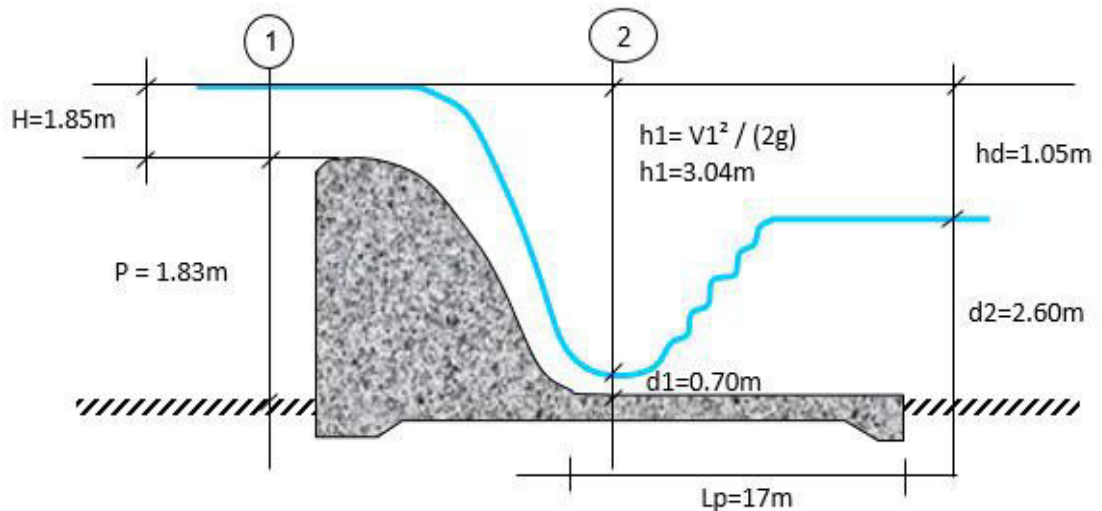
H	0.500	1.000	1.500	1.8455	2.000
Q ali	87.629	247.853	455.335	621.392	701.034
Q cl	32.009	42.847	54.690	63.419	67.459
Q tot	119.639	290.700	510.025	684.810	768.493

Iterando se obtiene que:

		H
Q máx =	684 m ³ /s	1.85 m

En resumen:

$P = 1.83 \text{ m}$ $H = 1.85 \text{ m}$ $d1 = 0.70 \text{ m}$
 $h1 = 3.04 \text{ m}$ $hd = 1.08 \text{ m}$ $d2 = 2.60 \text{ m}$
 $Lp = 17.00 \text{ m}$



Aplicando la ecuación de Bernoulli entre los puntos 1 y 2:

Se tiene: $P + H = d1 + h1 \dots\dots\dots (1)$

Qal	=	621 m ³ /s
Lal	=	115.00 m.

$$h1 = \frac{V1^2}{2g} \qquad V1 = \frac{Qali}{d1 * Lali}$$

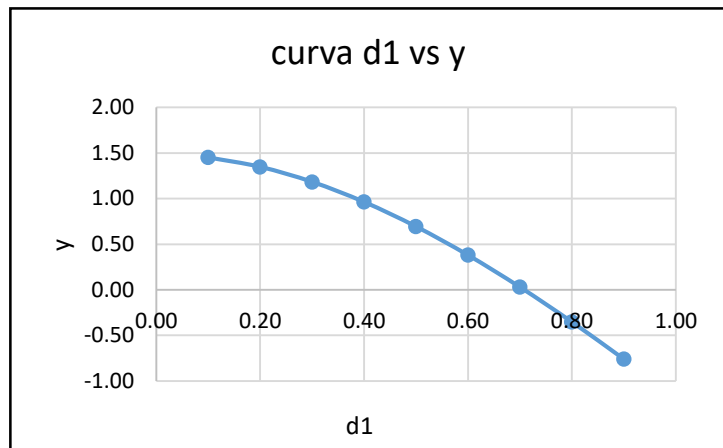
Reemplazando el valor de V1 en h1 y luego en la fórmula 1, se tiene la siguiente expresión:

$$P + H = d1 + \frac{\left(\frac{Qali}{d1 * Lali}\right)^2}{2g}$$

$$2 * g * d1^2 * Lali^2(P + H) = 2 * g * d1^3 * Lali^2 + Qali^2$$

$$1.00 d1^3 - 3.68 d1^2 + 1.49 = 0$$

d1	y=
0.10	1.45
0.20	1.35
0.30	1.18
0.40	0.96
0.50	0.69
0.60	0.38
0.70	0.03
0.80	-0.35
0.90	-0.76



$$V1 = 7.719 \text{ m/s}$$

$$hH1 = 3.04 \text{ m}$$

Cálculo de tirante conjugado (d2)

$$N^{\circ}F^{\circ} = \frac{V1}{(g * d1)^{0.5}} = 2.95$$

$$\frac{d2}{d1} = 0.5 * [(1 + 8F^2)^{0.5} - 1] = 3.70$$

Entonces

$$D2 = 0.70 * 3.70 = 2.60\text{m}$$

Cálculo de la longitud de la poza para el resalto (Lp)

Con el valor de F, se puede clasificar el tipo de resalto, el cual incide el uso de una poza con dimensiones del estanque tipo I.

$$Lp = 5.850 Tp$$

El porcentaje de aumento para ese tipo de

$$Tp = \%d2$$

pozas de el orden del 10%.

$$T_p = 1.10 * d_2 = 2.85 \text{ m}$$

$$L_p = 16.65 \text{ m}$$

Se usan los siguientes métodos para calcular L_p

Según Linqvist:

$$L_p = 5 * (d_2 - d_1) = 9.44 \text{ m}$$

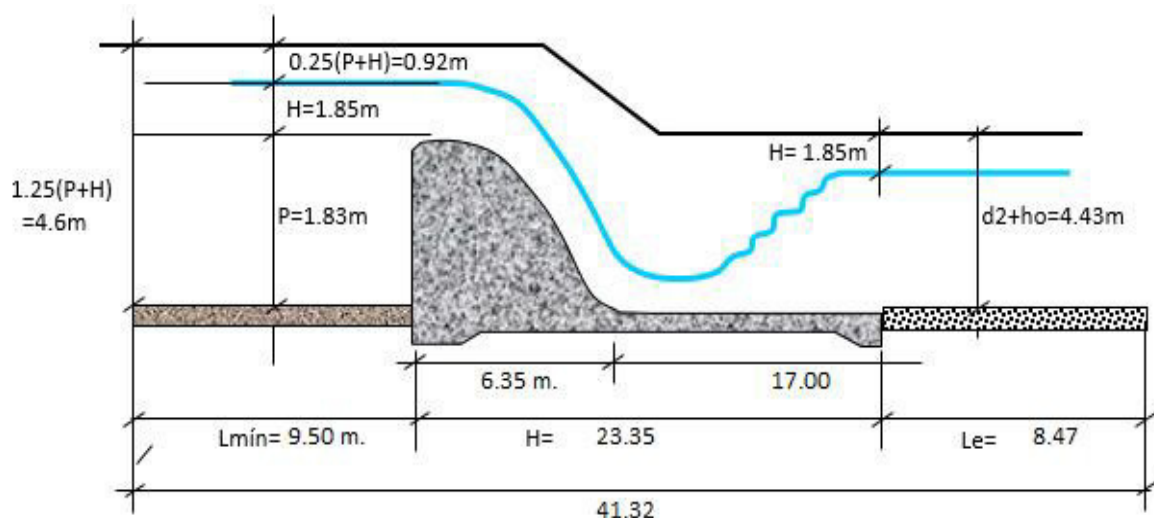
Según Safranez:

$$L_p = 6 * (d_1 * V_1) / (g * d_1)^{0.5} = 12.37 \text{ m}$$

Entonces se escoge el mayor L_p

$$L_p = 17.00 \text{ m}$$

h) Diseño de muros de contención



$H = 1.85 \text{ m}$	$P = 1.83 \text{ m}$	$0.25 * (P+H) = 0.92 \text{ m}$
$L_e = 8.47 \text{ m}$	$L_{\text{mín}} = 9.50 \text{ m}$	$1.25 * (P+H) = 4.59 \text{ m}$
$D_2 + h_o = 4.43 \text{ m}$		

a.- Diseño hidráulico complementarios

I. Cálculo de la estructura delantera a base de material rocoso

$$\text{Long mínima} = 5 * h_o = 9.23 \text{ m} = 9.50 \text{ m}$$

Se asume una protección de un espesor de: 0.50 m

II. Cálculo de la estructura de protección al final del colchón amortiguador (enrocado)

$$\text{Espesor } e' = 0.6 * q^{\frac{1}{2}} / H'$$

Donde =

$$H' = P + H_o = 3.68 \text{ m}$$

$$q = Q_{ali} / b = 5.40 \text{ m}$$

Entonces: $e' = 1.09 \text{ m}$

III. Cálculo de la longitud de enrocado (Le)

$$L_e = L' - L_p = 0.642 * C * (H' * q)^{1/2} - L_p$$

Reemplazando: $L_e = 8.47 \text{ m}$

b.- Diseño del perfil Creager usando la fórmula de Scimemi:

$$y / H_o = - K * (x / H_o)^n$$

Valores de K

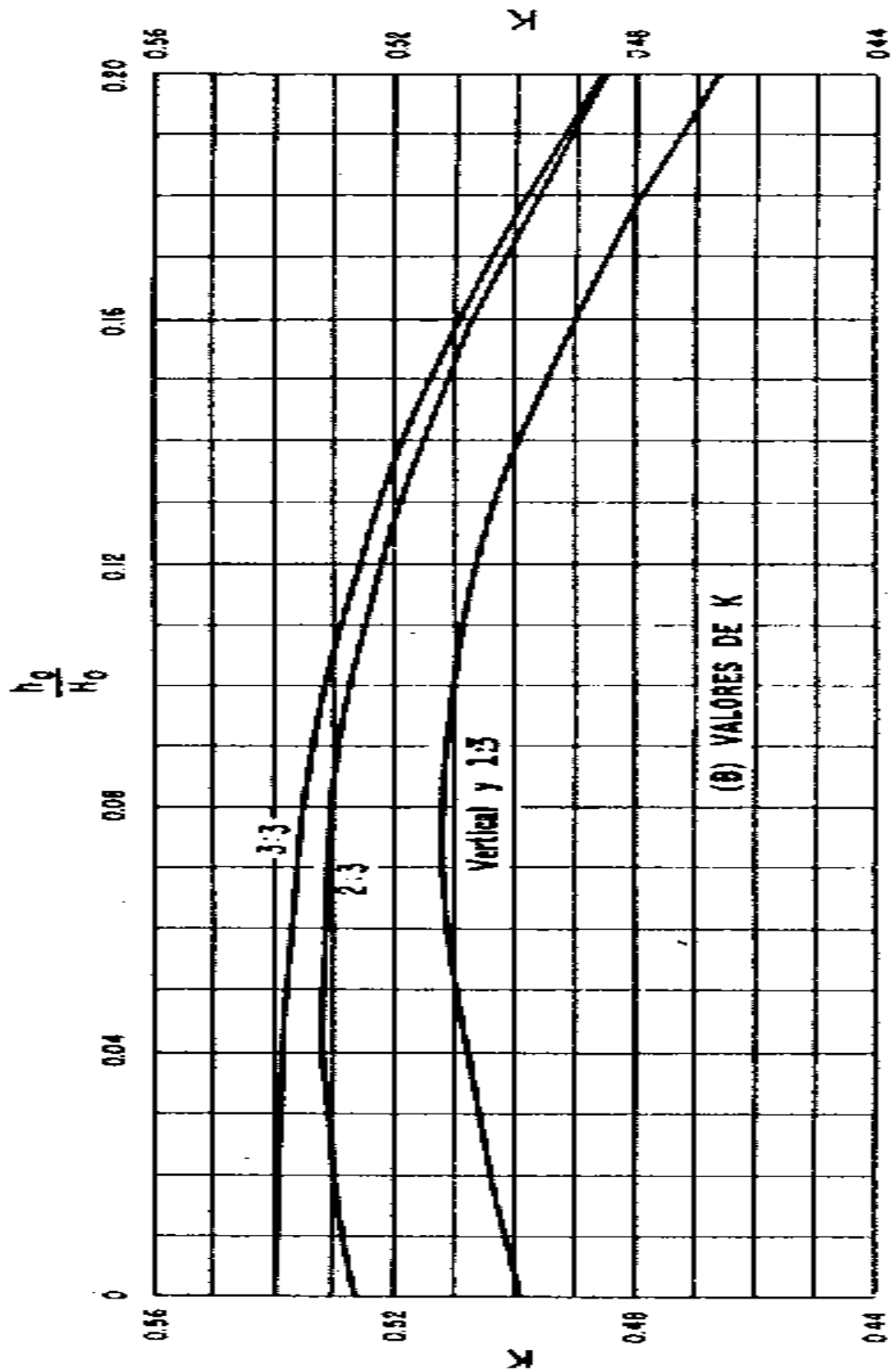


Figura 68. Valores de K
Fuente: Bureau of Reclamation

Valores de n

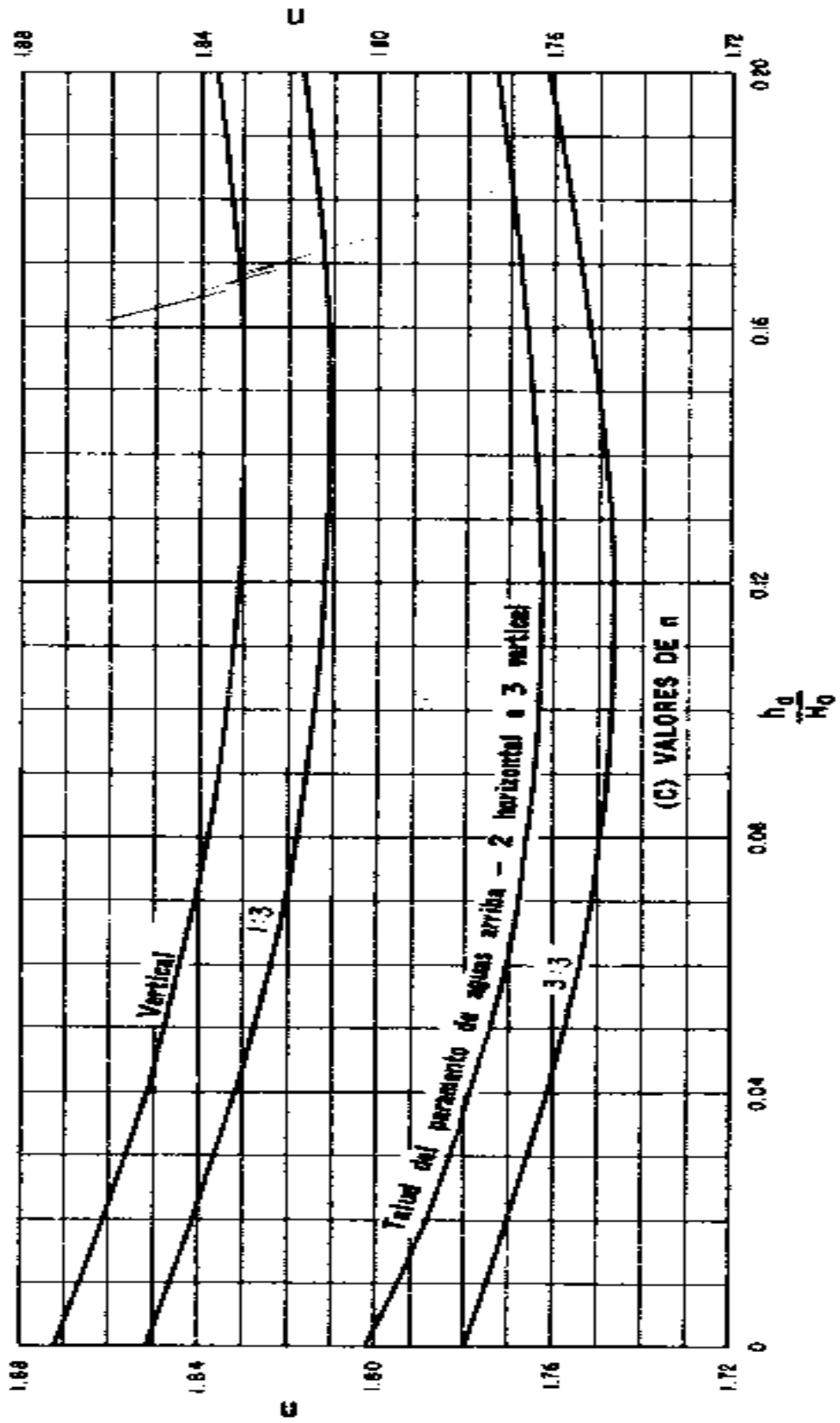


Figura 69. Valores de n
Fuente: Bureau of Reclamation

Ho = 1.85 m

Según tablas

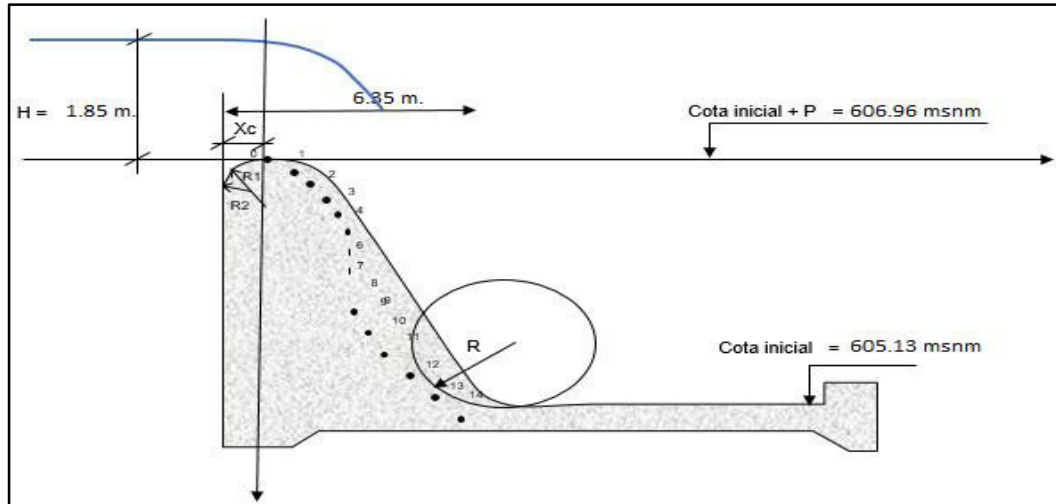
V = 1.47 m/s

k = 0.515

hv = 0.11 m/s

n = 1.845

hv / Ho = 0.0597



Utilizando la ecuación de Creager en dy / dx , calculando el punto de tangencia

$$y / Ho = - K * (x / Ho) ^ n \quad \Rightarrow \quad y / 1.85 = - 0.515 * (x / 1.85) ^ 1.845$$

Pto.	X (m)	Y (m)
1	0.000	0.000
2	0.300	-0.033
3	0.600	-0.120
4	0.900	-0.253
5	1.200	-0.430
6	1.500	-0.648
7	1.800	-0.908
8	2.100	-1.206
9	2.400	-1.543
10	2.700	-1.918
11	3.000	-2.329
12	3.300	-2.777
13	3.600	-3.261
14	3.900	-3.780
15	4.000	-3.960
16	4.200	-4.333
17	4.500	-4.922

$$Xc / Ho = 0.270$$

$$Xc = 0.50 \text{ m}$$

$$Yc / Ho = 0.115$$

$$Yc = 0.21 \text{ m}$$

$$R1 / Ho = 0.517$$

$$R1 = 0.95 \text{ m}$$

$$R2 / Ho = 0.220$$

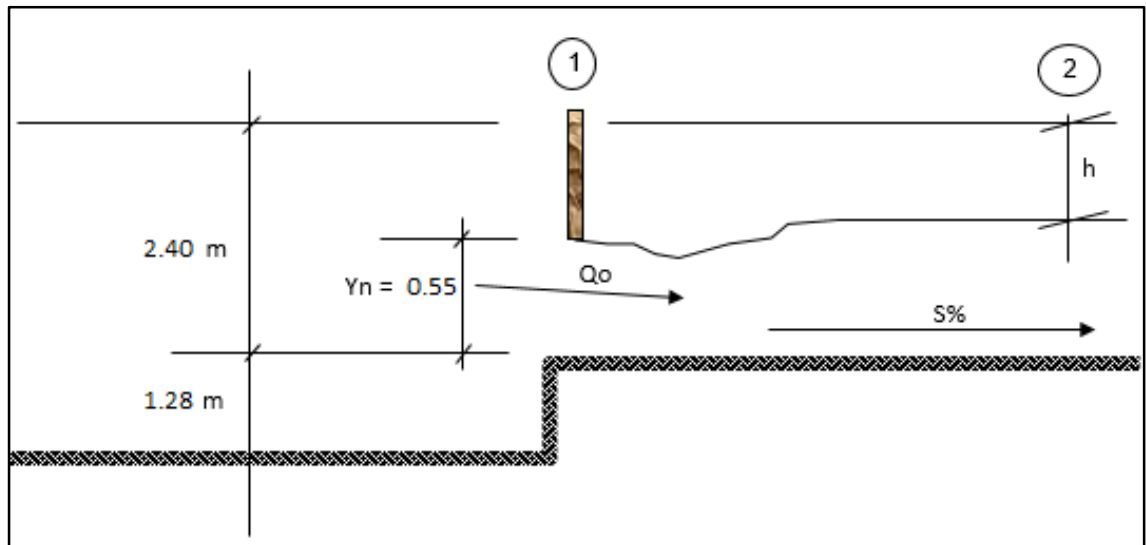
$$R2 = 0.41 \text{ m}$$

$$R = 0.5 * (P + Ho)$$

$$R = 1.84 \text{ m}$$

Adoptamos R = 1.85 m

c.- Cálculo de caudal “Qo” en canal de captación cuando ocurre Qmáx



Para el Qmáx = 684 m³/s

Sección 1 – 1:

$$Q_o = 0.6 * A * [(2 * g * h) ^ 0.5] = 1.17 * h ^ 0.5$$

$$A = 0.44 \text{ m}^2$$

Sección 2 – 2:

$$Q_o = [A * (R) ^ 2/3 * (S) ^ 1/2] / n$$

$$A = (2.40 - h) * b$$

$$b = 0.80 \text{ m}$$

En conclusión, el caudal pasará por el canal de captación en épocas de máximas avenidas es:

$$Q_o = 1.17 * h^{0.5} = 1.37 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ahora el caudal que conduce el canal de captaciones de: **0.500 m³/s**

Entonces para max. avenidas se tendrá que derivar la diferencia que es de: **0.869 m³/s**

Caso contrario se regularán las compuertas.

Para esta derivación, se construirá un aliviadero lateral para la derivación de las aguas, y se usará la fórmula que estableció Frocheiner y es:

$$Q = (2/3) * V * U * [(2 * g) ^ 0.5] * L * (h ^ 1.5)$$

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN

A continuación, se hará la discusión entre las conclusiones del presente proyecto y las conclusiones de las tesis usadas y mencionadas anteriormente como referencia para el presente proyecto.

- Para dotar de agua de riego a la comunidad Facalá de 8025.25 Has. con una descarga máxima de 694.80 m³/s y para un periodo de retorno de 75 años es de 469 m³/s, obteniendo un caudal de captación de 13.70 m³/s, mientras tanto, en la presente investigación que cuenta con 563 Has. con una descarga máxima de 684 m³/s y para un periodo de retorno de 50 años se obtuvo 900 m³/s.
- Para tener un óptimo diseño de una bocatoma es necesario realizar los estudios topográficos ya que no se puede asumir datos para precisar los puntos exactos de ubicación de la bocatoma.
- Es necesario hacer el estudio de evapotranspiración de cultivo para saber la capacidad óptima que se requiere para dotar de agua de riego a la ciudad de Lúcumo.
- Es necesario investigar los fenómenos naturales que se suscitaron en la zona, en un rango de 50 a 100 años, para no presentar problemas con el diseño a futuro.

CONCLUSIONES

1. En el estudio topográfico, se concluye que el terreno estudiado cuenta con una pendiente de 0.056%, lo cual indica que el río no cuenta con una accidentada superficie.
2. En el estudio de suelos, se concluye que el suelo estudiado es apto para la construcción de la bocatoma, teniendo un coeficiente de uniformidad en la C-1 de 2.15 % y en la C-2 de 2.10 %. De acuerdo al estudio de corte directo, el suelo tiene una capacidad portante de 3.10 Kg/m² en la C-1 y 2.74 Kg/m² en la C-2, lo cual permite saber que cuenta con suelo óptimo para instalar la bocatoma.
3. En el estudio de evapotranspiración, se concluye que el caudal de demanda para riego es de 0.55 m³/s, teniendo en cuenta que será riego por gravedad; mientras que en el estudio hidrológico se concluyó que un periodo de retorno de 50 años es lo óptimo para diseñar la bocatoma, puesto que representa su máxima avenida en dicho año.

RECOMENDACIONES

1. Coordinar previamente con la población, la labor a realizar en el Río Cañete.
2. Se deben realizar estudios para cada proyecto, no se deberían tomar los valores de estudios anteriores como referencia. Para calcular las dimensiones de la bocatoma se realizaron los siguientes estudios: análisis de suelos, análisis topográfico y análisis hidrológico.
3. Analizar la óptima abertura de la compuerta, a fin de lograr la eficiencia de la bocatoma.
4. Realizar la limpieza del cauce del Río Cañete antes del inicio del periodo de avenidas, garantizando que la escorrentía no ocasione estragos hacia las riberas ni hacia la zona de la bocatoma.
5. El diseño y la construcción de la bocatoma, dependerá de las características del río, las que deberán evaluarse y ser actualizadas.
6. La presente tesis servirá para evaluar la construcción de una planta de tratamiento.
7. Hacer un estudio de sedimentos para hacer más óptima la definición de la altura del barrage.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Alfaro Gonzales , M. (1981). Diseño de una Bocatoma caso: Bocatoma de Bocanegra (tesis de posgrado), Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.

Diaz Ibañez, R. (2015). Análisis de estabilidad y diseño estructural de la bocatoma del proyecto hidroeléctrico de - paso ancho (tesis de posgrado), Universidad Nacional Autónoma, México.

Orosco de la Cruz, J. E. (2015). Criterios de diseño de la bocatoma “El Vado” en el río Arma con fines de riego - provincia de Condesuyos - Arequipa (tesis de posgrado), Universidad Ricardo Palma, Perú.

Ponce Sahuinco , R. T. (2015). Diseño Hidráulico de bocatoma caso: Bocatoma en el río Chicama, en la zona de Facalá (tesis de posgrado), Universidad de San Martín de Porres, Perú.

Prado Martinez , W. (2009). Estudio Geotecnico para el diseño hidráulico y estructural de la bocatoma del río Chacco – Ayacucho (tesis de posgrado), Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote, Perú.

Quintero Betin, K. B. (2009). Metodologías de diseño de obras hidráulicas en estudios de pre-factibilidad de pequeñas centrales hidroeléctricas.

Tello Sanchez, P. A., & Sánchez Ayala , F. E. (2016). Estudio hidrológico y diseño hidráulico de obras de captación y conducción para la implementación de un nuevo sistema de riego en una tierra de cultivo para palta en el distrito de Luricocha de la provincia de Huanta - departamento de Ayacucho (tesis de pregrado), Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú.

ANEXOS

	Página
Anexo 01: Estudio topográfico	142
Anexo 02: Plano topográfico	143
Anexo 03: Ensayo granulométrico	144
Anexo 04: Ensayo de corte directo	145
Anexo 05: Ensayo de consolidación	146
Anexo 06: Panel fotográfico	147

ANEXO 1: ESTUDIO TOPOGRÁFICO

Quality Report



Generated with Pix4Ddiscovery version 4.2.17 Preview



Important: Click on the different icons for:



Help to analyze the results in the Quality Report



Additional information about the sections



Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary



Project	TESIS
Processed	2018-05-08 20:45:51
Camera Model Name(s)	FC6310_8.8_5472x3648 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	2.24 cm / 0.88 in
Area Covered	0.131 km ² / 13.0852 ha / 0.05 sq. mi. / 32.3509 acres
Time for Initial Processing (without report)	01h:18m:45s

Quality Check



Images	median of 73241 keypoints per image	
Dataset	160 out of 160 images calibrated (100%), all images enabled	
Camera Optimization	1.24% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	
Matching	median of 23309.7 matches per calibrated image	
Georeferencing	yes, no 3D GCP	

Preview

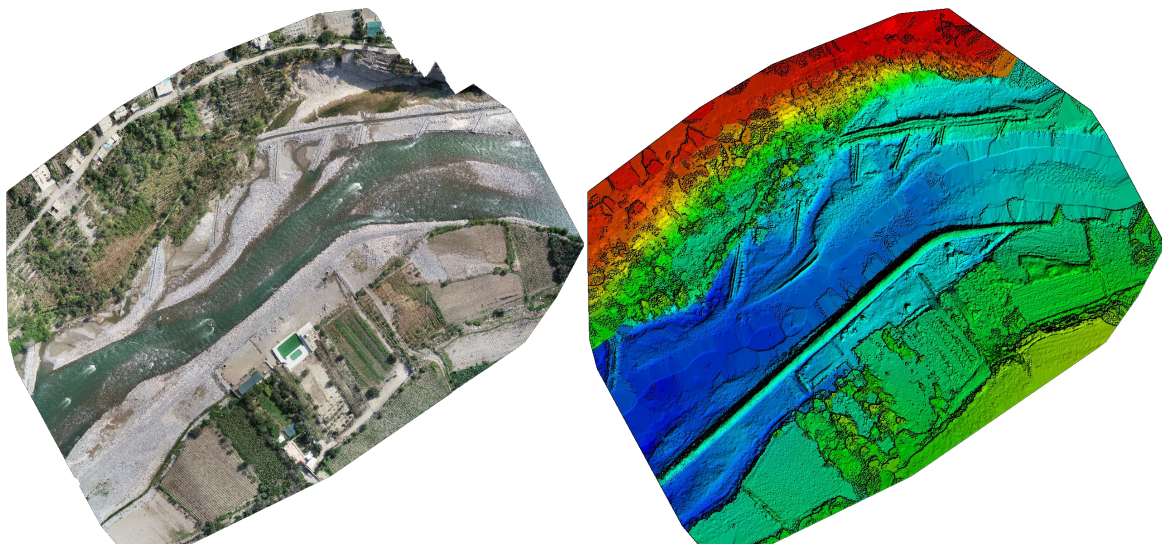


Figure 1: Orthomosaic and the corresponding sparse Digital Surface Model (DSM) before densification.

Calibration Details



Number of Calibrated Images	160 out of 160
Number of Geolocated Images	160 out of 160

Initial Image Positions

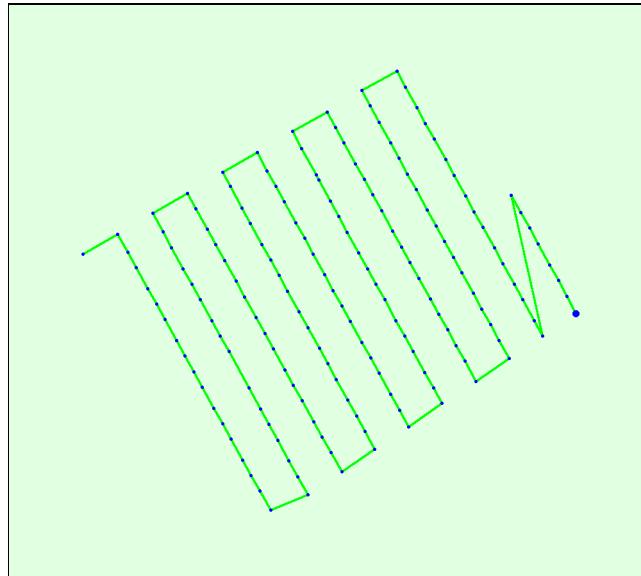
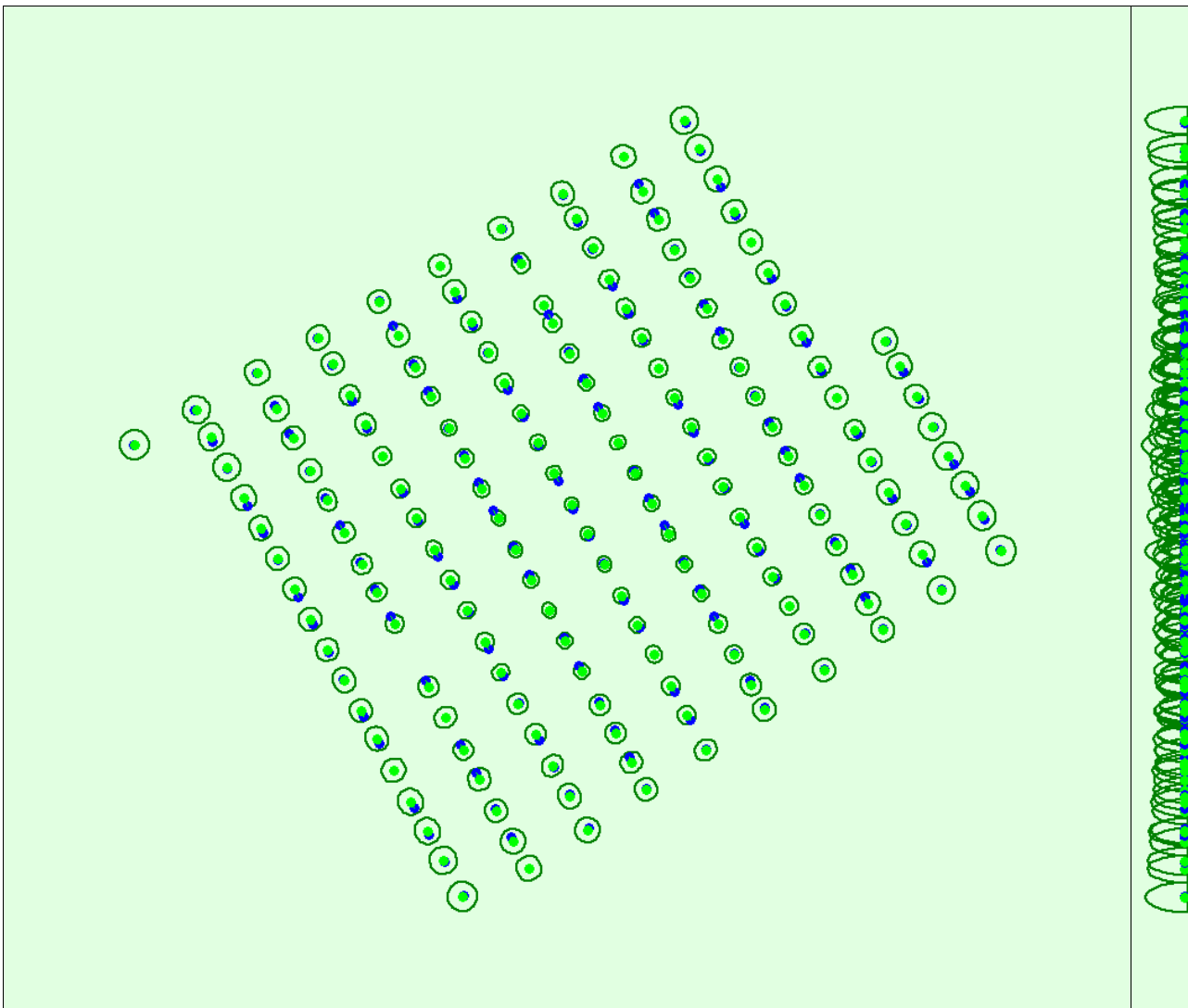
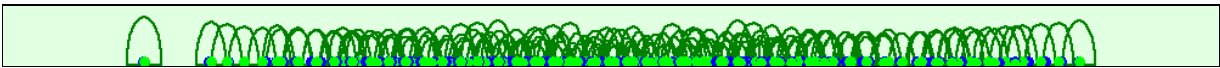


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions





Uncertainty ellipses 50x magnified

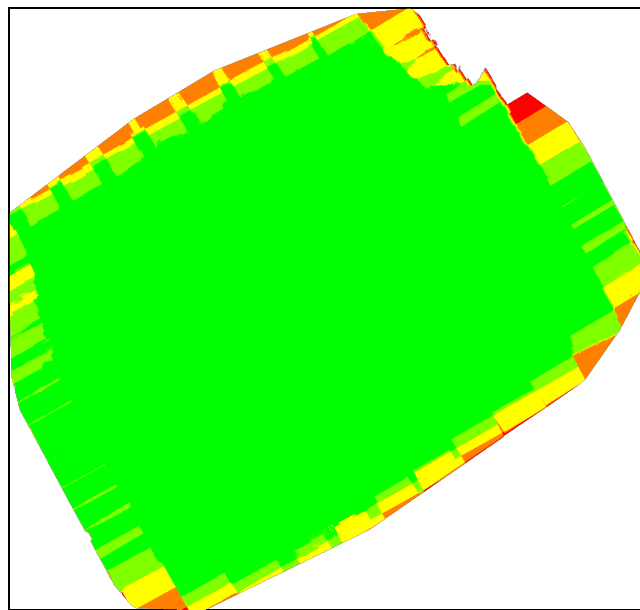
Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane). Dark green ellipses indicate the absolute position uncertainty of the bundle block adjustment result.

? Absolute camera position and orientation uncertainties



	X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.108	0.108	0.262	0.101	0.097	0.034
Sigma	0.018	0.018	0.058	0.001	0.001	0.000

? Overlap



Number of overlapping images: 1 2 3 4 5+

Figure 4: Number of overlapping images computed for each pixel of the orthomosaic. Red and yellow areas indicate low overlap for which poor results may be generated. Green areas indicate an overlap of over 5 images for every pixel. Good quality results will be generated as long as the number of keypoint matches is also sufficient for these areas (see Figure 5 for keypoint matches).

Bundle Block Adjustment Details



Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	3548014
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	1226062
Mean Reprojection Error [pixels]	0.141

? Internal Camera Parameters

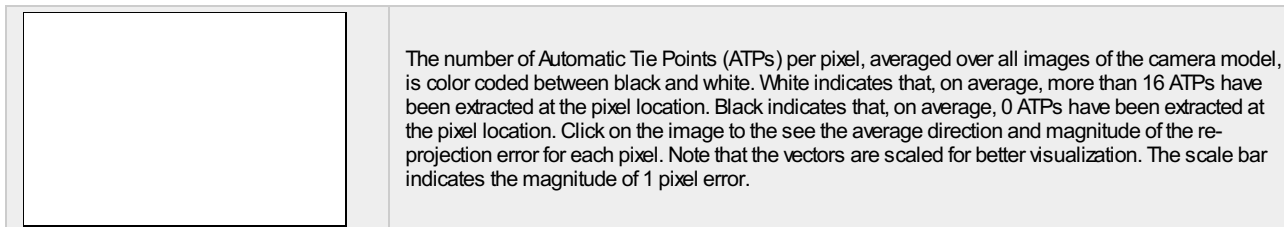
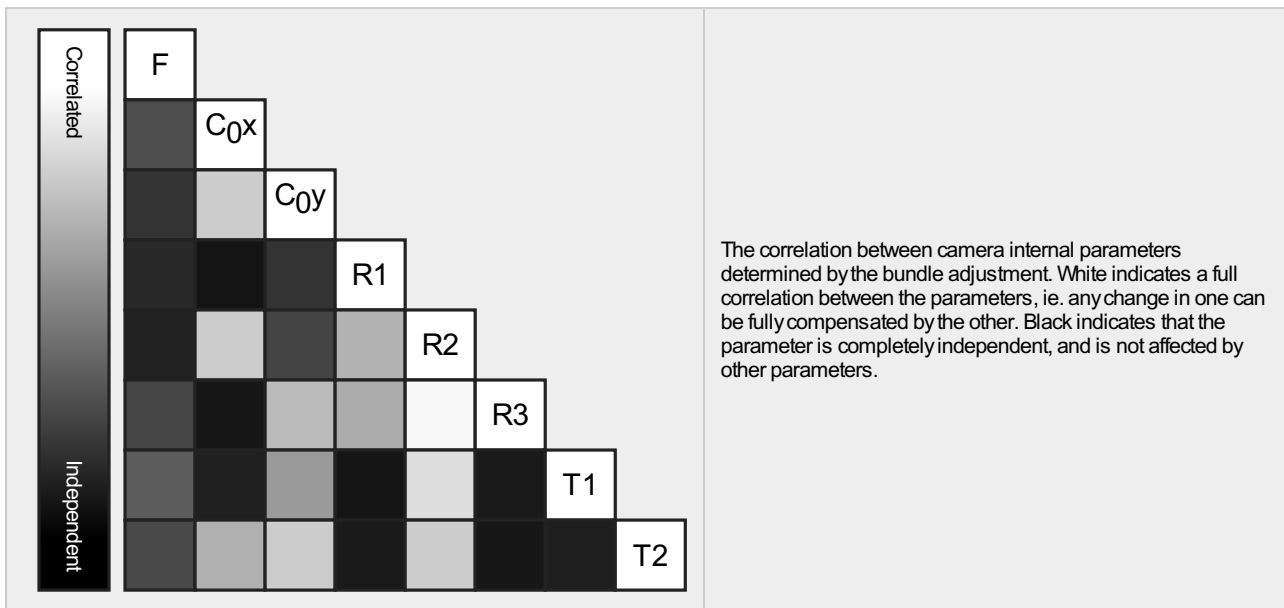
FC6310_8.8_5472x3648 (RGB). Sensor Dimensions: 12.833 [mm] x 8.556 [mm]



EXIF ID: FC6310_8.8_5472x3648

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	3668.759 [pixel] 8.604 [mm]	2736.001 [pixel] 6.417 [mm]	1823.999 [pixel] 4.278 [mm]	0.003	-0.008	0.008	-0.000	0.000
Optimized Values	3714.434 [pixel] 8.711 [mm]	2719.994 [pixel] 6.379 [mm]	1835.804 [pixel] 4.305 [mm]	0.005	-0.005	0.006	0.001	-0.001

Uncertainties (Sigma)	4.724 [pixel] 0.011 [mm]	0.067 [pixel] 0.000 [mm]	0.046 [pixel] 0.000 [mm]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
-----------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-------	-------	-------	-------	-------



? 2D Keypoints Table



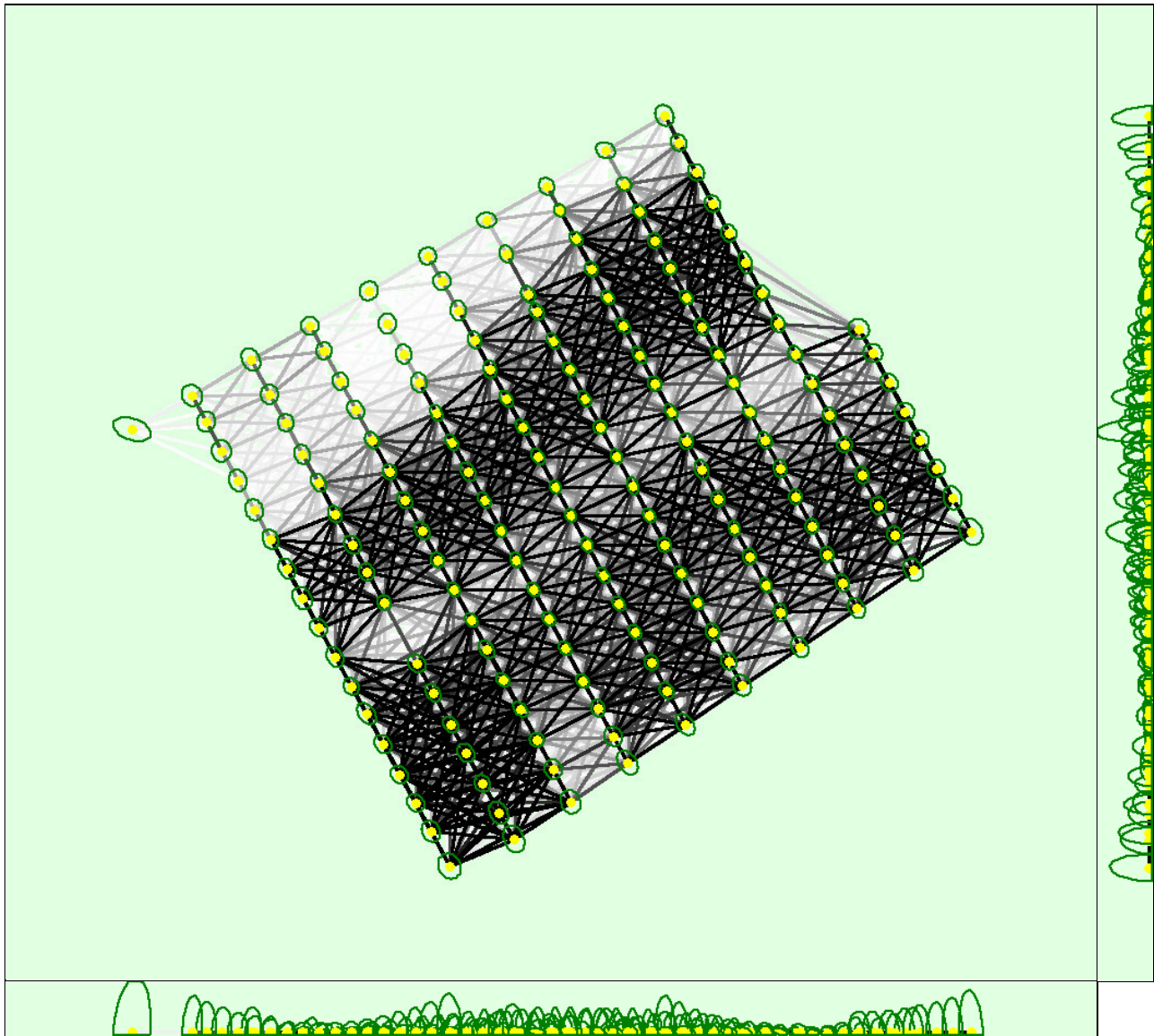
	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	73241	23310
Min	59623	769
Max	79863	47063
Mean	72879	22175

? 3D Points from 2D Keypoint Matches



	Number of 3D Points Observed
In 2 Images	772720
In 3 Images	214659
In 4 Images	98747
In 5 Images	52873
In 6 Images	27614
In 7 Images	18586
In 8 Images	13373
In 9 Images	9652
In 10 Images	6199
In 11 Images	3697
In 12 Images	2847
In 13 Images	2065
In 14 Images	1357
In 15 Images	815
In 16 Images	337
In 17 Images	226
In 18 Images	170
In 19 Images	77
In 20 Images	48

2D Keypoint Matches



Uncertainty ellipses 1000x magnified

Number of matches

25 222 444 666 888 1111 1333 1555 1777 2000

Figure 5: Computed image positions with links between matched images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images. Dark green ellipses indicate the relative camera position uncertainty of the bundle block adjustment result.

Relative camera position and orientation uncertainties

	X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.004	0.005	0.007	0.008	0.008	0.001
Sigma	0.001	0.001	0.004	0.004	0.004	0.000

Geolocation Details

Absolute Geolocation Variance

Min Error [m]	Max Error [m]	Geolocation Error X [%]	Geolocation Error Y [%]	Geolocation Error Z [%]

-	-15.00	0.00	0.00	0.00
-15.00	-12.00	0.00	0.00	0.00
-12.00	-9.00	0.00	0.00	0.00
-9.00	-6.00	0.00	0.00	0.00
-6.00	-3.00	0.00	10.00	0.00
-3.00	0.00	48.75	38.12	41.88
0.00	3.00	51.25	41.88	58.13
3.00	6.00	0.00	10.00	0.00
6.00	9.00	0.00	0.00	0.00
9.00	12.00	0.00	0.00	0.00
12.00	15.00	0.00	0.00	0.00
15.00	-	0.00	0.00	0.00
Mean [m]		-0.006822	-0.000198	0.013839
Sigma [m]		1.199965	2.139713	0.180798
RMS Error [m]		1.199985	2.139713	0.181327

Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

Relative Geolocation Variance

Relative Geolocation Error	Images X[%]	Images Y[%]	Images Z[%]
[-1.00, 1.00]	100.00	100.00	100.00
[-2.00, 2.00]	100.00	100.00	100.00
[-3.00, 3.00]	100.00	100.00	100.00
Mean of Geolocation Accuracy [m]	5.000000	5.000000	10.000000
Sigma of Geolocation Accuracy [m]	0.000000	0.000000	0.000000

Images X, Y, Z represent the percentage of images with a relative geolocation error in X, Y, Z.

Geolocation Orientational Variance	RMS [degree]
Omega	0.321
Phi	0.290
Kappa	1.223

Geolocation RMS error of the orientation angles given by the difference between the initial and computed image orientation angles.

Initial Processing Details


System Information

Hardware	CPU: Intel(R) Xeon(R) CPU W3550 @ 3.07GHz RAM: 8GB GPU: NVDIA Quadro 2000 (Driver: 9.18.13.4144), RDPDD Chained DD (Driver: unknown), RDP Encoder Mirror Driver (Driver: unknown), RDP Reflector Display Driver (Driver: unknown)
Operating System	Windows 7 Ultimate, 64-bit

Coordinate Systems

Image Coordinate System	WGS84 (egm96)
Output Coordinate System	WGS 84 / UTMzone 18S (egm96)

Processing Options

Detected Template	 puntos 1*
Keypoints Image Scale	Full, Image Scale: 1
Advanced: Matching Image Pairs	Aerial Grid or Corridor
Advanced: Matching Strategy	Use Geometrically Verified Matching: no
Advanced: Keypoint Extraction	Targeted Number of Keypoints: Automatic
Advanced: Calibration	Calibration Method: Standard Internal Parameters Optimization: All External Parameters Optimization: All Rematch: Auto, yes

Point Cloud Densification details

Processing Options

Image Scale	multiscale, 1/2 (Half image size, Default)
Point Density	Optimal
Minimum Number of Matches	3
3D Textured Mesh Generation	yes
3D Textured Mesh Settings:	Resolution: Medium Resolution (default) Color Balancing: no
LOD	Generated: no
Advanced: 3D Textured Mesh Settings	Sample Density Divider: 1
Advanced: Image Groups	group1
Advanced: Use Processing Area	yes
Advanced: Use Annotations	yes
Time for Point Cloud Densification	56m:43s
Time for Point Cloud Classification	08m:28s
Time for 3D Textured Mesh Generation	14m:51s

Results

Number of Processed Clusters	2
Number of Generated Tiles	1
Number of 3D Densified Points	21120814
Average Density (per m ³)	270.3

DSM, Orthomosaic and Index Details

Processing Options

DSM and Orthomosaic Resolution	1 x GSD (2.24 [cm/pixel])
DSM Filters	Noise Filtering: yes Surface Smoothing: yes, Type: Sharp
Grid DSM	Generated: yes, Spacing [cm]: 100
Time for DSM Generation	14s
Time for Orthomosaic Generation	00s
Time for DTM Generation	00s
Time for Contour Lines Generation	00s
Time for Reflectance Map Generation	00s
Time for Index Map Generation	00s

ANEXO 2: PLANO TOPOGRÁFICO

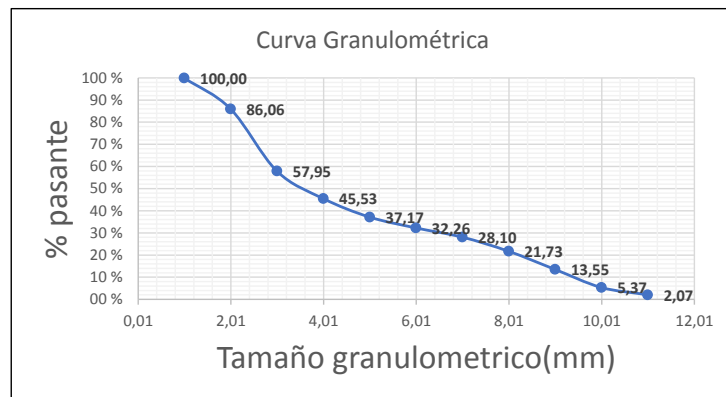
ANEXO 3: ENSAYO GRANULOMETRICO

**ANALISIS GRANULOMETRICO
(NTP 339.128 / ASTM D-422)**

Tesis : Análisis y diseño de bocatoma para dotar agua de riego a la comunidad de Lúcumo - Lunahuana - Cañete - Lima
 Tesistas : Dávila Valladares, Raúl Manuel
 Vega Apestegui, Jorge Ernesto
 Ubicación : Comunidad de Lúcumo, distrito de Lunahuana, provincia de Cañete, departamento de Lima
 Tamizado : Mecánico - Manual
 Vía : Seca - Húmeda
 Fecha de muestreo : 15 de Abril de 2018
 Fecha de ensayo : 21 de Abril de 2018

Muestra : C-1 Margen derecho

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (grs.)	% Parcial Retenido	% ACUMULADO	
				Retenido	Pasando
3"	75 mm	0	0	0	100,00
1 1/2"	37.5 mm	0,88	13,94	13,94	86,06
3/4"	19 mm	1,77	28,11	42,05	57,95
3/8"	9.5 mm	0,78	12,42	54,47	45,53
4"	4.75 mm	0,53	8,36	62,83	37,17
8"	2.36 mm	0,31	4,91	67,74	32,26
16"	1.10 mm	0,26	4,16	71,90	28,10
30"	0.600 mm	0,40	6,37	78,27	21,73
50"	0.300 mm	0,51	8,18	86,45	13,55
100"	0.150 mm	0,51	8,18	94,63	5,37
200"	0.075 mm	0,21	3,30	97,93	2,07
Fondo		0,13	2,07	100,00	0,00
TOTAL		6,28	100,00		



$$D_x = \left(\frac{D_2 - D_1}{\log \%_{02} - \log \%_{01}} * \log \%_x - \log \%_{01} \right) + D_1$$

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad \text{Coeficiente de uniformidad}$$

$$Cz = \frac{D_{30}^2}{D_{60} * D_{10}} \quad \text{Coeficiente de curvatura}$$

Para diametro 10 :

$$D_{10} = \left(\frac{0.150 - 0.300}{\log(5.37) - \log(13.55)} * \log(10) - \log(13.55) \right) + 0.300$$

$$D_{10} = 0,04$$

$$D_{30} = \left(\frac{1.10 - 2.36}{\log(28.10) - \log(32.26)} * \log(30) - \log(32.26) \right) + 2.36$$

$$D_{30} = 0,051$$

$$D_{60} = \left(\frac{19 - 37.5}{\log(57.95) - \log(86.06)} * \log(60) - \log(86.06) \right) + 37.5$$

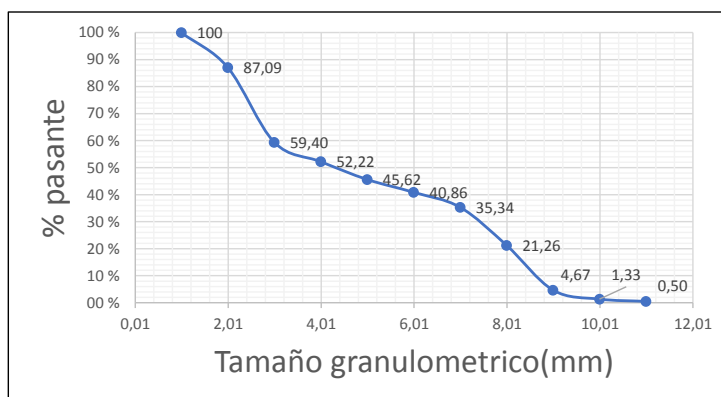
$$D_{60} = 0,086$$

$$Cu = 2,15$$

$$Cz = 0,76$$

Muestra : C-2 Margen izquierda

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (grs.)	% Parcial Retenido	% ACUMULADO	
				Retenido	Pasando
3"	75 mm	0	0	0	100
1 1/2"	37.5 mm	0,91	12,91	12,91	87,09
3/4"	19 mm	1,95	27,69	40,60	59,40
3/8"	9.5 mm	0,51	7,18	47,78	52,22
4"	4.75 mm	0,47	6,60	54,38	45,62
8"	2.36 mm	0,34	4,75	59,14	40,86
16"	1.10 mm	0,39	5,52	64,66	35,34
30"	0.600 mm	0,99	14,08	78,74	21,26
50"	0.300 mm	1,17	16,59	95,33	4,67
100"	0.150 mm	0,24	3,34	98,67	1,33
200"	0.075 mm	0,06	0,84	99,50	0,50
Fondo		0,04	0,50	100,00	0,00
TOTAL		7,05	100,00		



$$D_x = \left(\frac{D_2 - D_1}{\log \%_2 - \log \%_1} * \log \%_x - \log \%_1 \right) + D_1$$

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad \text{Coeficiente de uniformidad}$$

$$Cz = \frac{D_{30}^2}{D_{60} * D_{10}} \quad \text{Coeficiente de curvatura}$$

$$D_{10} = \left(\frac{0.150 - 0.300}{\log(5.37) - \log(13.55)} * \log(10) - \log(13.55) \right) + 0.300$$

$$D_{10} = 0,04$$

$$D_{30} = \left(\frac{1.10 - 2.36}{\log(28.10) - \log(32.26)} * \log(30) - \log(32.26) \right) + 2.36$$

$$D_{30} = 0,049$$

$$D_{60} = \left(\frac{19 - 37.5}{\log(57.95) - \log(86.06)} * \log(60) - \log(86.06) \right) + 37.5$$

$$D_{60} = 0,084$$

$$Cu = 2,10$$

$$Cz = 0,71$$

ANEXO 4: ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ANEXO 5: ENSAYO DE CONSOLIDACION

ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN

Datos de Laboratorio Muestra C – 2 / Margen Izquierdo

DIMENSIONES DEL ANILLO		A
ALTURA	2.1 cm	0.83 plg.
DIÁMETRO	6.35 cm	2.50 plg.
ÁREA	31.67 cm ²	
Peso Unitario inicial	2.252	g/cm ³

DATOS DEL G _s	
Peso Seco gr.	500.00
Pignometro + agua gr.	1222.00
Peso total	1538.00

GRADO DE SATURACIÓN %	
Inicial	100
Final	100

G _s :	2.72
------------------	------

CONTENIDO DE HUMEDAD			
PESO DE LA MUESTRA		Inicial	Final
Peso anillo+muestra hum.	g	247.41	235.63
Peso anillo+muestra seca.	g	189.63	196.41
Peso anillo	g	97.63	97.63
Peso del agua	W _s	57.78	39.22
Peso suelo seco	%	92.00	98.78
Humedad	%	62.80	39.70

$$\text{Altura de sólidos, } 2H_o = \frac{W_s}{G_s * D_w * A} = 1.0691 \text{ cm} = 0.4209 \text{ plg}$$

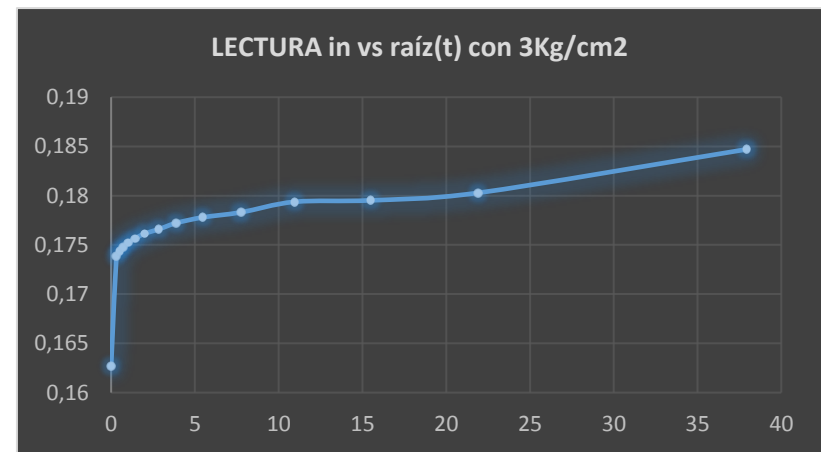
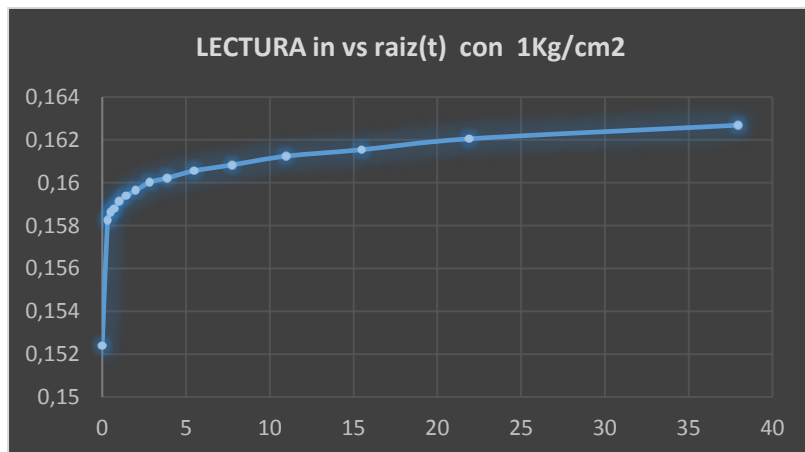
$$e = \frac{2H - 2H_o}{2H_o} = 149.78$$

Muestra C-2 / Margen Izquierdo

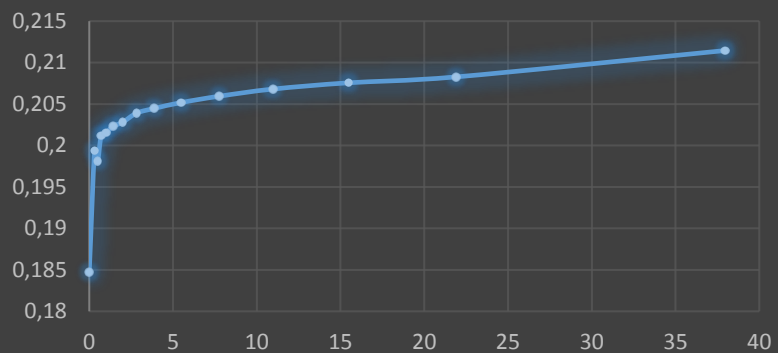
Muestra C-2 / Margen Izquierdo											Bandeja (USMP-7)		
Tiempo	Raiz de T	Peso	1"/10000	Conversión	Peso	1"/10000	Conversión	Peso	1"/10000	Conversión			
0 min	0.0000	1.00 kg	3	0.00	0.15240	3.00 kg	3	4.05	0.16269	7.00 kg	3	12.72	0.18471
0.1 min	0.3162	1.00 kg	3	2.30	0.15824	3.00 kg	3	8.45	0.17386	7.00 kg	3	18.50	0.19939
0.25 min	0.5000	1.00 kg	3	2.45	0.15862	3.00 kg	3	8.65	0.17437	7.00 kg	3	18.00	0.19812
0.5 min	0.7071	1.00 kg	3	2.52	0.15880	3.00 kg	3	8.80	0.17475	7.00 kg	3	19.20	0.20117
1 min	1.0000	1.00 kg	3	2.65	0.15913	3.00 kg	3	8.98	0.17521	7.00 kg	3	19.35	0.20155
2 min	1.4142	1.00 kg	3	2.75	0.15939	3.00 kg	3	9.15	0.17564	7.00 kg	3	19.65	0.20231
4 min	2.0000	1.00 kg	3	2.85	0.15964	3.00 kg	3	9.35	0.17615	7.00 kg	3	19.85	0.20282
8 min	2.8284	1.00 kg	3	3.00	0.16002	3.00 kg	3	9.52	0.17658	7.00 kg	4	0.28	0.20391
15 min	3.8730	1.00 kg	3	3.08	0.16022	3.00 kg	3	9.77	0.17722	7.00 kg	4	0.50	0.20447
30 min	5.4772	1.00 kg	3	3.21	0.16055	3.00 kg	3	10.00	0.17780	7.00 kg	4	0.78	0.20518
60 min	7.7460	1.00 kg	3	3.32	0.16083	3.00 kg	3	10.20	0.17831	7.00 kg	4	1.08	0.20594
120 min	10.9545	1.00 kg	3	3.48	0.16124	3.00 kg	3	10.62	0.17937	7.00 kg	4	1.42	0.20681
240 min	15.4919	1.00 kg	3	3.60	0.16154	3.00 kg	3	10.68	0.17953	7.00 kg	4	1.72	0.20757
480 min	21.9089	1.00 kg	3	3.80	0.16205	3.00 kg	3	10.98	0.18029	7.00 kg	4	2.00	0.20828
1440 min	37.9473	1.00 kg	3	4.05	0.16269	3.00 kg	3	12.72	0.18471	7.00 kg	4	3.25	0.21146

Muestra C-2 / Margen Izquierdo						Bandeja (USMP-7)									
Peso	1"/10000	Conversion	Peso	1"/10000	Conversion	Peso	1"/10000	Conversion	Peso	1"/10000	Conversion				
15.00 kg	4	3.25	0.21146	31.00 kg	4	15.50	0.24257	63.00 kg	5	17.75	0.29909	31.00 kg	6	19.90	0.35535
15.00 kg	4	6.60	0.21996	31.00 kg	5	10.00	0.27940	63.00 kg	6	13.10	0.33807	31.00 kg	6	15.95	0.34531
15.00 kg	4	6.70	0.22022	31.00 kg	5	10.70	0.28118	63.00 kg	6	13.30	0.33858	31.00 kg	6	15.90	0.34519
15.00 kg	4	6.95	0.22085	31.00 kg	5	11.30	0.28270	63.00 kg	6	13.50	0.33909	31.00 kg	6	15.75	0.34481
15.00 kg	4	7.58	0.22245	31.00 kg	5	11.85	0.28410	63.00 kg	6	13.70	0.33960	31.00 kg	6	15.65	0.34455
15.00 kg	4	7.70	0.22276	31.00 kg	5	12.40	0.28550	63.00 kg	6	13.90	0.34011	31.00 kg	6	15.55	0.34430
15.00 kg	4	7.85	0.22314	31.00 kg	5	13.00	0.28702	63.00 kg	6	14.10	0.34061	31.00 kg	6	15.45	0.34404
15.00 kg	4	7.95	0.22339	31.00 kg	5	13.60	0.28854	63.00 kg	6	14.90	0.34265	31.00 kg	6	15.30	0.34366
15.00 kg	4	8.25	0.22416	31.00 kg	5	14.10	0.28981	63.00 kg	6	15.40	0.34392	31.00 kg	6	15.22	0.34346
15.00 kg	4	8.65	0.22517	31.00 kg	5	14.65	0.29121	63.00 kg	6	17.38	0.34895	31.00 kg	6	15.15	0.34328
15.00 kg	4	9.15	0.22644	31.00 kg	5	15.30	0.29286	63.00 kg	6	17.40	0.34900	31.00 kg	6	15.02	0.34295
15.00 kg	4	9.50	0.22733	31.00 kg	5	15.80	0.29413	63.00 kg	6	17.90	0.35027	31.00 kg	6	14.95	0.34277
15.00 kg	4	10.45	0.22974	31.00 kg	5	16.38	0.29561	63.00 kg	6	18.45	0.35166	31.00 kg	6	14.85	0.34252
15.00 kg	4	11.30	0.23190	31.00 kg	5	17.02	0.29723	63.00 kg	6	19.00	0.35306	31.00 kg	6	14.62	0.34193
15.00 kg	4	15.50	0.24257	31.00 kg	5	17.75	0.29909	63.00 kg	6	19.90	0.35535	31.00 kg	6	14.55	0.34176

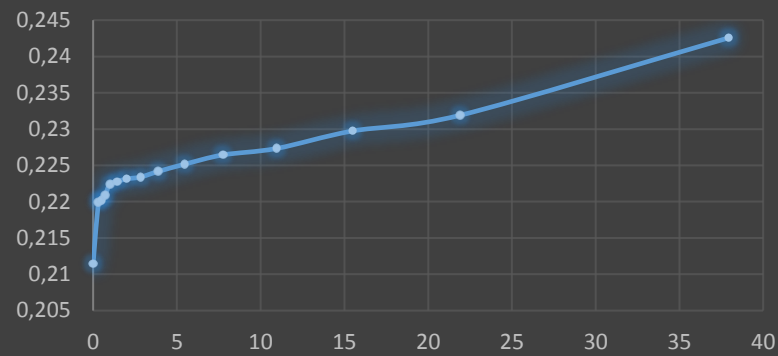
Muestra C-2 / Margen Izquierdo			Bandeja (USMP-7)		
Peso	1"/10000	Conversión	Peso	1"/10000	Conversión
15.00 kg	6 14.55	0.34176	7.00 kg	6 9.00	0.32766
15.00 kg	6 11.30	0.33350	7.00 kg	6 5.00	0.31750
15.00 kg	6 11.05	0.33287	7.00 kg	6 4.98	0.31745
15.00 kg	6 10.98	0.33269	7.00 kg	6 4.98	0.31745
15.00 kg	6 10.90	0.33249	7.00 kg	6 4.95	0.31737
15.00 kg	6 10.78	0.33218	7.00 kg	6 4.90	0.31725
15.00 kg	6 10.65	0.33185	7.00 kg	6 4.85	0.31712
15.00 kg	6 10.50	0.33147	7.00 kg	6 4.80	0.31699
15.00 kg	6 10.35	0.33109	7.00 kg	6 4.70	0.31674
15.00 kg	6 10.17	0.33063	7.00 kg	6 4.60	0.31648
15.00 kg	6 9.97	0.33012	7.00 kg	6 4.45	0.31610
15.00 kg	6 9.92	0.33000	7.00 kg	6 4.15	0.31534
15.00 kg	6 9.62	0.32923	7.00 kg	6 4.00	0.31496
15.00 kg	6 9.50	0.32893	7.00 kg	6 3.70	0.31420
15.00 kg	6 9.00	0.32766	7.00 kg	6 3.28	0.31313



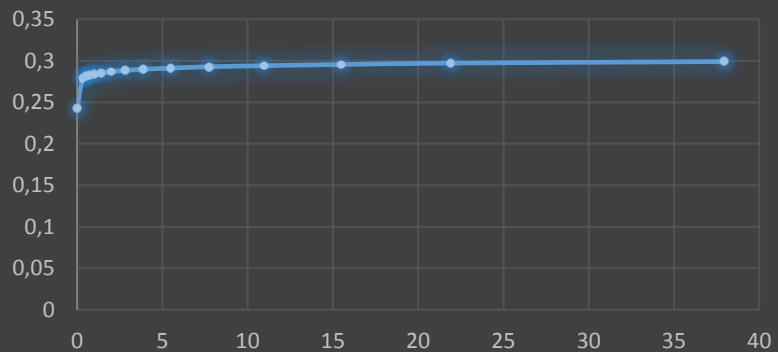
LECTURA in vs raíz(t) con 7Kg/cm2



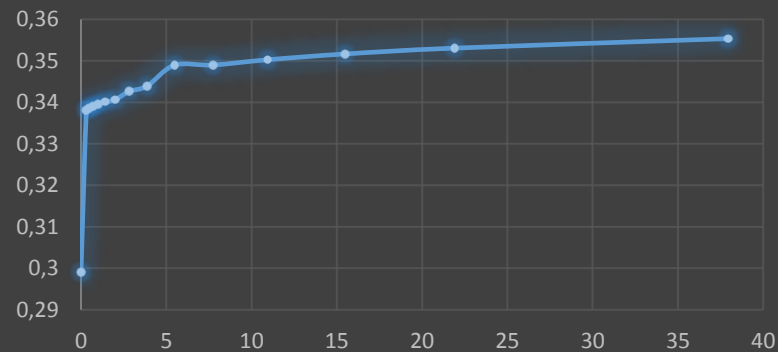
LECTURA in vs raíz(t) con 15Kg/cm2



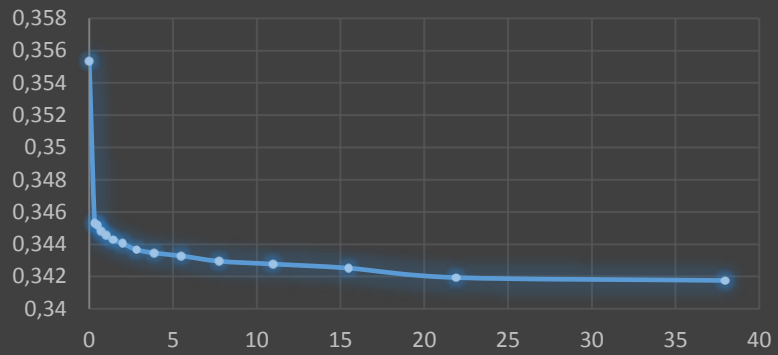
LECTURA in vs raíz(t) con 31Kg/cm2



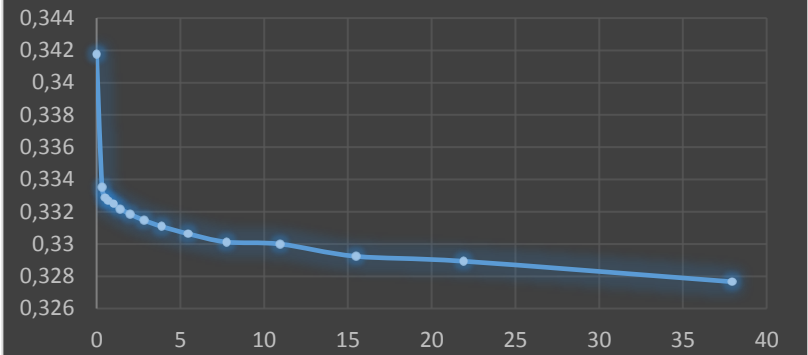
LECTURA in vs raíz(t) con 63Kg/cm2



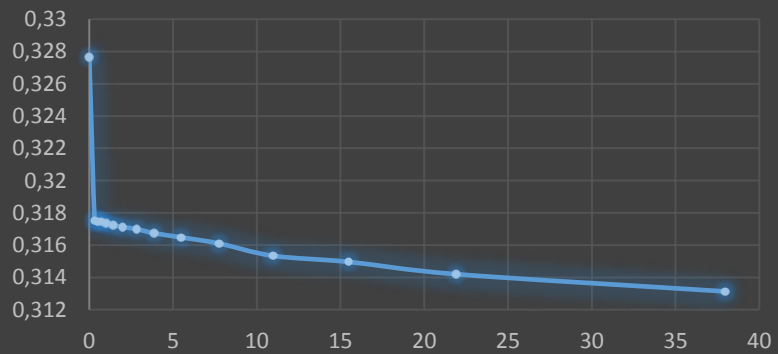
DESCARGA in vs raíz(t) con 31Kg/cm2



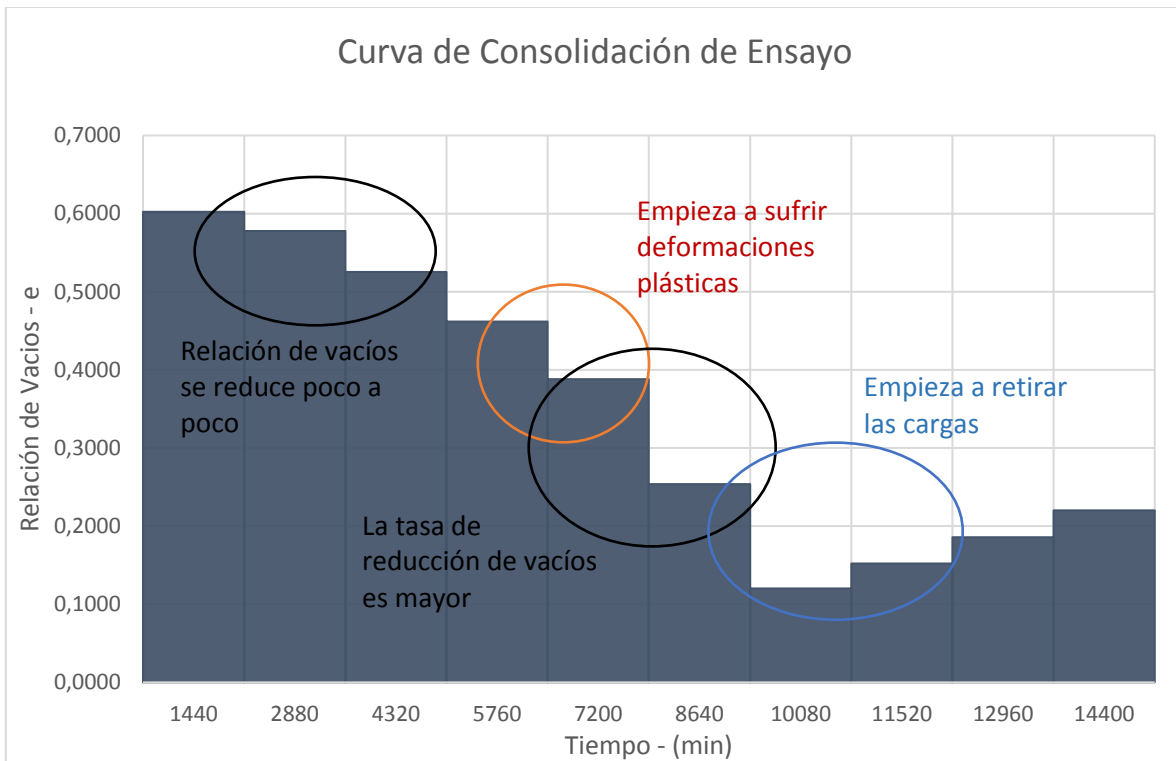
DESCARGA in vs raíz(t) con 15Kg/cm2



DESCARGA in vs raíz(t) con 7Kg/cm2

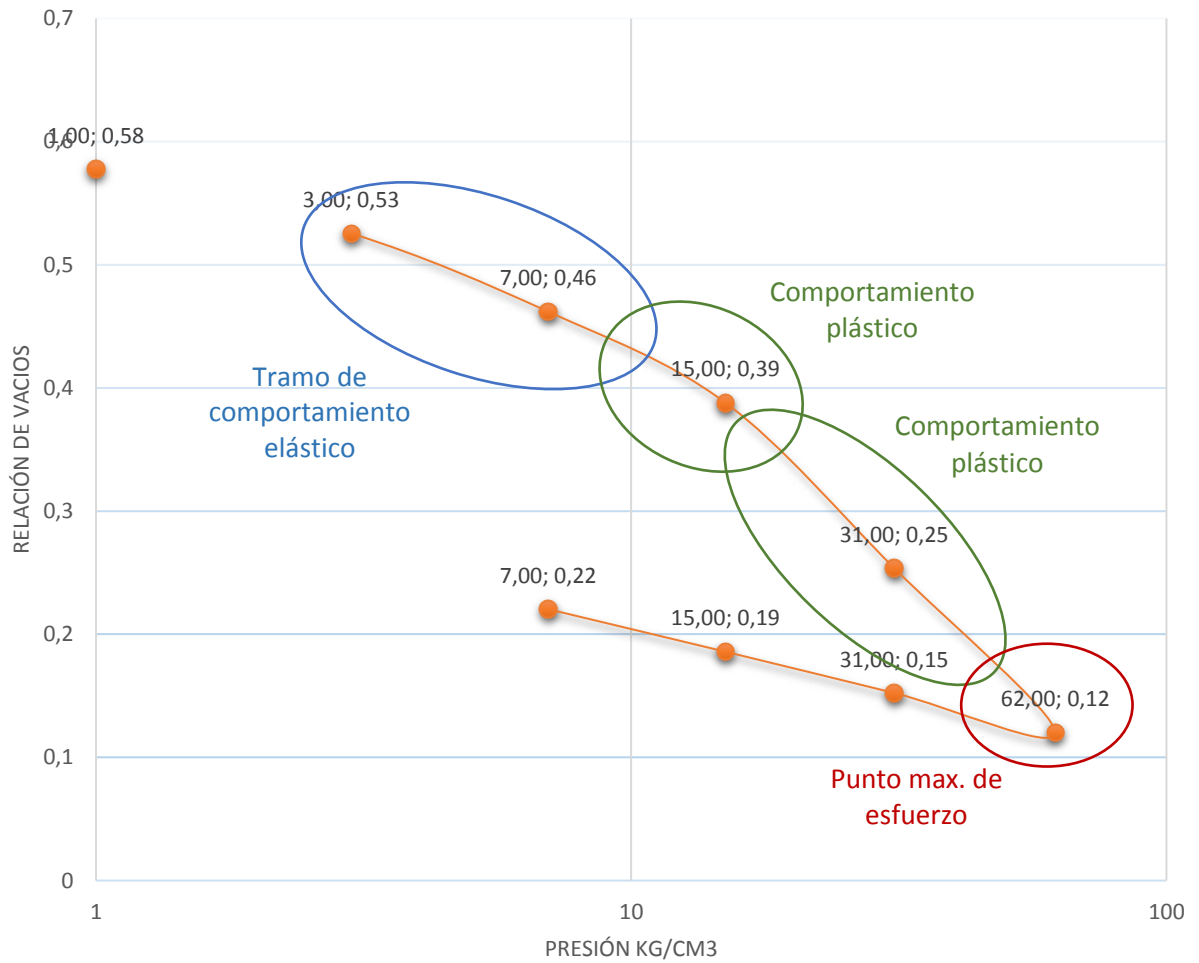


Carga Aplicada (Kg/cm3)	Tiempo min	Lectura Final (plg.)	2H (plg.)	Altura de vacíos (plg.) 2H - 2Ho	Relación de vacíos e
0.00	1440	0.15240	0.6744	0.2535	0.6022
1.00	2880	0.16269	0.6641	0.2432	0.5777
3.00	4320	0.18471	0.6421	0.2212	0.5254
7.00	5760	0.21146	0.6153	0.1944	0.4619
15.00	7200	0.24257	0.5842	0.1633	0.3880
31.00	8640	0.29909	0.5277	0.1068	0.2537
62.00	10080	0.35535	0.4714	0.0505	0.1200
31.00	11520	0.34176	0.4850	0.0641	0.1523
15.00	12960	0.32766	0.4991	0.0782	0.1858
7.00	14400	0.31313	0.5136	0.0927	0.2203

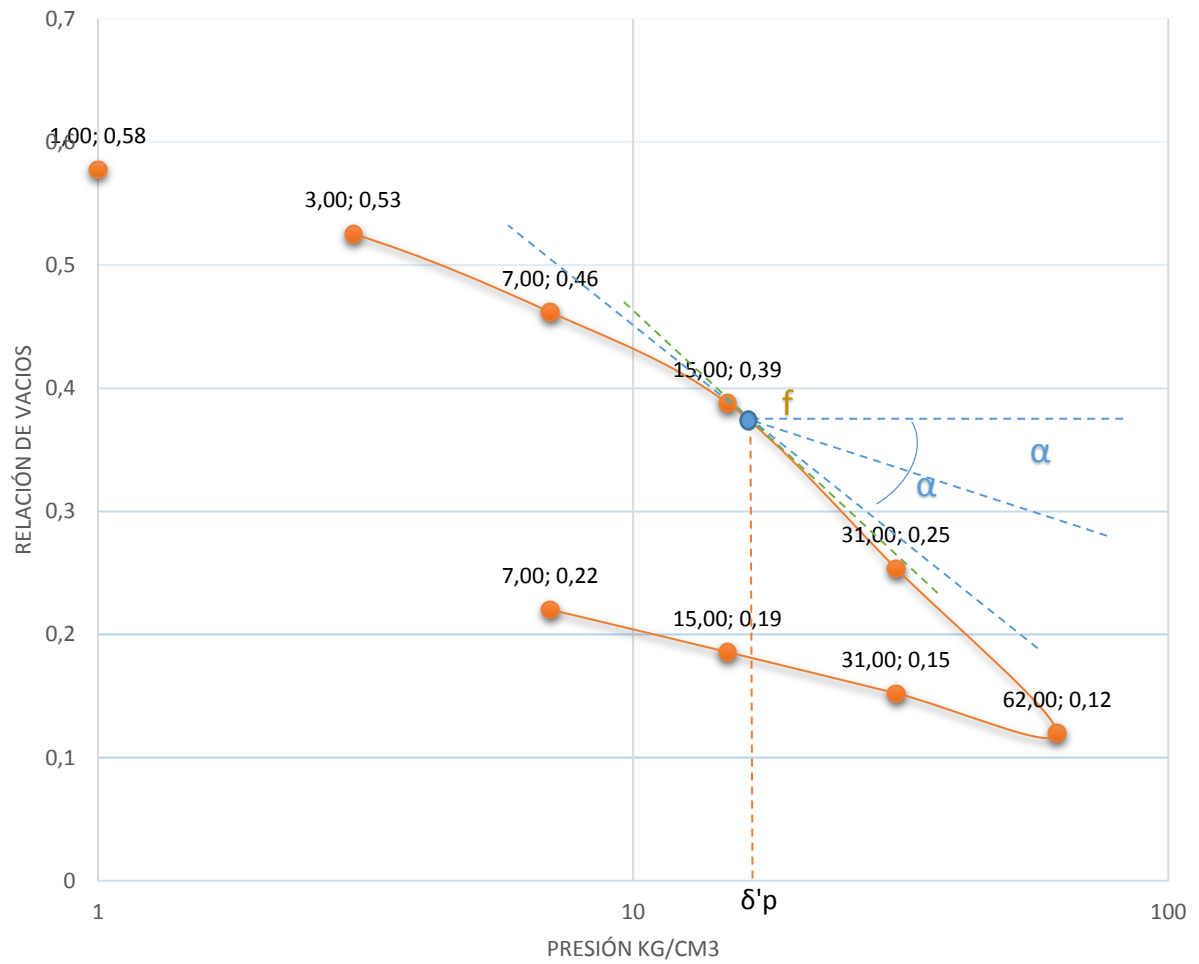


Relación de vacíos inicial		
e_0	=	0.5777

Curva de Compresión

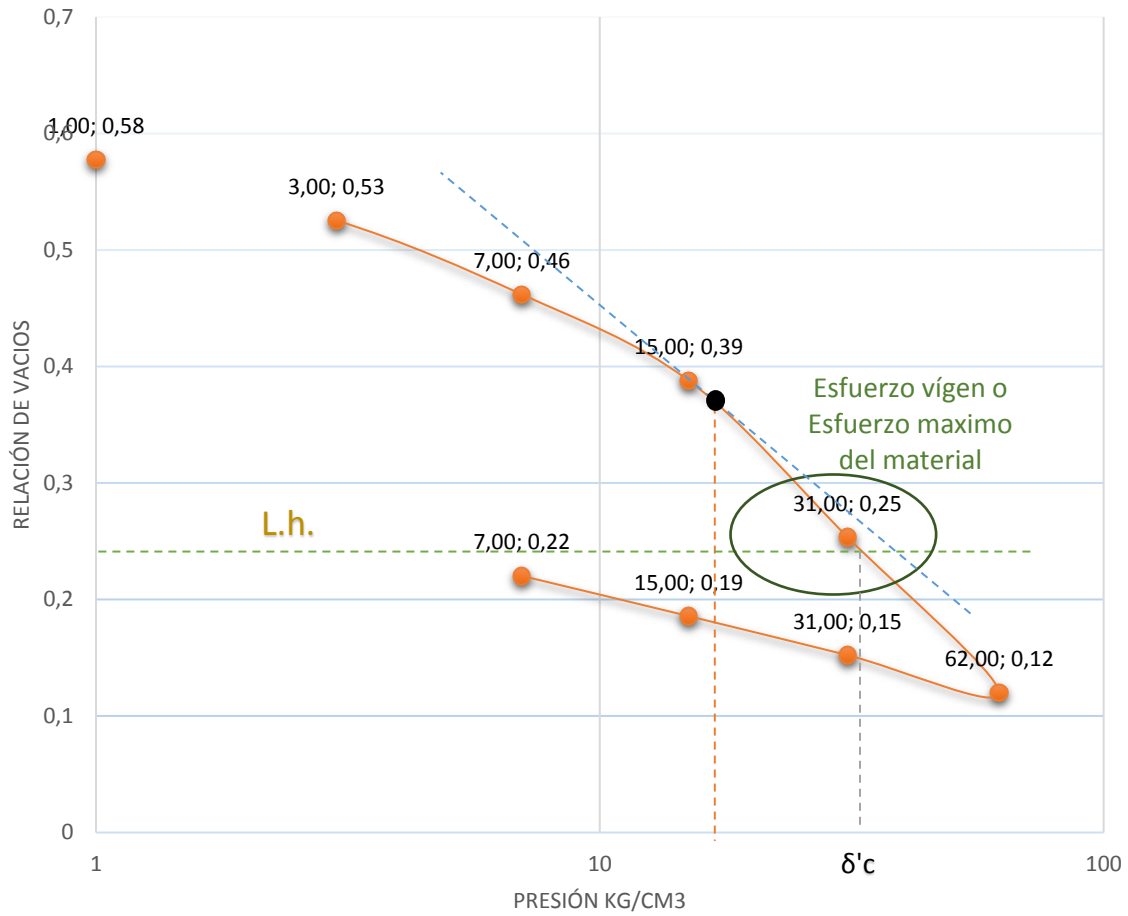


Curva de Compresión - Teorema de Casagrande



Esfuerzo de preconsolidación	
$\delta'p$	= 17.7 Kpa

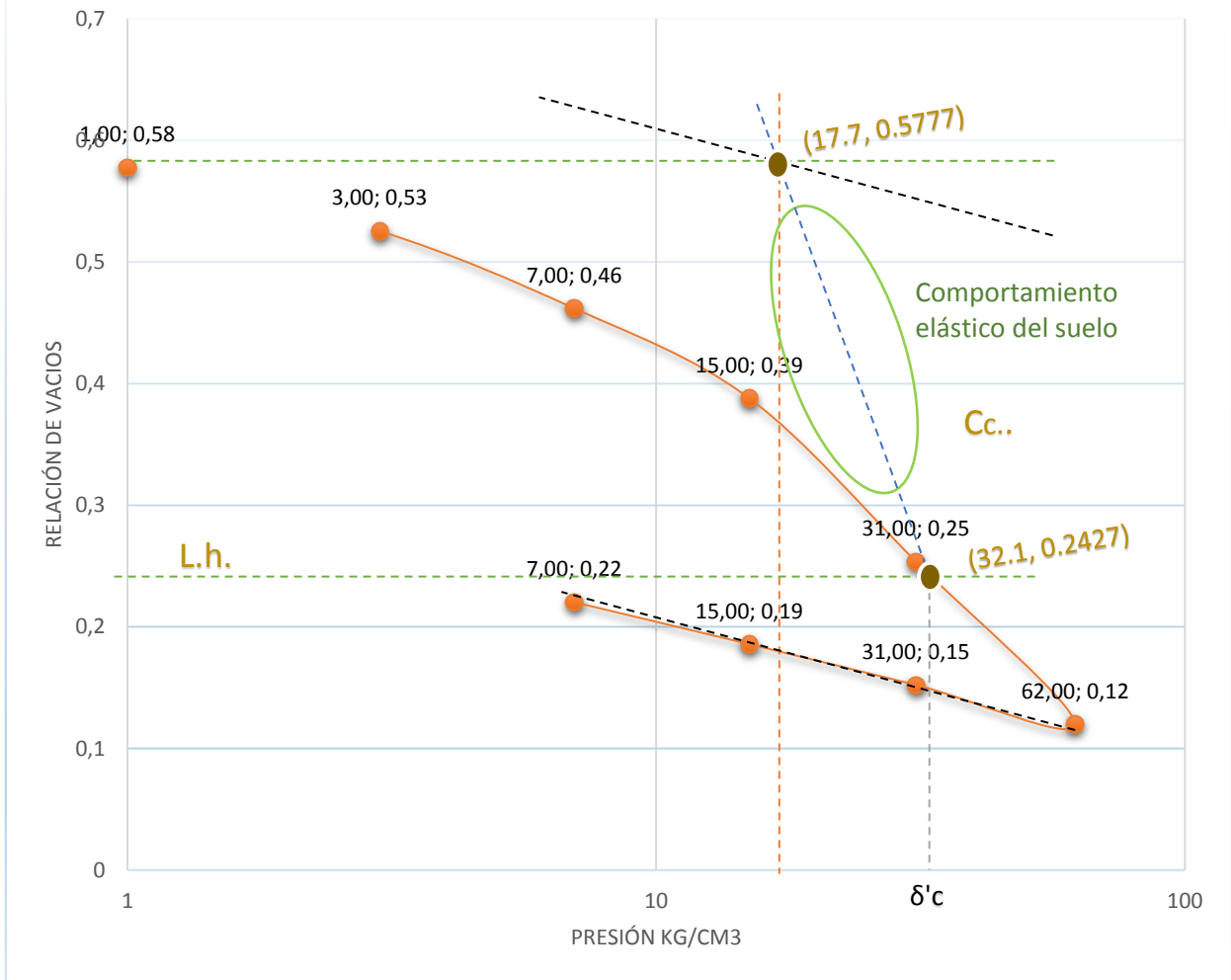
Curva de Compresión - Método de Schmertman



Trazo de línea horizontal				
L.h.	=	$0.42 \times e_0$	=	0.2427

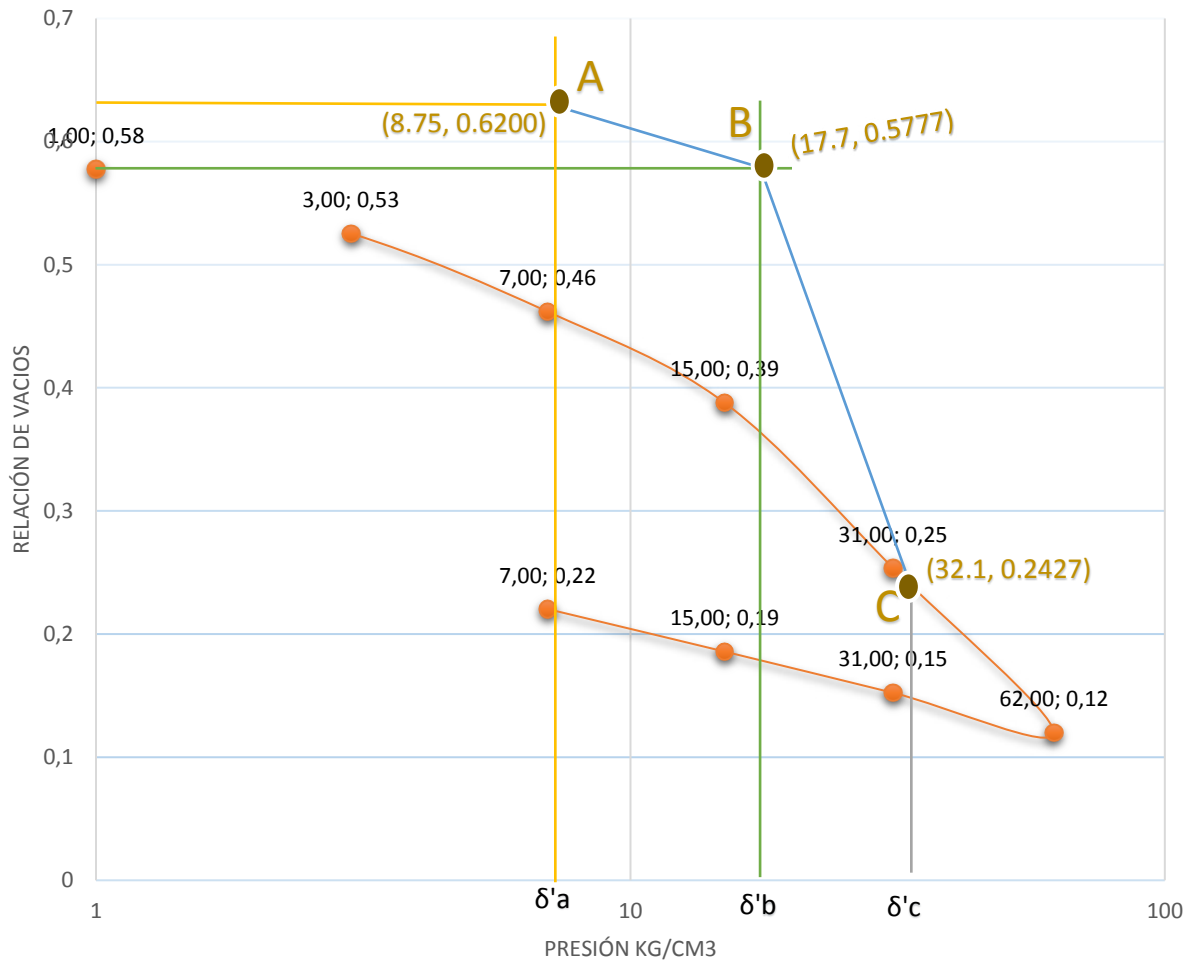
Esfuerzo de estado virgen		
$\delta'c$	=	32.1 Kpa

Curva de Compresión - Método de Schmertman



Índice de Compresión	
$\delta'c$	= 32.1 Kpa

Curva de Compresión - Método de Schmertman



**Valor del índice de re
compresión del suelo**

$$C_r = \frac{e_B - e_A}{\text{Log}(\sigma_B) - \text{Log}(\sigma_A)}$$

$$C_r = \frac{0,5777 - 0,6200}{\text{Log}(17,7) - \text{Log}(8,75)}$$

$$C_r = -0,138$$

**Valor del índice de
compresión del suelo**

$$C_c = \frac{e_c - e_B}{\text{Log}(\sigma_c) - \text{Log}(\sigma_B)}$$

$$C_c = \frac{0,2427 - 0,5777}{\text{Log}(32,1) - \text{Log}(17,7)}$$

$$C_c = -1,296$$

Datos de Laboratorio Muestra C – 1 / Margen Derecho

DIMENSIONES DEL ANILLO		B
ALTURA	2.1 cm	0.83 plg.
DIÁMETRO	6.35 cm	2.50 plg.
ÁREA	31.67 cm ²	
Peso Unitario inicial		2.252 g/cm ³

DATOS DEL Gs	
Peso Seco gr.	500.00
Pignometro + agua gr.	1222.00
Peso total	1619.00

GRADO DE SATURACIÓN %	
Inicial	100
Final	100

Gs : 2.72

CONTENIDO DE HUMEDAD			
PESO DE LA MUESTRA		Inicial	Final
Peso anillo+muestra hum.	g	238.32	224.33
Peso anillo+muestra seca.	g	189.63	196.41
Peso anillo	g	97.63	97.63
Peso del agua	Ws	67.12	45.27
Peso suelo seco	%	92.00	98.78
Humedad	%	58.76	40.34

$$\text{Altura de sólidos, } 2H_o = \frac{W_s}{G_s * D_w * A} = 2.0846 \text{ cm} = 0.8207 \text{ plg}$$

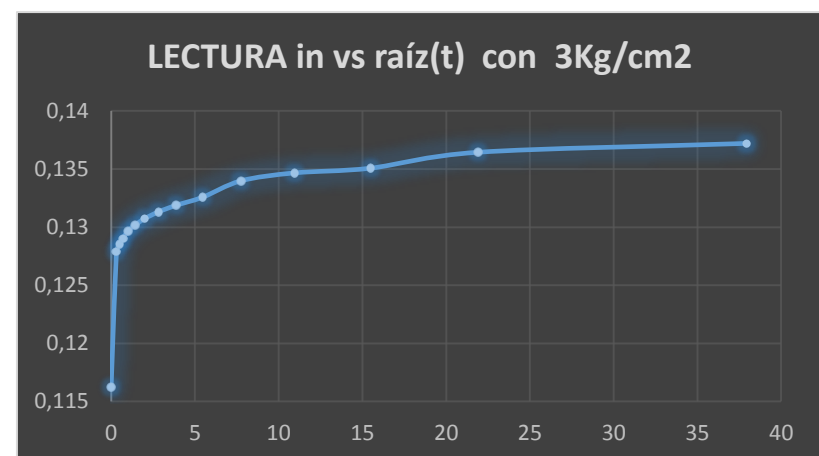
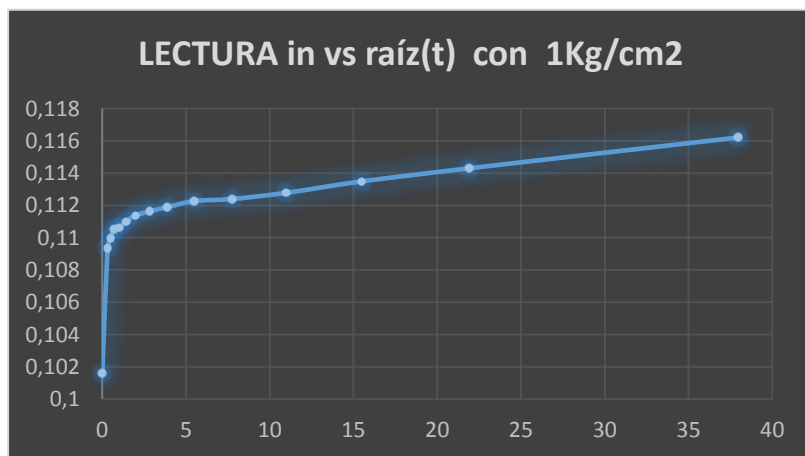
$$e = \frac{2H - 2H_o}{2H_o} = 140.69$$

Muestra C-1 / Margen Derecho

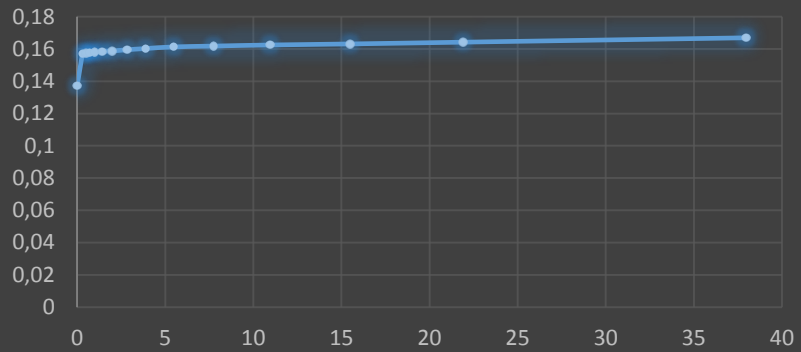
Muestra C-1 / Margen Derecho												
Muestra C-1 / Margen Derecho						Bandeja (USMP-24)						
Tiempo	Raiz de T	Peso	1"/10000	Conversión	Peso	1"/10000	Conversión	Peso	1"/10000	Conversión		
0 min	0.0000	1.00 kg	2 0.00	0.10160	3.00 kg	2 5.75	0.11621	7.00 kg	2 14.02	0.13721		
0.1 min	0.3162	1.00 kg	2 3.05	0.10935	3.00 kg	2 10.35	0.12789	7.00 kg	3 1.78	0.15692		
0.25 min	0.5000	1.00 kg	2 3.30	0.10998	3.00 kg	2 10.60	0.12852	7.00 kg	3 2.00	0.15748		
0.5 min	0.7071	1.00 kg	2 3.52	0.11054	3.00 kg	2 10.80	0.12903	7.00 kg	3 2.10	0.15773		
1 min	1.0000	1.00 kg	2 3.55	0.11062	3.00 kg	2 11.05	0.12967	7.00 kg	3 2.20	0.15799		
2 min	1.4142	1.00 kg	2 3.70	0.11100	3.00 kg	2 11.25	0.13018	7.00 kg	3 2.40	0.15850		
4 min	2.0000	1.00 kg	2 3.85	0.11138	3.00 kg	2 11.47	0.13073	7.00 kg	3 2.51	0.15878		
8 min	2.8284	1.00 kg	2 3.95	0.11163	3.00 kg	2 11.70	0.13132	7.00 kg	3 2.80	0.15951		
15 min	3.8730	1.00 kg	2 4.05	0.11189	3.00 kg	2 11.92	0.13188	7.00 kg	3 3.10	0.16027		
30 min	5.4772	1.00 kg	2 4.20	0.11227	3.00 kg	2 12.20	0.13259	7.00 kg	3 3.50	0.16129		
60 min	7.7460	1.00 kg	2 4.25	0.11240	3.00 kg	2 12.75	0.13399	7.00 kg	3 3.70	0.16180		
120 min	10.9545	1.00 kg	2 4.40	0.11278	3.00 kg	2 13.02	0.13467	7.00 kg	3 3.97	0.16248		
240 min	15.4919	1.00 kg	2 4.68	0.11349	3.00 kg	2 13.18	0.13508	7.00 kg	3 4.22	0.16312		
480 min	21.9089	1.00 kg	2 5.00	0.11430	3.00 kg	2 13.72	0.13645	7.00 kg	3 4.65	0.16421		
1440 min	37.9473	1.00 kg	2 5.75	0.11621	3.00 kg	2 14.02	0.13721	7.00 kg	3 5.72	0.16693		

Muestra C-1 / Margen Derecho Bandeja (USMP-24)															
Peso	1"/10000	Conversión	Peso	1"/10000	Conversión	Peso	1"/10000	Conversión	Peso	1"/10000	Conversión				
15.00 kg	3	5.72	0.16693	31.00 kg	4	17.72	0.24821	63.00 kg	5	9.80	0.27889	31.00 kg	6	8.75	0.32703
15.00 kg	4	11.45	0.23228	31.00 kg	5	3.40	0.26264	63.00 kg	6	1.00	0.30734	31.00 kg	6	5.80	0.31953
15.00 kg	4	11.75	0.23305	31.00 kg	5	3.90	0.26391	63.00 kg	6	1.30	0.30810	31.00 kg	6	5.50	0.31877
15.00 kg	4	12.00	0.23368	31.00 kg	5	4.50	0.26543	63.00 kg	6	1.70	0.30912	31.00 kg	6	5.40	0.31852
15.00 kg	4	12.30	0.23444	31.00 kg	5	5.00	0.26670	63.00 kg	6	2.10	0.31013	31.00 kg	6	5.28	0.31821
15.00 kg	4	12.60	0.23520	31.00 kg	5	5.45	0.26784	63.00 kg	6	2.70	0.31166	31.00 kg	6	5.15	0.31788
15.00 kg	4	12.95	0.23609	31.00 kg	5	5.92	0.26904	63.00 kg	6	3.05	0.31255	31.00 kg	6	5.05	0.31763
15.00 kg	4	13.25	0.23686	31.00 kg	5	6.38	0.27021	63.00 kg	6	3.65	0.31407	31.00 kg	6	4.95	0.31737
15.00 kg	4	13.52	0.23754	31.00 kg	5	6.80	0.27127	63.00 kg	6	4.20	0.31547	31.00 kg	6	4.80	0.31699
15.00 kg	4	13.85	0.23838	31.00 kg	5	7.28	0.27249	63.00 kg	6	4.95	0.31737	31.00 kg	6	4.75	0.31687
15.00 kg	4	14.25	0.23940	31.00 kg	5	7.75	0.27369	63.00 kg	6	5.55	0.31890	31.00 kg	6	4.60	0.31648
15.00 kg	4	14.60	0.24028	31.00 kg	5	8.28	0.27503	63.00 kg	6	6.20	0.32055	31.00 kg	6	4.50	0.31623
15.00 kg	4	14.98	0.24125	31.00 kg	5	9.35	0.27775	63.00 kg	6	6.70	0.32182	31.00 kg	6	4.42	0.31603
15.00 kg	4	15.75	0.24321	31.00 kg	5	9.50	0.27813	63.00 kg	6	7.10	0.32283	31.00 kg	6	4.35	0.31585
15.00 kg	4	17.32	0.24719	31.00 kg	5	9.80	0.27889	63.00 kg	6	8.75	0.32703	31.00 kg	6	4.15	0.31534

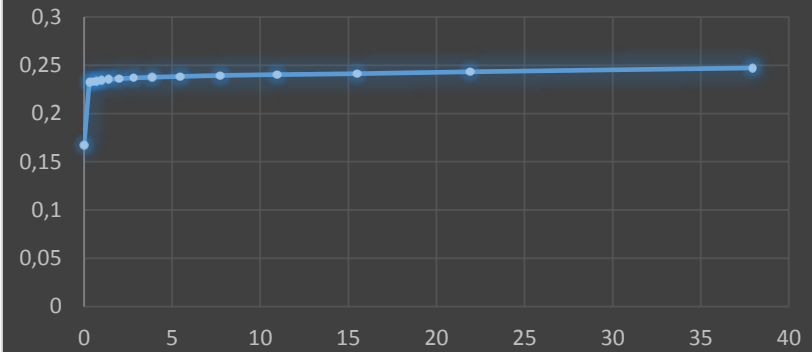
Muestra C-1 / Margen Derecho			Bandeja (USMP-24)		
Peso	1"/10000	Conversión	Peso	1"/10000	Conversión
15.00 kg	6 4.15	0.31534	7.00 kg	5 18.40	0.30074
15.00 kg	6 1.15	0.30772	7.00 kg	5 15.80	0.29413
15.00 kg	6 1.00	0.30734	7.00 kg	5 15.70	0.29388
15.00 kg	6 0.90	0.30709	7.00 kg	5 15.60	0.29362
15.00 kg	6 0.72	0.30663	7.00 kg	5 15.45	0.29324
15.00 kg	6 0.52	0.30612	7.00 kg	5 15.20	0.29261
15.00 kg	6 0.32	0.30561	7.00 kg	5 15.05	0.29223
15.00 kg	6 0.10	0.30505	7.00 kg	5 14.85	0.29172
15.00 kg	5 19.88	0.30450	7.00 kg	5 14.68	0.29129
15.00 kg	5 19.65	0.30391	7.00 kg	5 14.35	0.29045
15.00 kg	5 19.22	0.30282	7.00 kg	5 14.10	0.28981
15.00 kg	5 19.10	0.30251	7.00 kg	5 13.80	0.28905
15.00 kg	5 19.00	0.30226	7.00 kg	5 13.65	0.28867
15.00 kg	5 18.80	0.30175	7.00 kg	5 13.40	0.28804
15.00 kg	5 18.40	0.30074	7.00 kg	5 12.85	0.28664



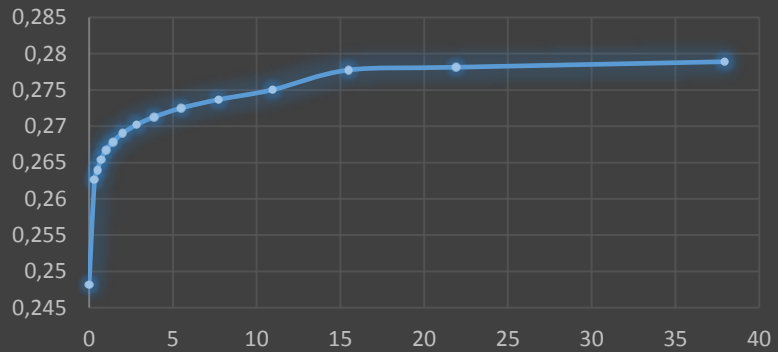
LECTURA in vs raíz(t) con 7Kg/cm2



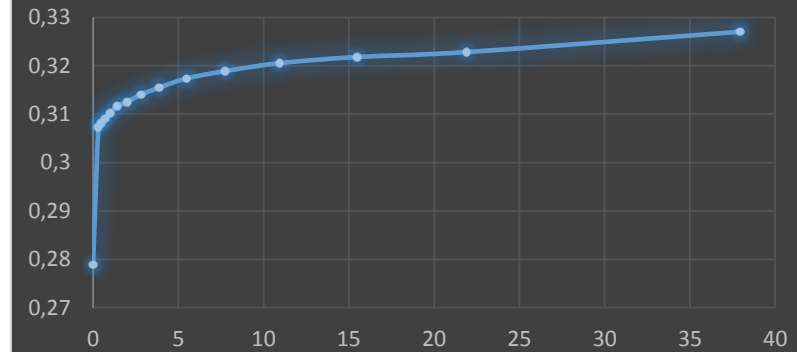
LECTURA in vs raíz(t) con 15Kg/cm2



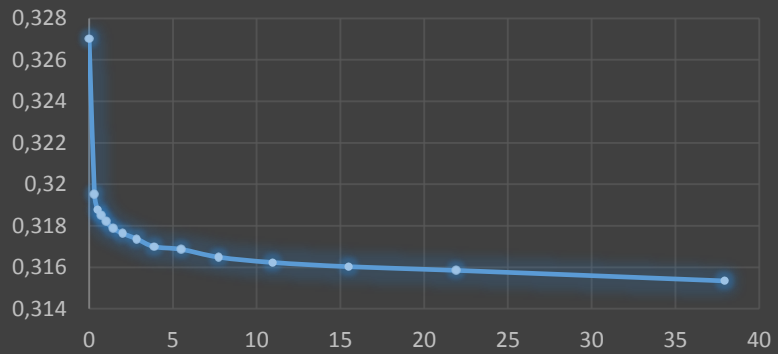
LECTURA in vs raíz(t) con 31Kg/cm2



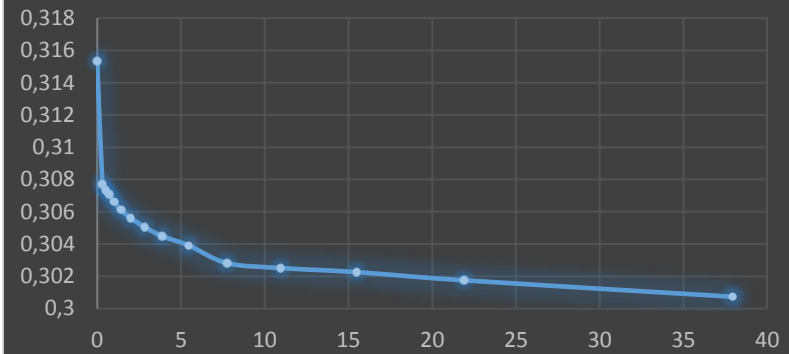
LECTURA in vs raíz(t) con 63Kg/cm2



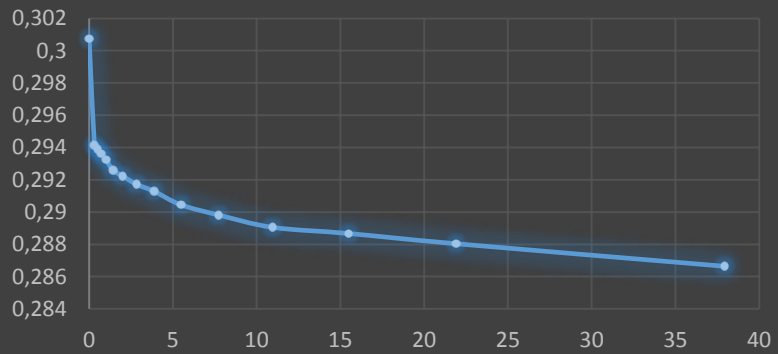
DESCARGA in vs raíz(t) con 31Kg/cm2



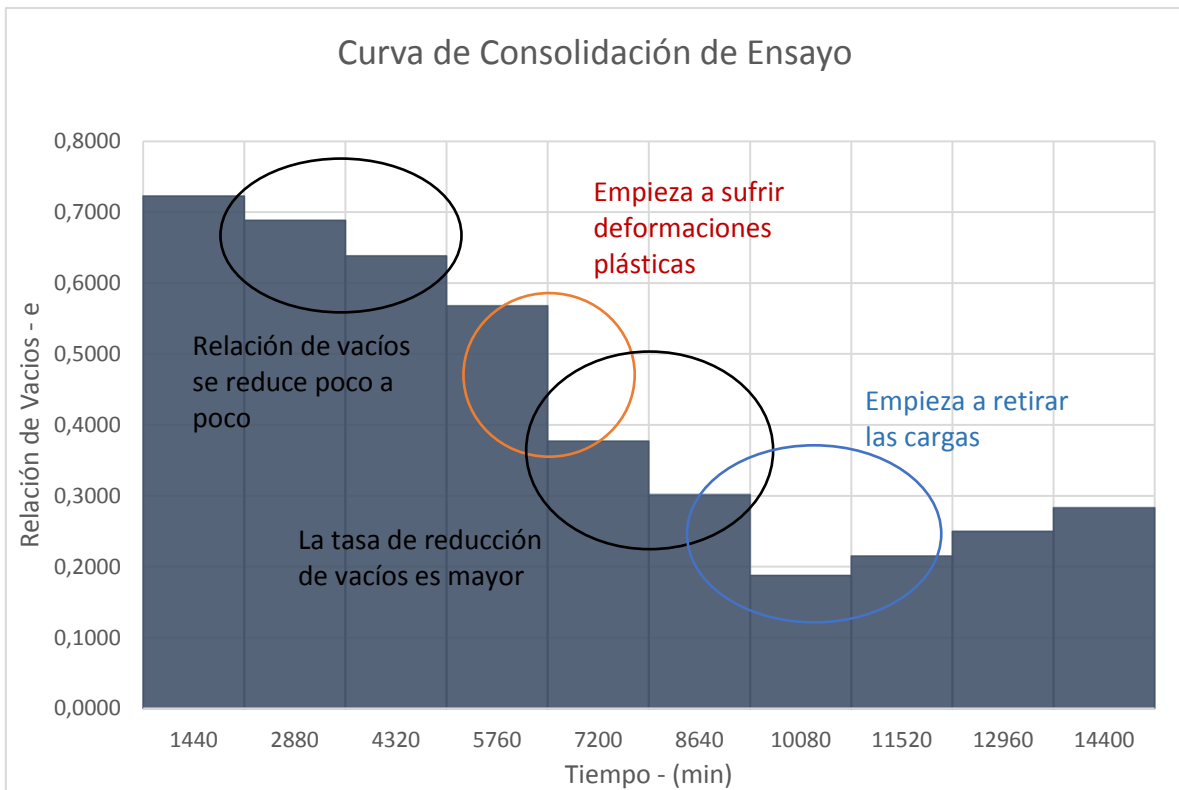
DESCARGA in vs raíz(t) con 15Kg/cm2



DESCARGA in vs raíz(t) con 7Kg/cm2

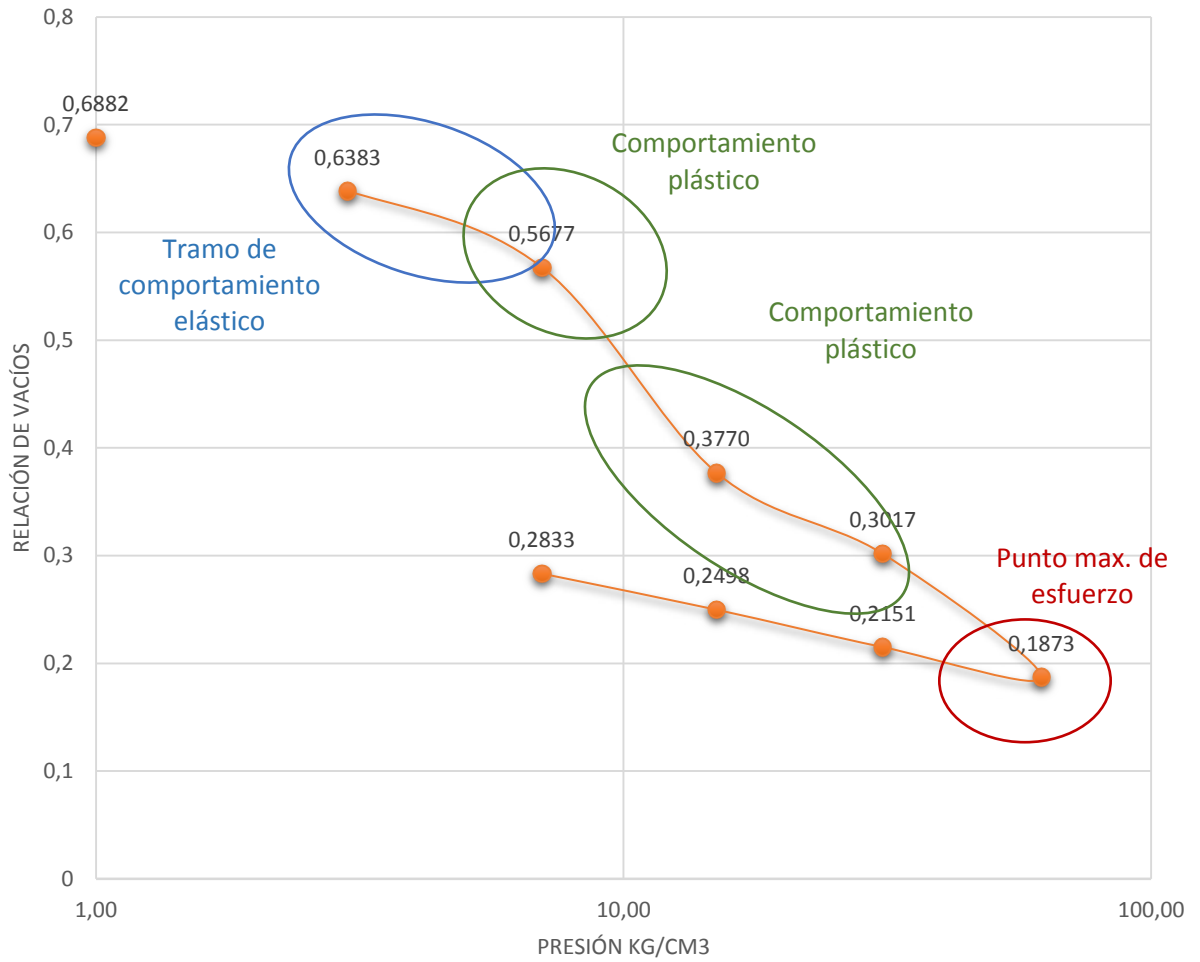


Carga Aplicada (Kg/cm ²)	Tiempo min	Lectura Final (plg.)	2H (plg.)	Altura de vacíos (plg.) 2H - 2H ₀	Relación de vacíos e
0.00	1440	0.10160	0.7252	0.3043	0.7229
1.00	2880	0.11621	0.7106	0.2897	0.6882
3.00	4320	0.13721	0.6896	0.2687	0.6383
7.00	5760	0.16693	0.6598	0.2389	0.5677
15.00	7200	0.24719	0.5796	0.1587	0.3770
31.00	8640	0.27889	0.5479	0.1270	0.3017
62.00	10080	0.32703	0.4997	0.0788	0.1873
31.00	11520	0.31534	0.5114	0.0905	0.2151
15.00	12960	0.30074	0.5260	0.1051	0.2498
7.00	14400	0.28664	0.5401	0.1192	0.2833

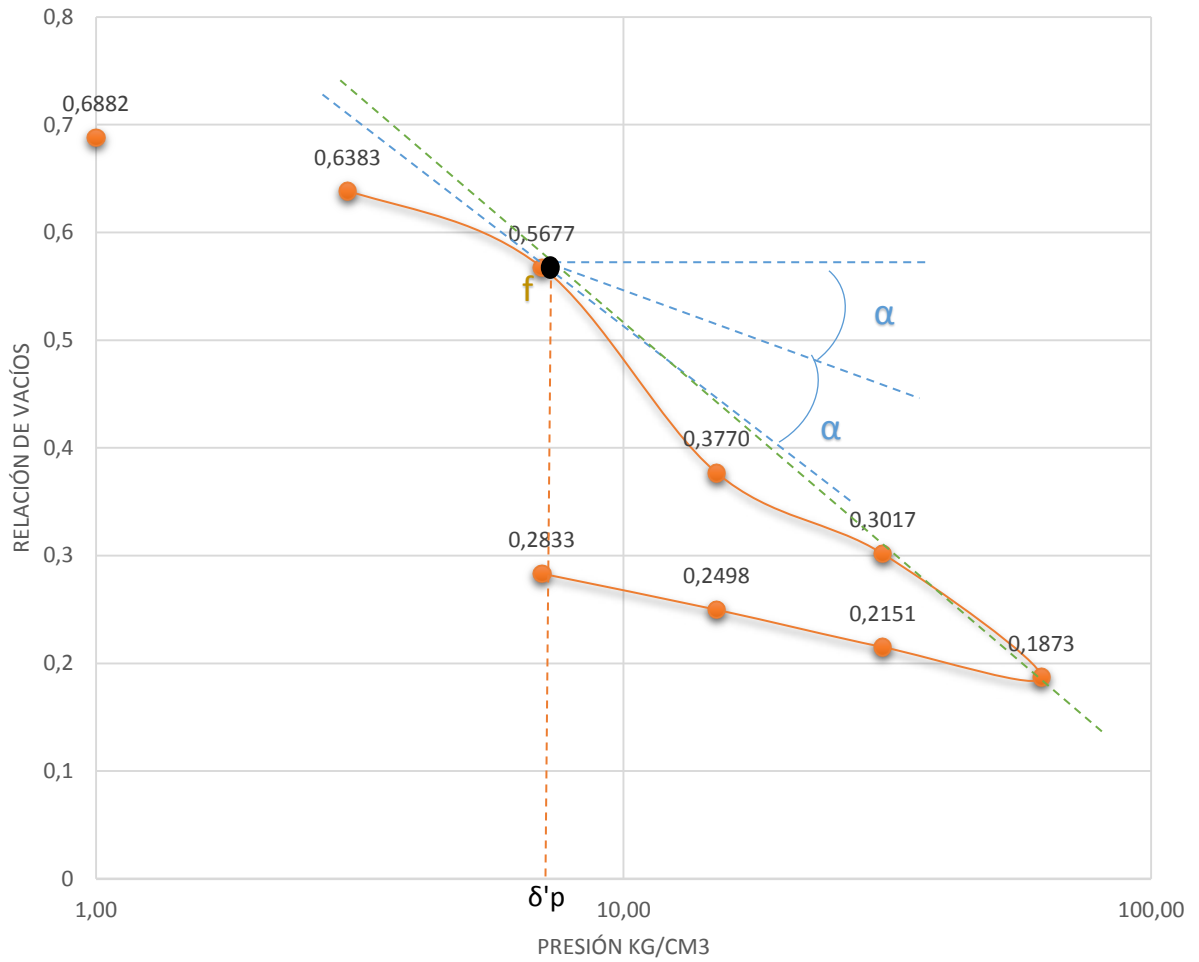


Relación de vacíos inicial		
e_0	=	0.5677

Curva de Compresión

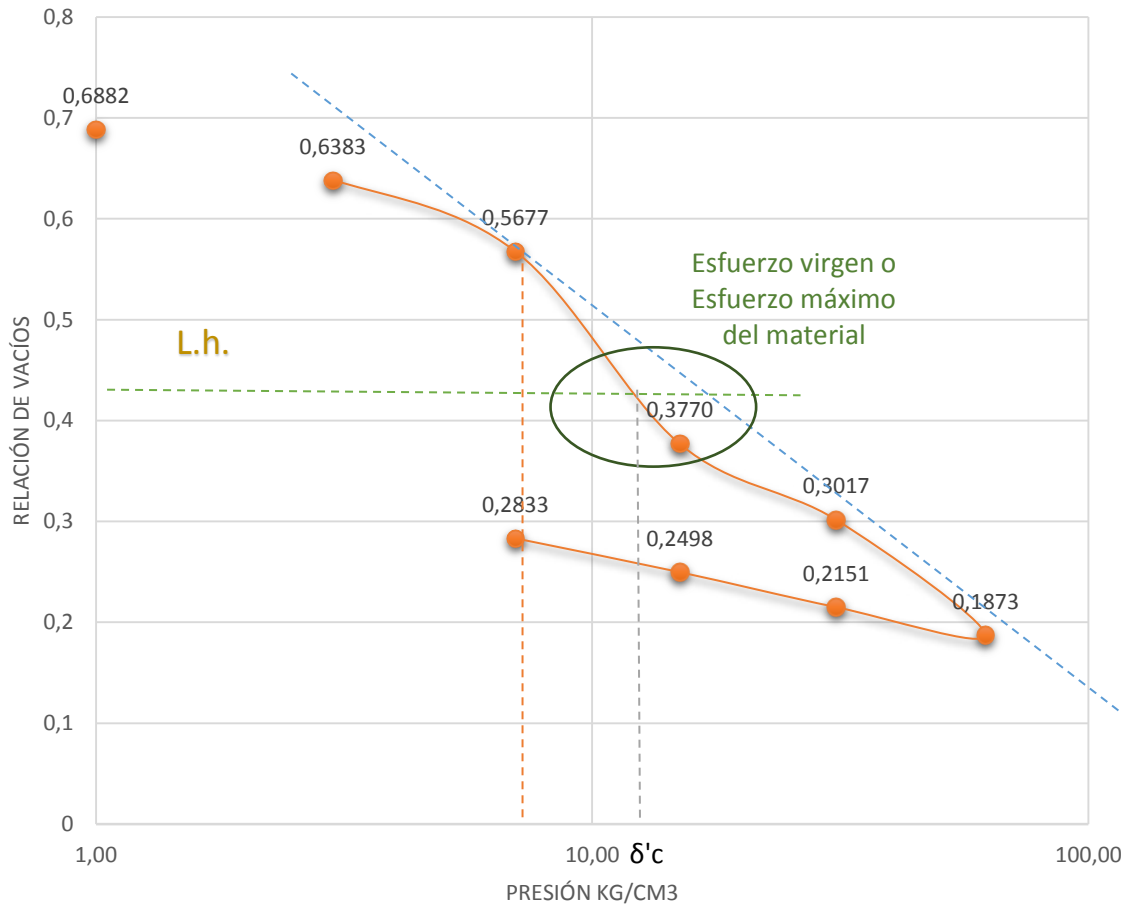


Curva de Compresión - Teorema de Casagrande



Esfuerzo de preconsolidacion		
$\delta'p$	=	8.40 Kpa

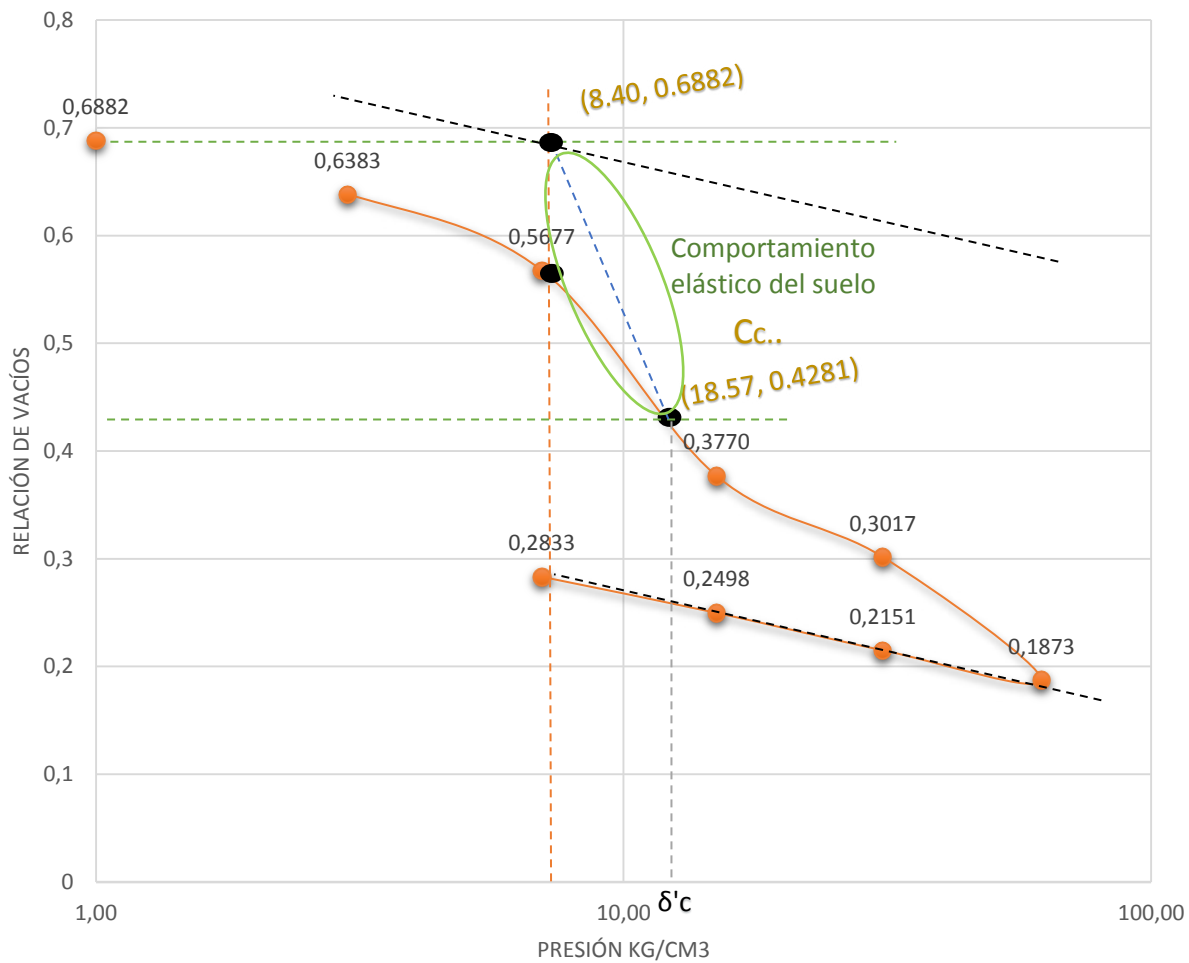
Curva de Compresión - Teorema de Casagrande



Trazo de línea horizontal			
L.h.	=	$0.42 \times e_o$	= 0.2384
L.h.	=	$L.h. + 0.1897$	= 0.4281

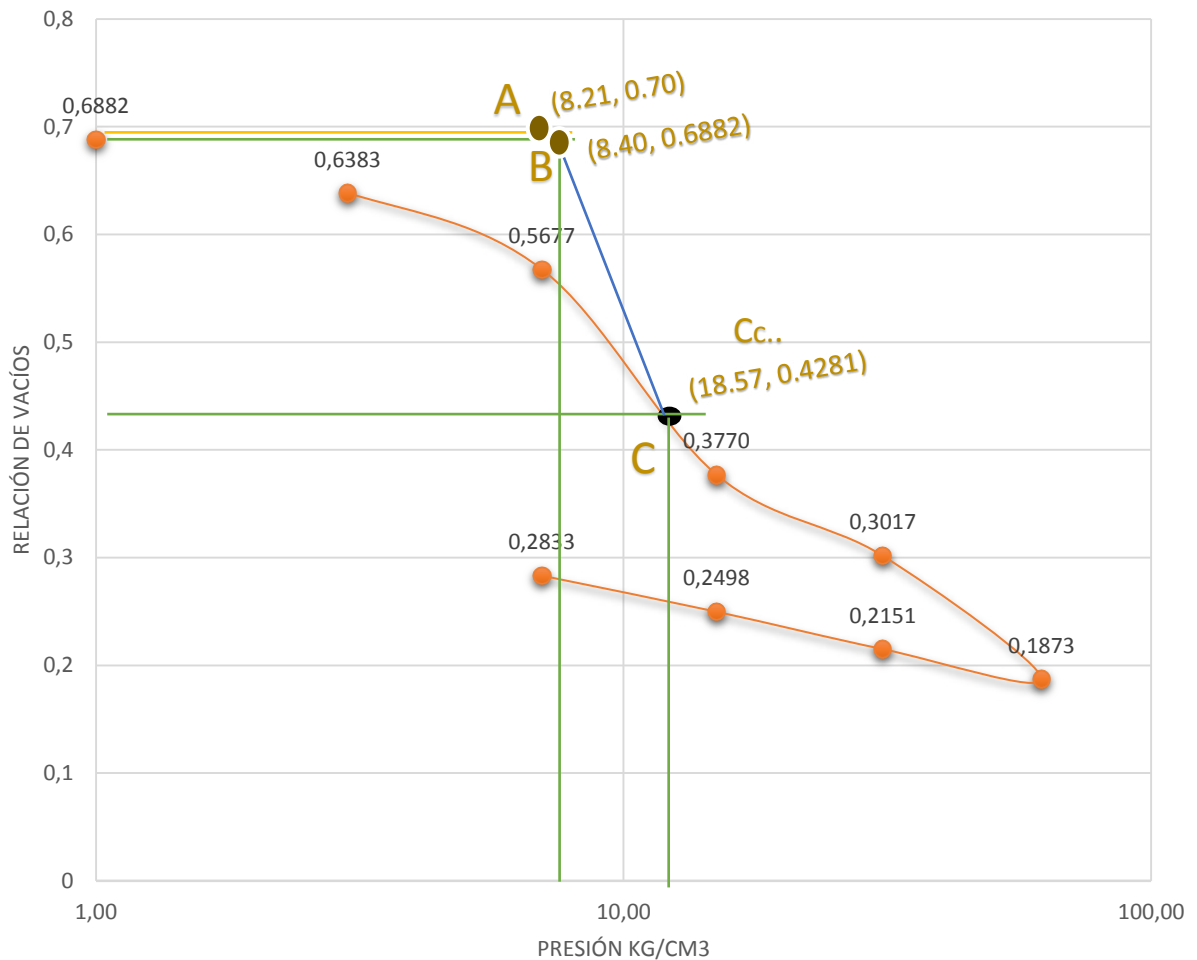
Esfuerzo de estado virgen		
$\delta'c$	=	18.57 Kpa

Curva de Compresión - Método de Schmertman



Esfuerzo de estado virgen		
$\delta'c$	=	18.57 Kpa

Curva de Compresión - Método de Schmertman



Valor del índice de re
compresión del suelo

$$C_r = \frac{e_B - e_A}{\text{Log}(\sigma_B) - \text{Log}(\sigma_A)}$$

$$C_r = \frac{0.6882 - 0.70}{\text{Log}(8.40) - \text{Log}(8.21)}$$

$$C_r = -1.188$$

Valor del índice de
compresión del suelo

$$C_c = \frac{e_c - e_B}{\text{Log}(\sigma_c) - \text{Log}(\sigma_B)}$$

$$C_c = \frac{0.4281 - 0.6882}{\text{Log}(18.57) - \text{Log}(8.40)}$$

$$C_c = -0.748$$

ANEXO 6: PANEL FOTOGRÁFICO

ESTUDIO TOPOGRAFICO

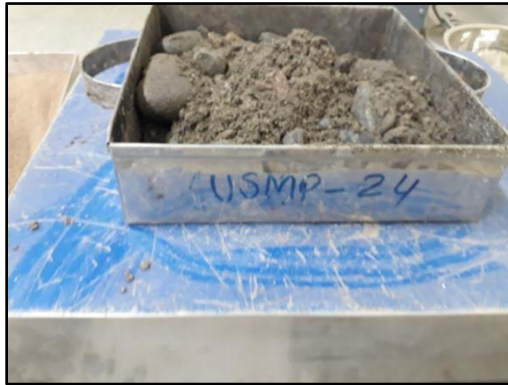


ESTUDIO GEOTÉCNICO

- Excavación de calicatas



- Ensayo granulométrico





Grain	Grain No.	Grain Size	Grain Weight	Grain No.	Grain Size	Grain Weight
Wheat	20	750 μm	2.040g	20	750 μm	2.040g
Wheat	40	375 μm	0.820g	40	375 μm	0.820g
Wheat	60	250 μm	0.450g	60	250 μm	0.450g
Wheat	80	150 μm	0.280g	80	150 μm	0.280g
Wheat	100	105 μm	0.200g	100	105 μm	0.200g
Wheat	150	105 μm	0.150g	150	105 μm	0.150g
Wheat	200	75 μm	0.100g	200	75 μm	0.100g
Wheat	250	60 μm	0.070g	250	60 μm	0.070g
Wheat	300	48 μm	0.050g	300	48 μm	0.050g
Wheat	350	38 μm	0.040g	350	38 μm	0.040g
Wheat	400	30 μm	0.030g	400	30 μm	0.030g
Wheat	450	25 μm	0.020g	450	25 μm	0.020g
Wheat	500	20 μm	0.015g	500	20 μm	0.015g
Wheat	550	15 μm	0.010g	550	15 μm	0.010g
Wheat	600	12 μm	0.008g	600	12 μm	0.008g
Wheat	650	10 μm	0.006g	650	10 μm	0.006g
Wheat	700	8 μm	0.004g	700	8 μm	0.004g
Wheat	750	6 μm	0.003g	750	6 μm	0.003g
Wheat	800	5 μm	0.002g	800	5 μm	0.002g
Wheat	850	4 μm	0.001g	850	4 μm	0.001g
Wheat	900	3 μm	0.001g	900	3 μm	0.001g
Wheat	950	2 μm	0.001g	950	2 μm	0.001g
Wheat	1000	1.5 μm	0.001g	1000	1.5 μm	0.001g

• Ensayo de corte directo





- Ensayo de consolidación



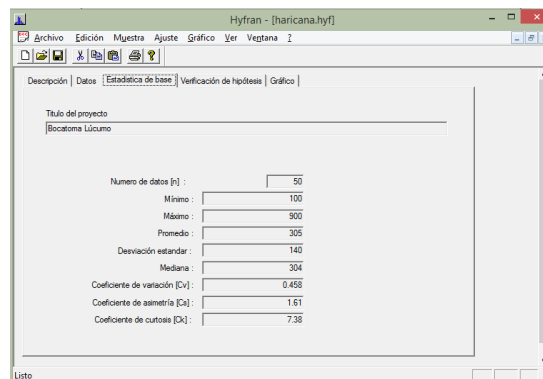
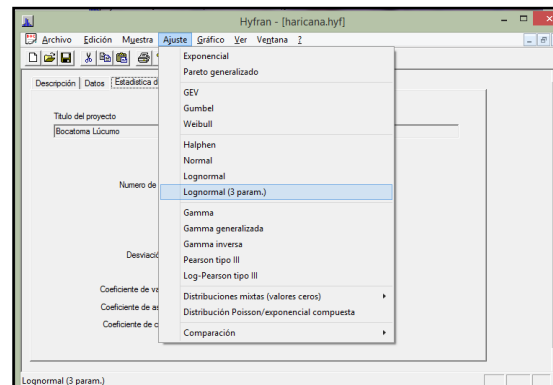
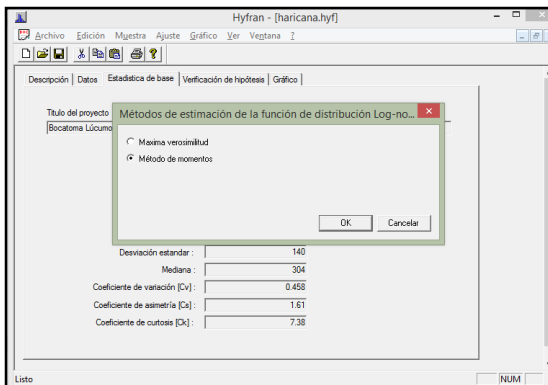
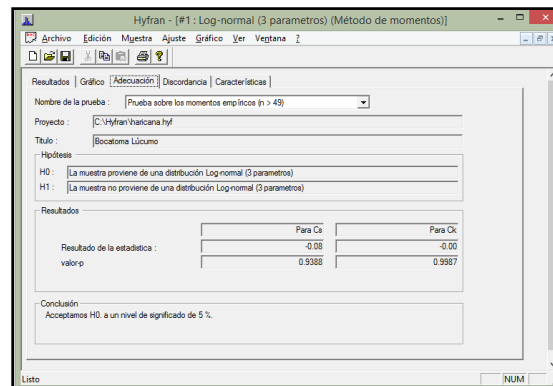
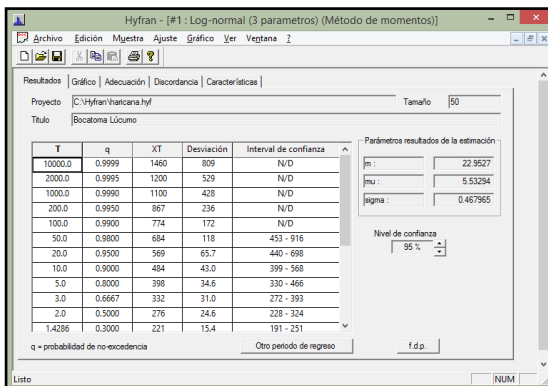
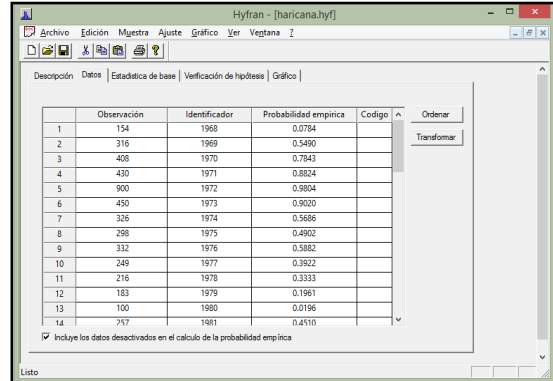
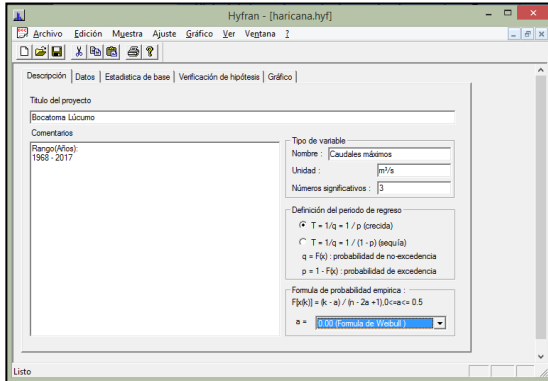
Soil Density (Cachera & Neria) 20/09/11
Ejercicio 1

Sample	W ₁	W ₂	W ₃
0.00	0.0	0.0	0.0
0.20	0.0	0.0	0.0
0.40	0.0	0.0	0.0
0.60	0.0	0.0	0.0
0.80	0.0	0.0	0.0
1.00	0.0	0.0	0.0
1.20	0.0	0.0	0.0
1.40	0.0	0.0	0.0
1.60	0.0	0.0	0.0
1.80	0.0	0.0	0.0
2.00	0.0	0.0	0.0
2.20	0.0	0.0	0.0
2.40	0.0	0.0	0.0
2.60	0.0	0.0	0.0
2.80	0.0	0.0	0.0
3.00	0.0	0.0	0.0
3.20	0.0	0.0	0.0
3.40	0.0	0.0	0.0
3.60	0.0	0.0	0.0
3.80	0.0	0.0	0.0
4.00	0.0	0.0	0.0
4.20	0.0	0.0	0.0
4.40	0.0	0.0	0.0
4.60	0.0	0.0	0.0
4.80	0.0	0.0	0.0
5.00	0.0	0.0	0.0
5.20	0.0	0.0	0.0
5.40	0.0	0.0	0.0
5.60	0.0	0.0	0.0
5.80	0.0	0.0	0.0
6.00	0.0	0.0	0.0
6.20	0.0	0.0	0.0
6.40	0.0	0.0	0.0
6.60	0.0	0.0	0.0
6.80	0.0	0.0	0.0
7.00	0.0	0.0	0.0
7.20	0.0	0.0	0.0
7.40	0.0	0.0	0.0
7.60	0.0	0.0	0.0
7.80	0.0	0.0	0.0
8.00	0.0	0.0	0.0
8.20	0.0	0.0	0.0
8.40	0.0	0.0	0.0
8.60	0.0	0.0	0.0
8.80	0.0	0.0	0.0
9.00	0.0	0.0	0.0
9.20	0.0	0.0	0.0
9.40	0.0	0.0	0.0
9.60	0.0	0.0	0.0
9.80	0.0	0.0	0.0
10.00	0.0	0.0	0.0

Soil Density (Cachera & Neria) 20/09/11
Ejercicio 2

Sample	W ₁	W ₂	W ₃
0.00	0.0	0.0	0.0
0.20	0.0	0.0	0.0
0.40	0.0	0.0	0.0
0.60	0.0	0.0	0.0
0.80	0.0	0.0	0.0
1.00	0.0	0.0	0.0
1.20	0.0	0.0	0.0
1.40	0.0	0.0	0.0
1.60	0.0	0.0	0.0
1.80	0.0	0.0	0.0
2.00	0.0	0.0	0.0
2.20	0.0	0.0	0.0
2.40	0.0	0.0	0.0
2.60	0.0	0.0	0.0
2.80	0.0	0.0	0.0
3.00	0.0	0.0	0.0
3.20	0.0	0.0	0.0
3.40	0.0	0.0	0.0
3.60	0.0	0.0	0.0
3.80	0.0	0.0	0.0
4.00	0.0	0.0	0.0
4.20	0.0	0.0	0.0
4.40	0.0	0.0	0.0
4.60	0.0	0.0	0.0
4.80	0.0	0.0	0.0
5.00	0.0	0.0	0.0
5.20	0.0	0.0	0.0
5.40	0.0	0.0	0.0
5.60	0.0	0.0	0.0
5.80	0.0	0.0	0.0
6.00	0.0	0.0	0.0
6.20	0.0	0.0	0.0
6.40	0.0	0.0	0.0
6.60	0.0	0.0	0.0
6.80	0.0	0.0	0.0
7.00	0.0	0.0	0.0
7.20	0.0	0.0	0.0
7.40	0.0	0.0	0.0
7.60	0.0	0.0	0.0
7.80	0.0	0.0	0.0
8.00	0.0	0.0	0.0
8.20	0.0	0.0	0.0
8.40	0.0	0.0	0.0
8.60	0.0	0.0	0.0
8.80	0.0	0.0	0.0
9.00	0.0	0.0	0.0
9.20	0.0	0.0	0.0
9.40	0.0	0.0	0.0
9.60	0.0	0.0	0.0
9.80	0.0	0.0	0.0
10.00	0.0	0.0	0.0

- HyfranPlus



- HEC-RAS

