



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Evaluación mediante método Seed e Idris para determinar el potencial de licuación en suelo de cámara de bombeo – Sector 88 Chorrillos”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Civil**

**AUTORES:**

Flores Vasquez, Melanny Roos (ORCID: 0000-0002-2155-5609)

Rivera Rojas, Jose Luis (ORCID: 0000-0001-7299-0240)

**ASESORA:**

Mg. Ing. Ramos Gallegos, Susy Giovana (ORCID: 0000-0003-2450-9883)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño sísmico y estructural.

CALLAO - PERÚ

2021

## **Dedicatoria**

A nuestras familias, por todo su apoyo y cariño.

## **Agradecimiento**

A la Universidad César Vallejo y a nuestros asesores de tesis.

## Índice de contenidos

Carátula .....	I
Dedicatoria .....	II
Agradecimiento .....	III
Índice de contenidos .....	IV
Índice de tablas .....	V
Índice de gráficos y figuras.....	VI
Resumen.....	X
Abstract.....	XI
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	13
3.1 Tipo y diseño de investigación .....	13
3.2 Variables y operacionalización.....	13
3.3 Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	14
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	14
3.5 Procedimientos .....	16
3.6 Método de análisis de datos.....	16
3.7 Aspectos éticos .....	24
IV. RESULTADOS.....	26
V. DISCUSIÓN.....	34
VI. CONCLUSIONES .....	38
VII. RECOMENDACIONES.....	39
REFERENCIAS.....	40
ANEXOS .....	45

## Índice de tablas

Tabla 1: Estructuras proyectadas – reservorios. ....	19
Tabla 2: Estructuras menores cámaras de derivación. ....	20
Tabla 3: Cámaras reductoras de presión. ....	20
Tabla 4: Cámaras de válvulas. ....	21
Tabla 5: Ensayos de laboratorio para cada tipo de estructura – parte 1. ....	22
Tabla 6: Ensayos de laboratorio para cada tipo de estructura – parte 2. ....	23
Tabla 7: Relación de valores para los parámetros de resistencia. ....	27
Tabla 8: Numero de golpes corregido (N). ....	27
Tabla 9: Análisis de sales – muestra de agua. ....	30
Tabla 10: Cálculo de CSR y CRR. ....	32
Tabla 11: Matriz de consistencia. ....	47
Tabla 12: Matriz de operacionalización de variables. ....	49

## Índice de gráficos y figuras

Figura 1: Proceso de licuefacción de suelos. ....	9
Figura 2: Licuación de suelo a causa del terremoto ocurrido en Niigata en 1964. ..	9
Figura 3: Relación entre valores de esfuerzo que causan licuación.....	11
Figura 4: Ubicación del área en estudio. ....	17
Figura 5: Lámina del área en estudio elaborada a partir del plano de planimetría topográfica.....	18
Figura 6: Plano de planimetría – sector 88.....	18
Figura 7: Detalles de la estructura.....	26
Figura 8: Extracto de la Norma E.030 del RNE. ....	29
Figura 9: Rango de valores de $r_d$ para diferentes perfiles de suelo. ....	30
Figura 10: Factores de corrección $C_q$ . ....	40
Figura 11: Resistencia modificada $Q_c=CQ*q_c$ .....	45
Figura 12: Plano de planta, cortes y detalles de la cámara de derivación CD-01. ....	56
Figura 13: Plano de planta, cortes y detalles de la cámara de derivación CD-01-02-04-06-08-10-12-17-19. ....	57
Figura 14: Plano de planta, cortes y detalles de la cámara de derivación CD-05-11-18. ....	58
Figura 15: Plano de planta, cortes y detalles de la cámara de derivación CD-03-13. ....	59
Figura 16: Plano de planta, cortes y detalles de la cámara de derivación CD-07-09. ....	60
Figura 17: Plano de planta, cortes y detalles de la cámara de derivación CD-14. ....	61
Figura 18: Plano de ubicación y características hidráulicas de la cámara de derivación CD-01.....	62
Figura 19: Plano de detalles – cámara de desagüe. ....	63
Figura 20: Plano de arquitectura de Estación de Bombeo Proyectada CDP-01. ..	64
Figura 21: Plano de instalaciones sanitarias (plantas y detalles) - Estación de Bombeo Proyectada CDP-01. ....	65
Figura 22: Plano de instalaciones hidráulica (planta) - Estación de Bombeo Proyectada CDP-01. ....	66

Figura 23: Plano de estructuras y cerco perimétrico - Estación de Bombeo Proyectada CDP-01. ....	67
Figura 24: Plano de estructuras planta, sección, cortes y detalles - Estación de Bombeo Proyectada CDP-01. ....	68
Figura 25: Plano de estructuras CDP-01 losa de techo. ....	69
Figura 26: Plano de subestación eléctrica–Estación de bombeo proyectada CDP- 01. ....	70
Figura 27: Plano de sistema de comunicaciones-Estación de bombeo proyectada CDP-01.....	71
Figura 28: Instalaciones de automatización y control-Estación de bombeo proyectada CDP-01.....	72
Figura 29: Plano de estructuras cimentación-Estación de bombeo proyectada CDP- 01. ....	73
Figura 30: Plano de ubicación - Estación de bombeo proyectada CDP-01.....	74
Figura 31: Foto 01. ....	76
Figura 32: Foto 02. ....	76
Figura 33: Foto 03. ....	77
Figura 34: Foto 04. ....	77
Figura 35: Foto 05. ....	78
Figura 36: Foto 06. ....	78
Figura 37: Foto 07. ....	79
Figura 38: Foto 08. ....	79
Figura 39: Foto 9. ....	80
Figura 40: Foto 10. ....	80
Figura 41: Foto 11. ....	81
Figura 42: Foto 12. ....	81
Figura 43: Foto 13. ....	82
Figura 44: Foto 14. ....	82
Figura 45: Foto 15. ....	83
Figura 46: Foto 16. ....	83
Figura 47: Foto 17. ....	84
Figura 48: Foto 18. ....	84
Figura 49: Foto 19. ....	85

Figura 50: Foto 20.....	85
Figura 51: Foto 21.....	86
Figura 52: Foto 22.....	86
Figura 53: Foto 23.....	87
Figura 54: Foto 24.....	87
Figura 55: Foto 25.....	88
Figura 56: Foto 26.....	88
Figura 57: Foto 27.....	89
Figura 58: Foto 28.....	89
Figura 59: Foto 29.....	90
Figura 60: Foto 30.....	90
Figura 61: Foto 31.....	91
Figura 62: Foto 32.....	91
Figura 63: Foto 33.....	92
Figura 64: Foto 34.....	92
Figura 65: Foto 35.....	93
Figura 66: Foto 36.....	93
Figura 67: Foto 37.....	94
Figura 68: Foto 38.....	94
Figura 69: Foto 39.....	95
Figura 70: Foto 40.....	95
Figura 71: Foto 41.....	96
Figura 72: Foto 42.....	96
Figura 73: Foto 43.....	97
Figura 74: Foto 44.....	97
Figura 75: Foto 45.....	98
Figura 76: Foto 46.....	98
Figura 77: Foto 47.....	99
Figura 78: Foto 48.....	99
Figura 79: Foto 49.....	100
Figura 80: Foto 50.....	100
Figura 81: Foto 51.....	101
Figura 82: Foto 52.....	101

Figura 83: Foto 53.....	102
Figura 84: Foto 54.....	102
Figura 85: Análisis granulométrico - hoja 1.....	104
Figura 86: Análisis granulométrico - hoja 2.....	105
Figura 87: Prospección geoelectrica.....	106
Figura 88: Sondaje eléctrico vertical.....	107
Figura 89: Resultados del Ensayo MASW.....	109
Figura 90: Memoria de cálculo.....	111
Figura 91: Ensayo SPT.....	113
Figura 92: Ensayo de densidades máxima y mínima.....	115

## Resumen

La presente tesis titulada “Evaluación mediante método Seed e Idris para determinar el potencial de licuación en suelo de cámara de bombeo - Sector 88 Chorrillos”, tiene como finalidad evaluar el potencial de licuación describiendo las propiedades geológico-geotécnicas del suelo donde se cimentará la cámara de desagüe y determinar cómo influyen los resultados del ensayo SPT.

La importancia del tema que ha sido elegido para la presente investigación radica en que actualmente la Municipalidad de Lima ha decidido la realización del proyecto denominado: “Sectorización del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de la Parte Alta de Chorrillos – Matriz Próceres – Chorrillos”, esto con fines de elevar la calidad de vida de la población. Es así que, después de realizarse la exploración de campo en el sector 88 se encontró nivel freático cercano a la cámara de desagüe proyectada a 1.80m de profundidad en promedio. Debido a ello y al tratarse de un suelo arenoso, resulta imprescindible llevar a cabo una evaluación de potencial de licuación en el terreno en estudio con la finalidad de poder garantizar la seguridad y estabilidad de la cimentación proyectada para dicha cámara de desagüe.

Por ello la presente tesis busca determinar si existe riesgo de que se produzca licuación en dicha zona en estudio, con el fin de mitigar en lo posible el fenómeno de licuación y evitar el levantamiento y/o desplazamiento de las tuberías. En caso de determinarse tal riesgo se deberá plantear medidas de mitigación como hacer uso de un material no licuable que se comporte como una capa impermeable en el suelo que esta sobre el subsuelo que evite la disipación de la alta presión del agua en los poros del suelo.

**Palabras clave: Potencial de licuación del suelo, Método de Seed e Idriss.**

## **Abstract**

The present thesis entitled "Evaluation by Seed and Idriss method to determine the liquefaction potential in pumping chamber soil - Sector 88 Chorrillos", aims to evaluate the liquefaction potential by describing the geological-geotechnical properties of the soil where the drainage chamber will be founded and determine how the results of the standard penetration test (SPT), granulometric analysis and consistency limits influence the evaluation of the liquefaction potential.

The topic chosen for this thesis is very important because currently the Municipality of Lima has contemplated the realization of the project called: "Sectorization of the Potable Water and Sewerage System of the Upper Part of Chorrillos - Próceres Matrix - Chorrillos", this with purposes of raising the quality of life of the population. In this context, after conducting the field exploration in sector 88, a water table was found close to the drainage chamber, projected at an average depth of 1.80m. Due to this and since it is a sandy soil, it is essential to carry out an evaluation of the liquefaction potential in the land under study in order to guarantee the safety and stability of the foundations projected for said drainage chamber.

For this reason, this thesis seeks to determine if there is a risk of liquefaction occurring in said area under study, in order to mitigate the liquefaction phenomenon as much as possible and avoid lifting and / or displacement of the pipes. If such a risk is determined, mitigation measures should be considered, such as making use of a non-liquefiable material that behaves as an impermeable layer in the soil that is on the subsoil that prevents the dissipation of high water pressure in the soil pores.

**Keywords: Soil liquefaction potential, Seed and Idriss method.**

## I. INTRODUCCIÓN

Según el último censo que el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) llevó a cabo en el año 2017, el distrito limeño de Chorrillos posee una población de 314241 habitantes, teniendo una densidad demográfica de 8069,88 habitantes/km<sup>2</sup>.

De acuerdo al contexto socio-económico de la población, el distrito de Chorrillos puede dividirse en 2 zonas demográficas: un área urbana que se caracteriza por presentar viviendas que han sido construidas con albañilería y que cuentan con los servicios dignos de una ciudad del siglo XXI, y una zona periférica donde se pueden apreciar barrios con una alta demografía, pero con una construcción informal producto de la invasión de terrenos y presencia de materiales constructivos muy precarios.

El número de urbanizaciones presente en el distrito de Chorrillos es 26. Asimismo, éste posee 2 lotizaciones, 3 parcelaciones y 2 fundos. También se debe mencionar que Chorrillos posee 107 asentamientos humanos. Con ello, es posible afirmar que es uno de los distritos con mayor cantidad de asentamientos humanos, ya que en ellos se encuentra el mayor porcentaje de la población de este distrito y que, lamentablemente, lidia día a día con la pobreza.

En este contexto la Municipalidad de Chorrillos, en coordinación con la empresa Sedapal, ha contemplado la realización del proyecto denominado: “Sectorización del sistema de agua potable y alcantarillado de la Parte Alta de Chorrillos – Matriz Próceres – Chorrillos”, esto con fines de elevar la calidad de vida de la población.

Esto debido a que actualmente dicha zona del distrito de Chorrillos carece de un sistema de agua potable y alcantarillado eficiente, lo cual ha trajo como resultado un aumento de la tasa de morbilidad en los habitantes, perjudicando en gran medida su salud debido al aumento de enfermedades gastrointestinales e infecciosas. Es así que el proyecto en el cual se basa la presente será enormemente beneficioso para la población del sector 88 de Chorrillos.

En este contexto después de realizarse la exploración de campo en el sector 88 se encontró nivel freático cercano a la cámara de desagüe proyectada a 1.80m de profundidad en promedio.

Debido a ello y al tratarse de un suelo arenoso, resulta imprescindible llevar a cabo una evaluación de potencial de licuación en el terreno en estudio con la finalidad de poder garantizar la seguridad y estabilidad de la cimentación proyectada para dicha cámara de desagüe.

Por ello la presente tesis determinará si existe riesgo de que se produzca licuación en dicha zona en estudio, con el fin de mitigar en lo posible el fenómeno de licuación y evitar el levantamiento y/o desplazamiento de las tuberías.

En caso de determinarse tal riesgo se deberá plantear medidas de mitigación como hacer uso de un material no licuable que se comporte como una capa impermeable en el suelo que esta sobre el subsuelo que evite la disipación de la alta presión del agua en los poros del suelo.

Ante la problemática planteada se plantea la siguiente pregunta de carácter general: ¿De qué manera mediante el método Seed e Idriss se determinará el potencial de licuación en suelo de cámara de bombero – Sector 88 Chorrillos? Además, se plantean tres problemas específicos, el primero ¿De qué manera el Método Seed e Idriss influye en el análisis de la demanda sísmica del suelo de cámara de bombeo – Sector 88 Chorrillos? Segundo, ¿De qué manera el Método Seed e Idriss influye en el análisis de la capacidad de suelo de cámara de bombeo del Sector 88 - Chorrillos para resistir la licuación?, y por último ¿De qué manera el Método Seed e Idriss influye en el análisis del movimiento cíclico de suelo de cámara de bombeo – Sector 88 Chorrillos?

La investigación presenta una justificación tecnológica, ya que permitirá conocer mejor el Método de Seed e Idriss y su aplicación en el análisis de licuación de suelos, a fin de garantizar la estabilidad de la estructura a cimentarse. Permitirá comprobar que el suelo existente no es licuable, o de serlo, plantear los trabajos de ingeniería a realizarse para solucionar el problema de licuación. Además, presenta una justificación social, ya que será enormemente beneficioso para la población del Sector 88 de Chorrillos, puesto que forma parte del proyecto de sistema de agua potable y alcantarillado, cuya creación permitirá reducir en gran medida las altas tasas de enfermedades gastrointestinales presentes en la población debido a la carencia de un sistema de agua potable y alcantarillado eficiente. Por otra parte, se

justifica económicamente ya que permitirá evitar pérdidas económicas producto del colapso de la cámara de bombeo debido a la ocurrencia de fenómeno de licuación. Así mismo evitará gastos relacionados a la salud de la población, debido a que permitirá reducir las tasas de morbilidad.

Como hipótesis general se establece que evaluando mediante el Método Seed e Idriss el potencial de licuación del suelo se podrá garantizar la estabilidad de la cimentación de la cámara de bombeo del Sector 88 del distrito de Chorrillos-Lima. Por otra parte, la primera hipótesis específica establece que el Método Seed e Idriss influye en el análisis de la demanda sísmica del suelo de cámara de bombeo – Sector 88 Chorrillos. En la segunda hipótesis específica se señala que el Método Seed e Idriss influye en el análisis de la capacidad de suelo de cámara de bombeo del Sector 88 - Chorrillos para resistir la licuación, y en la tercera hipótesis específica se establece que el Método Seed e Idriss influye en el análisis del movimiento cíclico de suelo de cámara de bombeo – Sector 88 Chorrillos.

Por otro lado, la presente investigación tiene como objetivo general, evaluar mediante el Método Seed e Idriss el potencial de licuación en suelo de la cámara de bombeo del Sector 88 del distrito de Chorrillos-Lima, y como objetivos específicos, determinar cómo el Método Seed e Idriss influye en el análisis de la demanda sísmica del suelo de cámara de bombeo – Sector 88 Chorrillos, también determinar cómo el Método Seed e Idriss influye en el análisis de la capacidad de suelo de cámara de bombeo del Sector 88 - Chorrillos para resistir la licuación y como último objetivo específico determinar cómo el Método Seed e Idriss influye en el análisis del movimiento cíclico de suelo de cámara de bombeo – Sector 88 Chorrillos.

## II. MARCO TEÓRICO

### **Antecedentes internacionales**

Antón y Avilés (2017) señalan en la tesis titulada “Análisis de respuesta sísmica y potencial de licuefacción en la parroquia Tarqui, manta posterior al terremoto 2016”, tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Escuela Superior Politécnica del Litoral-Ecuador, posee como objetivo principal, determinar cuál es la probabilidad de licuación afín de llevar a cabo un diseño correcto para las cimentaciones. La metodología de la cual se hizo uso fue de tipo descriptiva-explicativa. Asimismo, como conclusión de esta investigación se puede mencionar que los suelos del área estudiada estuvieron conformados por arenas sueltas con presencia de limos que se determinó son licuables, por ello se espera en el futuro, que ocurran eventos de licuación.

Cubides (2017) señala en la tesis titulada “Zonificación a partir del potencial de licuación de la zona urbana del municipio de Apartadó, Antioquia”, tesis para obtener el grado de Magíster en Ingeniería Geotécnica por la Universidad Nacional de Colombia-Colombia, posee por objetivo principal, lograr elaborar una económica y eficiente metodología que contribuya a identificar los materiales que pueden sufrir eventos de licuación empleando métodos geofísicos. En esta investigación la metodología de la cual se hizo uso fue del tipo descriptiva-explicativa. Finalmente, la conclusión que se obtuvo fue que el área estudiada si presenta riesgo de licuación, logrando comprobarse, después de la exploración de campo realizada, que existen en la zona estratos sueltos de poca resistencia.

Fernández (2015) señala en la tesis titulada “Licuefacción de los suelos generada por sismos de gran magnitud. Caso de estudio Caimanera y Santiago de Cuba”, investigación realizada con la finalidad de obtener el Grado de Magíster en Geología por el Instituto Superior Minero Metalúrgico-Cuba, tiene por objetivo principal, realizar la evaluación de las características geotécnicas de los suelos existentes en el municipio de Caimanera para determinar si la zona es susceptible

a licuación. En esta tesis la metodología de la cual se hizo empleo fue de tipo explicativa. Asimismo, como conclusión de esta investigación se puede mencionar que, los suelos existentes identificados, en los que se observa la presencia de arenas arcillosas y limosas, son susceptibles al fenómeno de licuación.

Torres (2014) señala en la tesis titulada “Análisis de falla por licuefacción durante el terremoto 27F en la bahía de San Vicente”, investigación realizada con la finalidad de obtener el grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería en la Especialidad de Ingeniería Geotécnica por la Universidad de Chile – Chile, posee por objetivo principal, llevar a cabo un análisis numérico dinámico del tipo retro-análisis orientado a establecer valores de resistencia residual ( $S_u$ ) de los estratos de arenas limosas que subyacen a la Planta de Alimentos Marinos y que experimentaron el fenómeno de licuefacción durante el terremoto 27F. Es importante mencionar que la metodología que se empleó en esta investigación fue de tipo explicativa. Asimismo, la conclusión que se obtuvo en esta tesis fue que se logró realizar un modelo geotécnico razonable del subsuelo de la planta de alimentos marinos, donde se observó una falla por licuefacción.

Lindao y Polonio (2014) señala en la tesis titulada “Evaluación del potencial de licuefacción de suelos en la zona de Chipipe del Cantón Salinas”, investigación llevada a cabo para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Estatal Península de Santa Elena – Ecuador, tiene por objetivo principal poder determinar si el suelo de la zona en estudio es susceptible a licuación, empleando para ello una caracterización geotécnica. La metodología de la cual se hizo uso fue de tipo descriptiva. Resulta imprescindible mencionar que la conclusión que se obtuvo en esta tesis fue que el perfil costero que se puede apreciar en el área de Chipipe tiene una mayor probabilidad de presentar fenómenos de licuación si lo comparamos con las áreas altas que presenta el mismo sector.

## **Antecedentes nacionales**

Barrenechea y Rojas (2017) señalan en la tesis titulada “Potencial de licuefacción en el distrito de San José”, investigación llevada a cabo con la finalidad de obtener el título de Ingeniero Civil por la Universidad Señor de Sipán-Perú, posee por objetivo principal, poder definir si existe riesgo de licuación en la zona en estudio mediante el empleo del ensayo SPT y análisis granulométrico. La metodología de la cual se hizo uso fue de tipo descriptiva. Asimismo, la conclusión obtenida para esta investigación fue que los estratos de suelo costero, que se puede apreciar en la zona noroeste del distrito de San José, presenta una mayor probabilidad de sufrir licuación que las áreas altas existentes en el mismo sector.

Huidobro (2015) señala en la tesis titulada “Determinación del potencial de licuación de suelos en el casco urbano de la ciudad de Pícsi”, investigación llevada a cabo con la finalidad de obtener el título de Ingeniero Civil por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo-Perú, tiene como objetivo principal, identificar si los suelos de la zona en estudio mencionada presentan susceptibilidad a desarrollar el fenómeno de licuación mediante el empleo del método de Youd and Idriss. Asimismo, la metodología de la cual se hizo uso fue de tipo explicativa. En esta investigación, la conclusión que se obtuvo fue que la zona en estudio presenta suelos con alto potencial de licuación, destacándose que los factores de seguridad no llegan a alcanzar el valor que señala el método empleado como mínimo.

Benites y Vilchez (2017) señalan en la tesis titulada “Potencial de licuefacción en el distrito de Santa Rosa”, investigación realizada con el fin de obtener el título de Ingeniero Civil por la Universidad Señor de Sipán – Perú, posee por objetivo principal, identificar si la zona en estudio mencionada posee un riesgo de sufrir licuación de suelos, para lo cual se empleó el ensayo SPT. En esta investigación se hizo uso de la metodología explicativa. Asimismo, es imprescindible mencionar como conclusión de esta tesis que se pudo identificar cuatro zonas de las cuales tres presentan riesgo de licuación.

Adanaque (2019) señala en la tesis titulada “Evaluación del potencial de licuefacción de suelos en las zonas costeras de Lambayeque y Mórrope, provincia de Lambayeque, 2017”, tesis realizada con la finalidad de obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo – Perú, posee por objetivo principal, identificar si existe riesgo de licuación en las zonas costeras del área en estudio mencionada y recopilando información sobre este fenómeno. Es importante mencionar que en esta investigación se hizo uso de una metodología descriptiva-explicativa. Asimismo, es imprescindible señalar que gracias al empleo del método de Iwasaki y Tokimatsu el área estudiada no es licuable si consideramos un sismo de 5.5 Mw.

Puma y Rincón (2015) señala en la tesis titulada “Evaluación del potencial de licuación del material de relave en la presa zona norte en la mina Cobriza – Perú”, investigación realizada para obtener el título de Ingeniero Civil por la Universidad Ricardo Palma – Perú, tiene como objetivo principal, lograr determinar cuáles son los factores que contribuyen a la ocurrencia de falla por licuación considerando el material de relave de la zona en estudio. Asimismo, es importante mencionar que la metodología de la cual se hizo uso fue de tipo descriptiva-explicativa. Como conclusión obtenida en esta investigación se puede mencionar que el material de relave existente llegaría, indudablemente, a fallar por licuación.

## **Bases teóricas**

### **Potencial de licuación de suelos**

Para definir el potencial de licuación de suelos, Lindao y Polonio señalan que:

El potencial de licuación, también llamado licuefacción, puede ser definido como la susceptibilidad que tiene un suelo, de poder transformarse de un estado sólido inicial a un estado líquido posterior, y esto debido a la ocurrencia de un aumento de la presión de poros. (2014, p. 44).

## Dimensiones

Lindao y Polonio (2014) señalan que el estudio del potencial de licuación de suelos parte de tres dimensiones fundamentales:

### Dimensión 1: Demanda sísmica del suelo

La demanda sísmica del suelo tiene que ver con el esfuerzo cortante máximo generado por el sismo entre el esfuerzo efectivo vertical de una columna de suelo. Está expresada por la relación de esfuerzo de corte cíclico (o también conocido por sus siglas en inglés como CSR), el cual es calculado considerando parámetros como la aceleración máxima en la superficie originada por el sismo, la aceleración de la gravedad, el esfuerzo total vertical y el esfuerzo efectivo vertical.

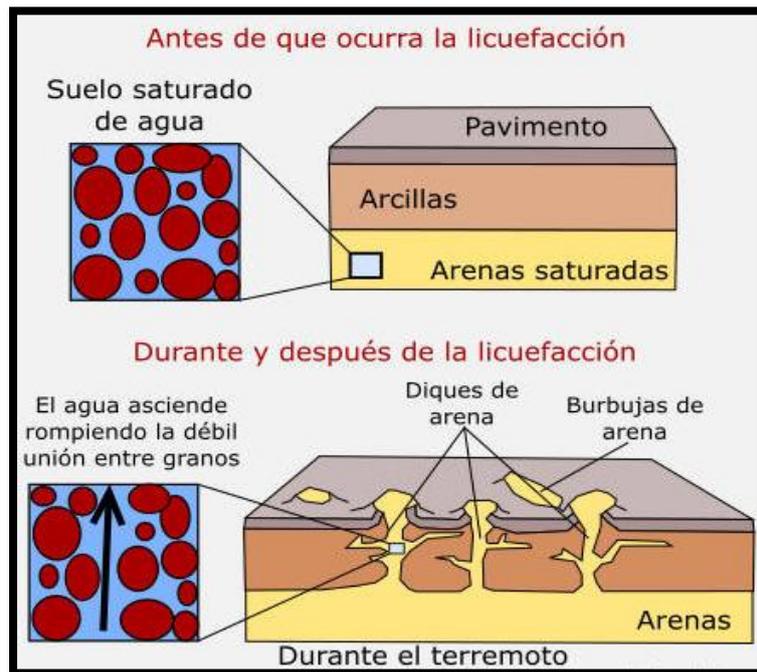
### Dimensión 2: Capacidad del suelo de resistir la licuación

Tiene que ver con la resistencia que ofrece el suelo ante el movimiento originado por el sismo, y por consiguiente evitar el fenómeno de licuación. También se le conoce como relación de resistencia cíclica (CRR por sus siglas en inglés). Para poder calcularla se ha usado el valor de N corregido del ensayo de SPT a una sobrecarga de 1 kg/cm<sup>2</sup> y 60% de eficiencia, y se emplea el porcentaje de contenido de finos del suelo en estudio.

### Dimensión 3: Movimiento cíclico

Tiene que ver con la duración de la carga cíclica producto de la acción del sismo sobre el terreno en estudio, lo cual puede conducir al fenómeno de licuación. Por ello es importante conocer los parámetros de frecuencia, amplitud y la duración del movimiento cíclico, para lo cual se pueden emplear técnicas de investigación no destructivas y no invasivas.

Figura 1: Proceso de licuefacción de suelos.



Fuente: Sencico.

Por otro lado, resulta importante señalar que el fenómeno de licuación, desarrollado ante la presencia de suelos de tipo arenoso-limoso, ha sido protagonista de grandes terremotos a nivel mundial, como el ocurrido, por ejemplo, en Niigata (Japón) en el año 1964.

Figura 2: Licuación de suelo a causa del terremoto ocurrido en Niigata en 1964.



Fuente: Barrenechea & Rojas, 2017.

## Método de Seed e Idriss

En relación al Método de Seed e Idriss, Benites y Vilchez señalan que:

Luego de haber estudiado la manera de comportarse de los suelos de tipo arenoso saturado, en varios terremotos ocurridos en diversos lugares del globo terráqueo, el investigador Seed acompañado de otros colegas, logró obtener una valiosa correlación los parámetros geotécnicos existentes en un suelo y la resistencia de éste hacia la licuación, para lo cual se empleó el número de golpes obtenido en el ensayo SPT. (2017, p. 61).

Asimismo, Benites y Vilchez también señalan que:

Luego de numerosos estudios, Seed e Idriss lograron proponer un sencillo método para poder calcular el esfuerzo de corte cíclico, y esto en función a la propagación vertical de ondas sísmicas de corte si tenemos en cuenta a una columna de terreno con altura  $z$  que en dirección horizontal se mueve de manera rígida. (2017, p. 63)

Es así que el esfuerzo de corte máximo (denotado por  $\tau_{max}$ ) si consideramos una profundidad  $z$ , puede ser calculado gracias a la siguiente expresión:

$$\tau_{max} = \frac{a_{max}}{g} \cdot \gamma \cdot z$$

Donde:

$a_{max}$  = Aceleración máxima en superficie

$g$  = gravedad

$\gamma$  = Peso seco del terreno

Tomando en cuenta que el terreno realmente puede llegar a deformarse, entonces es posible afirmar que el esfuerzo cortante es menor que lo considerado en la

hipótesis de cuerpo rígido, por ello es imprescindible y necesario la introducción del llamado coeficiente reducción (rd).

Así tenemos:

$$\frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = CSR = 0.65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} rd$$

Donde:

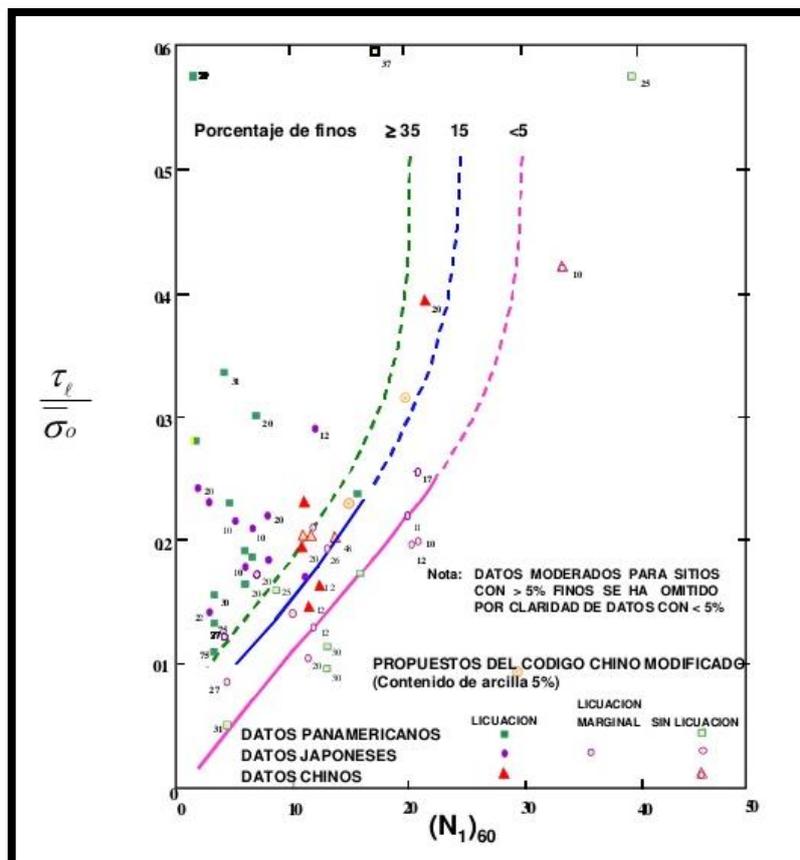
$\sigma'_{vo}$  = presión vertical efectiva

$\sigma_{vo}$  = presión vertical total

$\tau_{av}$  = valor de esfuerzo de corte medio

Se puede mencionar que el método Seed & Idriss es el más empleado debido a que para emplearlo solo se necesita conocer algunos parámetros como densidad relativa, número de golpes del SPT, granulometría, etc.

Figura 3: Relación entre valores de esfuerzo que causan licuación.



Fuente: Benites y Vilchez, 2017.

## Dimensiones

Benites y Vilchez (2017) señalan que el estudio del método de Seed e Idriss parte de tres dimensiones fundamentales:

### Dimensión 1: Propagación vertical de ondas sísmicas

Las ondas sísmicas se caracterizan por ser un tipo de ondas elásticas fuertes cuya propagación genera perturbaciones temporales debido al movimiento de las placas tectónicas. Gracias a ensayos no destructivos como los sondajes eléctricos verticales o el ensayo MASW se puede simular y analizar este fenómeno.

### Dimensión 2: Parámetros geotécnicos

Son aquellos parámetros que permiten caracterizar el suelo y describir sus propiedades. Destaca por su importancia la granulometría, que está relacionada con el tamaño de las partículas de la muestra de suelo de la zona en estudio y que permiten clasificar dicho suelo. Asimismo, el número de golpes en la prueba de campo del Ensayo de Penetración Estándar (SPT) es un parámetro importante, puesto que interviene en el cálculo de la relación de resistencia cíclica (CRR) que es considerado en el Método de Seed e Idriss para evaluar la licuación. La densidad relativa por su parte es otro parámetro geotécnico de vital importancia puesto que permite identificar el grado de compacidad de un suelo, lo cual influye en el desarrollo del fenómeno de licuación y, por lo tanto, es estudiada en el Método de Seed e Idriss.

### Dimensión 3: Columna del terreno

Tiene que ver con la profundidad de análisis para el cual se va realizar el análisis de licuación de suelos. Seed e Idriss señalan que para evaluar la probabilidad de que un suelo licue se evalúa la propagación vertical de ondas sísmicas de corte si tenemos en cuenta a una columna de terreno con altura  $z$  que en dirección horizontal se mueve de manera rígida.

## III. METODOLOGÍA

### 3.1 Tipo y diseño de investigación

- Enfoque

Cuantitativo, puesto que lleva a cabo una recolección de datos afín de probar la hipótesis con base a un análisis estadístico y numérico. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

- Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada, puesto que está dirigida a la solución de problemas prácticos y específicos en un área determinada, aplicando conocimientos existentes, y no creando nuevos conocimientos. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

- Diseño de investigación

La presente investigación presenta un diseño no experimental, puesto que se realiza sin la manipulación deliberada de variables y sólo se observa el fenómeno en su estado natural para después analizarlo. Y de corte transeccional o transversal porque recolecta datos en un solo momento, en un tiempo único, con la finalidad de describir la incidencia de las variables. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

- Nivel de investigación

Descriptiva, ya que tiene por finalidad especificar las propiedades, las de personas, grupos, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

### 3.2 Variables y operacionalización

- Variable independiente: Método Seed e Idriss.

- Variable dependiente: Potencial de Licuación.

La matriz de operacionalización se adjunta en el anexo 03.

### **3.3 Población, muestra, muestreo, unidad de análisis**

#### **Población**

Arias (2012) definió a la población como: “La población es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio” (p. 81). En este sentido la presente investigación toma como población a los suelos existentes en el distrito de Chorrillos-Lima.

#### **Muestra**

Arias (2012) definió a la muestra como: “La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible”. (p. 83). En este sentido la presente investigación toma como muestra el suelo existente en el sector 88 del distrito de Chorrillos-Lima, siendo el muestreo realizado con un criterio no probabilístico y de tipo intencional. Arias (2012) señala que: “El muestreo no probabilístico de tipo intencional es aquel en el que los elementos son escogidos con base en criterios o juicios preestablecidos por el investigador” (p. 85). Para el muestreo se suelos se han realizado exploraciones de campo en el Sector 88 del distrito de Chorrillos-Lima, a través de la realización de calicatas.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.4.1 Técnicas**

Según Arias (2012) sustenta que: “Las técnicas son aquellas que componen el conjunto de recursos o mecanismos orientados a recabar, preservar y transferir información de los fenómenos sobre los cuales se está investigando” (p. 67).

Las técnicas que se emplearon en la presente investigación fueron: la observación directa llevando a cabo visitas a las zonas de estudio, la experimentación con la aplicación de ensayos para lograr la determinación de las características del suelo en la zona de estudio, el análisis e interpretación de la Normativa Vigente y fuentes

bibliográficas consultadas, y la evaluación de los datos obtenidos en los diferentes ensayos aplicados en la zona estudiada.

#### 3.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Arias (2012) señala que: “Los instrumentos son cualquier medio o formato ya sea digital o en papel, utilizado para registrar o acopiar información y posteriormente poder procesarla, analizarla e interpretarla” (p. 16). Por lo tanto, para la presente investigación se utilizarán los siguientes instrumentos:

- Ensayo de Penetración Estándar (SPT), cuyo valor de N (número de golpes) corregido se empleó para calcular el valor de resistencia cíclica (CRR).
- Estudio de Prospección Geoeléctrica mediante el empleo del Equipo de Sondajes Eléctricos Verticales (SEV's) que permitió estudiar la propagación vertical de ondas sísmicas en la zona en estudio, determinando la tensión total y la tensión efectiva.
- Ensayo MASW (Análisis Multicanal de Ondas Superficiales) aplicado en la zona en estudio que contribuyó al estudio del fenómeno de la licuación y la determinación de la altura de la columna de terreno que se mueve rígidamente en dirección horizontal.
- Ensayos de laboratorio de mecánica de suelos que permitieron caracterizar el suelo como el análisis granulométrico por tamizado. También podemos mencionar el ensayo de densidad máxima y mínima.
- Memoria de cálculo, que permitió calcular los valores de los parámetros CSR y CRR según la metodología y las fórmulas empíricas propuestas por Seed e Idriss.

#### 3.4.3 Validez y confiabilidad

La validez hace referencia al grado en que un instrumento mide realmente la variable que pretende medir (Hernández, 2014).

Se utilizó el criterio de juicio de expertos, donde se sometió el instrumento a la valoración por quienes juzgaron la capacidad de éste para evaluar todas las variables que deseamos medir.

La confiabilidad de un instrumento de medición hace referencia al grado en que su aplicación repetida al mismo individuo u objeto brinda los mismos resultados (Hernández, 2014).

Las mediciones de los datos serán exactas ya que el laboratorio de mecánica de suelos cumple con todos los estándares de calidad para la evaluación de las muestras.

### **3.5 Procedimientos**

- Se realizó una visita a la zona del proyecto y recopiló información acerca de la ocurrencia o no de licuación de suelos en casos de sismos anteriores.
- Desarrollo de los Sondajes Eléctricos Verticales (SEV's).
- Análisis, procesamiento e interpretación de los datos obtenidos de los Sondajes Eléctricos Verticales (SEV's).
- Desarrollo del ensayo MASW.
- Análisis, procesamiento e interpretación de los datos obtenidos del ensayo MASW.
- Desarrollo de los Ensayo de Penetración Estándar (SPT).
- Análisis e interpretación de los datos obtenidos del ensayo SPT.
- Recolección de información bibliográfica sobre el fenómeno de licuación y antecedentes de la investigación.
- Revisión de la normativa nacional vigente.
- Muestreo de suelos.
- Análisis granulométrico de suelos.
- Ensayo de densidad máxima y mínima.
- Aplicación del Método Seed e Idriss para el cálculo de evaluación del potencial de licuación.

### **3.6 Método de análisis de datos**

Para el manejo de análisis de datos se ha realizado un registro de excavaciones, anotándose las características más importantes del suelo a evaluarse, tales como:

humedad, consistencia, plasticidad, tamaño de las partículas, clasificación, presencia del nivel freático, etc.

Análisis de la zona en estudio.

Ubicación del área en estudio.

La presente tesis se centrará en el Sector 88 del distrito de Chorrillos, provincia y departamento de Lima.

Figura 4: Ubicación del área en estudio.



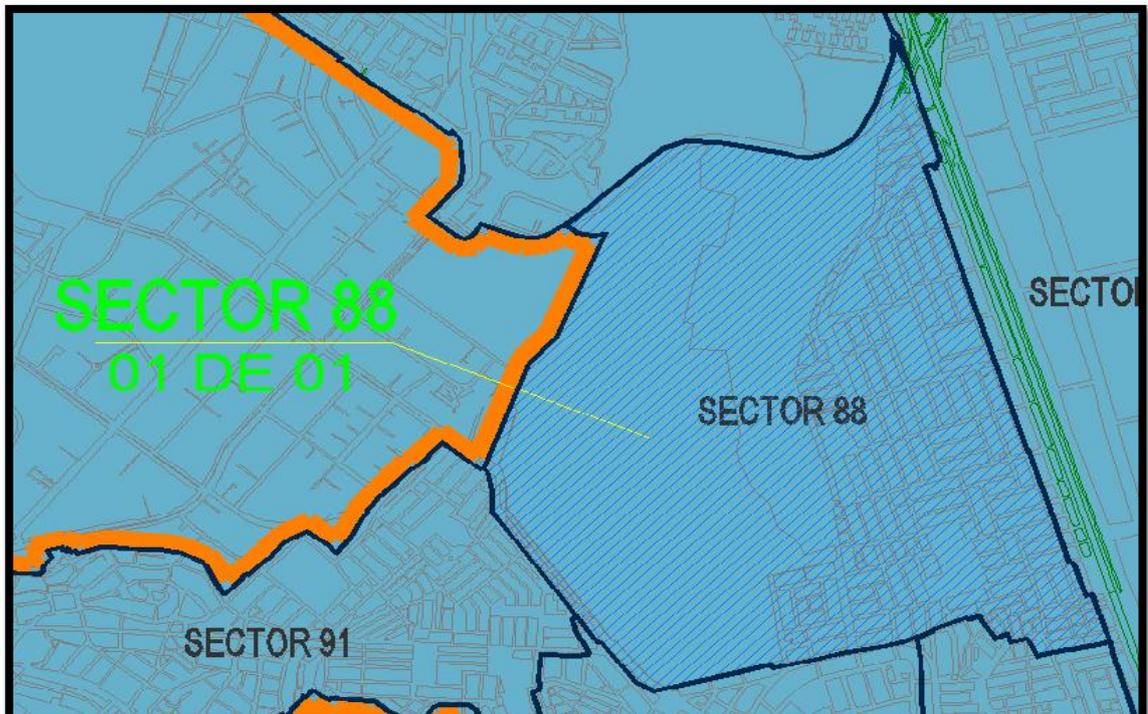
Fuente: Google Earth.

Figura 5: Lámina del área en estudio elaborada a partir del plano de planimetría topográfica.



Fuente: Municipalidad de Chorrillos.

Figura 6: Plano de planimetría – sector 88.



Fuente: Municipalidad de Chorrillos.

## Acceso a la zona de estudio

Los principales accesos y los de mayor tránsito son las Avenidas como la Panamericana Sur, Precursores, Alipio Ponce, Guardia Civil, Caminos del Inca y otros.

Características del proyecto en el que se basa la presente tesis:

Ante la creciente demanda de consumo de agua potable y el decaimiento actual del servicio se está considerando como alternativa la instalación de una línea matriz de conducción de material hierro dúctil HDK9 recubierta con manga de polietileno desde la derivación Quechuas y que conduzca el agua a todos los sectores del área de estudio.

Tabla 1: Estructuras proyectadas – reservorios.

REP-01	VOL.= 1200M3	CALICATA
REP-02	VOL.=150M3	CALICATA
REP-03	VOL.= 2400M3	CALICATA / SPT
REP-04	VOL.= 300M3	CALICATA
REP-05	VOL.= 250M3	CALICATA
REP-06	VOL.= 1500M3	CALICATA
REP-07	VOL.= 300M3	CALICATA
RAP-01	VOL.= 7000M3	CALICATA
REP-364	VOL.= 1200M3	CALICATA / SPT
RE-364/A	VOL.= 1.8500M3	CALICATA
RA-91C/1	VOL.= 300M3	CALICATA
RA-91C/2	VOL.= 500M3	CALICATA
CP-01	VOL.= 600M3	CALICATA
CP-02	VOL.= 50M3	CALICATA
CBD	VOL.=50M3	CALICATA / SPT

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 2: Estructuras menores cámaras de derivación.

<b>CAMARAS DE DERIVACION</b>	
CD-01	CD-11
CD-02	CD-12
CD-03	CD-13
CD-04	CD-14
CD-05	CD-15
CD-06	CD-16
CD-07	CD-17
CD-08	CD-18
CD-09	CD-19
CD-10	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3: Cámaras reductoras de presión.

<b>CAMARAS ROMPRE PRESION</b>	
CRP-1 DEL REP 01	CRP-01 DEL REP-05
CRP-2 DEL REP 01	CRP-01 DEL RA 97C
CRP-1 DEL RE 635	CRP-02 DEL RA-97C
CRP-2 DEL RE 635	CRP-01 DEL RA-97B
CRP-1 DEL RAP 01	CRP-02 DEL RA-97B
CRP-2 DEL RAP 01	CRP-01 DEL RA-97A
CRP-1 DEL RP 87A	CRP-01 DEL REP-06
CRP-1 DEL REP 03	CRP-02 DEL REP-06
CRP-1 DEL RP 89A	CRP-03 DEL REP-06
CRP-01 DEL RA-91C	CRP-04 DEL REP-06
CRP-02 DEL RA-91C	CRP-05 DEL REP-06
CRP-01 DEL RA-91B	CRP-01 DEL REP-07
CRP-01 DEL RA 89A	CRP-02 DEL REP-07
CRP-01 DEL RA-91A	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4: Cámaras de válvulas.

<b>CAMARAS DE VALVULAS</b>	
CV-01 DEL REP-01	CV-02 DEL RP-89A
CV-01 DEL REE-364	CV-01 DEL REP-04
CV-01 DEL RE-635	CV-01 DEL RA-91B
CV-01 DEL RA-123A	CV-01 DEL RA-91A
CV-01 DEL RAP-01	CV-01 DEL RA-91C
CV-01 DEL R-88A	CV-01 DEL REP-05
CV-01 DEL REP-02	CV-01 DEL REP-06
CV-01 DEL RP-87A	CV-01 DEL RA-97A
CV-01 DEL REP-03	CV-02 DEL RA-97A
CV-01 DEL RP-89A	CV-01 DEL REP-07

Fuente: Elaboración Propia.

#### Investigaciones realizadas

Las investigaciones realizadas comprenden la recolección en campo de diversos datos de información de tipo geomorfológica, áreas con peligro de deslizamiento, datos topográficos, etc.

#### Ensayos de laboratorio

Es importante mencionar que se llevaron a cabo ensayos de laboratorio, los cuales se muestran a continuación:

Tabla 5: Ensayos de laboratorio para cada tipo de estructura – parte 1.

TIPO DE ESTRUCTURA	CALICATA	PROFUNDIDAD (m)	ENSAYOS	SPT
<i>Reservorio Elevado Proyectado REP-01</i>	REP-01 A	1,50	COMPRESION UNIAXIAL, CARGA PUNTUAL, SALES	
	REP-01 B	1,00		
	REP-01 C	1,40		
	REP-01	1,00		
<i>Reservorio Elevado Proyectado REP-02</i>	REP-02 A	0,80	COMPRESION UNIAXIAL, CARGA PUNTUAL, SALES	
	REP-02 B	1,00		
	REP-02 C	0,90		
	REP-02	1,00		
<i>Reservorio Elevado Proyectado REP-03</i>	REP-03 1	6,00	CORTE DIRECTO, SUCS y SALES	Prof. =8,50m
	REP-03 2	4,50		
	REP-03 3	4,00		
	REP-03	1,50		
<i>Reservorio Elevado Proyectado REP-04</i>	REP-04 A	0,60	COMPRESION UNIAXIAL, CARGA PUNTUAL, SALES	
	REP-04 B	1,00		
	REP-04 C	0,80		
	REP-04	1,00		
<i>Reservorio Elevado Proyectado REP-05</i>	REP-05 A	1,50	COMPRESION UNIAXIAL, CARGA PUNTUAL, SALES	
	REP-05 B	1,00		
	REP-05 C	0,80		
	REP-05	1,00		
<i>Reservorio Elevado Proyectado REP-06</i>	REP-06 A	1,10	COMPRESION UNIAXIAL, CARGA PUNTUAL, SALES	
	REP-06 B	1,00		
	REP-06 C	1,00		
	REP-06	1,00		
<i>Reservorio Elevado Proyectado REP-07</i>	REP-07 A	1,40	COMPRESION UNIAXIAL, CARGA PUNTUAL, SALES	
	REP-07 B	1,00		
	REP-07 C	1,00		
	REP-07	1,00		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 6: Ensayos de laboratorio para cada tipo de estructura – parte 2.

TIPO DE ESTRUCTURA	CALICATA	PROFUNDIDAD (m)	ENSAYOS	SPT
<i>Reservorio Apoyado Proyectado RaP-01</i>	RAP-01A	1.80	COMPRESION SIMPLE, PLT, SALES	
	RAP-01B	1.00		
	RAP-01C	1.60		
	RAP-01	1.00		
<i>Reservorio Elevado Proyectado REP-364</i>	REP-364	6.00	CORTE DIRECTO, SALES, SUCS	Prof. =8,45m
<i>Reservorio Elevado Proyectado RE-364/1</i>	RE-364/1	2.00	CORTE DIRECTO, SALES, SUCS	
	RE-364/1-A	7.00		
	RE-364/1-B	6.00		
	RE-364/1-C	6.00		
<i>Reservorio Proyectado RA 91C/1</i>	RA 91C/1	0.00	COMPRESION SIMPLE, PLT, SALES	
	RA 91C/1-A	0.50		
	RA 91C/1-B	0.00		
	RA 91C/1-C	0.50		
<i>Reservorio Proyectado RA 91C/2</i>	RA 91C/2 A	6.00	CORTE DIRECTO, SALES, SUCS	
	RA 91C/2 B	5.00		
	RA 91C/2 C	5.00		
<i>Cisterna Proyectada CP-01</i>	CP-01	2.50	CORTE DIRECTO, SALES, SUCS	
	CP-01-A	6.00		
	CP-01-B	5.00		
	CP-01-C	5.00		
<i>Cisterna Proyectada CP-02</i>	CP-02	0.50	COMPRESION SIMPLE, PLT, SALES	
	CP-02 -A	0.50		
	CP-02 -B	0.50		
	CP-02 -C	0.50		
<i>Camara Desague Proyectado</i>	CDP-01	N.A.F.= -2.0	SALES, SUCS	Prof. =8,30m
<i>Camara Bombeo Desague</i>	CBD-61	N.A.F.= -1.80	SALES, SUCS	Prof. =8,00m

Fuente: Elaboración Propia.

## Características del suelo

Como se ha explicado anteriormente, la presente tesis se centra en la cimentación de la cámara de desagüe del sector 88. Para el área donde estará ubicada esta cámara de desagüe se tienen los siguientes resultados del estudio de suelos:

### Calicata CBD-61

De 0.0- 0.80m: Capa superficial de relleno suelo arenoso con restos orgánicos de color marrón.

De 0.80- 1.80m: Arena de grano medio a fino limoso medianamente densa, húmedo de color marrón oscuro, presencia de nivel freático N.F.=-1.80m.

### Calicata CDP-01

Superficialmente y hasta la profundidad de 0.40m presenta relleno de arena limosa con restos orgánicos, continuando hasta la profundidad de 2.0m presenta suelo limo arcillosos muy húmeda de plasticidad media de consistencia media. Presencia de nivel freático, N.A.F.= -2.0m.

## **3.7 Aspectos éticos**

El tema de evaluación de potencial de licuación mediante la utilización del método de Seed e Idriss para cimentación de la cámara de desagüe del sector 88 del distrito de Chorrillos-Lima, ha cumplido con toda la normatividad exigida por el Reglamento Nacional de Edificaciones.

Asimismo, para la elaboración de la presente tesis se ha respetado y cumplido con todas las normas de citación de acuerdo al estilo ISO 690. Los datos expuestos y los resultados obtenidos poseen veracidad y se ha respetado los derechos de propiedad intelectual, las convicciones morales, políticas y religiosas. Asimismo, la presente tesis resalta el respeto por el medio ambiente y la responsabilidad jurídica, social, política y ética.

## Valores éticos

Entre los valores éticos utilizados en la elaboración de la presente investigación destacan los siguientes:

### Honestidad

Hirsch (2019) señala que la honestidad: “Implica llevar a cabo la investigación y comunicar los resultados y sus posibles aplicaciones de manera completa y sin llevar a cabo decepciones, con respecto a otros y a uno mismo” (p. 53).

### Objetividad

Hirsch (2019) señala sobre la objetividad: “Es otro valor científico y ético que sobresale en la investigación. Este valor implica que los investigadores ven más allá de sus propias preconcepciones y desviaciones con respecto a la evidencia empírica que justifica sus conclusiones” (p. 53).

### Respeto

Hirsch (2019) señala sobre el respeto: “Es un valor ético fundamental e imprescindible en toda investigación. Se refieren al respeto a los colegas, a la propiedad intelectual, a la ley y a los sujetos de investigación” (p. 54).

### Imparcialidad

Hirsch (2019) señala que la imparcialidad: “Significa tratar a otros con respeto y consideración, tanto en citar las ideas de los colegas en un artículo como en la asesoría de un estudiante con respecto a la apropiada conducta de investigación” (p. 56).

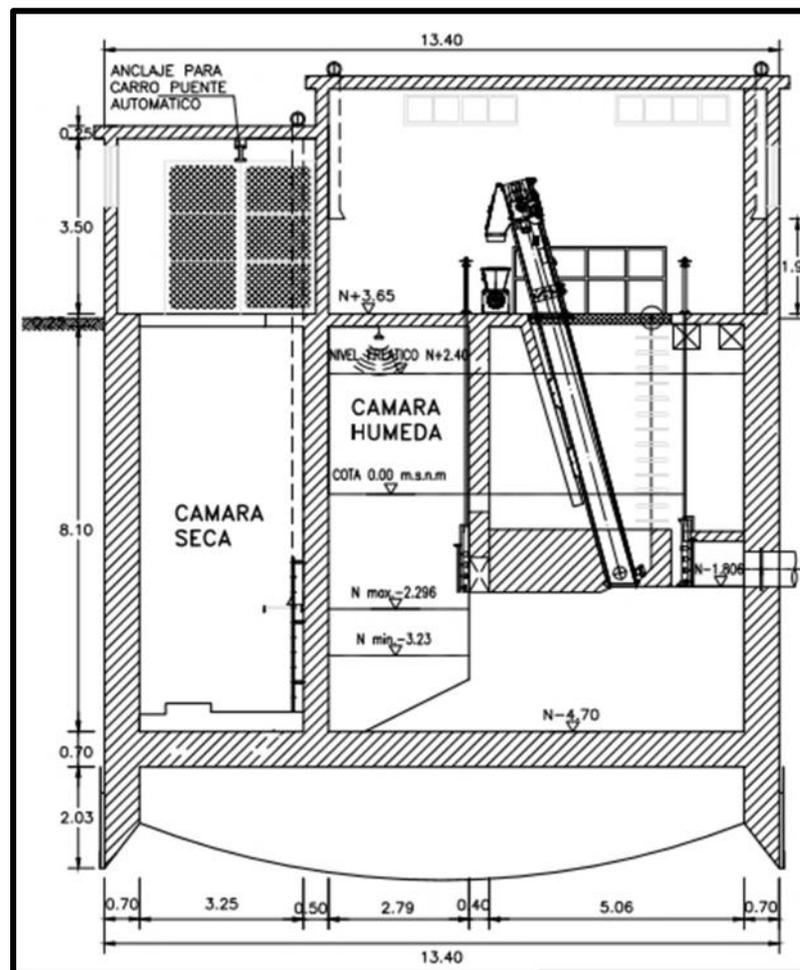
## IV. RESULTADOS

### Cálculo de la capacidad portante

La cámara de desagüe proyectada tipo Caisson, se cimentará en estrato resistente tal como se da en nuestro caso.

Por la forma de construcción de estos tipos de estructuras en todo momento se mantendrá la estabilidad de las paredes al profundizar las excavaciones.

Figura 7: Detalles de la estructura.



Fuente: Municipalidad de Chorrillos.

La estructura tiene una losa armada de 300 Tn, aproximadamente más el peso del fuste. Más equipamiento más la carga de sismo con un peso total de 1300Tn.

Tabla 7: Relación de valores para los parámetros de resistencia.

COMPACIDAD (Suelo Granular)	Grado de Compacidad	N (S.P.T.)	Resistencia a la Penetración Estática	$\phi$
Muy suelta	< 0,2	< 4	< 20	< 30
Suelta	0,2 - 0,4	4 - 10	20 - 40	30 - 35
Compacta	0,4 - 0,6	10 - 30	40 - 120	35 - 40
Densa	0,6 - 0,8	30 - 50	120 - 200	40 - 45
Muy Densa	> 0,8	> 50	> 200	> 45

Fuente: ASTM International.

Realizamos la corrección del número de golpes N, debido a la presencia de nivel freático utilizando la relación de Terzaghi-Peck.

$$N = 15 + 0.5 (N' - 15)$$

Donde N, es el número de golpes corregido.

A continuación, se muestra los resultados del ensayo SPT.

Tabla 8: Numero de golpes corregido (N).

Z (m)	N NUMERO DE GOLPES (SPT)			N (S.P.T)	N PROMEDIO ESTRATO	GRADO DE COMPACIDAD	Rp (kg/cm <sup>2</sup> )	PRESIÓN ADMISIBLE (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE SUELO
	15 cm	30 cm	45 cm						
2.0	7	3	4	7	7	Mayor a 0.8	28	0.7	SP
4.0	18	35	57	92	89	Mayor a 0.8	368	9.2	SP
6.0	18	28	58	86		Mayor a 0.8	344	8.6	SP
8.0	54	63	R	R	R	Mayor a 0.8			SP Con grava

Fuente: Elaboración Propia.

También se analizó utilizando la fórmula de Meyerhof (para losas). Con el valor de N corregido calculamos según la siguiente relación:

Qadm: Tensión admisible (kg/cm<sup>2</sup>)

N: Número de golpes en el ensayo SPT.

S: Asiento admisible (2.5 cm para losa).

$$Q_{ad} = \frac{N * S}{18.62}$$

$$Q_{adm} = 52 * 2.5 / 18.62 = 6.98 \text{ kg/cm}^2$$

Además, se analizó utilizando la fórmula de Bowles (Para B > 1.20m)

Qadm: Tensión admisible (kPa)

N: Número de golpes en el ensayo de SPT.

Fd: 1+0.33 (Df/B).

B: Ancho de la cimentación (m).

Df: Empotramiento de la cimentación (m).

Se: Asiento tolerable en mm (25 mm).

$$Q_{ad} = 11.98 * N * \left( \frac{3.28 * B + 1}{3.28 * B} \right)^2 * F_d * \left( \frac{S_e}{25.4} \right)$$

$$Q_{adm} = 849.27 \text{ Kpa} = 8.66 \text{ kg/cm}^2.$$

Asimismo, se puede emplear una correlación referente a la determinación de cargas admisibles en arenas, la cual fue brindada por Meyerhof:

$$P_{v,ad} = 4 * N * \left( 1 + \frac{D}{3B} \right) * \left( \frac{B + 0.3}{B} \right)^2 \text{ e } \frac{k}{m^2} \text{ p } \quad B > 1.2 \text{ m.}$$

Donde D, es la profundidad del plano de cimentación y B es el ancho equivalente del cimiento en metros.  $D=13.4\text{m}$  y  $B=11\text{m}$

$$Pv.adm = 2.8\text{kg/cm}^2.$$

De los casos analizados consideramos el valor más conservador  $Qadm=2.8\text{kg/cm}^2$ .

Inicialmente se calcula la carga de la losa de 300Tn. aproximadamente, a esto se le adiciona la carga del fuste más el equipamiento más la carga por sismo llegando a una carga total de 1300tn.

Figura 8: Extracto de la Norma E.030 del RNE.

**4.3 Estimación del Peso ( $P$ )**

El peso ( $P$ ), se calculará adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determinará de la siguiente manera:

- a. En edificaciones de las categorías A y B, se tomará el 50 % de la carga viva.
- b. En edificaciones de la categoría C, se tomará el 25 % de la carga viva.
- c. En depósitos, el 80 % del peso total que es posible almacenar.
- d. En azoteas y techos en general se tomará el 25 % de la carga viva.
- e. En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considerará el 100 % de la carga que puede contener.

**4.4 Procedimientos de Análisis Sísmico**

Deberá utilizarse uno de los procedimientos siguientes:

- Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes (numeral 4.5).
- Análisis dinámico modal espectral (numeral 4.6).

El análisis se hará considerando un modelo de comportamiento lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas.

El procedimiento de análisis dinámico tiempo - historia, descrito en el numeral 4.7, podrá usarse con fines de verificación, pero en ningún caso será exigido como sustituto de los procedimientos indicados en los numerales 4.5 y 4.6.

Fuente: Sencico.

La presión de trabajo, para diámetro=13.4m, Y carga de 1300 Tn, se tiene Q=0.92kg/cm<sup>2</sup>, siendo mucho menor a la carga admisible.

Se analizó muestra de agua para los análisis de sales.

Tabla 9: Análisis de sales – muestra de agua.

Cloruros mg/lt	ppm	748.63
pH	ppm	7.42
Sulfatos solubles mg/lt	ppm	773.64

Fuente: Elaboración Propia.

Según los resultados de sales no será necesario el uso de aditivos ni protección a la estructura.

#### **Falla por asentamiento.**

Se quiere limitar el asentamiento de la cimentación a 2.54 cm, utilizando la ecuación planteada por Terzaghi y Peck:

$$S_e = \frac{B * q_0}{E_s} * (1 - u_s^2) * \alpha$$

Dónde:

Ancho de cimiento      B= 11.00 m

Presión Admisible      q<sub>0</sub>=2.8kg/cm<sup>2</sup>

Relación de Poisson      μ<sub>s</sub>= 0.30

Módulo de Elasticidad      E<sub>s</sub>= 8000kg/cm<sup>2</sup>

Factor de forma, coeficiente Adimensional =88 cm/m

Se = 0.3 cm

El asentamiento será de 0.30cm, siendo menor al asentamiento permitido de 2.54cm.

### **Evaluación del potencial de licuación por el Método de Seed e Idriss**

Considerando un sismo de magnitud de sismo de grado de 7.5 y una aceleración máxima superficial ( $a_{máx}$ ) de 0.27g (siendo g: aceleración de la gravedad).

El factor de seguridad de licuación (FL) está dado por la siguiente expresión:

$$F = \frac{C}{C}$$

Siendo:

CRR: Relación de resistencia cíclica.

CSR: Relación de esfuerzo cortante cíclico.

Si:  $FL > 1$  entonces no se producirá licuación.

Si:  $FL < 1$  entonces se producirá licuación.

A continuación, se muestra el cálculo para la determinación de los parámetros de CSR y CRR.

Tabla 10: Cálculo de CSR y CRR.

DETERMINACIÓN DEL CSR				DETERMINACIÓN DEL CRR									
$\frac{\tau_d}{\bar{\sigma}_0} = CSR = 0.65 * \frac{a_{m\acute{a}x}}{g} * \frac{\sigma_0}{\bar{\sigma}_0} * r_d$ <p>Siendo:</p> $\tau_d = \text{esfuerzo cortante promedio inducido.}$ $a_{m\acute{a}x} = \text{aceleración máxima en superficie.}$ $g = \text{aceleración de la gravedad.}$ $\sigma_0 = \text{esfuerzo total vertical}$ $\bar{\sigma}_0 = \text{esfuerzo efectivo vertical}$ $r_d = \text{factor de reducción}$ $r_d = 1 - 0.015z \text{ (siendo } z \text{ la profundidad)}$				$\frac{\tau_l}{\bar{\sigma}_0} = CRR \rightarrow \text{Se calcula del gráfico para } M_s = 7.5 \text{ y distinto contenido de finos}$			$(N_1)_{60} = \text{Valor de N corregido a una sobrecarga de } 1 \text{ kg/cm}^2 \text{ y } 60\% \text{ de eficiencia.}$ $(N_1)_{60} = C_N * N_{60}$ $C_N = \text{Factor de corrección.}$ $C_N = \sqrt{\frac{1}{\bar{\sigma}_0}} < 2, \bar{\sigma}_0 \text{ en kg/cm}^2$						
Profundidad (m)	$\sigma_0$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\bar{\sigma}_0$ (kg/cm <sup>2</sup> )	rd	% finos	$N_{60}$	$C_N$	$(N_1)_{60}$	CSR	CRR	FL = CRR/CSR			
2	0.32	0.34	0.97	1	16	1.7	27	0.02	0.08	4			
4	0.44	0.64	0.94	1	14	1.25	18	0.02	0.11	5.5			
6	0.56	0.96	0.91	1	10	1	10	0.03	0.20	6.7			

Fuente: Propia.

Entonces, como en las tres profundidades analizadas (2, 4 y 6 metros) el Factor de Seguridad de Licuación (FL) es mayor a 1 en los tres casos, entonces se concluye que a la profundidad analizada no hay riesgo de que ocurra el fenómeno de licuación.

### Contrastación de la hipótesis

#### Hipótesis general

HG: Evaluando mediante el Método Seed e Idriss el potencial de licuación del suelo se podrá garantizar la estabilidad de la cimentación de la cámara de bombeo del Sector 88 del distrito de Chorrillos-Lima.

A la luz de los resultados expuestos se demostró que el suelo en estudio no presenta riesgo de desarrollar el fenómeno de licuación para la profundidad estudiada (6m) con lo cual se garantiza la estabilidad de la cimentación de la cámara de bombeo del Sector 88 de Chorrillos.

### **Hipótesis específica 1**

HE1: El Método Seed e Idriss influye en el análisis de la demanda sísmica del suelo de cámara de bombeo – Sector 88 Chorrillos.

Con los resultados obtenidos se demostró que el Método Seed e Idriss influye en el análisis de la demanda sísmica del suelo debido a que emplea el parámetro de relación de tensiones cíclicas (CSR) e incluso propone una fórmula empírica para calcularlo, ya que en este valor de CSR se encuentra expresada la demanda sísmica del suelo.

### **Hipótesis específica 2**

HE2: El Método Seed e Idriss influye en el análisis de la capacidad de suelo de cámara de bombeo del Sector 88 - Chorrillos para resistir la licuación.

Con los resultados obtenidos se demostró que el Método Seed e Idriss influye en el análisis de la capacidad de suelo para resistir licuación gracias a su capacidad para determinar la relación de resistencia cíclica (CRR), ya que en este valor se encuentra expresada la capacidad del suelo para resistir la licuación.

### **Hipótesis específica 3**

HE3: El Método Seed e Idriss influye en el análisis del movimiento cíclico de suelo de cámara de bombeo – Sector 88 Chorrillos.

A la luz de los resultados expuestos se demostró que mediante el estudio del CSR el Método Seed e Idriss analiza el movimiento cíclico ya que este parámetro evalúa el proceso de contracción del suelo y el aumento de presiones de poro debido a procesos de carga cíclicos (producto de la ocurrencia de sismos).

## V. DISCUSIÓN

**Hipótesis general: Evaluando mediante el Método Seed e Idriss el potencial de licuación del suelo se podrá garantizar la estabilidad de la cimentación de la cámara de bombeo del Sector 88 del distrito de Chorrillos-Lima.**

A partir de los resultados obtenidos, los cuales son: la probabilidad de que ocurra el fenómeno de licuación en la zona en estudio mediante el Método de Seed e Idriss, gracias a la obtención de los parámetros de análisis del fenómeno de licuación, la relación de resistencia cíclica y la relación de esfuerzo cortante cíclico, así como el respectivo factor de seguridad de licuación, podemos apreciar que en la zona en estudio, Sector 88 del distrito de Chorrillos-Lima, donde va estar cimentada la cámara de bombeo, no presenta riesgo de desarrollarse el fenómeno de licuación, puesto que se obtuvo un valor de factor de seguridad de licuación (FL) mayor a 1, lo cual, según el Método de Seed e Idriss, no implicaría un riesgo de que pueda ocurrir licuación de suelos.

Estos resultados obtenidos se contrastan con los que sostienen Lindao y Polonio (2014) en su tesis de título “Evaluación del potencial de licuefacción de suelos en la zona de Chipipe del Cantón Salinas”, quienes obtuvieron luego de realizar la evaluación mediante el Método de Seed e Idriss, que el suelo de la zona de Chichipe si presentó riesgos de generarse el fenómeno de licuación, puesto que el factor de seguridad de licuación (FL) obtenido fue menor a 1.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis general que establece que *Evaluando mediante el Método Seed e Idriss el potencial de licuación del suelo se podrá garantizar la estabilidad de la cimentación de la cámara de bombeo del Sector 88 del distrito de Chorrillos-Lima*, puesto que el método de Seed e Idriss ha demostrado ser eficiente para evaluar la probabilidad de que ocurra el fenómeno de licuación. Además, que tiene coherencia con el objetivo general de *evaluar mediante el Método Seed e Idriss el potencial de licuación en suelo de la cámara de bombeo del Sector 88 del distrito de Chorrillos-Lima*, puesto que se logró cumplir con el objetivo establecido.

### **Hipótesis específica 1: El Método Seed e Idriss influye en el análisis de la demanda sísmica del suelo de cámara de bombeo – Sector 88 Chorrillos.**

A partir de los resultados expuestos, de la obtención del parámetro de evaluación CSR en el suelo de la cámara de bombeo del Sector 88 del distrito de Chorrillos-Lima, se aprecia la influencia del Método Seed e Idriss en la demanda sísmica del suelo, puesto que esta metodología, y los parámetros y criterios que ésta conlleva, poseen capacidad para determinar el valor de la relación de tensiones cíclicas (CSR), y es justamente en este valor en el cual se expresa la demanda sísmica del suelo, destacándose que en la presente tesis se obtuvo valores de CSR de: 0.02, 0.02 y 0.03 (para 2, 4 y 6 m de profundidad respectivamente).

Estos resultados obtenidos se contrastan con los que sostienen Barrenechea y Rojas (2017) en su tesis titulada “Potencial de licuefacción en el distrito de San José”, quienes obtuvieron resultados similares al apreciar que el Método de Seed e Idriss influye en el análisis de demanda sísmica del suelo mediante el parámetro de relación de tensiones cíclicas (CSR), resaltando que este depende del esfuerzo cortante inducido y la aceleración máxima en la superficie.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis específica 1 que establece que *El Método Seed e Idriss influye en el análisis de la demanda sísmica del suelo de cámara de bombeo – Sector 88 Chorrillos*, además que tiene coherencia con el objetivo específico 1 de *determinar cómo el Método Seed e Idriss influye en el análisis de la demanda sísmica del suelo de cámara de bombeo – Sector 88 Chorrillos*, puesto que se logró cumplir con el objetivo establecido.

### **Hipótesis específica 2: El Método Seed e Idriss influye en el análisis de la capacidad de suelo de cámara de bombeo del Sector 88 - Chorrillos para resistir la licuación.**

A partir de los resultados expuestos, de la obtención del parámetro de evaluación CRR en el suelo de la cámara de bombeo del Sector 88 del distrito de Chorrillos-Lima, se aprecia que el Método de Seed e Idriss influye en el análisis de la capacidad del suelo de resistir la licuación mediante el parámetro de CRR que este método emplea, el cual expresa la relación de resistencia cíclica, que es la

resistencia que ofrece un suelo ante la licuación generada por la acción de un sismo.

Estos resultados obtenidos se contrastan con los que sostiene Fernández (2015) en su tesis titulada “Licuefacción de los suelos generada por sismos de gran magnitud, caso de estudio Caimanera y Santiago de Cuba”, quien obtuvo resultados similares al apreciar que el Método de Seed e Idriss influye en el análisis de la capacidad de suelo de resistir la licuación mediante el parámetro de relación de resistencia cíclica (CRR), indicando que este parámetro depende del porcentaje de contenido de finos y la magnitud del sismo.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis específica 2 que establece que *el Método Seed e Idriss influye en el análisis de la capacidad de suelo de cámara de bombeo del Sector 88 - Chorrillos para resistir la licuación*, además que tiene coherencia con el objetivo específico 2 de *determinar cómo el Método Seed e Idriss influye en el análisis de la capacidad de suelo de cámara de bombeo del Sector 88 - Chorrillos para resistir la licuación*, puesto que se logró cumplir con el objetivo establecido.

### **Hipótesis específica 3: El Método Seed e Idriss influye en el análisis del movimiento cíclico de suelo de cámara de bombeo – Sector 88 Chorrillos.**

A partir de los resultados obtenidos, los cuales son los valores de los parámetros de CSR, CRR y el factor de seguridad de licuación (FL), se aprecia que el Método de Seed e Idriss influye en el análisis del movimiento cíclico del suelo puesto que evalúa el proceso de contracción del suelo y el aumento de presiones de poro debido a procesos de carga cíclicos (producto de la ocurrencia de sismos).

Estos resultados obtenidos se contrastan con los que sostienen Benites y Vilchez (2017) en su tesis titulada “Potencial de licuefacción en el distrito de Santa Rosa”, quienes obtuvieron resultados similares al apreciar que el método de Seed e Idriss influye en el análisis de movimiento cíclico sobretodo porque considera en su metodología el parámetro de CSR, evaluando el proceso de contracción del suelo y el incremento de presión de poros, así como las tensiones cíclicas que se originan en el suelo producto de las ondas sísmicas.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis específica 3 que establece que *el Método Seed e Idriss influye en el análisis del movimiento cíclico de suelo de cámara de bombeo – Sector 88 Chorrillos*, además que tiene coherencia con el objetivo específico 3 de *determinar cómo el Método Seed e Idriss influye en el análisis del movimiento cíclico de suelo de cámara de bombeo – Sector 88 Chorrillos*, puesto que se logró cumplir con el resultado establecido.

## VI. CONCLUSIONES

**Primera:** Al respecto del objetivo planteado de evaluar mediante el Método Seed e Idriss el potencial de licuación en suelo de la cámara de bombeo del Sector 88 del distrito de Chorrillos-Lima, se concluye que según la evaluación realizada no hay riesgo de que ocurra el fenómeno de licuación en la profundidad analizada (6m) para el suelo en estudio.

**Segunda:** Al respecto del objetivo planteado de determinar cómo el Método Seed e Idriss influye en el análisis de la demanda sísmica del suelo de cámara de bombeo – Sector 88 Chorrillos, se concluye que esta influencia del Método Seed e Idriss radica en su capacidad para determinar el valor de la relación de tensiones cíclicas (CSR), ya que en este valor se encuentra expresada la demanda sísmica del suelo, destacándose que en la presente tesis se obtuvo valores de CSR de: 0.02, 0.02 y 0.03 (para 2, 4 y 6 m de profundidad respectivamente).

**Tercera:** Al respecto del objetivo de determinar cómo el Método Seed e Idriss influye en el análisis de la capacidad de suelo de cámara de bombeo del Sector 88 - Chorrillos para resistir la licuación, se concluye que esta influencia del Método Seed e Idriss radica en su capacidad para poder determinar la relación de resistencia cíclica (CRR), ya que en este valor se encuentra expresada la capacidad del suelo para resistir la licuación, destacándose que en la presente tesis se obtuvo valores de CRR de: 0.08, 0.11 y 0.20 (para 2, 4 y 6 m de profundidad respectivamente).

**Cuarta:** Al respecto del objetivo planteado de determinar cómo el Método Seed e Idriss influye en el análisis del movimiento cíclico de suelo de cámara de bombeo – Sector 88 Chorrillos, se concluye que mediante el estudio del CSR el Método Seed e Idriss analiza el movimiento cíclico ya que este parámetro evalúa el proceso de contracción del suelo y el aumento de presiones de poro debido a procesos de carga cíclicos (producto de la ocurrencia de sismos).

## VII. RECOMENDACIONES

**Primera:** Al respecto del objetivo planteado de evaluar mediante el Método Seed e Idriss el potencial de licuación en suelo de la cámara de bombeo del Sector 88 del distrito de Chorrillos-Lima, se recomienda para futuras investigaciones similares hacer uso del Método Seed e Idriss puesto que ha demostrado ser eficiente para determinar si un suelo es susceptible o no al fenómeno de licuación.

**Segunda:** Al respecto del objetivo planteado de determinar cómo el Método Seed e Idriss influye en el análisis de la demanda sísmica del suelo de cámara de bombeo – Sector 88 Chorrillos, se recomienda que el parámetro empleado para este análisis (CSR) sea estudiado también por el Método Youd e Idriss (2001) afín de comparar resultados. Este método utiliza la misma fórmula del Método Seed e Idriss para hallar el valor de CSR, pero empleando un factor de reducción  $rd = 1,0 - 0,00765z$  para  $z \leq 9,15$  m y  $rd = 1,174 - 0,00765z$  para  $z > 9,15$  m, siendo  $z$  la profundidad de estudio.

**Tercera:** Al respecto del objetivo de determinar cómo el Método Seed e Idriss influye en el análisis de la capacidad de suelo de cámara de bombeo del Sector 88 - Chorrillos para resistir la licuación, se recomienda que el parámetro empleado para este análisis (CRR) sea estudiado y calculado también por métodos semi-empíricos como el Método de Lunne et al. (1997), y el Método de Juang et al. (2003), con fines de comparar estos resultados con los obtenidos por el Método Seed e Idriss.

**Cuarta:** Al respecto del objetivo planteado de determinar cómo el Método Seed e Idriss influye en el análisis del movimiento cíclico de suelo de cámara de bombeo – Sector 88 Chorrillos, se recomienda ampliar este análisis de movimiento cíclico con la realización de ensayos triaxiales cíclicos, y llevados a cabo en condiciones de esfuerzos isotrópicos.

## REFERENCIAS

- Adanaque, J. (2019). *Evaluación del potencial de licuefacción de suelos en las zonas costeras de Lambayeque y Mórrope, provincia de Lambayeque, 2017* (Tesis de Pregrado), Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú.
- Antón, R. & Avilés, A. (2017). *Análisis de respuesta sísmica y potencial de licuefacción en la parroquia Tarqui, manta posterior al terremoto 2016* (Tesis de Pregrado), Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación*. Caracas, Venezuela: Episteme – Sexta Edición.
- Bao, X.; Jin, Z.; Cui, H.; Chen, X. & Xie, X. (2019). Soil liquefaction mitigation in geotechnical engineering: An overview of recently developed methods. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 120, 273-291.
- Barrenechea, B. & Rojas, T. (2017). *Potencial de licuefacción en el distrito de San José* (Tesis de Pregrado), Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú.
- Benites, L. & Vilchez, J. (2017). *Potencial de licuefacción en el distrito de Santa Rosa* (Tesis de Pregrado), Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú.
- Boulanger, R. & Idriss, I. (2015). Magnitude scaling factors in liquefaction triggering procedures. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 79, 296-303.
- Bwambale, B. & Andrus, R. (2019). *State of the art in the assessment of aging effects on soil liquefaction*. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 125, 1-13.
- Campos, D., Ramos, A. y Prada, L. (2017). Evaluación probabilística de licuación en arenas de la ciudad de Piura en Perú. *Obras y Proyectos*, 22, 61-74.
- Cetin, K.; Seed, R.; Kayen, R.; Moss, R.; Bilge, H.; Ilgac, M. & Chowdhury, K. (2018). Dataset on SPT-Based Seismic Soil Liquefaction. *Journal Data in Brief*, 20, 544-548.

- Cetin, K.; Seed, R.; Kayen, R.; Moss, R.; Bilge, H.; Ilgac, M. & Chowdhury, K. (2018). Examination of differences between three SPT-based seismic soil liquefaction triggering relationships. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 113, 75-86.
- Chang, W. (2016). Evaluation of Liquefaction Resistance for Gravelly Sands Using Gravel Content–Corrected Shear-Wave Velocity. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 142 (5).
- Chen, Q.; Wang, C. & Juan, C. (2016). Probabilistic and spatial assessment of liquefaction-induced settlements through multiscale random field model. *Engineering Geology*, 211, 135-149.
- Cubides, A. (2017). *Zonificación a partir del potencial de licuación de la zona urbana del municipio de Apartadó, Antioquia* (Tesis de Posgrado), Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- De la Maza, G., Williams, N., Sáez, E., Rollins, K. y Ledezma, C. (2015). Lateral spreading inducido por licuación en Lo Rojas, Coronel, estudio de terreno y modelo numérico. *Obras y Proyectos*, 17, 106-115.
- ElGhoraiby, M., Park, H. & Manzari, M. (2020). Stress-strain behavior and liquefaction strength characteristics of Ottawa F65 sand. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 138, 1-28.
- Evans, T. & Zhang, L. (2019). A numerical study of particle friction and initial state effects on the liquefaction of granular assemblies. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 126, 1-13.
- Fernández, L. (2015). *Licuefacción de los suelos generada por sismos de gran magnitud. Caso de estudio Caimanera y Santiago de Cuba* (Tesis de Posgrado), Instituto Superior Minero Metalúrgico, Moa, Cuba.
- Fernández, L., Bandera, I., Guardado, R. y Oliva, R. (2017). Susceptibilidad a la licuefacción de los suelos en la ciudad de Caimanera, Guantánamo. *Minería y Geología*, 33 (1), 26-43.

- Fernández, L., Guardado, R., Herrera, I., Oliva, R. y Díaz, P. (2016). Escenarios susceptibles a la licuefacción inducida por sismos de gran magnitud en Santiago de Cuba. *Minería y Geología*, 32 (2), 53-69.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: Editorial McGraw-Hill – Quinta edición
- Hirsch, A. (2019). Valores de la ética de la investigación en opinión de académicos de posgrado de la Universidad Nacional Autónoma de México. *Revista de la educación superior*, 48 (192), 49-66.
- Hu, J. & Liu, H. (2018). Identification of ground motion intensity measure and its application for predicting soil liquefaction potential based on the Bayesian network method. *Engineering Geology*, 248.
- Huidobro, L. (2015). *Determinación del potencial de licuación de suelos en el casco urbano de la ciudad de Pícsi* (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.
- Kuo, Y.; Chong, K.; Tseng, Y.; Hsu, C. & Lin, C. (2020). Assessment on liquefaction potential of seabed soil in Chang-Bin Offshore wind farm considering parametric uncertainty of standard penetration tests. *Engineering Geology*, 267, 1-9.
- Lindao, J. & Polonio, L. (2014). *Evaluación del potencial de licuefacción de suelos en la zona de Chipipe del Cantón Salinas* (Tesis de Pregrado), Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad, Ecuador.
- Lu, C.; Chu, M.; Ge, L. & Peng, K. (2020). Estimation of settlement after soil liquefaction for structures built on shallow foundations. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 129, 1-9.
- Luque, R. & Bray, J. (2020). Dynamic soil-structure interaction analyses of two important structures affected by liquefaction during the Canterbury earthquake sequence. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 133, 1-15.

- Osman, U. (2020). Soil liquefaction analysis based on soil and earthquake parameters. *Journal of Applied Geophysics*, 176, 1-15.
- Pastor, J., Tomás, R., Cano, M. y Riquelme, A. (2018). Estudio comparativo del potencial de licuación de suelos usando las normas españolas y el Eurocódigo. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 70 (3), 761-778.
- Puma, M. & Rincón, P. (2015). *Evaluación del potencial de licuación del material de relave en la presa zona norte en la mina Cobriza – Perú* (Tesis de Pregrado), Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.
- Rui, S., Guo, Z., Si, T. & Li, Y. (2020). Effect of particle shape on the liquefaction resistance of calcareous sands. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 137, 1-16.
- Saez, E & Ledezma, C. (2015). Liquefaction mitigation using secant piles wall under a large water tank. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 79, 415-428.
- Sandiani, M. & Tanzadeh, J. (2020). Laboratory assessing of the liquefaction potential and strength properties of Sand soil treated with mixture of nanoclay and glass fiber under dynamic and static loading. *Journal o Materials Research and Technology*, 9 (6), 12661-12684.
- Torres, A. (2014). *Análisis de falla por licuefacción durante el terremoto 27F en la bahía de San Vicente* (Tesis Posgrado), Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.
- Van Ballegooy, S., Wentz, F. & Boulanger, R. (2015). Evaluation of CPT-based Liquefaction Procedures at Regional Scale. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 79, 315-334.
- Verdugo, R. & González, J. (2015). Liquefaction-induced ground damages during the 2010 Chile earthquake. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 79, 280-295.

- Wang, Y. & Wang, Y. (2017). Liquefaction characteristics of gravelly soil under cyclic loading with constant strain amplitude by experimental and numerical investigations. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 92, 388-396.
- Wotherspoon, L., Orense, R., Green, R., Bradley, B., Cox, B. & Wood, C. (2015). Assessment of liquefaction evaluation procedures and severity index frameworks at Christchurch strong motion stations. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 79, 335-346.
- Ye, B., Ni, X., Huang, Y. & Zhang, F. (2018). Unified modeling of soil behaviors before/after flow liquefaction. *Computers and Geotechnics*, 102, 125-135.
- Zhou, Y.; Xia, P.; Ling, D.; Chen, Y. (2020). Liquefaction case studies of gravelly soils during the 2008 Wenchuan earthquake. *Engineering Geology*, 274, 1-20.

## **ANEXOS**

**Anexo 1 - Matriz de consistencia.**

Tabla 11: Matriz de consistencia.

TÍTULO: Evaluación mediante método Seed e Idriss para determinar el potencial de licuación en suelo de cámara de bombeo – Sector 88 Chorrillos.

AUTORES: Bach. Flores Vásquez, Melanny - Bach. Rivera Rojas, José Luis.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	METODOLOGÍA	
GENERAL	GENERAL	GENERAL					
¿De qué manera mediante el método Seed e Idriss se determinará el potencial de licuación en suelo de cámara de bombeo – Sector 88 Chorrillos?	Evaluar mediante el Método Seed e Idriss el potencial de licuación en suelo de la cámara de bombeo del Sector 88 del distrito de Chorrillos-Lima.	Evalutando mediante el Método Seed e Idriss el potencial de licuación del suelo se podrá garantizar la estabilidad de la cimentación de la cámara de bombeo del Sector 88 del distrito de Chorrillos-Lima.	VARIABLE INDEPENDIENTE Método Seed e Idriss	Propogación vertical de ondas sísmicas.	Aceleración de la gravedad. Tensión total. Tensión efectiva.	Enfoque: Cuantitativo.  Diseño de Investigación: No experimental.  Tipo de Investigación:  Aplicada.	
<b>ESPECÍFICOS</b>	<b>ESPECÍFICOS</b>	<b>ESPECÍFICOS</b>		Parámetros geotécnicos.	Granulometría. Número de golpes en la prueba de campo del Ensayo de Penetración Estándar (SPT). Densidad relativa.		
<b>PE1:</b> ¿De qué manera el Método Seed e Idriss influye en el análisis de la demanda sísmica del suelo de cámara de bombeo – Sector 88 Chorrillos?	<b>OE1:</b> Determinar cómo el Método Seed e Idriss influye en el análisis de la demanda sísmica del suelo de cámara de bombeo – Sector 88 Chorrillos.	<b>HE1:</b> El Método Seed e Idriss influye en el análisis de la demanda sísmica del suelo de cámara de bombeo – Sector 88 Chorrillos.			Columna de terreno.		Altura de la columna de terreno que se mueve rígidamente en dirección horizontal.
<b>PE2:</b> ¿De qué manera el Método Seed e Idriss influye en el análisis de la capacidad de suelo de cámara de bombeo del Sector 88 - Chorrillos para resistir la licuación?	<b>OE2:</b> Determinar cómo el Método Seed e Idriss influye en el análisis de la capacidad de suelo de cámara de bombeo del Sector 88 - Chorrillos para resistir la licuación.	<b>HE2:</b> El Método Seed e Idriss influye en el análisis de la capacidad de suelo de cámara de bombeo del Sector 88 - Chorrillos para resistir la licuación.			Demanda sísmica del suelo.		Esfuerzo de corte cíclico (CSR).
<b>PE3:</b> ¿De qué manera el Método Seed e Idriss influye en el análisis del movimiento cíclico de suelo de cámara de bombeo – Sector 88 Chorrillos?	<b>OE3:</b> Determinar cómo el Método Seed e Idriss influye en el análisis del movimiento cíclico de suelo de cámara de bombeo – Sector 88 Chorrillos.	<b>HE3:</b> El Método Seed e Idriss influye en el análisis del movimiento cíclico de suelo de cámara de bombeo – Sector 88 Chorrillos.	VARIABLE DEPENDIENTE Potencial de licuación.	Capacidad del suelo para resistir licuación.	Relación de resistencia cíclica (CRR).		
				Movimiento cíclico.	Amplitud. Frecuencia. Duración.		

Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo 2 - Matriz de operacionalización de variables.**

Tabla 12: Matriz de operacionalización de variables.

Título: Evaluación mediante método Seed e Idris para determinar el potencial de licuación en suelo de cámara de bombeo – Sector 88 Chorrillos.

Autores: Bach. Flores Vásquez, Melanny – Bach. Rivera Rojas, José Luis.

VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE Método Seed e Idriss.	Método que se basa en la hipótesis de una propagación vertical de ondas sísmicas de corte, una columna de terreno con altura z se mueve rígidamente en dirección horizontal. (Benites & Vilchez, 2017).	Método que permite calcular el potencial de licuación considerando la aceleración del suelo producto de acción de ondas sísmicas de corte y los parámetros geotécnicos del suelo en estudio. Se desarrollan ensayos de campo y laboratorio para calcular el valor de sus indicadores, como son la aceleración del suelo, las características y propiedades geotécnicas del suelo.	Propagación vertical de ondas sísmicas.	Aceleración de la gravedad.	Sondajes eléctricos verticales.	ORDINAL
				Tensión total.	Sondajes eléctricos verticales.	ORDINAL
				Tensión efectiva.	Sondajes eléctricos verticales.	ORDINAL
			Parámetros geotécnicos.	Granulometría.	Ensayo de análisis granulométrico.	ORDINAL
				Número de golpes en la prueba de campo del Ensayo de Penetración Estándar (SPT).	Ensayo de Penetración Estándar (SPT).	ORDINAL
				Densidad relativa.	Ensayo de densidad máxima y mínima.	ORDINAL
Columna de terreno.	Altura de la columna de terreno que se mueve rígidamente en dirección horizontal.	Ensayo MASW	ORDINAL			
DEPENDIENTE Potencial de licuación.	Es la susceptibilidad de transformación de un material en estado sólido a su estado líquido, como consecuencia del incremento de presión de poros. (Lindao & Polonio, 2014).	Es la susceptibilidad del suelo de pasar de estado sólido a líquido debido al incremento de presión de poros. La licuación depende de la demanda sísmica del suelo, la capacidad del suelo para resistir la licuación y el movimiento cíclico producido por acción del sismo. Se realizan memorias de cálculo y sondajes eléctricos verticales.	Demanda sísmica del suelo.	Esfuerzo de corte cíclico (CSR).	Memoria de cálculo.	ORDINAL
			Capacidad de suelo para resistir la licuación.	Relación de resistencia cíclica (CRR).	Memoria de cálculo.	ORDINAL
			Movimiento cíclico.	Amplitud.	Sondajes eléctricos verticales.	ORDINAL
				Frecuencia.	Sondajes eléctricos verticales.	ORDINAL
				Duración.	Sondajes eléctricos verticales.	ORDINAL

Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo 3 - Validación por juicio de expertos.**

### FICHA DE VALIDACIÓN

**TÍTULO:** Evaluación mediante método Seed e Idris para determinar el potencial de licuación en suelo de cámara de bombeo – Sector 88 Chorrillos  
**AUTORES:** Melanny Flores Vasquez  
 Jose Rivera Rojas

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	Según Oseda (2012, p. 177) no da la siguiente tabla						
				Validez Nula (0.53 a menos)	Validez Baja (0.54 a 0.59)	Válida (0.60 a 0.65)	Muy válida (0.66 a 0.71)	Excelente Validez (0.72 a 0.99)	Validez Perfecta (1.0)	
				Ingeniero 1		Ingeniero 2		Ingeniero 3		
Método Seed e Idriss.	Propagación vertical de ondas sísmicas	- Aceleración de la gravedad - Tensión total - Tensión efectiva	Sondajes eléctricos verticales	0.85		0.86		0.66		
	Parámetros geotécnicos	Granulometría	Ensayo de análisis granulométrico	0.75		0.74		0.68		
		Número de golpes en la prueba de campo	Densidad relativa	Ensayo de Penetración Estándar (SPT)	0.85		0.80		0.70	
				Ensayo de laboratorio de densidad máxima	0.84		0.78		0.80	
				Ensayo de laboratorio de densidad mínima	0.92		0.80		0.85	
		Determinación in situ de la densidad de suelo.	0.84		0.85		0.90			
		Columna de terreno	Altura de la columna de terreno que se mueve rigidamente en dirección horizontal.	Ficha de observación	0.85		0.78		0.91	
Potencial de licuación.	Demanda sísmica del suelo.	Esfuerzo de corte cíclico (CSR)	Memoria de cálculo	0.83		0.84		0.95		
	Capacidad de suelo para resistir la licuación	Relación de resistencia cíclica (CRR)		0.75		0.85		0.90		
	Movimiento cíclico	- Amplitud - Frecuencia - Duración	Sondajes eléctricos verticales	0.75		0.85		0.67		
				8.23		8.15		8.02		
				0.82		0.82		0.80		
				TOTAL				0.81		

Yany Celyo Alvarez  
 Ing. CIVIL  
 CIP N° 14332  
 Ingeniero 1

Ingeniero 2

MARCO ANTONIO  
 SÁNCHEZ QUINTANA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. QIP N° 137210  
 Ingeniero 3

**VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS**

**I. DATOS GENERALES:**

**TITULO:** Evaluación mediante método Seed e Idris para determinar el potencial de licuación en suelo de cámara de bombeo – Sector 88 Chorrillos

**EXPERTO:** YENY CUYO ALVAREZ

**TESISTAS:** Melanny Flores Vasquez  
Jose Rivera Rojas

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN (Calificación cuantitativa):**

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS CUALITATIVOS	Deficiente	Regular	Bueno	Muy Bueno	Excelente
		(01-10)	(10-13)	(14-16)	(17-18)	(19-20)
		01	02	03	04	05
1	CLARIDAD			16		
2	OBJETIVIDAD				18	
3	ACTUALIDAD				18	
4	ORGANIZACIÓN			16		
5	SUFICIENCIA				17	
6	INTENCIONALIDAD				17	
7	CONSISTENCIA			15		
8	COHERENCIA				17	
9	METODOLÓGICA			16		
10	PERTINENCIA			16		
<b>SUB TOTAL</b>				79	87	
<b>TOTAL</b>				16.6		

VALORACIÓN CUANTITATIVA: 16.6  
 VALORACIÓN CUALITATIVA: Aceptable  
 VALORACIÓN DE APLICABILIDAD: Aplicable

LEYENDA	
01-12	Improcedente
13-15	Aceptable con recomendaciones
16-20	Aceptable

**Lugar y fecha:** Lima, 18 de Enero del 2021

  
 Yeny Cuyo Alvarez  
 Ing. CIVIL  
 CPN 14034  
 Ingeniero 1

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES:

TÍTULO: Evaluación mediante método Seed e Idris para determinar el potencial de licuación en suelo de cámara de bombeo – Sector 88 Chorrillos

EXPERTO: RICARDO PALMA VARGAS

TESISTAS: Melanny Flores Vasquez  
Jose Rivera Rojas

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN (Calificación cuantitativa):

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS CUALITATIVOS	Deficiente	Regular	Bueno	Muy Bueno	Excelente
		(01-10)	(10-13)	(14-16)	(17-18)	(19-20)
		01	02	03	04	05
1	CLARIDAD				17	
2	OBJETIVIDAD				17	
3	ACTUALIDAD			16		
4	ORGANIZACIÓN				17	
5	SUFICIENCIA			15		
6	INTENCIONALIDAD			15		
7	CONSISTENCIA				17	
8	COHERENCIA				17	
9	METODOLÓGICA			16		
10	PERTINENCIA			15		
SUB TOTAL				77	85	
TOTAL				16.20		

VALORACIÓN CUANTITATIVA: 16.20

VALORACIÓN CUALITATIVA: ACEPTABLE

VALORACIÓN DE APLICABILIDAD: APLICABLE

Lugar y fecha: Lima; 07 de Enero del 2021

LEYENDA	
01-12	Improcedente
13-15	Aceptable con recomendaciones
16-20	Aceptable

  
 Ingeniero 2

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES:

TITULO: Evaluación mediante método Seed e Idris para determinar el potencial de licuación en suelo de cámara de bombeo – Sector 88 Chorrillos

EXPERTO: MARCO ANTONIO SÁNCHEZ QUINTANA

TESISTAS: Melanny Flores Vasquez

Jose Rivera Rojas

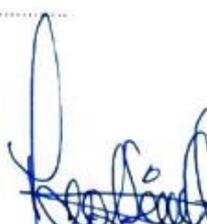
II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN (Calificación cuantitativa):

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS CUALITATIVOS	Deficiente	Regular	Bueno	Muy Bueno	Excelente
		(01-10)	(10-13)	(14-16)	(17-18)	(19-20)
		01	02	03	04	05
1	CLARIDAD			15		
2	OBJETIVIDAD			16		
3	ACTUALIDAD			16		
4	ORGANIZACIÓN				17	
5	SUFICIENCIA				17	
6	INTENCIONALIDAD			16		
7	CONSISTENCIA			16		
8	COHERENCIA			16		
9	METODOLÓGICA				17	
10	PERTINENCIA			16		
<b>SUB TOTAL</b>				111	51	
<b>TOTAL</b>				16,2		

VALORACIÓN CUANTITATIVA: 16,2  
 VALORACIÓN CUALITATIVA: ACEPTABLE  
 VALORACIÓN DE APLICABILIDAD: APLICABLE

LEYENDA	
01-12	Improcedente
13-15	Aceptable con recomendaciones
16-20	Aceptable

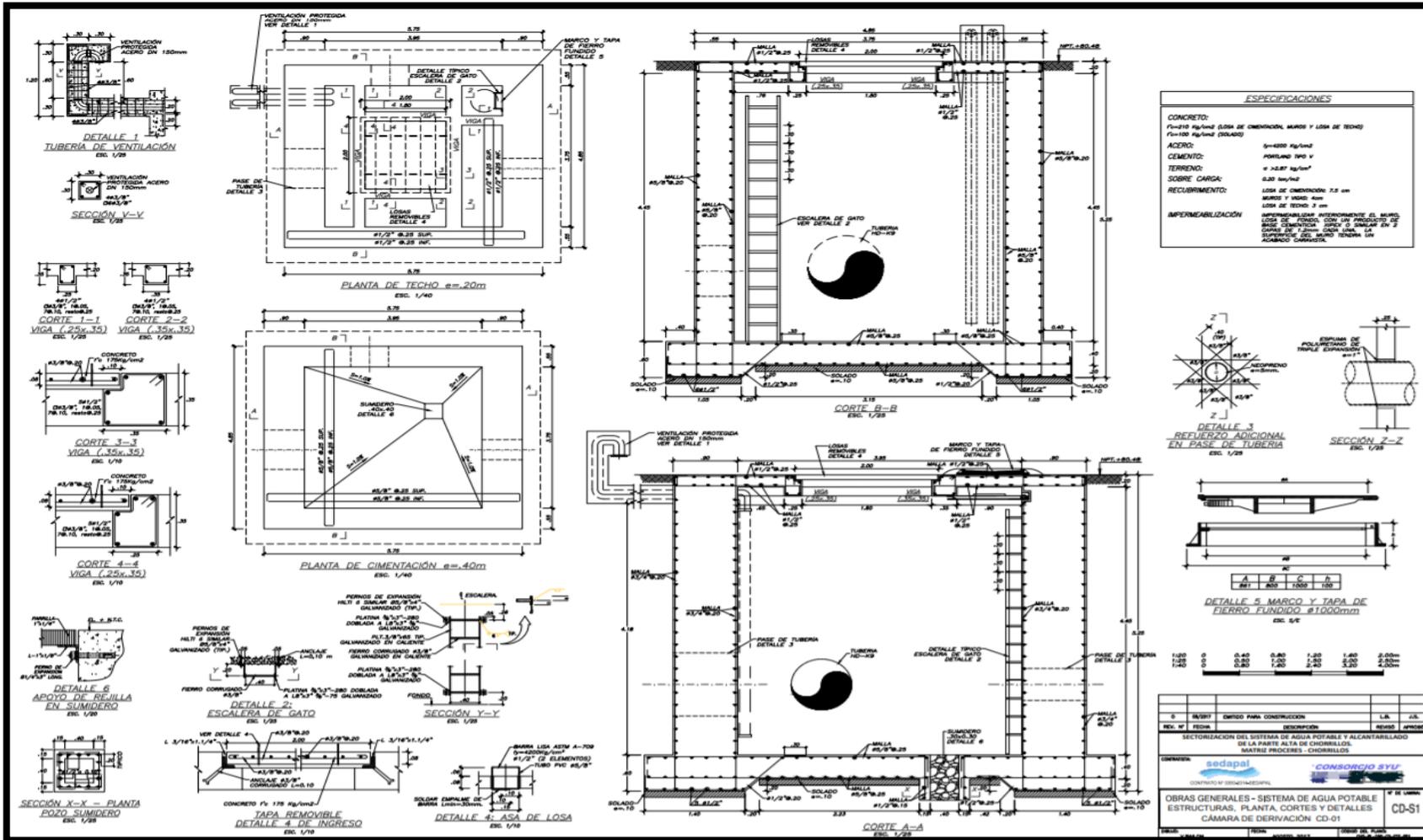
Lugar y fecha: LIMA, 10 DE ENERO DE 2021

  
 MARCO ANTONIO  
 SÁNCHEZ QUINTANA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 137210

Ingeniero 3

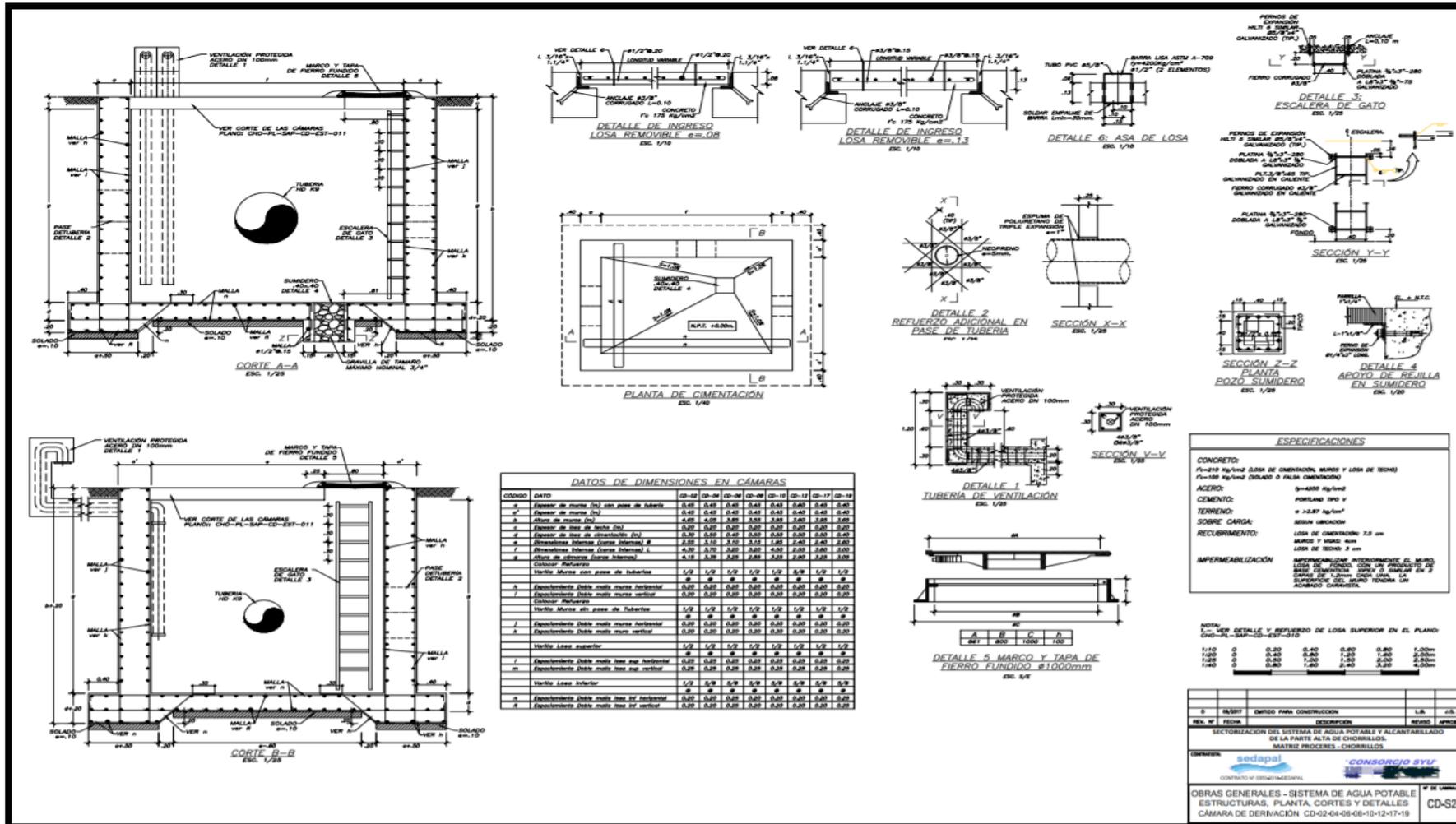
## **Anexo 4 - Planos.**

Figura 12: Plano de planta, cortes y detalles de la cámara de derivación CD-01.



Fuente: Municipalidad Distrital de Chorrillos.

Figura 13: Plano de planta, cortes y detalles de la cámara de derivación CD-01-02-04-06-08-10-12-17-19.



**DATOS DE DIMENSIONES EN CÁMARAS**

CÓDIGO	UNIDAD	01-01	02-01	03-01	04-01	05-01	06-01	07-01	08-01	09-01	10-01	11-01	12-01	13-01	14-01	15-01	16-01	17-01	18-01
1	Espesor de muros (m)	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
2	Alto de muros (m)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
3	Alto de base de tubería (m)	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
4	Alto de tubería (m)	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
5	Alto de cámara (m)	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80
6	Alto de cámara (m)	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80
7	Alto de cámara (m)	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80
8	Alto de cámara (m)	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80
9	Alto de cámara (m)	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80
10	Alto de cámara (m)	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80
11	Alto de cámara (m)	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80
12	Alto de cámara (m)	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80
13	Alto de cámara (m)	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80
14	Alto de cámara (m)	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80
15	Alto de cámara (m)	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80
16	Alto de cámara (m)	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80
17	Alto de cámara (m)	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80
18	Alto de cámara (m)	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80

**ESPECIFICACIONES**

**CONCRETO:**  
 Fc=210 kg/cm<sup>2</sup> (LOSA DE CIMENTACIÓN, MUROS Y LOSA DE TEBDA)  
 Fc=180 kg/cm<sup>2</sup> (MURADO O FALSA CIMENTACIÓN)

**ACERO:**  
 S-4000 kg/cm<sup>2</sup>  
 FORJADO S10 V

**CEMENTO:**  
 40 kg/50 kg

**SOBRE CARGA:**  
 SEGUN UBICACION

**SOBRERRECOBRIMIENTO:**  
 LOSA DE CIMENTACION 7.5 cm  
 MURADO Y MURO 40mm  
 LOSA DE TEBDA 3 cm

**IMPERMEABILIZACIÓN:**  
 IMPERMEABILIZACION INTERIORMENTE EL MURO  
 LOSA DE FONDO CON UN PRODUCTO DE  
 BAJA PENETRACION, 2000g o 4000g EN 2  
 CAPAS EN 2 DIAS, COMO TENDIDA LA  
 ADOSADO CARABUSTA

**NOTA:**  
 C.V. VER DETALLE Y REFUERZO DE LOSA SUPERIOR EN EL PLANO  
 CHD-PL-SAP-CD-EST-010

1/100	0	0.30	0.40	0.40	0.40	1.00mm
1/200	0	0.40	1.00	1.20	1.20	2.00mm
1/400	0	0.40	1.40	2.40	3.20	4.00mm

NO.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR
1	CONCRETO	m <sup>3</sup>		
2	ACERO	kg		
3	CEMENTO	kg		
4	SOBRE CARGA	kg		
5	SOBRERRECOBRIMIENTO	m <sup>2</sup>		
6	IMPERMEABILIZACIÓN	m <sup>2</sup>		

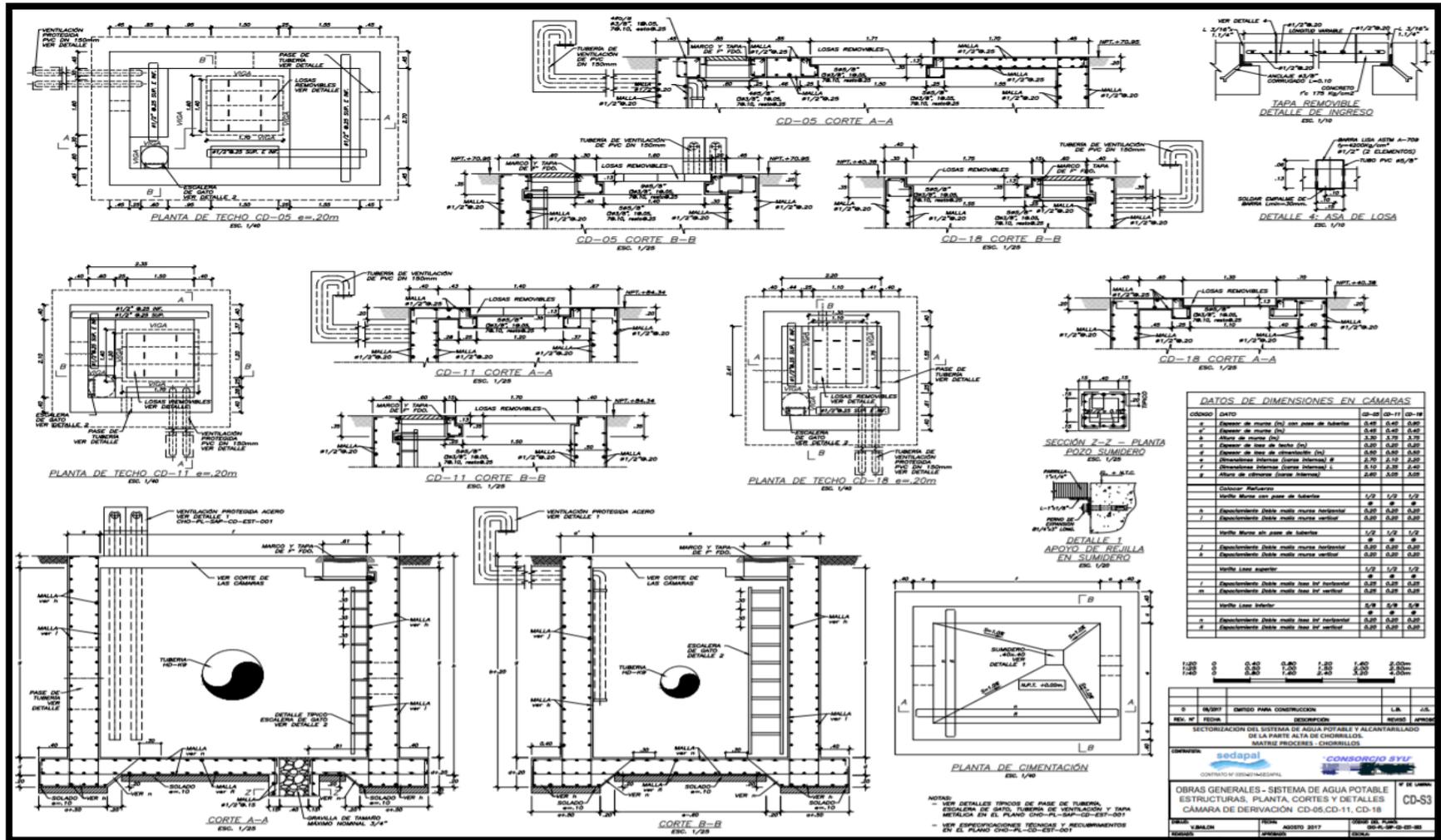
SECTORIZACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA PARRA ALTA DE CHORRILLOS. MATRIZ PROCESOS CHORRILLOS

CONTRATISTA: sedapal - CONSORCIO SYL

OBRAS GENERALES - SISTEMA DE AGUA POTABLE ESTRUCTURAS, PLANTA, CORTES Y DETALLES. CÁMARA DE DERIVACIÓN CD-02-04-06-08-10-12-17-19

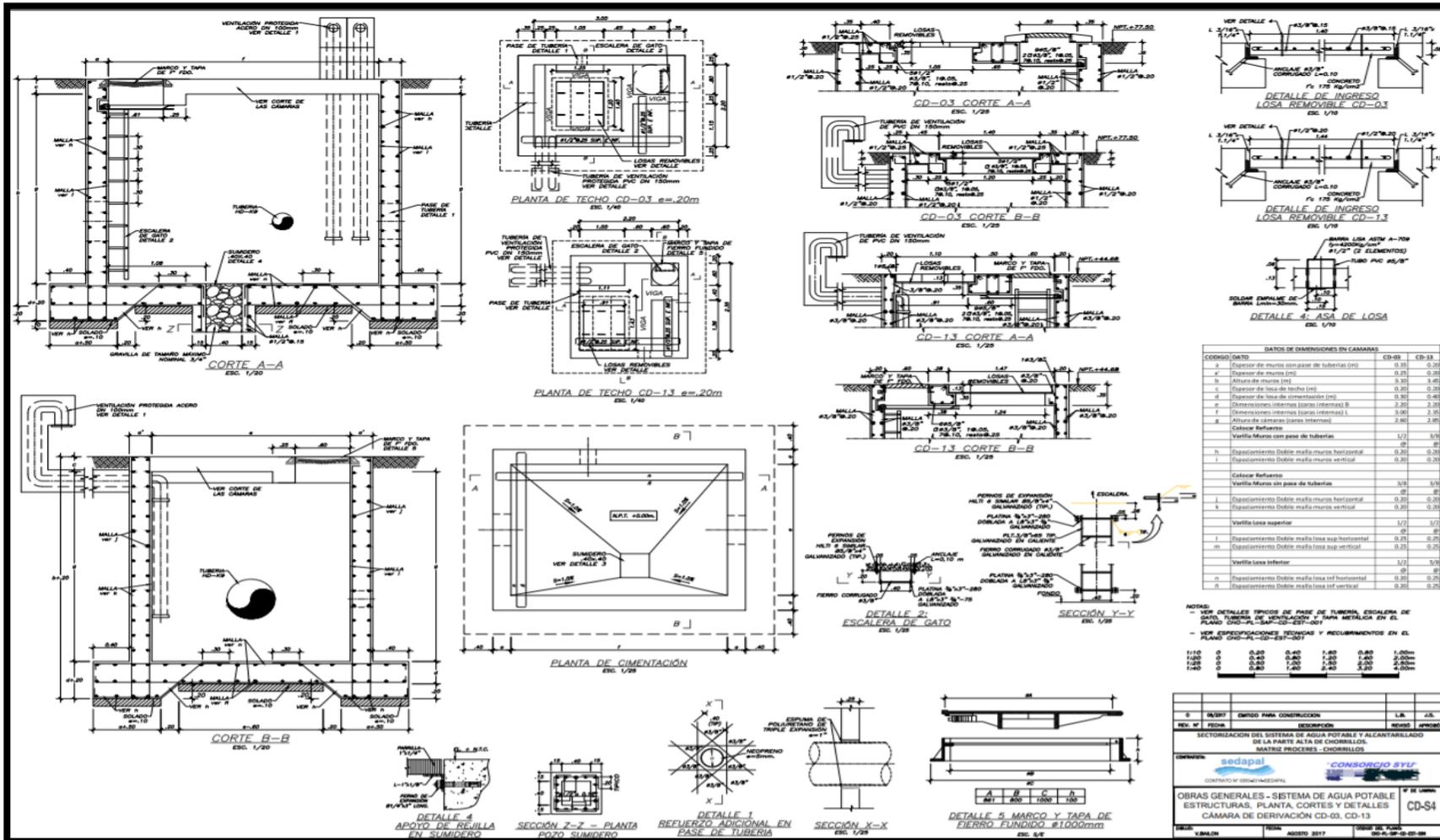
Fuente: Municipalidad Distrital de Chorrillos.

Figura 14: Plano de planta, cortes y detalles de la cámara de derivación CD-05-11-18.



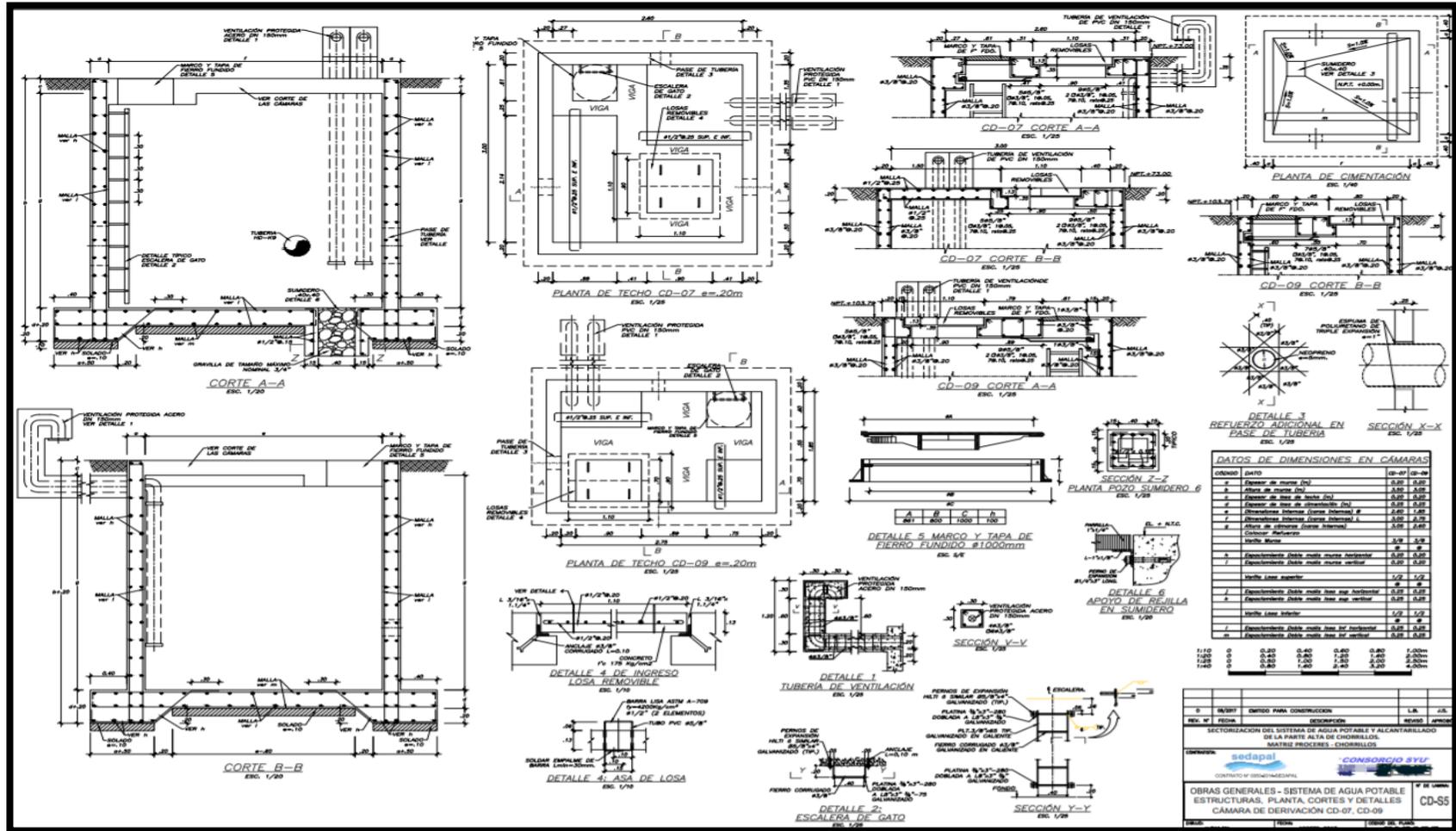
Fuente: Municipalidad Distrital de Chorrillos.

Figura 15: Plano de planta, cortes y detalles de la cámara de derivación CD-03-13.



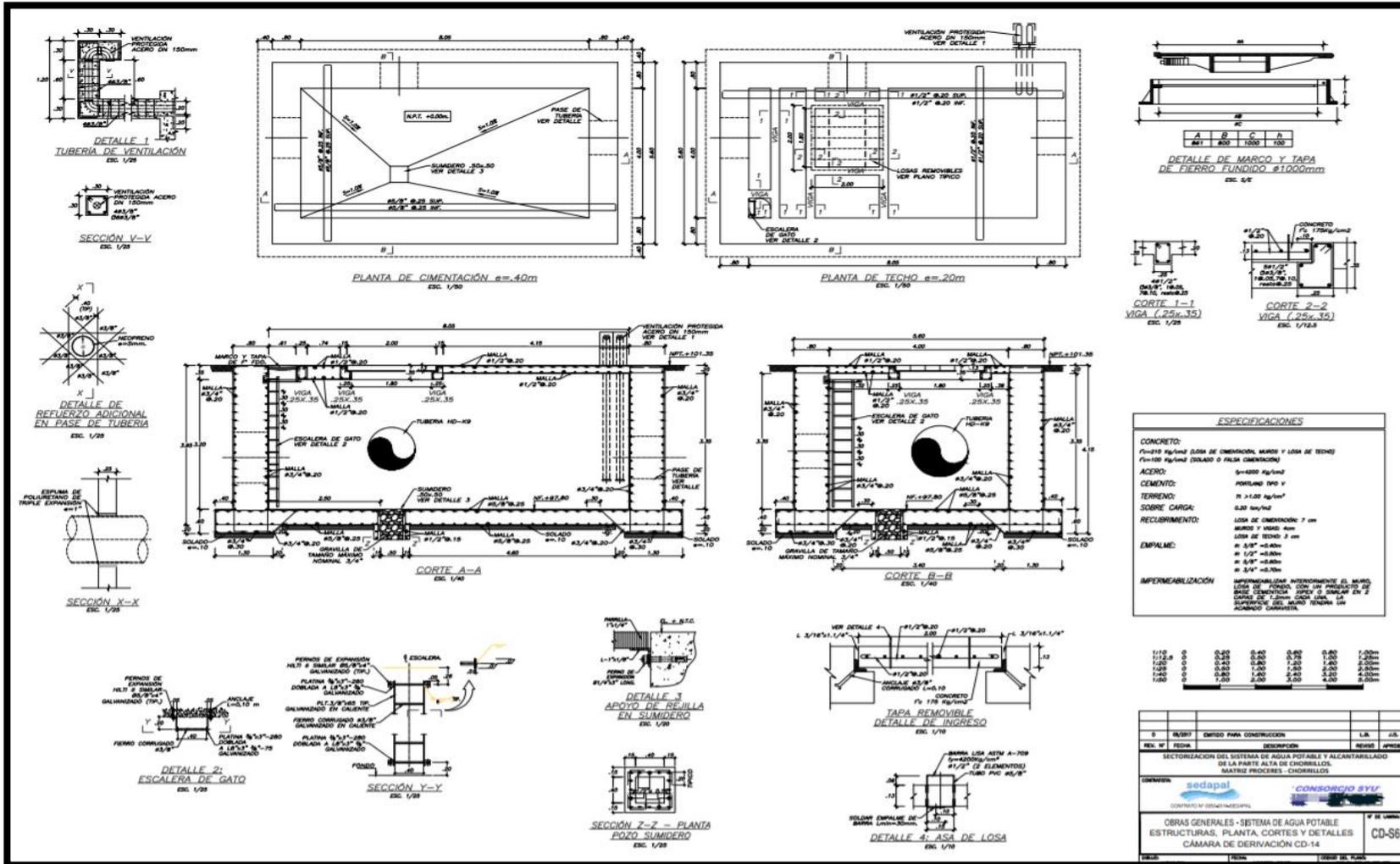
Fuente: Municipalidad Distrital de Chorrillos.

Figura 16: Plano de planta, cortes y detalles de la cámara de derivación CD-07-09.



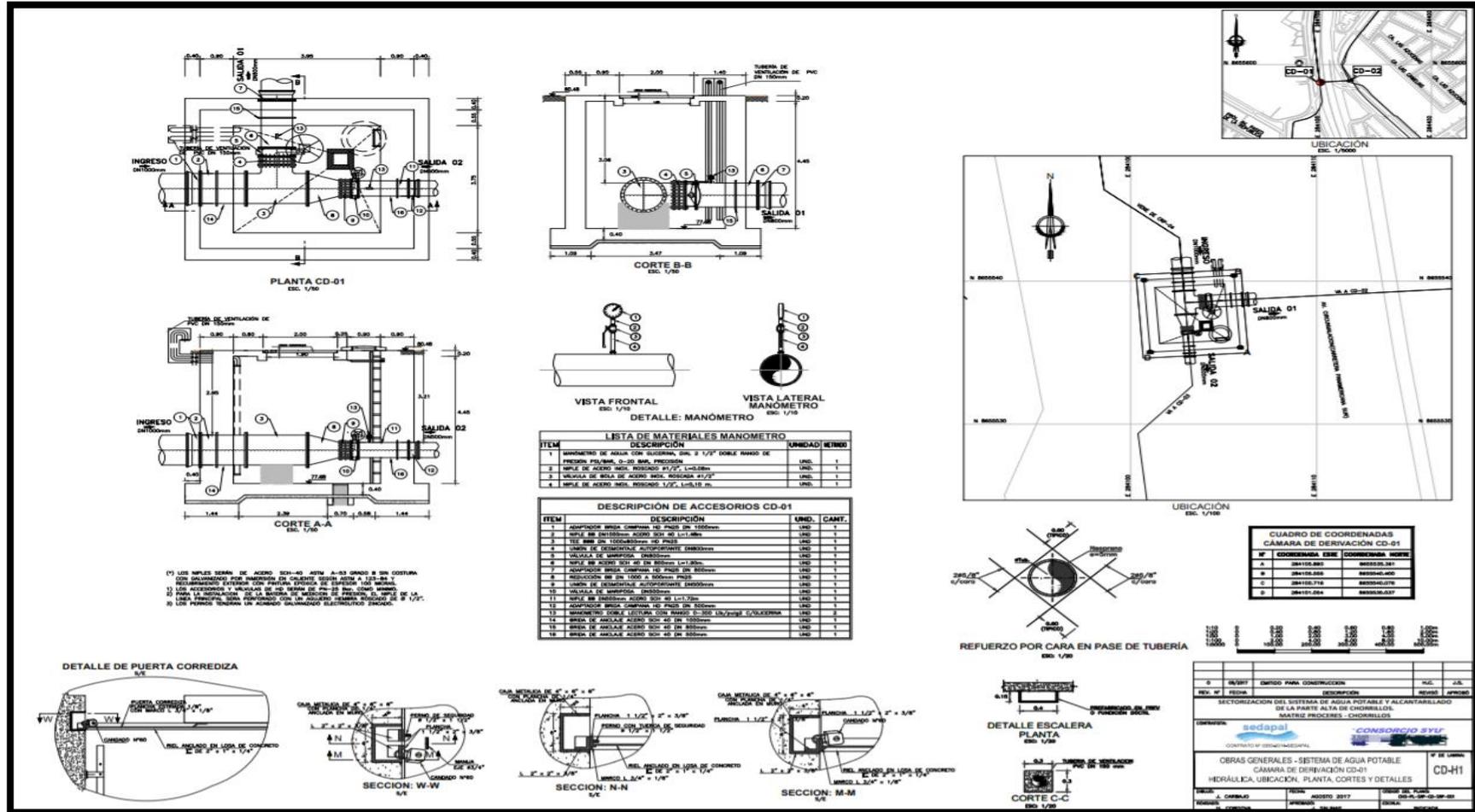
Fuente: Municipalidad Distrital de Chorrillos.

Figura 17: Plano de planta, cortes y detalles de la cámara de derivación CD-14.



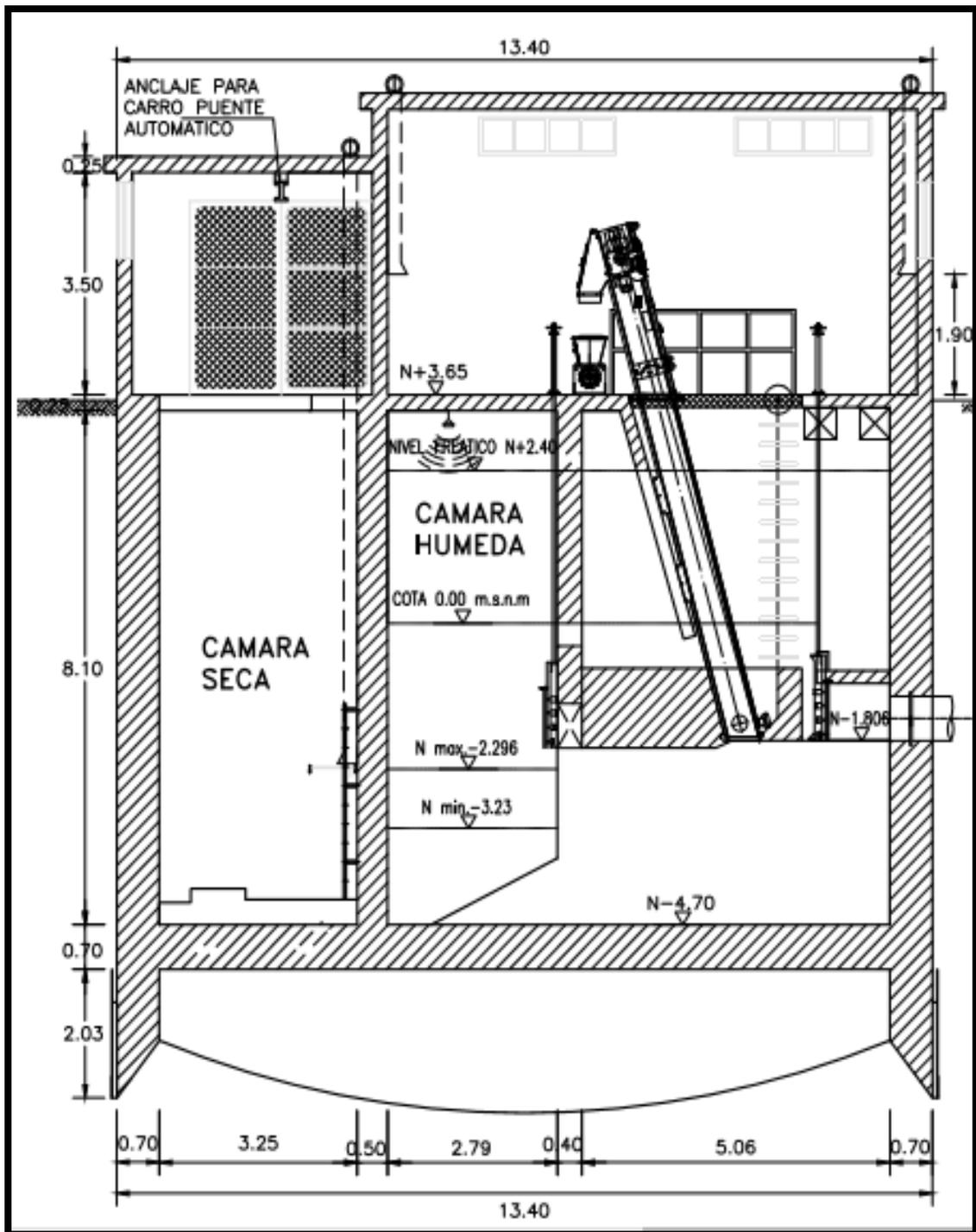
Fuente: Municipalidad Distrital de Chorrillos.

Figura 18: Plano de ubicación y características hidráulicas de la cámara de derivación CD-01.



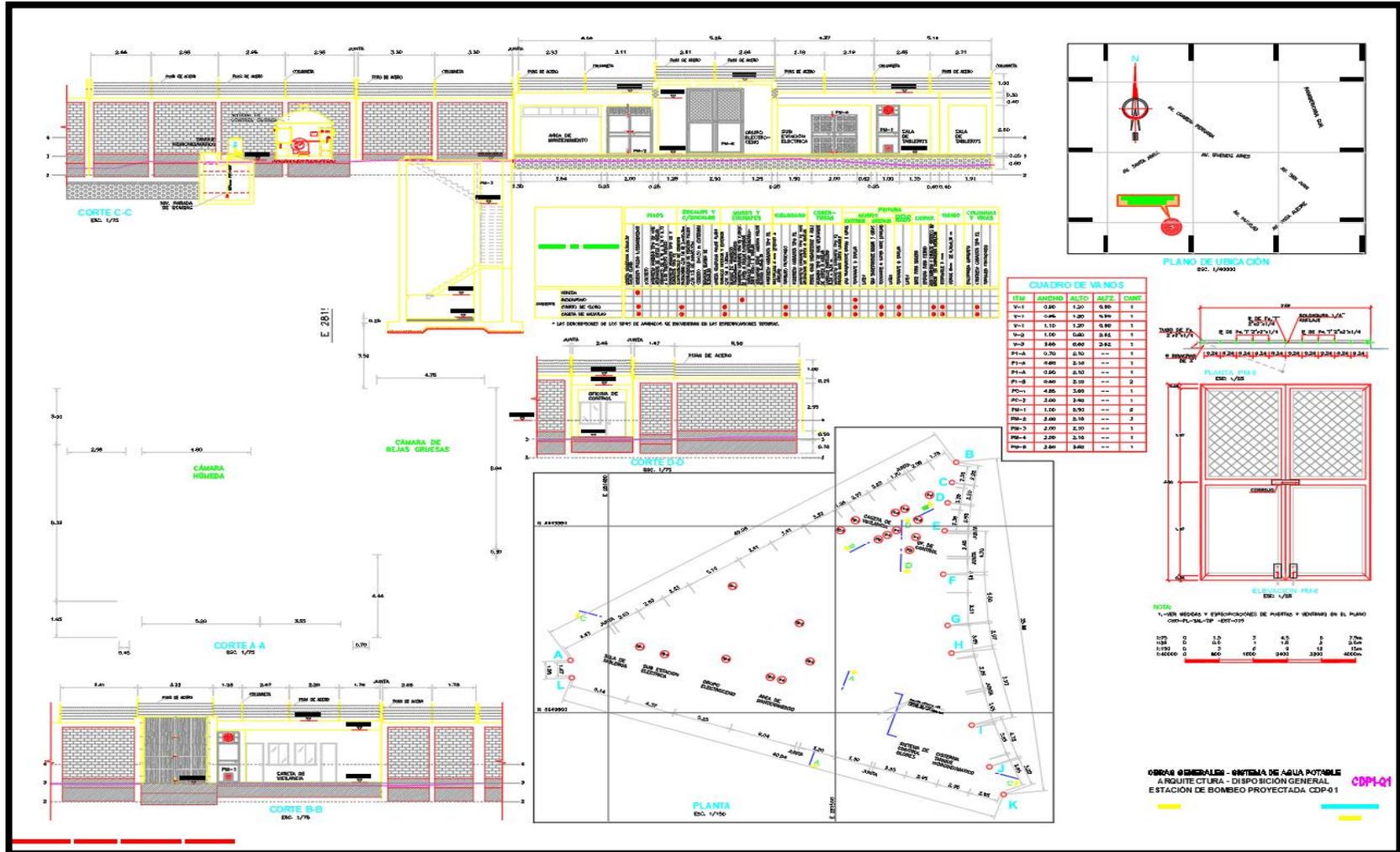
Fuente: Municipalidad Distrital de Chorrillos.

Figura 19: Plano de detalles – cámara de desagüe.



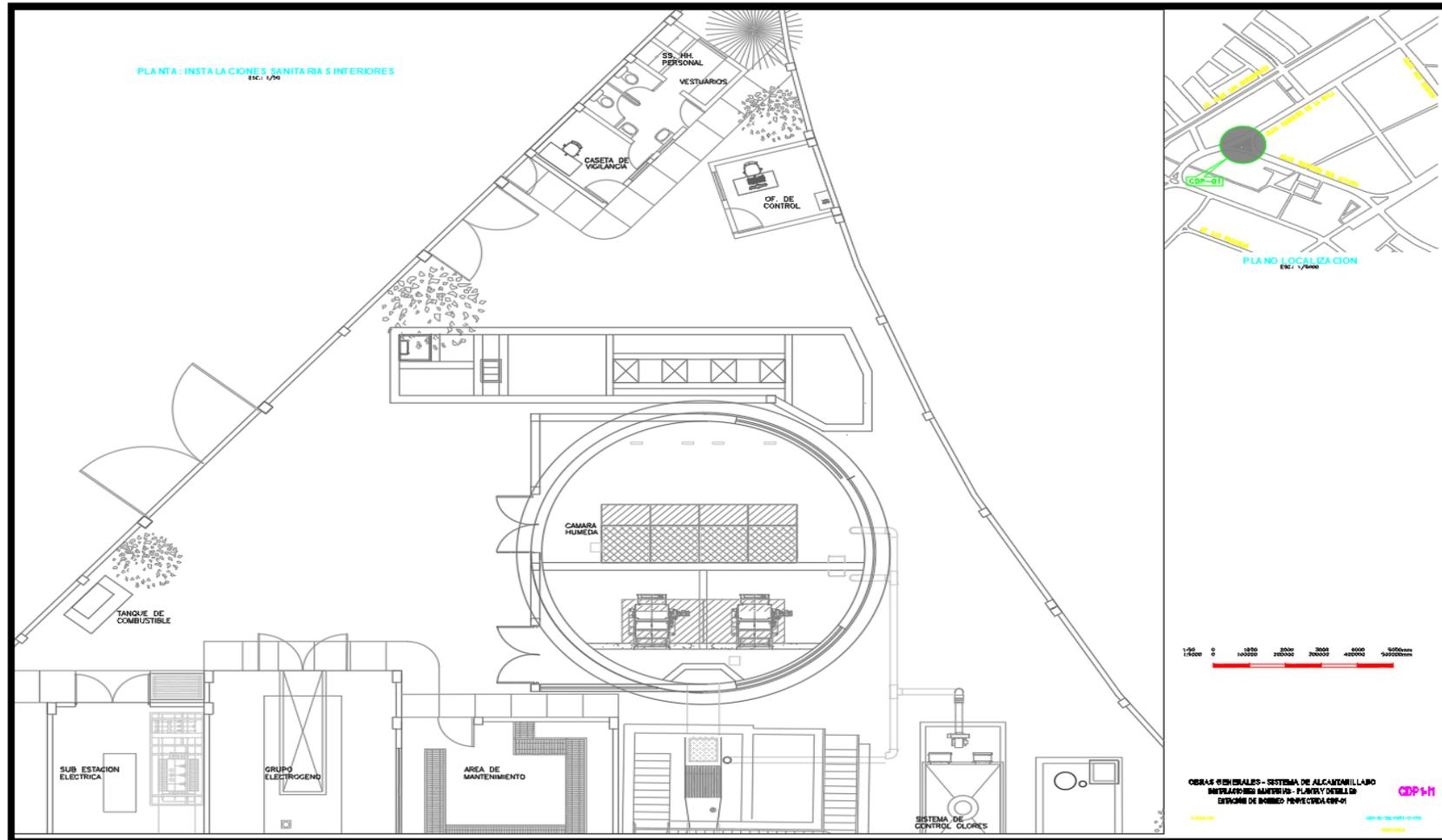
Fuente: Municipalidad Distrital de Chorrillos.

Figura 20: Plano de arquitectura de Estación de Bombeo Projectada CDP-01.



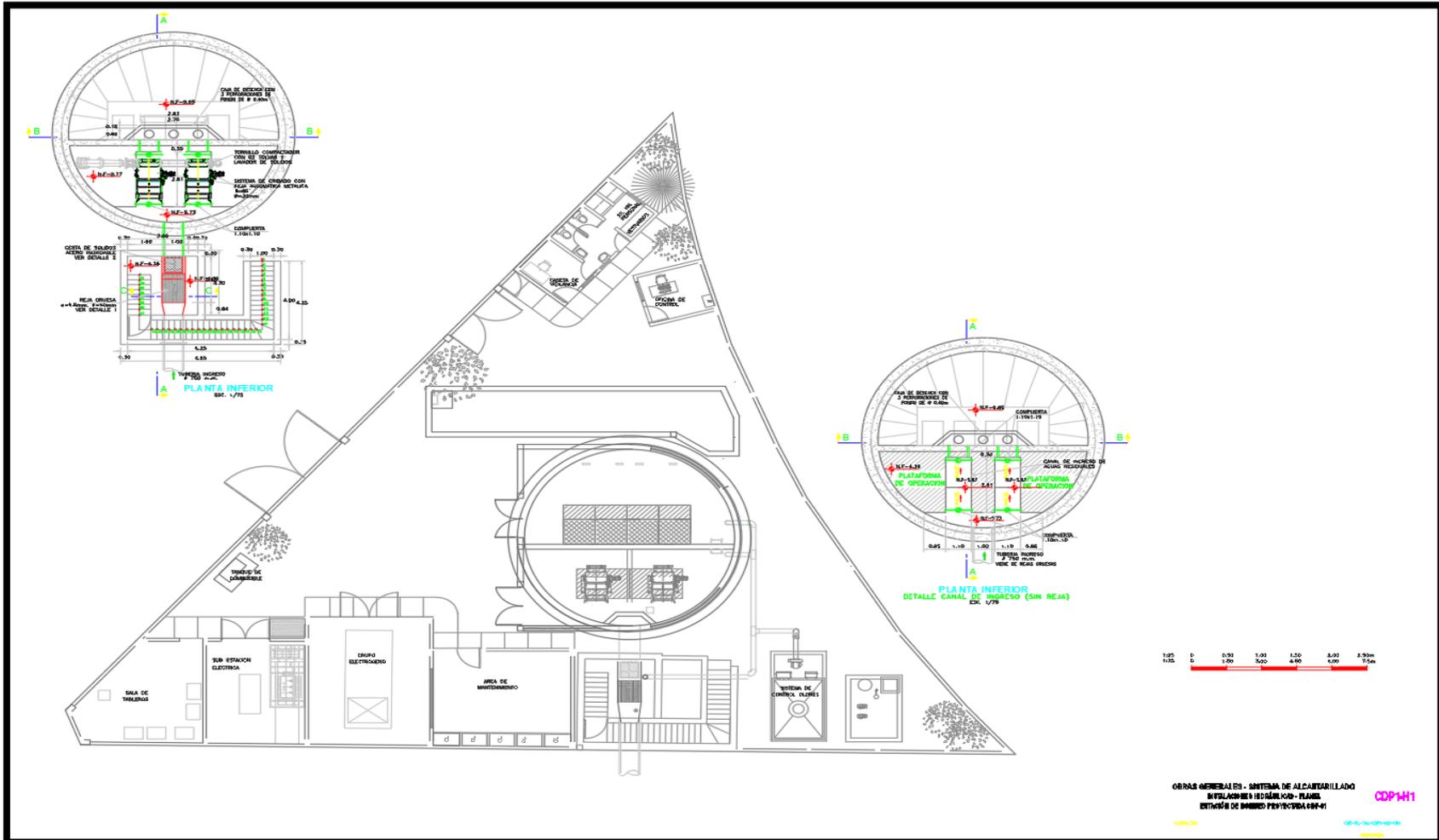
Fuente: Municipalidad Distrital de Chorrillos.

Figura 21: Plano de instalaciones sanitarias (plantas y detalles) - Estación de Bombeo Projectada CDP-01.



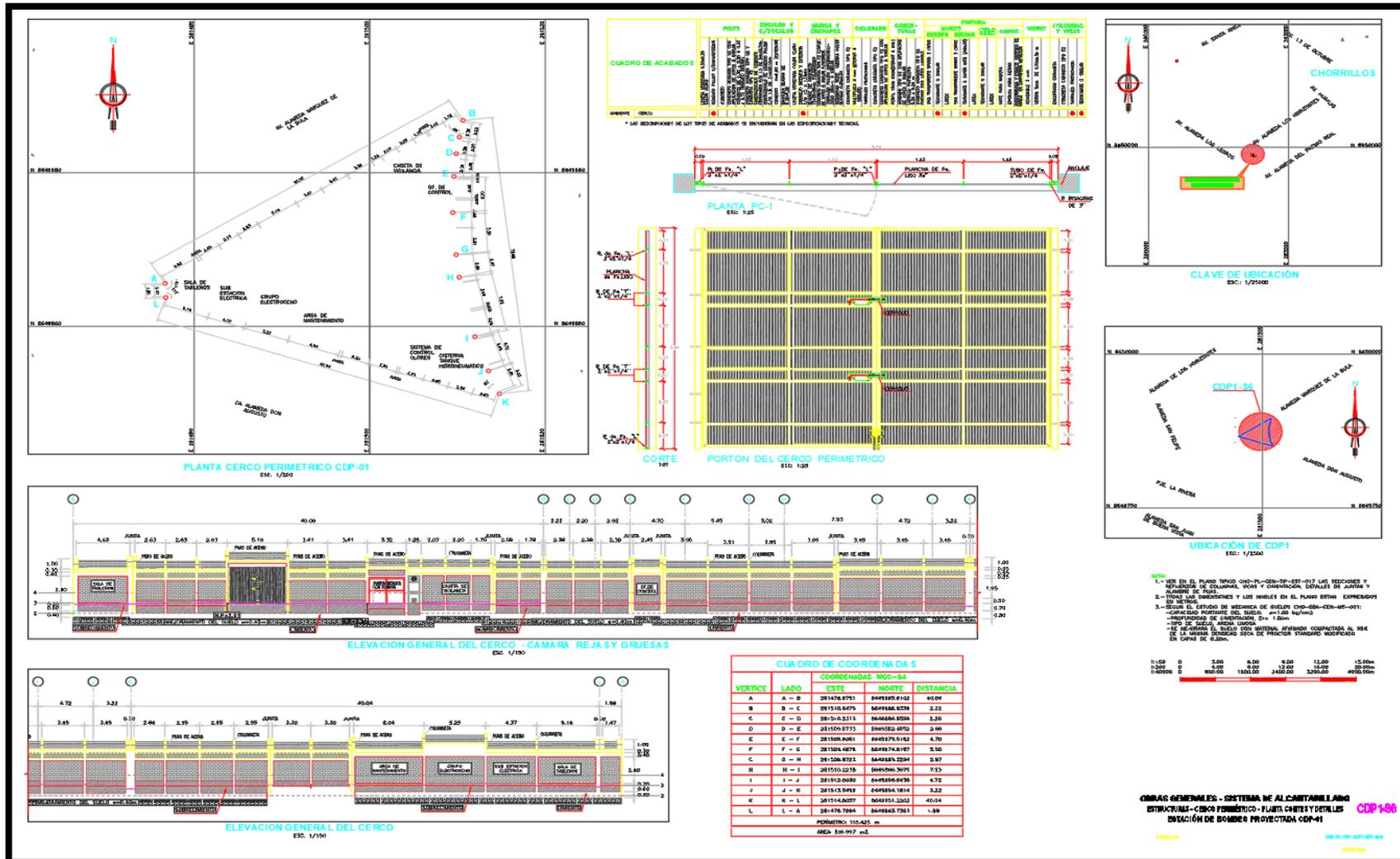
Fuente: Municipalidad Distrital de Chorrillos.

Figura 22: Plano de instalaciones hidráulica (planta) - Estación de Bombeo Projectada CDP-01.



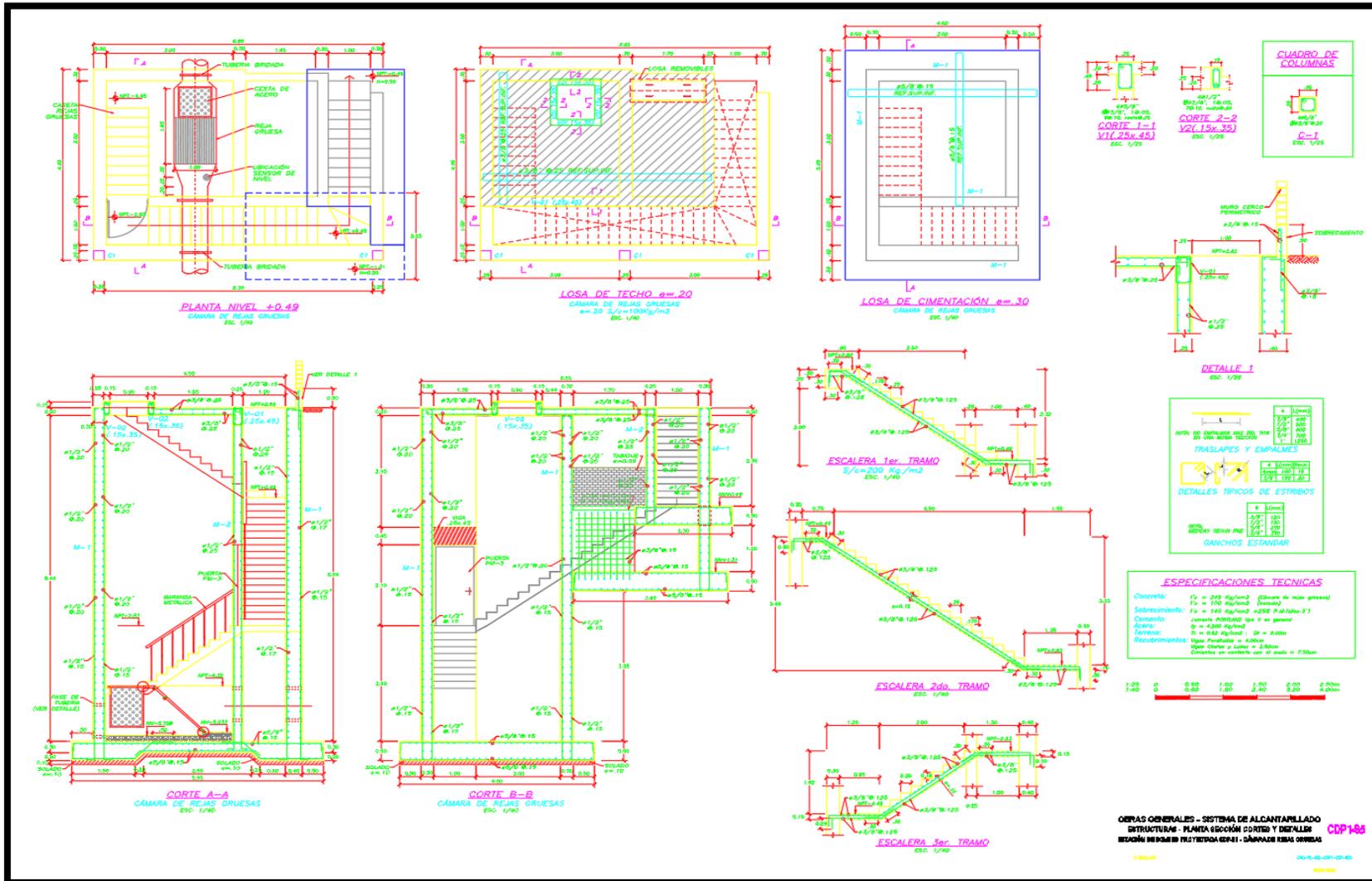
Fuente: Municipalidad Distrital de Chorrillos.

Figura 23: Plano de estructuras y cerco perimétrico - Estación de Bombeo Projectada CDP-01.



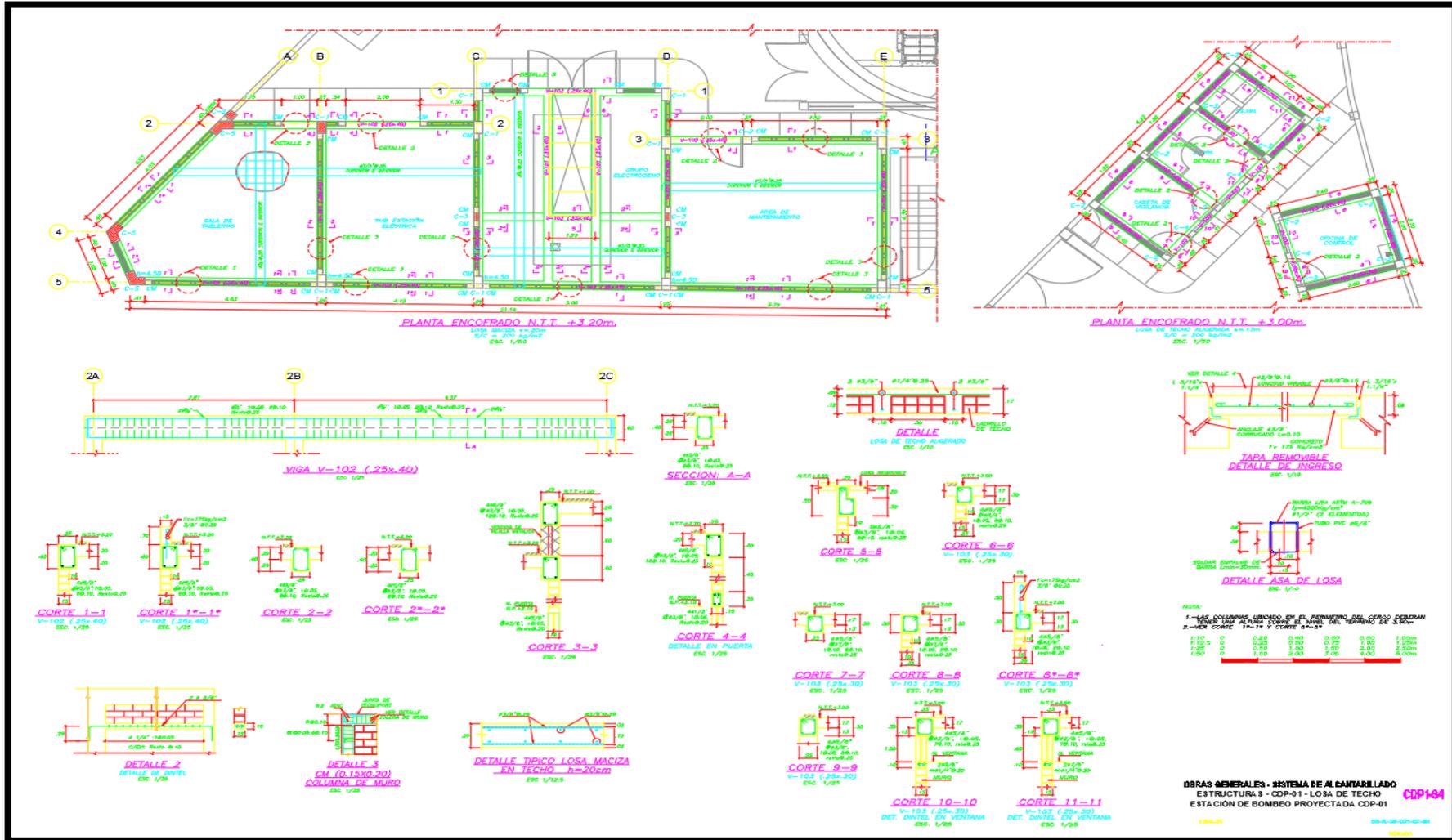
Fuente: Municipalidad Distrital de Chorrillos.

Figura 24: Plano de estructuras planta, sección, cortes y detalles - Estación de Bombeo Projectada CDP-01.



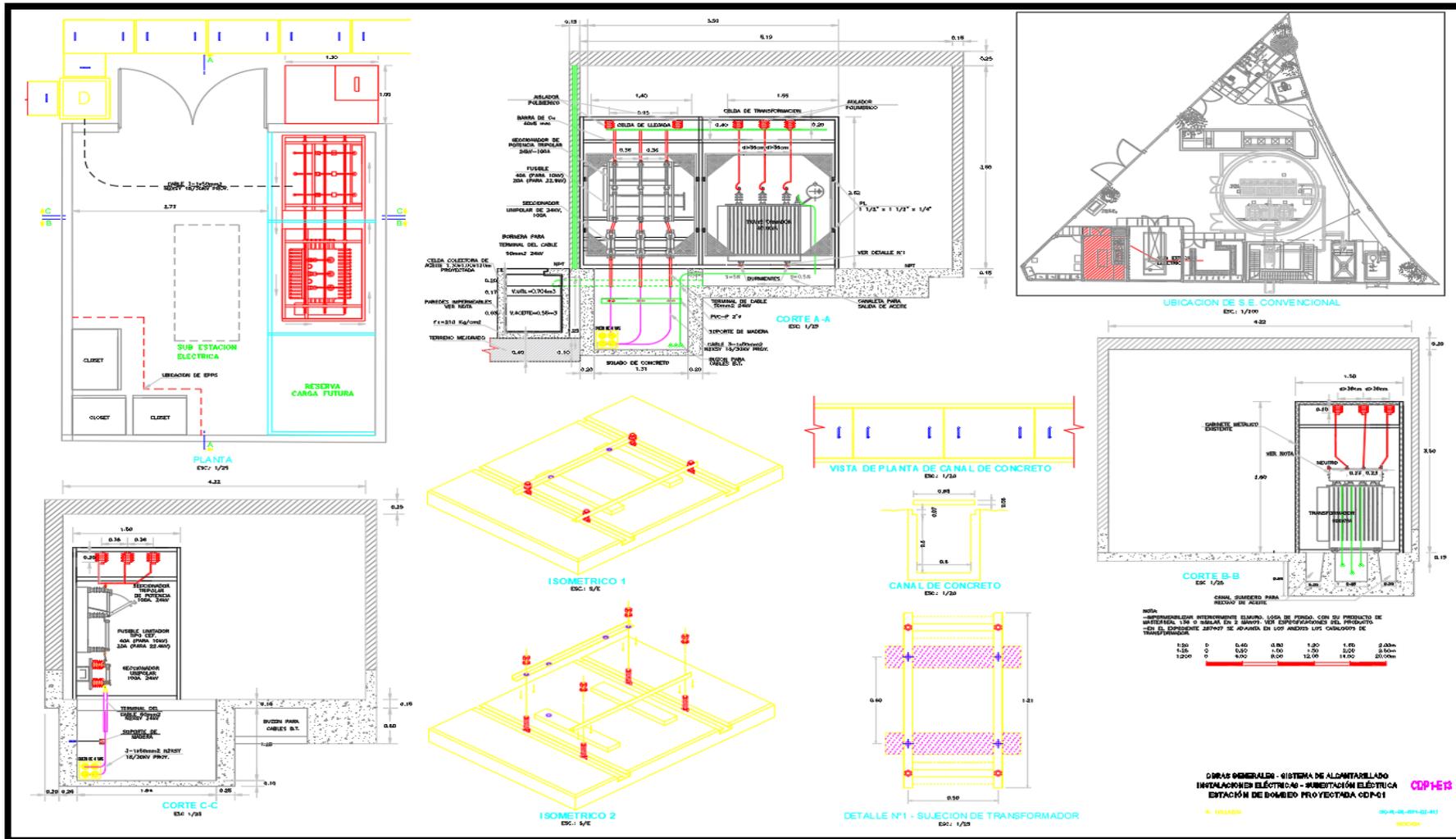
Fuente: Municipalidad Distrital de Chorrillos.

Figura 25: Plano de estructuras CDP-01 losa de techo.



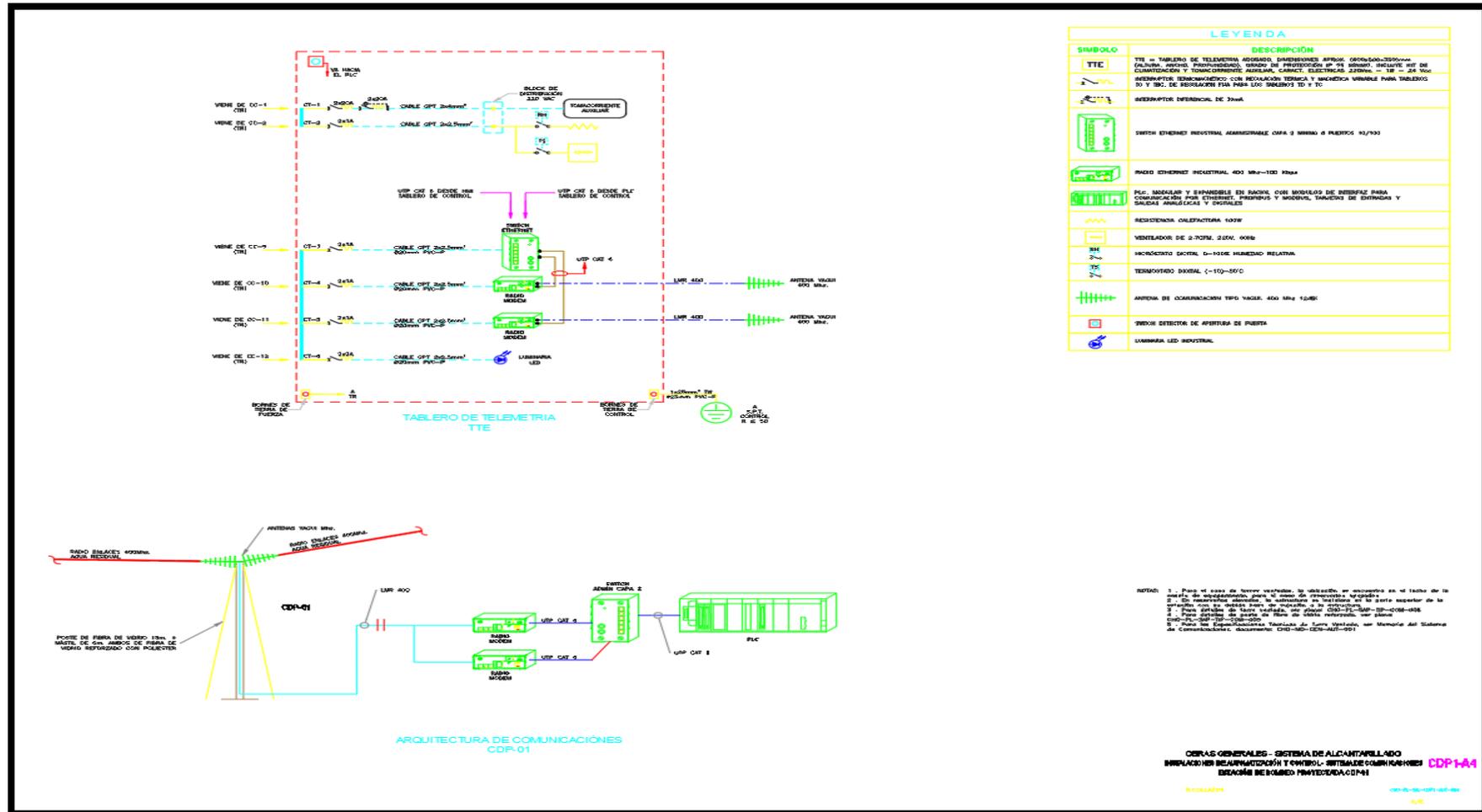
Fuente: Municipalidad Distrital de Chorrillos.

Figura 26: Plano de subestación eléctrica–Estación de bombeo proyectada CDP-01.



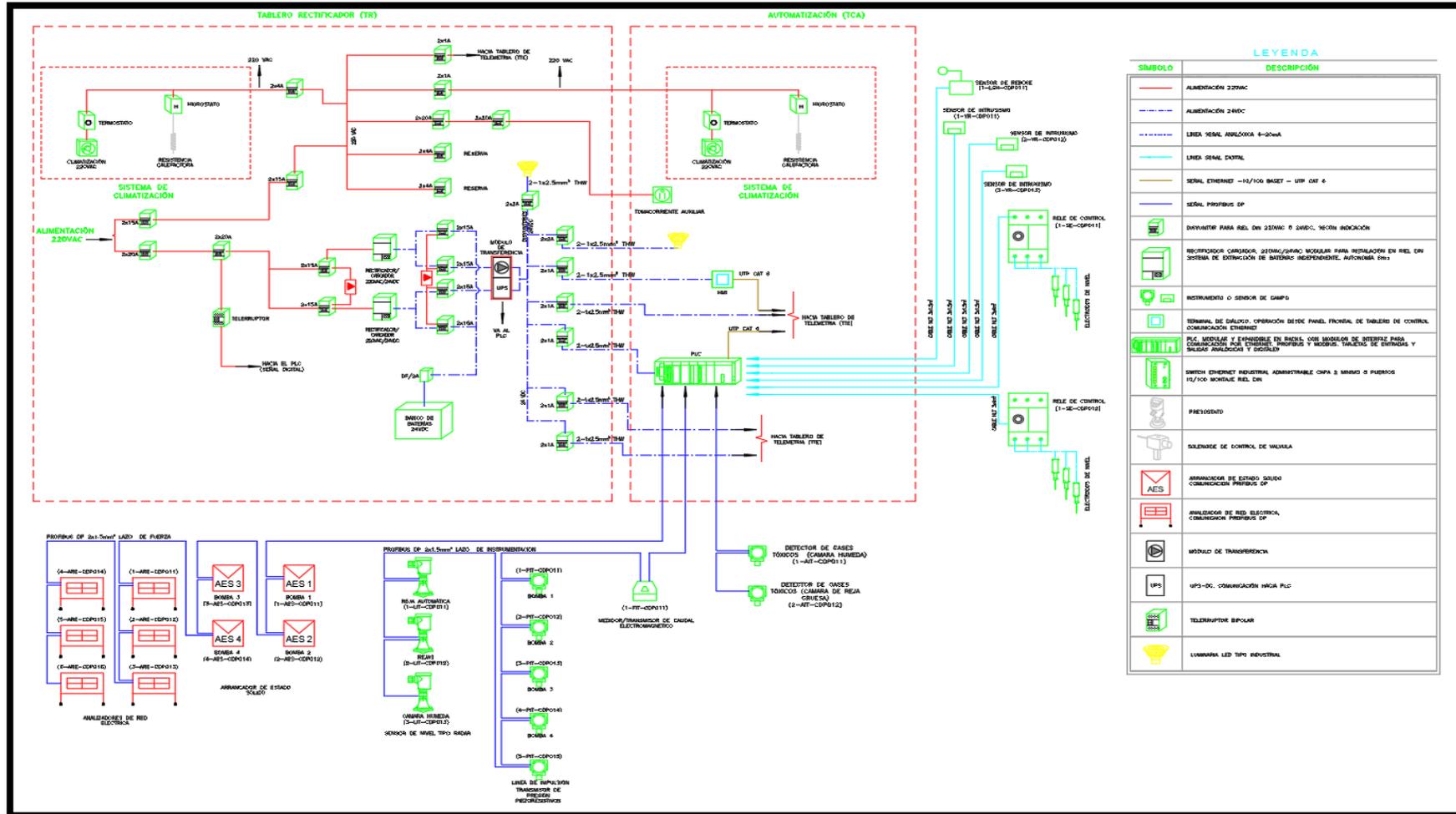
Fuente: Municipalidad Distrital de Chorrillos.

Figura 27: Plano de sistema de comunicaciones-Estación de bombeo proyectada CDP-01.



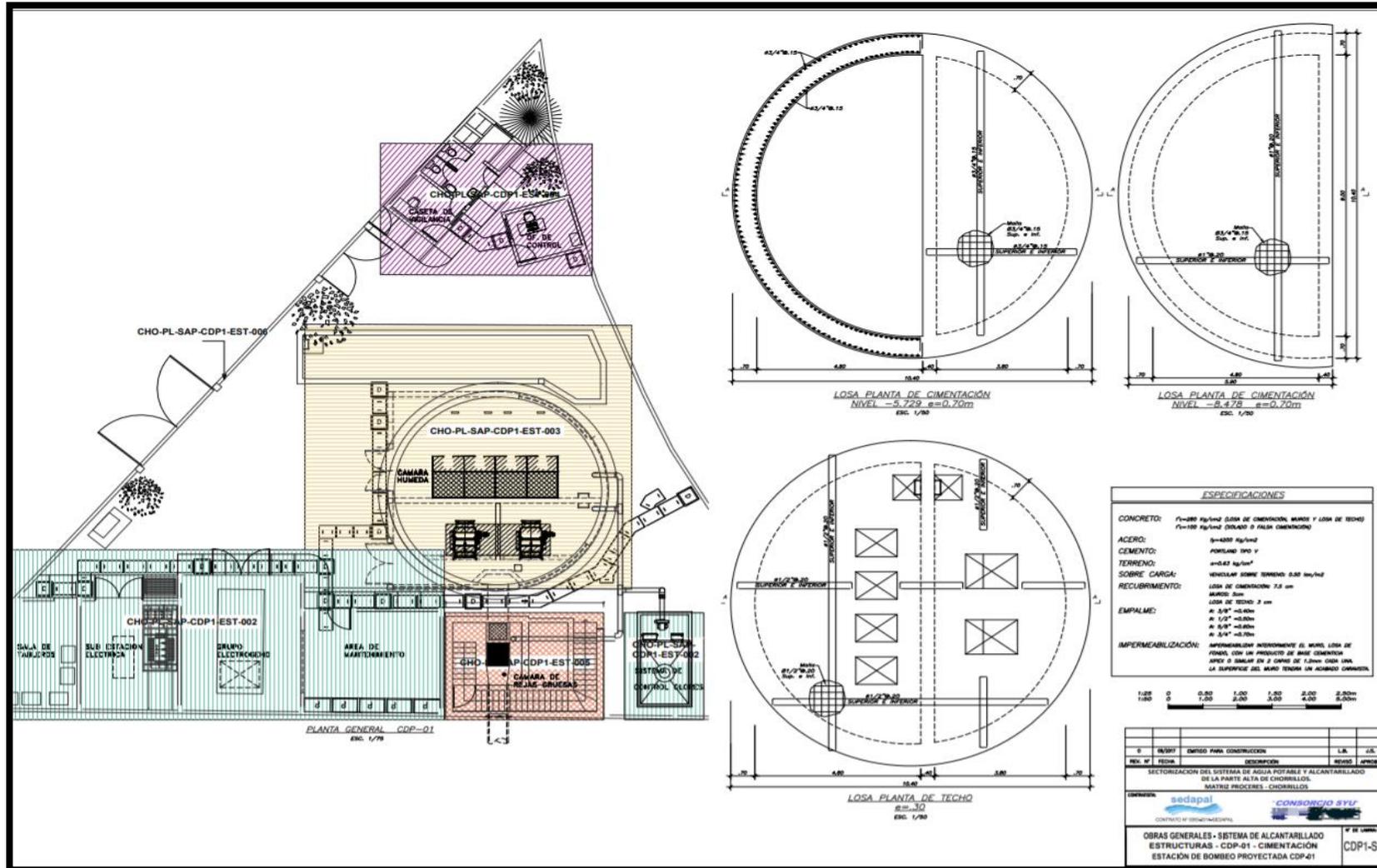
Fuente: Municipalidad Distrital de Chorrillos.

Figura 28: Instalaciones de automatización y control-Estación de bombeo proyectada CDP-01.



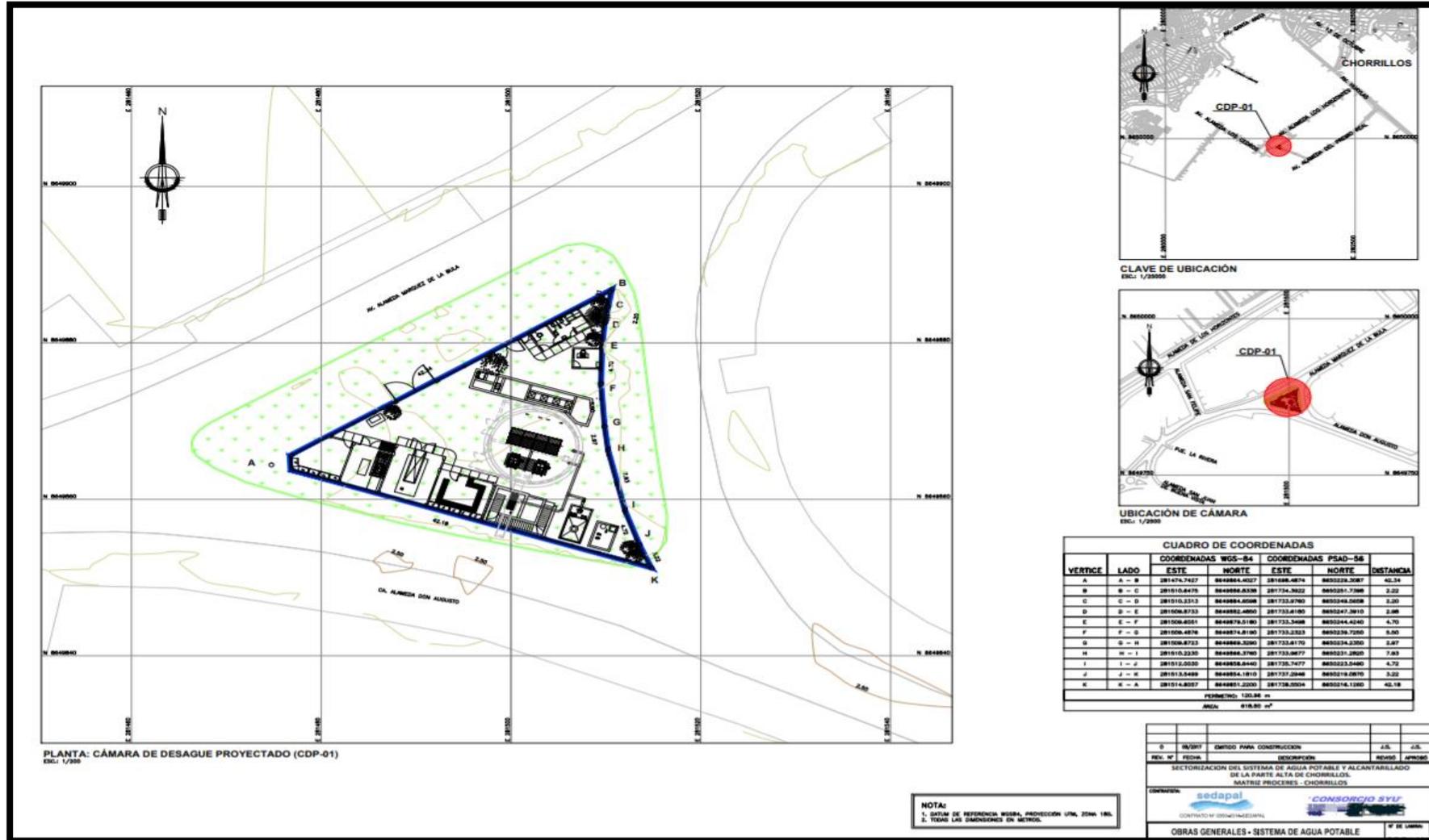
Fuente: Municipalidad Distrital de Chorrillos.

Figura 29: Plano de estructuras cimentación-Estación de bombeo proyectada CDP-01.



Fuente: Municipalidad Distrital de Chorrillos.

Figura 30: Plano de ubicación - Estación de bombeo proyectada CDP-01.



Fuente: Municipalidad Distrital de Chorrillos.

**Anexo 5 - Panel fotográfico.**

Figura 31: Foto 01.



Fuente: Propia.

Figura 32: Foto 02.



Fuente: Propia.

Figura 33: Foto 03.



Fuente: Propia.

Figura 34: Foto 04.



Fuente: Propia.

Figura 35: Foto 05.



Fuente: Propia.

Figura 36: Foto 06.



Fuente: Propia.

Figura 37: Foto 07.



Fuente: Propia.

Figura 38: Foto 08.



Fuente: Propia.

Figura 39: Foto 9.



Fuente: Propia.

Figura 40: Foto 10.



Fuente: Propia.

Figura 41: Foto 11.



Fuente: Propia.

Figura 42: Foto 12.



Fuente: Propia.

Figura 43: Foto 13.



Fuente: Propia.

Figura 44: Foto 14.



Fuente: Propia.

Figura 45: Foto 15.



Fuente: Propia.

Figura 46: Foto 16.



Fuente: Propia.

Figura 47: Foto 17.



Fuente: Propia.

Figura 48: Foto 18.



Fuente: Propia.

Figura 49: Foto 19.



Fuente: Propia.

Figura 50: Foto 20.



Fuente: Propia.

Figura 51: Foto 21.



Fuente: Propia.

Figura 52: Foto 22.



Fuente: Propia.

Figura 53: Foto 23.



Fuente: Propia.

Figura 54: Foto 24.



Fuente: Propia.

Figura 55: Foto 25.



Fuente: Propia.

Figura 56: Foto 26.



Fuente: Propia.

Figura 57: Foto 27.



Fuente: Propia.

Figura 58: Foto 28.



Fuente: Propia.

Figura 59: Foto 29.



Fuente: Propia.

Figura 60: Foto 30.



Fuente: Propia.

Figura 61: Foto 31.



Fuente: Propia.

Figura 62: Foto 32.



Fuente: Propia.

Figura 63: Foto 33.



Fuente: Propia.

Figura 64: Foto 34.



Fuente: Propia.

Figura 65: Foto 35.



Fuente: Propia.

Figura 66: Foto 36.



Fuente: Propia.

Figura 67: Foto 37.



Fuente: Propia.

Figura 68: Foto 38.



Fuente: Propia.

Figura 69: Foto 39.



Fuente: Propia.

Figura 70: Foto 40.



Fuente: Propia.

Figura 71: Foto 41.



Fuente: Propia.

Figura 72: Foto 42.



Fuente: Propia.

Figura 73: Foto 43.



Fuente: Propia.

Figura 74: Foto 44.



Fuente: Propia.

Figura 75: Foto 45.



Fuente: Propia.

Figura 76: Foto 46.



Fuente: Propia.

Figura 77: Foto 47.



Fuente: Propia.

Figura 78: Foto 48.



Fuente: Propia.

Figura 79: Foto 49.



Fuente: Propia.

Figura 80: Foto 50.



Fuente: Propia.

Figura 81: Foto 51.



Fuente: Propia.

Figura 82: Foto 52.



Fuente: Propia.

Figura 83: Foto 53.



Fuente: Propia.

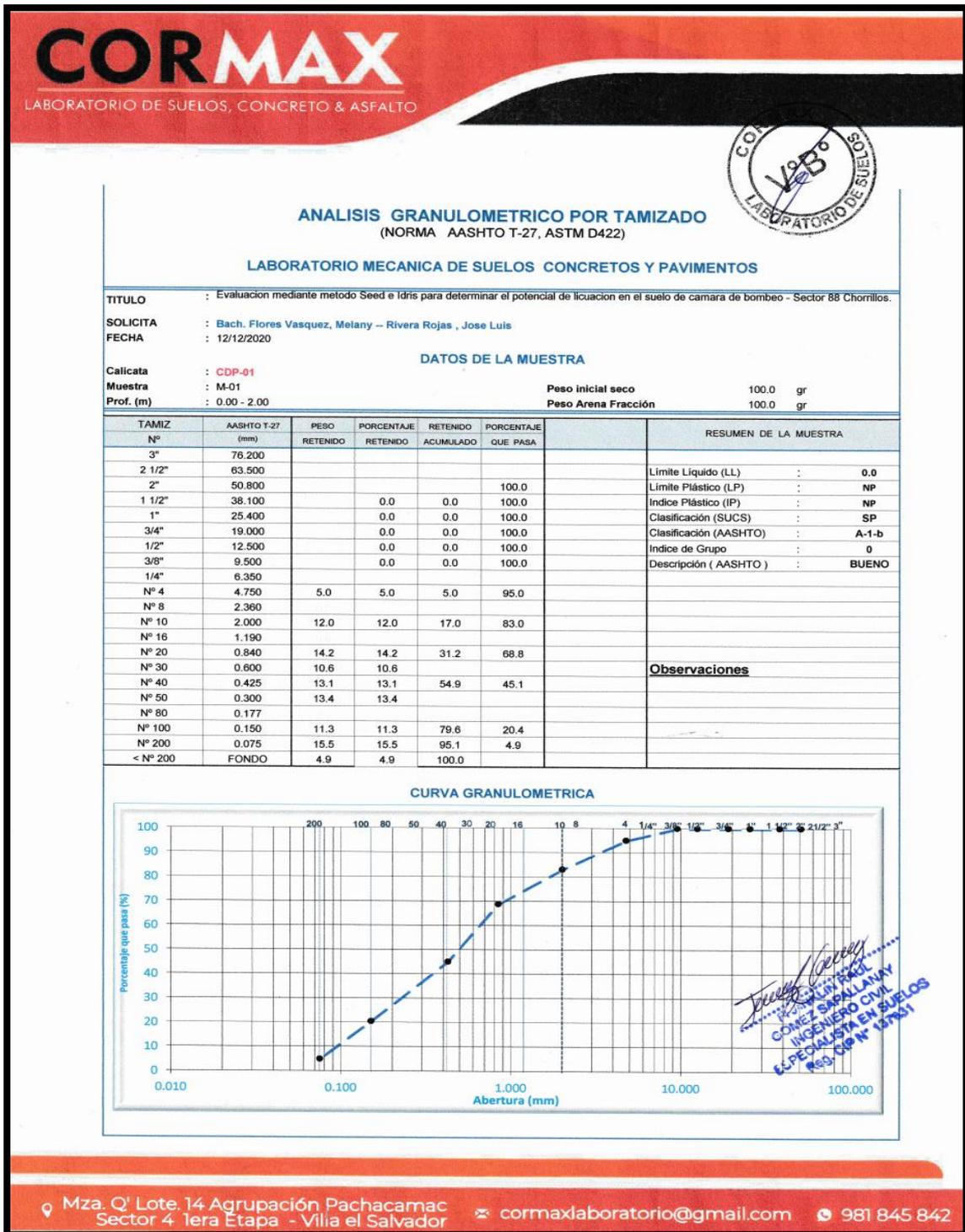
Figura 84: Foto 54.



Fuente: Propia.

**Anexo 6 - Ensayo de análisis granulométrico.**

Figura 85: Análisis granulométrico.

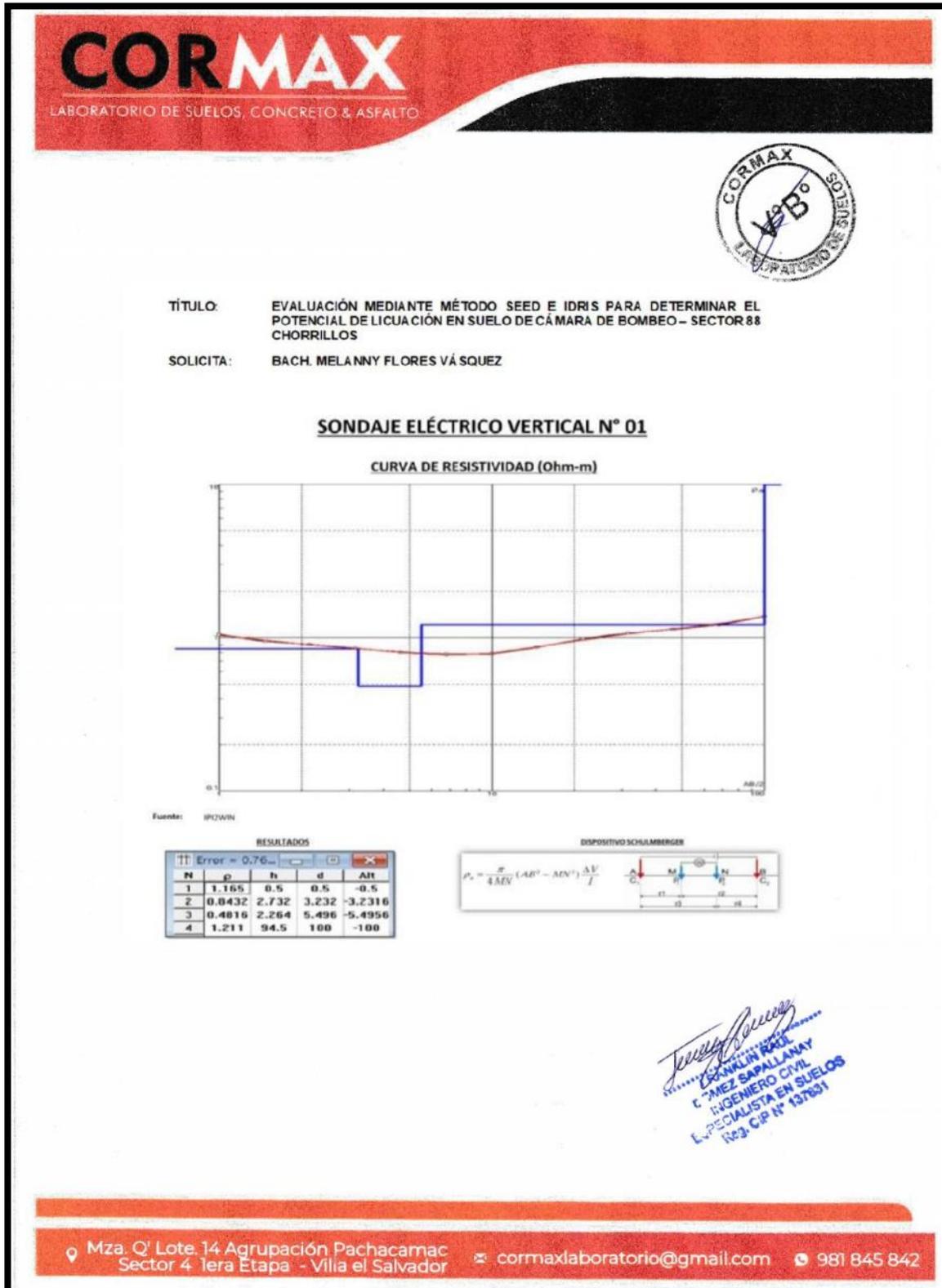


Fuente: CORMAX S.A.C.

**Anexo 7 - Prospección geofísica y sondaje eléctrico vertical.**



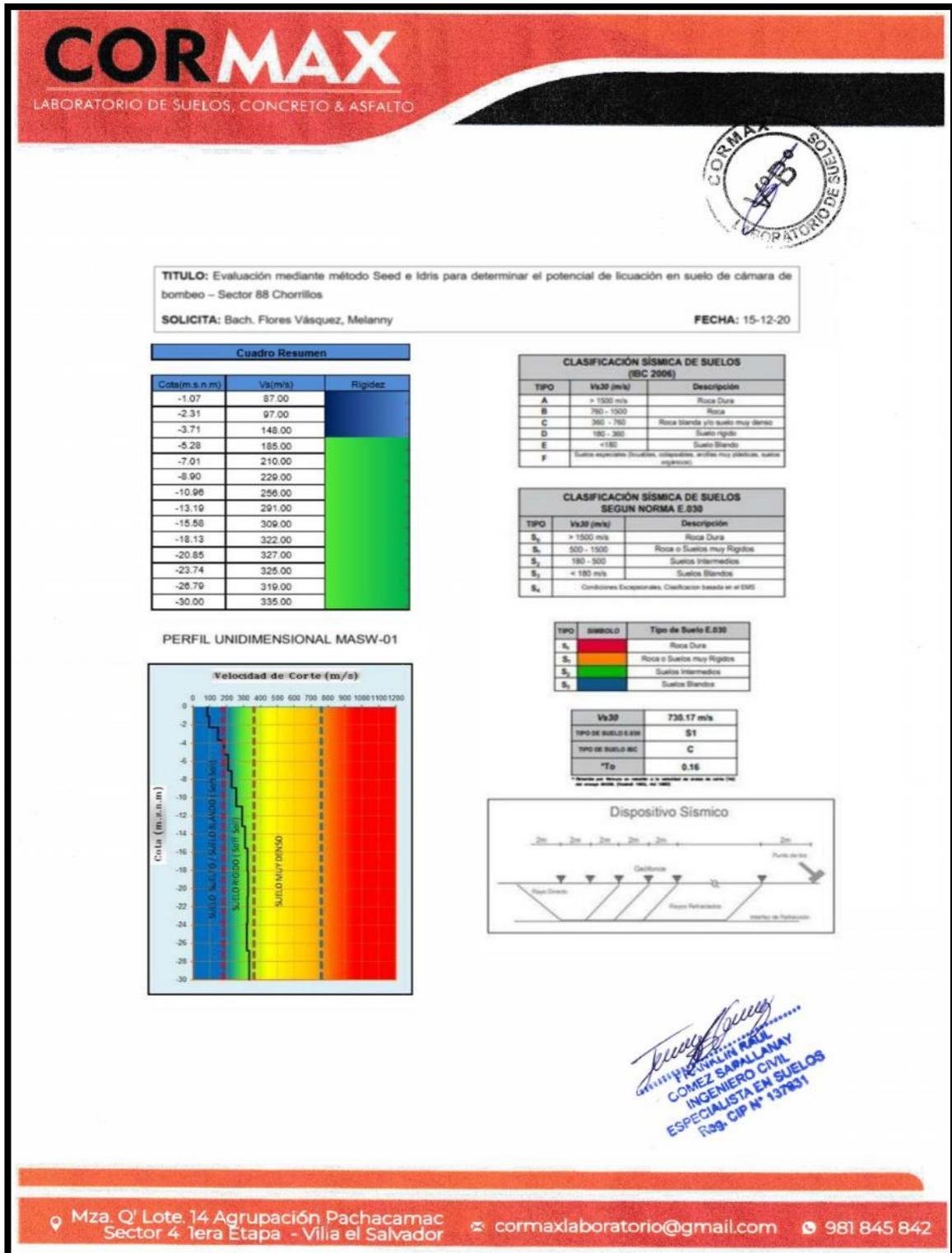
Figura 88: Sondaje eléctrico vertical.



Fuente: CORMAX S.A.C.

**Anexo 8 - Ensayo MASW.**

Figura 89: Resultados del Ensayo MASW.



Fuente: CORMAX S.A.C.

**Anexo 9 - Memoria de cálculo.**

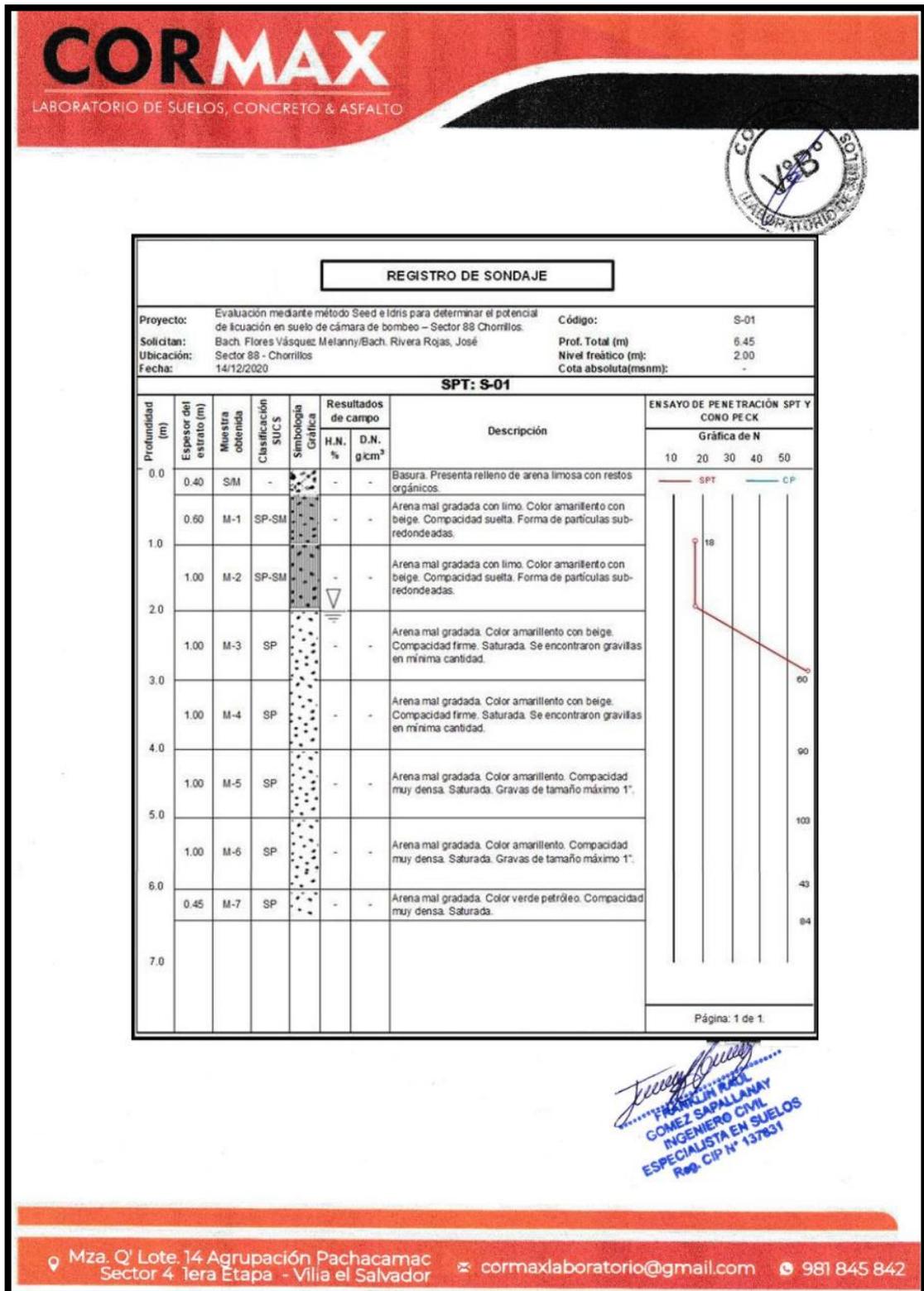
Figura 90: Memoria de cálculo.

ANÁLISIS DE LICUACIÓN										
TÍTULO: Evaluación mediante método Seed e Idris para determinar el potencial de licuación en suelo de cámara de bombeo – Sector 88 Chorrillos		AUTORES: Bach. Flores Vásquez, Melanny – Bach. Rivera Rojas, José Luis								Fecha: 14-12-20
Considerando: Un sismo de magnitud de sismo de grado 7.5 y una aceleración máxima superficial de 0.27g. $a_{m\acute{a}x} = 0.27g$			Factor de seguridad de licuación (FL): $FL = \frac{CRR}{CSR}$ Siendo: CRR: Relación de resistencia cíclica CSR: Relación de esfuerzo cortante cíclico Si: $FL > 1 \rightarrow$ No se producirá licuación. Si: $FL \leq 1 \rightarrow$ Se producirá licuación							
MÉTODO DE SEED E IDRIS										
DETERMINACIÓN DEL CSR				DETERMINACIÓN DEL CRR						
$\frac{\tau_d}{\bar{\sigma}_0} = CSR = 0.65 * \frac{a_{m\acute{a}x}}{g} * \frac{\sigma_0}{\bar{\sigma}_0} * r_d$ Siendo: $\tau_d$ = esfuerzo cortante promedio inducido. $a_{m\acute{a}x}$ = aceleración máxima en superficie. $g$ = aceleración de la gravedad. $\sigma_0$ = esfuerzo total vertical $\bar{\sigma}_0$ = esfuerzo efectivo vertical $r_d$ = factor de reducción $r_d = 1 - 0.015z$ (siendo z la profundidad)				$\frac{\tau_l}{\bar{\sigma}_0} = CRR \rightarrow$ Se calcula del gráfico para $M_s = 7.5$ y distinto contenido de finos  $(N_1)_{60}$ = Valor de N corregido a una sobrecarga de 1 kg/cm <sup>2</sup> y 60% de eficiencia.  $(N_1)_{60} = C_N * N_{60}$  $C_N$ = Factor de corrección.  $C_N = \sqrt{\frac{1}{\bar{\sigma}_0}} < 2$ , $\bar{\sigma}_0$ en kg/cm <sup>2</sup>						
Profundidad (m)	$\sigma_0$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\bar{\sigma}_0$ (kg/cm <sup>2</sup> )	rd	% finos	$N_{60}$	$C_N$	$(N_1)_{60}$	CSR	CRR	FL = CRR/CSR
2	0.32	0.34	0.97	1	16	1.7	27	0.02	0.08	4
4	0.44	0.64	0.94	1	14	1.25	18	0.02	0.11	5.5
6	0.56	0.96	0.91	1	10	1	10	0.03	0.20	6.7
<b>CONCLUSIÓN:</b> Como en las tres profundidades analizadas (2, 4 y 6 metros) el Factor de Seguridad de Licuación (FL) es mayor a 1 en los tres casos, entonces se concluye que a la profundidad analizada NO HAY RIESGO DE QUE OCURRA EL FENÓMENO DE LICUACIÓN.										

Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo 10 - Ensayo SPT.**

Figura 91: Ensayo SPT.



Fuente: CORMAX S.A.C.

**Anexo 11 - Ensayo de densidades máxima y mínima.**

Figura 92: Ensayo de densidades máxima y mínima.





**DENSIDADES MÁXIMA Y MINIMA  
A.S.T.M. D-4264**

PROYECTO:	Evaluación mediante método Seed e Idms para determinar el potencial de licuación en suelo de cámara de bombeo - Sector 68 Chorritos			
SOLICITAN:	Bach. Flores Vasquez, Melanny/Bach. Rivera Rojas, Jose			
UBICACIÓN:	Sector 88, Chorritos.			
FECHA:	14/12/2020			
Wm*b-1	3453.00		Volumen	944.00
CALICATA		CDP-01		
BUESTRA		M-1		
<b>MÁXIMAS</b>				
Vs*m*b (1)		5094.00		
Vs*m*b (2)		5098.00		
<b>MÍNIMAS</b>				
Ws*m*b (1)		4752.00		
Ws*m*b (2)		4755.00		
D máxima (1)		1.73		
D máxima (2)		1.73		
D mínima (1)		1.37		
D mínima (2)		1.37		
<b>DENS. MÁXIMA</b>		1.73		
<b>DENS. MINIMA</b>		1.37		



**FRANKLIN RANGEL  
GOMEZ SAPALLANAY  
INGENIERO CIVIL  
ESPECIALISTA EN SUELOS  
Reg. CIP N° 137831**

📍 Mza. Q' Lote 14 Agrupación Pachacamac Sector 4 Tera Etapa - Villa el Salvador
✉ cormaxlaboratorio@gmail.com
☎ 981 845 842

Fuente: CORMAX S.A.C.