

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA SISTEMAS DE AGUA
POTABLE Y ALCANTARILLADO – APLICACIÓN
ESQUEMA DEL DISTRITO DE SAN ANTONIO DE
HUARACHIRÍ - SECTOR 129”**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

FRANCISCO CCOYLLO VALENTE

Lima- Perú

2015

DEDICATORIA

Con amor a la memoria de mi Madre

Quien forjo mis valores y acompaña mi Vida

A mi Padre por sus consejos y ejemplo de trabajo constante

Y a mi esposa la mujer que me impulsa

Con su fuerza y amor en Dios.

INDICE

RESUMEN	3
LISTA DE CUADROS	4
LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS	6
INTRODUCCIÓN	7
CAPÍTULO I : GENERALIDADES	8
1.1 ASPECTOS GENERALES	8
1.2 OBJETIVOS	8
1.3 UBICACIÓN	9
1.4 ACCESIBILIDAD	9
1.5 CONFORMACION URBANA	10
1.6 CONDICIONES CLIMATICAS	10
1.7 CARACTERISTICAS HIDROGRAFICAS	11
CAPÍTULO II : ASPECTOS TEÓRICOS EN LOS ESTUDIOS GEOTÉCNICOS	12
2.1 GEOLOGIA REGIONAL	12
2.1.1 Geomorfología	12
2.2 LITROESTRATIGRAFIA	13
2.3 PROCESOS GEODINAMICOS	15
2.3.1 Geodinámica Interna	15
2.3.2 Geodinámica Externa	17
2.4 INVESTIGACIONES DE CAMPO	17
2.5 ENSAYOS DE LABORATORIO EN SUELO Y ROCA	20
2.6 ANALISIS GEOTECNICO DE LAS CIMENTACIONES	21
2.7 ANALISIS GEOTECNICO DE RESERVORIO PROYECTADO	23
CAPÍTULO III: INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA – APLICACIÓN ESQUEMA DEL DISTRITO SAN ANTONIO DE HUAROCHIRÍ - SECTOR 129	27
3.1 CARACTERISTICAS DE LAS OBRAS DEL SECTOR 129	27
3.2 EXPLORACIONES MEDIANTE CALICATAS	27
3.3 ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR	29
3.4 DENSIDAD DE CAMPO – METODO DEL ANILLO	30
3.5 RESULTADOS DE LABORATORIO DE SUELO Y ROCA	31
3.6 ZONIFICACION DEL AREA EN ESTUDIO	35

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISEÑO GEOTÉCNICO	37
4.1 CALCULO PARA LA CAPACIDAD PORTANTE DE CISTERNA PROYECTADA CP-01 (V=500m ³)	37
4.2 CALCULO PARA LA CAPACIDAD PORTANTE DEL RESERVORIO ELEVADO PROYECTADO REP-01 (V=150m ³)	39
CONCLUSIONES	43
RECOMENDACIONES	45
BIBLIOGRAFÍA	47
ANEXOS	

RESUMEN

Llevar agua y desagüe a quienes no lo tienen no es solamente cuestión de inversión e infraestructura, sino también un compromiso social y de vital importancia para la población. Poder contar con los servicios básicos de agua potable y alcantarillado, es una necesidad muy importante a cubrir en nuestro país, es por eso que se busca llevar a cabo proyectos que me permitan contar con estos servicios primordiales, en sectores que todavía no cuentan con redes de agua potable y alcantarillado, ó que necesiten realizar mejoramientos o ampliaciones de las redes existentes.

Los estudios geotécnicos para este tipo de obras son de gran importancia para la identificación de las características geológicas geotécnicas del lugar, establecer los parámetros adecuados de los suelos y rocas para el diseño de las estructuras de concreto, así también las características del terreno para la construcción de las estructuras no lineales.

LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 1: Parámetros de Zonificación Sísmica	15
Cuadro N° 2: Calicatas en Líneas de Agua ó Desagüe ó Estructura	28
Cuadro N° 3: Calicatas Para el Reservorio Elevado REP-01	29
Cuadro N° 4: Ensayo de SPT para Cisterna Proyectada CP-01	29
Cuadro N° 5: Registro del Ensayo SPT en la Cisterna Proyectada (CP-01)	29
Cuadro N° 6: Compacidad Relativa de la Arena	30
Cuadro N° 7: Ensayos de Densidad de Campo	31
Cuadro N° 8: Resultado de Laboratorio de Suelos	31
Cuadro N° 9: Resultado del Ensayo de Corte Directo	32
Cuadro N° 10: Resultados de Análisis Químicos	32
Cuadro N° 11: Elementos Químicos Nocivos para la Cimentación	33
Cuadro N° 12: Cuadro de Densidades	33
Cuadro N° 13: Valores de Parámetros de Resistencia en el Área de Estudio	34
Cuadro N° 14: Angulo de Fricción mediante Correlaciones	34
Cuadro N° 15: Cuadro de Ncor vs Modulo de Elasticidad	35
Cuadro N° 16: Resumen de Propiedades Físicas, Resistentes y Descripción Petrográfica de la Roca del REP-01	35
Cuadro N° 17: Relación de Estaciones Geomecánica	39
Cuadro N° 18: Clasificación del Macizo rocoso por el método RMR de Bieniawski	40
Cuadro N° 19: Agrupación por Tipo de Roca	40
Cuadro N° 20: Coeficiente de Reducción Nm en función de la calidad del Macizo rocoso	41
Cuadro N° 21: Capacidad Admisible del Macizo Rocosos	42

LISTA DE FIGURAS

Figura. N° 1: Imagen del Distrito de San Antonio de Huarochirí, que es uno de los 32 distritos de la Provincia de Huarochirí.	9
Figura. N° 2: En la imagen se muestra la ruta para acceder a la zona de estudio desde la Av. Ramiro Prialé.	10
Figura. N° 3: En la imagen se muestra la Quebrada Huaycoloro.	11
Figura. N° 4: Ubicación de la Quebrada Huaycoloro en el distrito de San Antonio de Huarochiri.	13
Figura. N° 5: Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú.	16
Figura. N° 6: Excavación manual a cielo abierto (calicata).	18
Figura. N° 7: Ejecución del Ensayo de Penetración Estándar (SPT).	19
Figura. N° 8: Valuación Geomecánica de Bieniawski	25
Figura. N° 9: Correlaciones N-Dr y N- ϕ	34

LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS

SIMBOLOS

Qda:	Quebrada
Qp-al:	Deposito Aluvial Antiguo
Z:	Factor de Zona
S:	Factor de amplificación del suelo
Tp (S):	Periodo que define la Plataforma del espectro

SIGLAS

SPT:	Ensayo de Penetración Estándar
CP-01:	Cisterna Proyectada
REP-01:	Reservorio Elevado Proyectado
LL:	Limite Liquido
LP:	Limite Plástico
IP:	Índice de Plasticidad
RMR:	Rock Mass Rating
INGEMMET:	Instituto Geológico Minero y Metalúrgico

INTRODUCCIÓN

Actualmente se han realizado y si vienen realizando en diferentes ciudades del Perú, estudios geotécnicos para los proyectos de Agua Potable y Alcantarillado, debido a su importancia ya que en muchos rincones del País no cuentan con estos servicios básicos ó que debido al aumento de la población y la antigüedad de sus instalaciones, necesitan el mejoramiento y ampliación de sus redes de agua potable y alcantarillado. No solamente en el Perú existen estas carencias sino que también en otros países y es responsabilidad de las empresas ligadas al estado o de empresas privadas poder hacer realidad la ejecución de estos proyectos.

El Informe de Investigación del proyecto para el sistema de Agua potable y alcantarillado en la aplicación Esquema del Distrito de San Antonio de Huarochiri – Sector 129, está en la etapa de la culminación. Se debe mencionar que el sector 129 corresponde a unos de los 7 sectores del proyecto general “Ampliación de Sistema de Agua Potable y Alcantarillado (Esquema Cajamarquilla, Nieveria y Cerro Camote), distrito de Lurigancho y San Antonio de Huarochiri”.

La información de campo ha sido recopilada, lo que permitirá poder realizar las siguientes actividades:

- Geología local de la zona en estudio.
- Reconocimiento de los suelos encontrados en las exploraciones de campo.
- Clasificación de las muestras obtenidas en las exploraciones de campo.
- Zonificación de los suelos, que de acuerdo a Sedapal, existen solo tres tipos de suelos (suelo tipo I, suelo Tipo II y suelos Tipo III).
- Análisis de cimentación de las líneas proyectadas y estructuras hidráulicas proyectadas.
- Conclusiones y Recomendaciones al estudio realizado.

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1 ASPECTOS GENERALES

En Lima es Sedapal que se encarga de contribuir a mejorar la salud de la población y la calidad de vida, a través de la construcción de nuevos sistemas de agua potable, disposición de excretas, y del mejoramiento de calidad de los servicios existentes. Asimismo contribuir al uso adecuado de servicios de agua y saneamiento sostenibles, adoptando las mejores prácticas de higiene, mejorando las capacidades de la comunidad y otras organizaciones responsables en administración, operación y mantenimiento de los sistemas, e implementando el esquema institucional y los mecanismos necesarios para la sostenibilidad. De esta manera, a través del proyecto “Ampliación del Esquema de Agua Potable y alcantarillado de San Antonio de Huarochirí” se ha proyectado el diseño de obras de agua potable (reservorios, cisterna, estación de bombeo, líneas de aducción e impulsión de agua y conexiones domiciliarias) y obras de alcantarillado (colectores principales, secundarios, líneas de rebose, cámaras de bombeo de desagüe y conexiones domiciliarias).

1.2 OBJETIVOS

Objetivo Principal

Establecer las pautas para la ejecución de estudios geotécnicos en proyectos de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado, los mismos que se aplicarán al proyecto de saneamiento del Sector 129 (conformado por 17 habilitaciones) incluido en el esquema del distrito de San Antonio de Huarochirí.

Objetivos Específicos

1. Realizar el estudio geotécnico para la evaluación de las características geológicas- geotécnicas del terreno para el emplazamiento de las estructuras proyectadas.
2. Determinar la geología local sobre la que se situarán las estructuras proyectadas como reservorios, cisternas, línea de impulsión, línea de conducción, colector, etc., y redes secundarias con conexiones domiciliarias de agua potable y alcantarillado.
3. Realizar la zonificación por tipos de suelo, para el emplazamiento de las estructuras no lineales.

1.3 UBICACIÓN:

Políticamente, la zona de estudio se encuentra ubicada, en el departamento de Lima, provincia de Huarochirí y distrito de San Antonio de Huarochiri, a una altitud aproximada de 400 m.s.n.m aproximadamente.

El distrito de San Antonio de Huarochirí es un distrito de la provincia de Huarochirí, situado en la parte oeste de la provincia de Huarochirí entre las coordenadas geográficas siguientes latitud Sur: 11°38'44" y 12°00'56" y latitud oeste: 77°00'07" y 76°35'52".

Los Límites del esquema son:

Por el Norte : Provincia de Huarochiri

Por el Sur : Distrito de Ate

Por el Este : Provincia de Huarochiri

Por el Oeste : Distrito de San Juan de Lurigancho

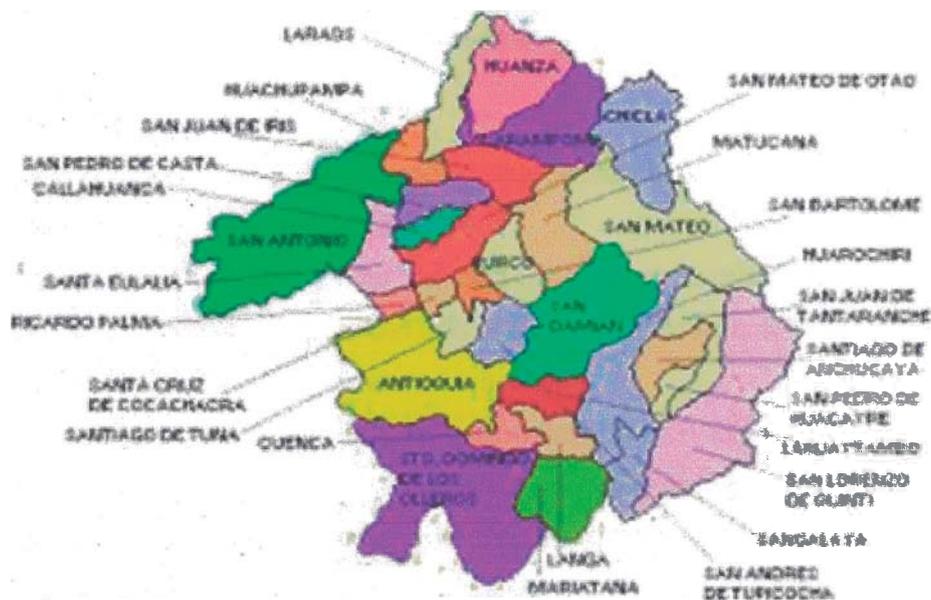
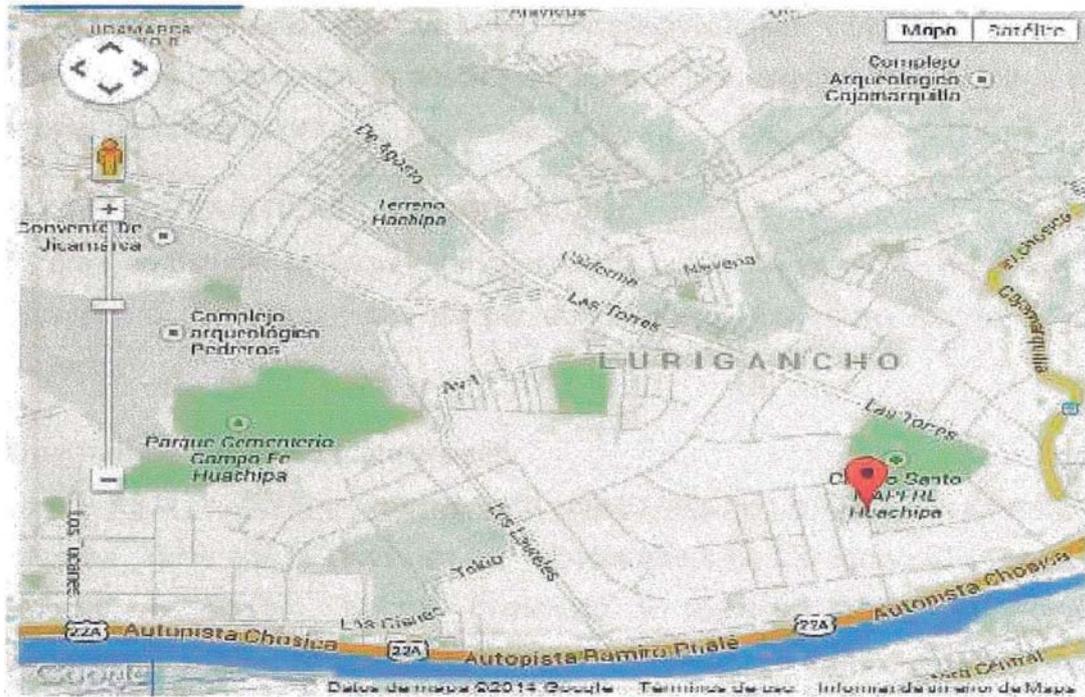


Figura. N° 1: Imagen del Distrito de San Antonio de Huarochirí, que es uno de los 32 distritos de la Provincia de Huarochirí.

1.4 ACCESIBILIDAD

Se accede a la zona de Estudio desde Lima, siguiendo la Avenida Ramiro Prialé, tal como se muestra en figura N° 1.



Fuente: Google Maps.

Figura. N° 2: En la imagen se muestra la ruta para acceder a la zona de estudio desde la Av. Ramiro Prialé.

1.5 CONFORMACIÓN URBANA:

El distrito de San Antonio de Huarochiri fue creado políticamente con la ley N° 10161 de fecha 05 de enero de 1945.

Este distrito tiene una superficie de 563.59 kilómetros cuadrados, tiene una población según el último censo del año 2007 se encuentran 4,516 habitantes en el distrito de san Antonio provincia de Huarochirí.

El área de la zona de estudio tiene una superficie de 2.61 kilómetros cuadrados. La zona de estudio, está ubicada a la margen derecho del Río Huaycoloro. En los últimos años, este distrito ha soportado un crecimiento poblacional que facilitó su expansión urbana no planificada y que incluye el asentamiento de viviendas al pie del cerro.

1.6 CONDICIONES CLIMÁTICAS:

El clima en este Distrito se caracteriza en 2 principales:

En la altura.- Templado Húmedo, con invierno y verano templado con predominación de lluvias en los meses de Diciembre a Marzo y presenta un cielo despejado en los meses de Abril a Noviembre.

Fuente: Atlas del Perú. IGN. 1987

En la parte baja colindante con Lima.- Templado Húmedo, con invierno y verano con predominación de lluvias desde los meses de junio a diciembre despejado los meses de Enero a Junio.

1.7 CARACTERÍSTICAS HIDROGRÁFICAS:

El área en estudio se encuentra influenciada por la presencia de la quebrada Huaycoloro (Jicamarca), que es por donde el río Huaycoloro recorre en su trayecto.

Quebrada Huaycoloro (Jicamarca):

La quebrada Huaycoloro pertenece a la cuenca baja del río Rímac, en su margen derecha. Tiene sus orígenes en las inmediaciones de los cerros Río Pampas, Concho, Huaycoloro, Mecro, Chinchilco y Majada Larga, entre otros, pertenecientes a las estribaciones andinas en el flanco occidental de la cordillera Occidental, sobre los 3500 msnm de altitud, alimentándose con las precipitaciones pluviales que caen en la cuenca de recepción. La quebrada Huaycoloro (Jicamarca) toma esta denominación luego de la confluencia de las quebradas Huaycoloro y Río Seco, en la parte inferior de su cuenca. Está quebrada en épocas de intensas precipitaciones puede originar fenómenos de movimiento en masa como flujos de lodo que llegan hasta su desembocadura al río Rímac.

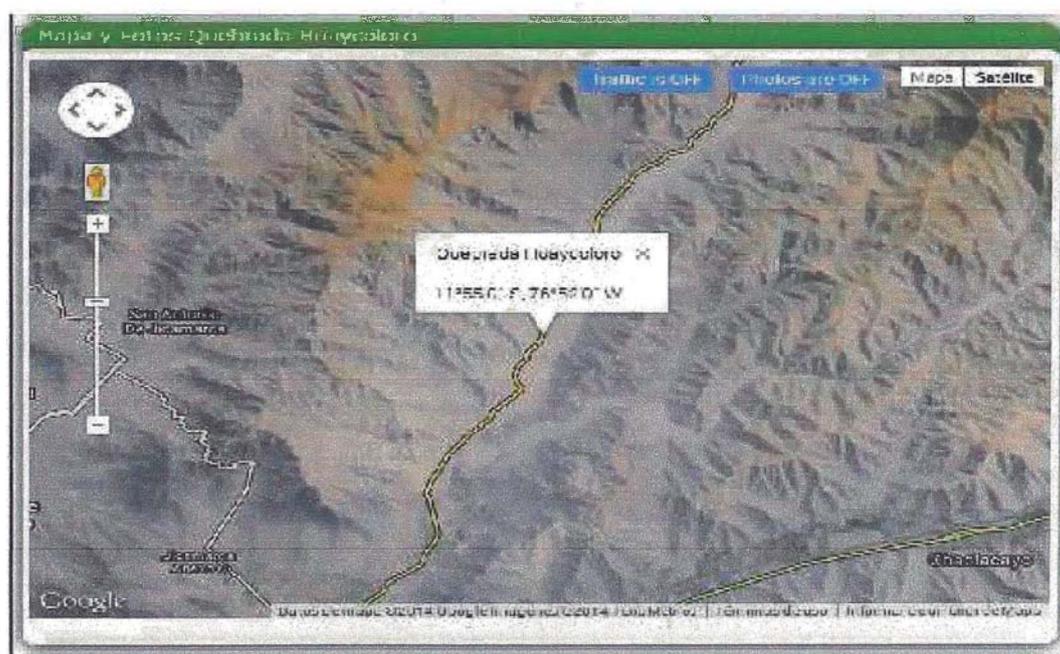


Figura. N° 3: En la imagen se muestra la Quebrada Huaycoloro.

CAPÍTULO II : ASPECTOS TEÓRICOS EN LOS ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

2.1 GEOLOGÍA REGIONAL

La evaluación geológica regional del trazado del área directa, indirecta, reservorios y obras generales proyectadas fue documentada de los estudios geológicos realizados por el INGEMMET. Boletín N°43 de la Serie A; cuadrángulos de Chosica (Hoja 24-j).

2.1.1 Geomorfología

Posee un relieve variado que es el resultado de los procesos tectónicos y plutónicos ocurridos en la zona; así mismo, a la actividad geodinámica que ha modelado los rasgos morfoestructurales de la zona. Fueron reconocidos las siguientes unidades geomorfológicas: valles, quebradas. Por otra parte, el río Huaycoloro se encuentra en la parte baja del área en estudio (Sector 129).

Valles

La unidad geomorfológica involucrada en los reservorios y obras generales proyectadas comprende al Valle, cuyos afluentes son riachuelos que descienden por las quebradas en periodos de lluvias. Están compuestos por sedimentos aluviales, con diferentes espesores, de estratos de limos, arenas y gravas.

Quebradas

Unidad geomorfológica representada a manera de surco o depresión con desembocadura en el cauce del Río Rímac; su estructura estratigráfica localizada en sus márgenes está compuesta por sedimentos aluviales, de limos, arenas, gravas pobremente gradadas y gravas bien gradadas; éstas se presentan en forma de estratos superpuestos hacia la superficie de la terraza.

Una de las quebradas más importantes en la zona de estudio, lo constituye la Qda. Jicamarca (Huaycoloro), perteneciente a la cuenca baja del río Rímac, en su margen derecha; que en épocas de intensas precipitaciones ocasionan fenómenos de movimiento en masa como flujos de lodo.

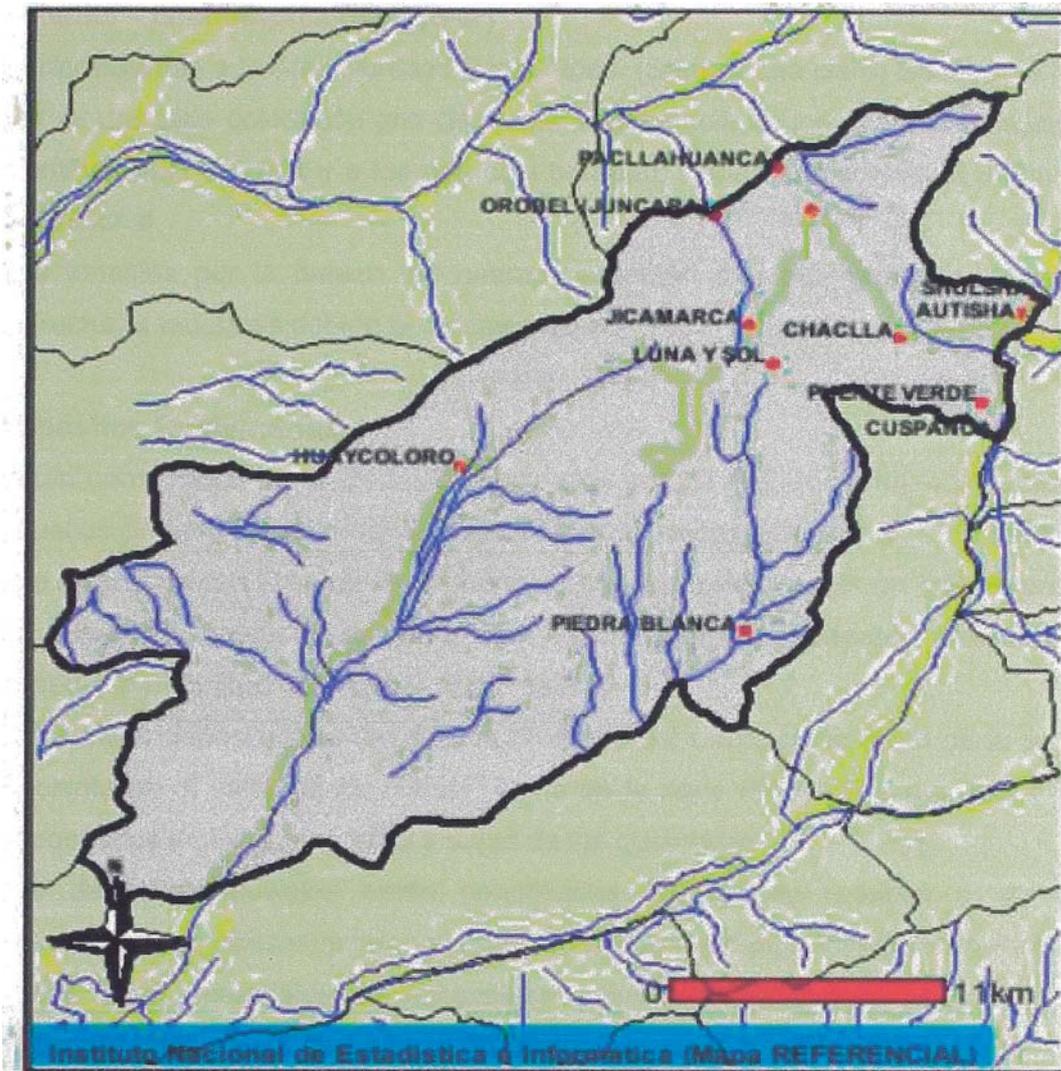


Figura. N° 4: Ubicación de la Quebrada Huaycoloro en el distrito de San Antonio de Huarochiri.

2.2. LITOESTRATIGRAFÍA

Podemos identificar a continuación se describen las unidades litológicas cartografiadas en el área de estudio:

Afloramiento Rocoso

Rocas Intrusivas

Corresponden a cuerpos subvolcánicos de intrusiones tempranas y a cuerpos plutónicos que constituyen el batolito de la costa; así como algunas intrusiones subvolcánicas menores de emplazamiento posterior. Se encuentran aledañas al ámbito de estudio el siguiente tipo de roca intrusiva: **Tonalita-diorita (Ks-tdi-sr)**, que se describe a continuación:

Tonalita – Granodiorita (Ks-tgd-sr)

Pertenecientes a la Súper-unidad Santa Rosa. (Santa Rosa claro) Se caracteriza por su marcada coloración gris clara que la diferencia de los cuerpos tonalítico-dioríticos más oscuros y a los que casi bordean; siendo sus contactos en parte transicional.

Las tonalitas por la dureza del cuarzo presentan una topografía aguda, con estructuras tabulares debido al diaclasamiento.

Depósitos Cuaternarios

Están constituidos por materiales acarreados por los ríos que forman terrazas y aquellos provenientes de las quebradas formando depósitos de flujo de detritos que se encuentran al borde de los cerros. Estos depósitos tienen un área extensa en superficie, presentando diferencias en composición y espesor propios del origen y la magnitud del transporte del evento.

Entre estos depósitos se tiene a los Aluviales del Cuaternario, tanto de la serie Reciente en el valle del río Rímac, como de la serie Pleistocena que han sido depositados en las partes altas y bajas de las quebradas.

Los depósitos aluviales están constituidos por cantos rodados y gravas heterométricas, con matriz areno-limoso que ocupa el cauce actual del río Rímac. Todos estos materiales se encuentran intercalados formando paquetes de diferentes grosores y se aprecia en terrazas y antiguos conos de deyección. Se identifica el siguiente depósito aluvial:

Depósitos Aluviales Antiguos (Qp-al)

Estos se encuentran formando el cono de deyección del río Rímac ostentando espesores del orden de decenas de metros, sobre los que se asientan los centros urbanos. El principal depósito aluvial pleistocénico lo constituye el antiguo cono aluvial del río Rímac, donde se asienta la ciudad de Lima.

Litológicamente comprende conglomerados, contenido de cantos polimícticos y rocas especialmente intrusivas y volcánicas, gravas subangulosas, arenas con diferentes granulometrías y en menor proporción limos y arcillas. Todos estos materiales se encuentran intercalados formando paquetes de grosores considerables.

2.3 PROCESOS GEODINÁMICOS:

2.3.1 Geodinámica Interna

El Perú es uno de los países de América del Sur con mayor actividad sísmica en el mundo, debido al proceso de subducción de la placa oceánica (Nazca), bajo la placa continental (Sudamericana). Este proceso genera una constante acumulación de energía que se libera en forma de terremotos de moderada a alta intensidad, los que resultan catastróficos

Zonificación Sísmica:

La actividad sísmica del área se relaciona con la subducción de la placa oceánica bajo la placa continental sudamericana.

Se debe tener presente que un movimiento sísmico puede desencadenar caída de rocas y derrumbes en los sectores escarpados de las colinas y laderas de pendiente media y empinada, especialmente en aquellos sectores afectados por diaclasamiento o una intensa meteorización.

De acuerdo al Nuevo Mapa de Zonificación Sísmica del Perú, según la nueva Norma Sismo Resistente (NTE E-030) y del Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú, presentado por el Dr. Alva Hurtado (1984), el cual se basó en isosistas de sismos peruanos y datos de intensidades puntuales de sismos históricos y sismos recientes; se concluye que el área en estudio se encuentra dentro de la Zona de alta sismicidad (Zona 3), existiendo la posibilidad de que ocurran sismos de intensidades tan considerables como VIII y IX en la escala Mercalli Modificada.

Se recomienda adoptar en los Diseños Sismo-Resistentes para las obras lineales, obras no lineales como son reservorios y obras menores, los siguientes parámetros, según lo siguiente:

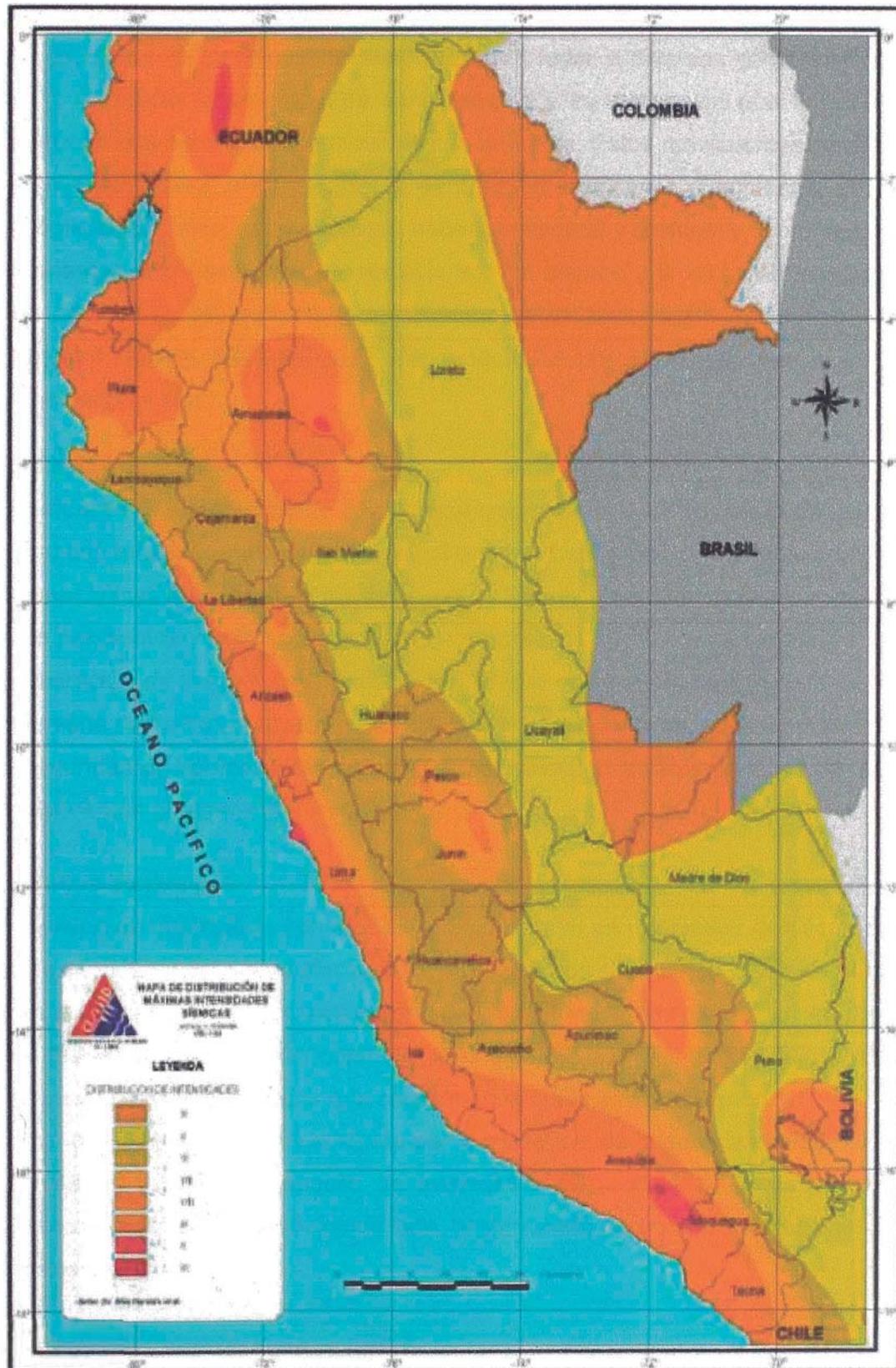
Cuadro N° 1: Parámetros de Zonificación Sísmica

TIPO DE SUELO	Z	S	Tp(S)
Limos y Arenas	0.4	1.40	0.90
Gravas, Roca	0.4	1.00	0.40

(Z) Factor de zona

(S) Factor de amplificación del suelo

(Tp) Periodo que define la Plataforma del espectro



2.3.2 Geodinámica Externa

Los procesos de geodinámica superficial dan lugar a diversas geoformas que están sometidas a procesos de intemperismo y meteorización que finalmente conducen a la ocurrencia de movimientos en masa. Estos movimientos en masa están relacionados a los siguientes parámetros intrínsecos (Santacana, 2001): litología, pendientes, geomorfología, cobertura vegetal y drenaje; y como agentes detonantes intervienen: las precipitaciones, los sismos y la actividad antrópica, que afectan la infraestructura establecida en la zona como: viviendas y la Carretera Central, principalmente. En general, las principales características de estos peligros son:

A. Caídas de rocas:

Considera el desprendimiento del material que conforma una ladera (rocas, tierra o ambos), teniendo como causa principal la gravedad terrestre y las características geomecánicas que posee el substrato rocoso. Estos eventos ocurren en zonas de altas pendientes y están asociados al fracturamiento, grado de meteorización y a la alteración de los macizos rocosos. Por lo que en la etapa constructiva de los reservorio como de los accesos se deberá prever estas condiciones y garantizar la seguridad de las viviendas y familias emplazadas en las laderas, a pie de talud y adyacentes al reservorio.

B. Flujos de detritos

Consisten en una colada con elevada concentración de materiales detríticos que se mueven hacia los valles afectando a los suelos con mezclas de materiales finos y en mayor proporción materiales gruesos, conteniendo gran cantidad de agua que facilita su propagación como un solo cuerpo. En general, los flujos están circunscritos a las quebradas que conforman la cuenca del río Rímac.

La zona de estudio está influenciada por la presencia de la quebrada Huaycoloro (Jicamarca), la que en épocas de intensas y extraordinarias precipitaciones desencadena importantes flujos de lodo, ocasionando huaycos e inundaciones en la parte baja de la cuenca.

2.4 INVESTIGACIONES DE CAMPO

Se deberán de realizar las exploraciones de campo en la ubicación de las líneas de redes secundarias y principales de colectores, líneas de impulsión, estructuras proyectadas, que se complementaran con ensayos de laboratorio, a fin de obtener las principales características físicas y propiedades índice del suelo, sus propiedades de

agresividad química y realizar las labores de gabinete en base a los resultados obtenidos se podrá definir los perfiles estratigráficos y las recomendaciones generales para la cimentación de las estructuras proyectadas.

2.4.1 Exploraciones mediante Calicatas

Se realizaran excavaciones manuales a cielo abierto o propiamente dicho mediante calicatas, en donde las profundidades de exploración de cada calicata dependerán de la profundidad donde se ubicaran las líneas de redes de agua potable y desagüe o de la estructura proyectada.

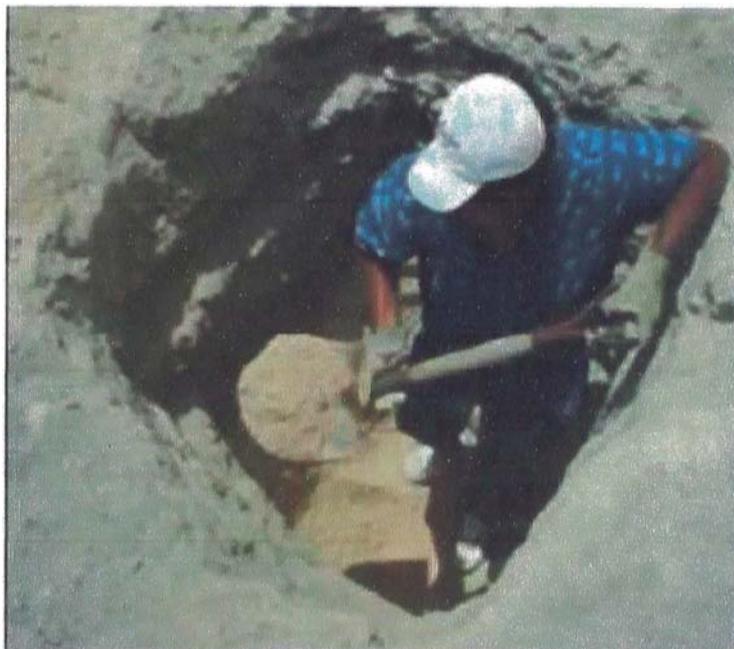


Figura. N° 6: Excavación manual a cielo abierto (calicata).

2.4.2 Ensayo de Densidad de Campo

Con la finalidad de conocer la densidad natural del suelo en estudio, se deberán de realizar ensayos de densidad de campo, mediante el método del anillo, que se puede aplicar en materiales finos.

El método del anillo se basa en la norma ASTM D2937 (Peso Unitario).

La densidad se obtiene mediante un anillo que tiene un diámetro y una altura conocida, entonces podremos obtener el volumen, a continuación para obtener la muestra se debe introducir el anillo en la pared de la calicata a la profundidad que se quiere obtener la densidad, luego se procede a sacar el anillo y a enrazar para solo utilizar la muestra que está dentro del anillo, a continuación la muestra se pesa y se divide entre el volumen para obtener la densidad natural del suelo a una determinada profundidad.

2.4.3 Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

El Ensayo de Penetración Estándar es el método de ensayo in-situ ampliamente usado para determinar las condiciones de compresibilidad y resistencia de los suelos. Este ensayo permite medir la resistencia a la penetración de un muestreador y al mismo tiempo permite obtener muestras para ser ensayadas en el laboratorio.

El procedimiento del Ensayo de Penetración Estándar (SPT) está indicado en la norma ASTM D-1586. Este ensayo consiste en hincar sobre el suelo un muestreador de caña partida cuya parte inferior está unida a un anillo cortante o zapata y la parte superior a una válvula y pieza de conexión a la línea de perforación. El muestreador tiene un diámetro externo de 51 mm y un diámetro interno de 35 mm. Para el hincado se utiliza un martillo de 63.50 Kg. De peso que se deja caer libremente desde una altura de 76 cm. La longitud de hincado es de 450 mm en tres intervalos de 150 mm y se descarta el primer tramo por encontrarse en material disturbado.



Figura. N° 7: Ejecución del Ensayo de Penetración Estándar (SPT).

2.5 ENSAYOS DE LABORATORIO EN SUELO Y ROCA

Para la clasificación de muestras de suelos inalteradas o alteradas, se deberá de realizar la Clasificación de los materiales, para ello se ha utilizado los Sistemas SUCS y AASHTO, como también se ha obtenido el porcentaje de humedad natural, LL., LP, IP.

Ensayos de propiedades físicas de los materiales, Análisis Químico de Cloruros, Sulfatos y pH.

DESCRIPCION DE LOS ENSAYOS EN LABORATORIO:

2.5.1 Análisis Granulométrico por Tamizado: NTP 339.127 (ASTM D2216)

Consiste en determinar el tamaño promedio de los granos que conforman la masa de suelo, en el laboratorio se realiza este ensayos con el material desde 0.0745 mm (Nº200) hasta de 3".

2.5.2 Contenido de Humedad Natural: NTP 339.127 (ASTM D2216)

Es la determinación de la cantidad de agua presente en la muestra, comparada con respecto a su peso seco, nos sirve para obtener la humedad in-situ del momento en el cual se realizaron las exploraciones geotécnicas, debido al efecto importante que tiene este contenido de agua en la influencia de la resistencia mecánica. Límites de Consistencia

2.5.3 Límites de Consistencia (LL, LP, IP): NTP 339.129 (ASTM D4318)

El límite Líquido y Plástico, consiste en determinar el contenido de agua en la muestra que son los límites entre los estados líquido-plástico y plástico-no plástico. El ensayo se realiza con el material menor a la malla Nº40.

2.5.4 Ensayo de Corte Directo: NTP 339.71 (ASTM D3080)

La cohesión de un suelo y su ángulo de fricción interna, componentes del esfuerzo de corte del mismo, pueden obtenerse por medio del aparato de corte directo ideado por Arthur Casagrande.

2.5.5 Análisis Físico – Químico de Suelos:

- Sulfato Soluble – NTP 339.178 – 2002
- Cloruro Soluble – NTP 339.177 – 2002
- Sales Solubles Totales - NTP 339.152 – 2002

2.5.6 Ensayo de Compresión Simple en la Roca: ASTM D2938

Consiste en aplicar a los especímenes de roca cargas axiales, sin confinamiento. Los especímenes son generalmente cilindros de 2.5 a 7.5cm de diámetro y altura igual a dos diámetros.

2.5.7 Ensayo de Carga Puntual en la Roca: ASTM D5731-02

Consiste en determinar los índices de resistencia Franklin (en compresión diametral) y Louis (en compresión axial) de la roca.

2.5.8 Ensayo de Propiedades Físicas en la Roca: ASTM D2216-02 (Densidad, Porosidad, Absorción, Peso Específico)

Las propiedades físicas de las rocas nos permiten encuadrar a una roca dentro de un grupo cuyas propiedades mecánicas sean similares.

2.6 ANALISIS GEOTECNICO DE LAS CIMENTACIONES

2.6.1 Capacidad Portante Admisible

La metodología a seguir para determinar la capacidad de carga admisible, se realizó en base a la fórmula de Terzaghi y Peck (1967), con los parámetros de Vesic (1971). La ecuación propuesta por los autores es la siguiente:

$$q_{ul} = S_c * C * N_c + 1/2 * S_\tau * \delta_1 * B * N_\tau + S_q * \delta_2 * D_f * N_q \dots (1)$$

$$q_{ad} = q_{ul} / F.S.$$

Donde:

q_{ul} = capacidad última de carga en kg/cm².

Q_{ad} = capacidad portante admisible en kg/cm².

F.S. = factor de seguridad = 3

δ = peso específico total.

B = diámetro de la cimentación en mt

D_f = profundidad de la cimentación.

N_c, N_τ, N_q = parámetros que son función de ϕ

S_c, S_τ, S_q = factores de forma.

C: = cohesión en (kg/cm²)

2.6.2 Asentamientos Inmediatos

Los asentamientos inmediatos, se realizaron mediante las metodologías de Harr (1966) y en base a la teoría de la elasticidad de Lambe y Whitman, 1964. Las ecuaciones propuestas son descritas a continuación

Según Harr (1966)

Para el caso de una cimentación superficial perfectamente flexible ($D_f \approx 0$) y la presencia de un estrato de espesor considerable ($H \rightarrow \infty$) que se comporta de acuerdo a la teoría de la elasticidad., el asentamiento se expresa:

$$S_e = \frac{Bq_o}{E_s} (1 - \mu_s^2) \frac{\alpha}{2} \quad \text{(Esquina de la cimentación flexible)}$$

$$S_e = \frac{Bq_o}{E_s} (1 - \mu_s^2) \alpha \quad \text{(Centro de la cimentación flexible)}$$

Donde:

S_e = Asentamiento elástico

H = Espesor del estrato del suelo

q_o = Carga uniformemente repartida

E_s = Módulo de elasticidad del suelo

μ_s = Relación de Poisson del suelo

B = Ancho de la cimentación

L = Longitud de la cimentación

Además:

$$\alpha = \frac{1}{\pi} \left[\ln \left(\frac{\sqrt{1 + m_1^2} + m_1}{\sqrt{1 + m_1^2} - m_1} \right) + m \ln \left(\frac{\sqrt{1 + m_1^2} + 1}{\sqrt{1 + m_1^2} - 1} \right) \right]$$

$$m_1 = L / B$$

Las propiedades elásticas del suelo de cimentación fueron asumidas a partir de tablas publicadas con valores para el tipo de suelo existente donde irá desplantada la cimentación.

Segun Lambe y Whitman, 1964.

El asentamiento inmediato ó instantáneo de la cimentación en base a la teoría de la elasticidad :

$$S = \frac{\Delta q_s B (1 - u^2)}{E_s} \text{If}$$

dónde:

S = asentamiento inmediato (cm)

Δq_s = esfuerzo neto transmisible (kg/cm²)

B = ancho de cimentación (cm)

E_s = módulo de Elasticidad (kg/cm²)

ν = relación de Poisson

I_f = factor de influencia que depende de la forma y la rigidez de la cimentación

2.7 ANALISIS GEOTECNICO DE RESERVORIO PROYECTADO

Debido a que la estructura del reservorio se ubica sobre roca, para un correcto análisis se requiere aplicar las teorías de la mecánica de rocas, por lo tanto la metodología seguida y la teoría empleada son descritas en los subsiguientes ítems:

2.7.1 Evaluación Geomecánica

Para realizar la valoración geomecánica se usó la clasificación geomecánica RMR de Bieniawski del año 1989, que es aceptada por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM), la cual establece seis parámetros para evaluar la caracterización del macizo; los cinco primeros parámetros nos da como resultado una valuación básica del macizo, que posteriormente se corregirá con los valores de orientación de las familias principales, con lo cual obtendremos el RMR final de clasificación, determinando así el tipo de roca presente en la zona trabajada.

Para llevar a cabo una evaluación geomecánica del macizo rocoso sobre la que se emplazará el reservorio se realizó el mapeo geomecánico en el área de afloramiento de roca observada en donde se pretende hacer la construcción del mismo, para poder determinar cuantitativamente las características geomecánicas de los sistemas de fracturamiento.

Clasificación RMR de Bieniawski (1989)

Este método de clasificación RMR "Rock Mass Rating", fue propuesto por Bieniawski en base a sus trabajos realizados en macizos rocosos. Este método se basa en el análisis de los siguientes parámetros:

- 1.-Resistencia a la compresión simple de la matriz rocosa.
- 2.-R.Q.D. Grado de fracturación del macizo rocoso.
- 3.-Espaciado de las discontinuidades.
- 4.-Condiciones de las discontinuidades, el cual consiste en considerar los siguientes parámetros:

- Abertura de las caras de la discontinuidad.
- Continuidad o persistencia de la discontinuidad.
- Rugosidad.
- Alteración de la discontinuidad.
- Relleno de las discontinuidades.

5.-Presencia del Agua, en un macizo rocoso, el agua tiene gran influencia sobre su comportamiento, la descripción utilizada para este criterio son: completamente seco, húmedo, agua a presión moderada y agua a presión fuerte.

6.-Orientación de las discontinuidades.

Para obtener el Índice RMR de Bieniawski se realiza lo siguiente:

- Se suma los 5 variables o parámetros calculados, eso da como resultado un valor índice (RMR básico).
- El parámetro 6 que se refiere a la orientación de las discontinuidades respecto a la excavación.

VALUACIÓN GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKI, 1989)

PARAMETROS DE VALUACIÓN								
1	RESISTENCIA DE LA ROCA	Carga Puntual	> 10 MPa	4 - 10 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa	Sin Rango	
		Compresión Simple	> 250 MPa	100 - 250 MPa	50 - 100 MPa	25 - 50 MPa	5 - 25 MPa	1 - 5 MPa
	Valuación	15	12	7	4	2	1	0
2	RQD	100% - 90%	90% - 75%	75% - 50%	50% - 25%	< 25%		
	Valuación	20	17	13	6	3		
3	ESPACIAMIENTO (m.)	> 2.0	2.0 - 0.6	0.6 - 0.2	0.2 - 0.06	< 0.06		
	Valuación	20	15	10	8	5		
4	CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES	PERSISTENCIA (m.)	< 1.0	1.0 - 3.0	3.0 - 10	10 - 20	> 20	
		Valuación	6	4	2	1	0	
		ABERTURA (mm.)	0	< 0.1	0.1 - 1.0	1.0 - 5.0	> 5.0	
		Valuación	6	5	4	1	0	
		RELLENO	Ninguno	Duro (< 5 mm)	Duro (> 5 mm)	Blando (< 5 mm)	Blando (> 5 mm)	
		Valuación	6	4	2	1	0	
		RUGOSIDAD	Muy Rugoso	Rugoso	Algo rugoso	Lisa	Con estrías	
		Valuación	6	5	3	1	0	
		ALTERACIÓN	Completamente Alterado	Muy Alterado	Alterado	Poco Alterado	Fresco / Sano	
		Valuación	6	5	3	1	0	
5	AGUA SUBTERRÁNEA	Caudal por 10 m. de tunel	Nulo	< 10 l/s	10 - 25 l/s	25 - 125 l/s	> 125 l/s	
		Estado General	Seco	Ligeramente Húmedo	Húmedo	Goteando	Fluyendo	
	Valuación	15	10	7	4	0		
CORRECCION POR ORIENTACIÓN DE DISCONTINUIDADES								
DIRECCIÓN Y BUZAMIENTO		Muy Favorable	Favorable	Medio	Desfavorable	Muy Desfavorable		
VALORACIÓN PARA	Túneles	0	-2	-5	-10	-12		
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25		
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60		

Fig. N°8: Valuación Geomecánica de Bieniawski

CALCULO DEL RQD

Permite la obtención de un índice, que es un valor cuantitativo que representa la calidad del macizo rocoso. Depende indirectamente del número de fracturas y del grado de la alteración del macizo rocoso. Cuando no se dispone de testigos de perforación y se desea determinar el RQD en campo de un macizo rocoso, se puede utilizar la siguiente fórmula, propuesta por Hudson, 1989.

$$RQD = 100 \cdot e^{-0.1\lambda} (0.1\lambda + 1)$$

Donde λ es la frecuencia media de discontinuidades por metro

CAPITULO III: INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA – APLICACIÓN ESQUEMA DEL DISTRITO SAN ANTONIO DE HUAROCHIRÍ – SECTOR 129

3.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS OBRAS DEL SECTOR 129

Las Obras proyectadas tales como líneas de impulsión, línea de colector, reservorio y cisterna proyectada, se detallan de la siguiente manera:

Línea de Impulsión entre CP-01 y REP-01:

Línea de impulsión entre la cisterna proyectada CP-01 y el reservorio elevado proyectado REP-01 de una longitud promedio de 1 176m, tubería de hierro dúctil HD K9.

Línea de Colector Las Torres

Línea de colector Las Torres, que para el sector para el sector 129 tendrá una longitud promedio de 2 800m, tubería HDPE, con diámetros que varían de 450mm, 600mm y 750mm.

Cisterna Proyectada CP-01

Se tiene proyectado construir una cisterna denominada CP-01, el cual tendrá un volumen de 500 m³, será de concreto armado, la cimentación será una losa cuadrada de 10m de lado, con viga collarín.

Se obtendrá la capacidad portante del suelo para la cisterna proyectada, tomando en cuenta los resultados del laboratorio y el método de Terzaghi.

Reservorio Elevado Proyectado REP-01

Se tiene proyectado construir un reservorio elevado denominado REP-01, el cual tendrá un volumen de 150m³, será de concreto armado, la cimentación será una losa de concreto con viga collarín, y el diámetro será de 4 a 6m.

Se obtendrá la capacidad pórtate mediante la evaluación geomecánica del macizo rocoso.

3.2 EXPLORACIONES MEDIANTE CALICATAS

Con el fin de realizar la exploración en el sector 129, se realizaran excavaciones a cielo abierto, que fueron distribuidas en las líneas de agua potable y alcantarillado, estructuras proyectadas, con un total de 37 calicatas.

La numeración de las calicatas como se observa comienza en C-37, esto se debe a que el sector 129, corresponde a uno de los 7 sectores que conforman el Proyecto General, en donde la numeración con la calicata C-1 comienza en otro sector, es por eso que no se observara una secuencia en la numeración. Las profundidades de las excavaciones realizadas están de acuerdo a lo que se indica en el Plano de Profundidad de Colectores Proyectados (P-1).

**Cuadro N° 2: Calicatas en Línea de Agua ó Desagüe ó Estructura
SAN ANTONIO DE HUAROCHIRI – SECTOR 129**

Calicata	Prof. (m)	N.F (m)	Línea de Agua ó Desagüe, ó Estructura
C-37	3.00	--	Colector
C-38	3.00	--	Colector
C-39	4.00	--	Colector
C-40	4.00	--	Colector
C-41	6.00	--	Colector
C-42	4.00	--	Colector Las Torres
C-43	5.80	--	Colector Las Torres
C-44	6.00	--	Colector Las Torres
C-45	6.00	--	Colector Las Torres
C-46	6.00	--	Colector Las Torres
C-47	6.00	--	Colector Las Torres
C-48	4.00	--	Colector Las Torres
C-49	4.00	--	Colector Las Torres
C-50	8.00	--	Colector Las Torres
C-51	10.00	--	Colector Las Torres
C-52	10.00	--	Colector Las Torres
C-132	2.50	--	Línea de Impulsión
C-133	3.00	--	Línea de Impulsión
C-134	3.00	--	Línea de Impulsión
C-201	1.30	--	Línea de Impulsión
C-202	3.00	--	Línea de Impulsión
C-203	0.80	--	Línea de Impulsión
C-204	3.00	--	Línea de Impulsión
C-205	1.30	--	Línea de Impulsión
C-206	1.20	--	Línea de Impulsión
C-207	3.00	--	Línea de Impulsión
C-1/CP-01	5.50	--	Cisterna Proyectada CP-01
C1/RS71	2.50	--	Red Secundaria / Habilitación 71
C1/RS78	2.00	--	Red Secundaria / Habilitación 71
C1/RS80	3.00	--	Red Secundaria / Habilitación 80
C2/RS80	2.50	--	Red Secundaria / Habilitación 80
C1/RS81	2.50	--	Red Secundaria / Habilitación 81
C1/RS82	3.00	--	Red Secundaria / Habilitación 82
C1/RS83	2.50	--	Red Secundaria / Habilitación 83

Cuadro N° 3: Calicatas Para el Reservorio Elevado REP-01

Calicata	Prof. (m)	N.F (m)	Estructura
C-01/REP-1	0.80	--	Reservorio Elevado Proyectado REP-01
C-02/REP-1	0.80	--	
C-03/REP-1	0.80	--	

3.3 ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR

En la ubicación para la estructura que corresponde a la cisterna proyectada CP-01, se realizó 2 ensayos de penetración estándar:

Cuadro N° 4: Ensayo de SPT para Cisterna Proyectada CP-01

SPT	Prof. (m)	N.F (m)	Estructura
SPT-4/CP-01	4.40	--	Cisterna Proyectada (CP-01)
SPT-5/CP-01	5.45	--	Cisterna Proyectada (CP-01)

Cuadro N° 5: Registros del Ensayo SPT en la Cisterna Proyectada (CP-01)

REGISTRO SPT – 4 / CP-01

Profundidad (m)	Numero de Golpes por cada 15 cm	Valor N spt	Compacidad
		Golpes/30cm	
1.00 – 1.15	1	4	Muy Suelta
1.15 – 1.30	2		
1.30 – 1.45	2		
2.00 – 2.15	13	30	Muy Firme
2.15 – 2.30	16		
2.30 – 2.45	14		
3.00 – 3.15	17	42	Densa
3.15 – 3.30	17		
3.30 – 3.45	25		
4.00 – 4.15	16	46	Densa
4.15 – 4.30	21		
4.30 – 4.45	25		

REGISTRO SPT – 5 / CP-01

Profundidad (m)	Numero de Golpes/15 cm	Valor N spt	Compacidad
		Golpes/30cm	
1.00 – 1.15	20	36	Densa
1.15 – 1.30	20		
1.30 – 1.45	16		
2.00 – 2.15	14	40	Densa
2.15 – 2.30	16		
2.30 – 2.45	24		
3.00 – 3.15	16	23	Muy Firme
3.15 – 3.30	12		
3.30 – 3.45	11		
4.00 – 4.15	8	26	Muy Firme
4.15 – 4.30	7		
4.30 – 4.45	19		
5.00 – 5.15	10	23	Muy Firme
5.15 – 5.30	12		
5.30 – 5.45	11		

Cuadro N° 6: Compacidad Relativa de la Arena.

Numero de Golpes del SPT	Compacidad Relativa
0 – 4	Muy Suelta
5 -10	Suelta
11 – 20	Firme
21 – 30	Muy Firme
31 – 50	Densa
MAS DE 50	Muy Densa

Fuente: Pag 45, Cap3: Ensayo de Penetración Estándar, “Seminario Taller de Mecánica de Suelos y Exploración Geotécnica”

3.4 DENSIDAD DE CAMPO – MÉTODO DEL ANILLO

Para conocer la densidad natural del suelo, se ha realizado el ensayo de densidad de campo, con el método del anillo. Estas densidades se realizaron en las siguientes calicatas y a diferentes profundidades, tal como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 7: Ensayos de Densidades de Campo

Densidad	Calicata/Prof.	Wh (gr)	V. Anillo (cc)	γ_H (gr/cc)	SUCS
D-19	C-207 (2.50)	107	55.79	1.89	ML
D-35	C-202 (2.00)	99	55.79	1.75	SM
D-36	C-1/CP-01 (2.50)	98	55.79	1.73	SM
D-41	C-1/CP-01 (3.50)	93	55.79	1.64	SP

3.5 RESULTADOS DE LABORATORIO DE SUELO Y ROCA

A continuación se muestra el siguiente cuadro con los resultados de clasificación de suelos y de análisis químico.

Cuadro N° 8: Resultados de Laboratorio de Suelos

CALICATA	MUESTRA	PROF.	W%	L.L	L.P	I.P	SUCS	DESCRIPCION
C-37	M-3	1.50 – 3.00	8.58	20	NP	NP	SM	ARENA LIMOSA
C-39	M-1	0.70 – 4.00	3.92	-	NP	-	SW-SM	ARENA BIEN GRADADA CON LIMO Y GRAVA
C-40	M-1	1.50 – 4.00	1.23	-	NP	-	SW-SM	ARENA BIEN GRADADA CON LIMO
C-43	M-2	2.50 – 3.70	9.23	17	NP	NP	ML	LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD
C-44	M-4	4.50 – 6.00	12.65	20	NP	NP	ML	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD CON ARENA
C-46	M-2	2.70 – 6.00	10.03	-	NP	-	SM	ARENA LIMOSA
C-48	M-1	1.20 – 4.00	13.79	22	NP	NP	ML	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD CON ARENA
C-49	M-3	2.40 – 4.00	11.35	17	NP	NP	ML	LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD
C-50	M-1	0.50 – 8.00	8,47	18	NP	NP	SM	ARENA LIMOSA
C-51	M-7	5.70 -10.00	1,37	-	NP	-	GW	GRAVA BIEN GRADADA CON ARENA
C-52	M-1	3.00 – 7.80	5,38	-	NP	-	SM	ARENA LIMOSA
C133	M-1	0.20 – 3.00	6,49	23	16	7	CL-ML	ARCILLA LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD
C134	M-2	0.60 – 3.00	6,49	23	16	7	ML	LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD
C201	M-1	0.00 – 2.00	11,19	18	NP	NP	ML	LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD
C204	M-1	1.40 – 3.00	1,4	-	NP	-	SM	ARENA LIMOSA
C207	M-3	0.80 – 3.00	10,75	23	NP	NP	ML	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD CON ARENA
C-1/CP-01	M-5	2.60 – 5.50	1.1	NP	NP	NP	SP	ARENA MAL GRADADA CON GRAVA
SPT-5/CP-01	M-1	0.00 – 4.00	2.45	NP	NP	NP	SW-SM	ARENA BIEN GRADADA CON LIMO
SPT-5/CP-01	M-2	4.00 – 5.45	20.50	20	NP	NP	ML	LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD
SPT-4/CP-01	M-1	0.00 – 4.40	8.75	NP	NP	NP	SM	ARENA LIMOSA
C-1/RS78	M-3	1.60 – 2.00	1,82	-	NP	-	GP – GM	GRAVA POBREMENTE GRADA CON LIMO Y ARENA
C-1/RS80	M-2	2.00 – 3.00	2,28	-	NP	-	SP – SM	ARENA POBREMENTE GRADADA CON LIMO
C-2/RS80	M-2	0.70 – 2.50	14,57	18	NP	NP	ML	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD
C-1/RS83	M-3	1.30 – 2.50	29,96	41	28	13	ML	LIMO DE BAJA PPLASTICIDAD

Cuadro N° 9: Resultado del Ensayo de Corte Directo

CALICATA	MUESTRA	PROF. (M)	SUCS	DESCRIPCION	ϕ	C (kg/cm ²)
C1/CP-01	M-5	2.60 – 5.50	SP	Arena mal gradada con grava	36.0	0.00

Cuadro N° 10: Resultados de Análisis Químicos

Calicata	Muestra	Prof. (m)	Sales Solubles	Cloruros	Sulfatos (ppm)	pH	C.E (dS/m)
			(ppm)	(ppm)			
C-45	M-2	2.50 – 6.00	327.00	44.52	73.30	7.48	--
C50	M- 1	0.50 – 8.00	226.80	37.57	41.30	--	--
C202	M-1	0.00 – 3.00	--	80.94	43.81	8.18	0.46
C-1/CP-01	M-3	1.00 – 2.10	269.10	46.54	57.92	7.23	0.27
C-3/REP-1	M-1	0.00 – 0.60	25,080.00	4,128.02	893.07	8.41	25.08
C1 RS78	M-3	1.60 – 2.00	253.50	25.86	72.10		--
C1 RS81	M-1	2.00 – 2.50	14,490.00	490.02	2746.51	--	--

El suelo bajo en el cual se cimienta toda estructura tiene un efecto agresivo a la cimentación. Este efecto está en función de la presencia de elementos químicos que actúan sobre el concreto y el acero de refuerzo, causándole efectos nocivos y hasta destructivos sobre las estructuras (sulfatos y cloruros principalmente).

Sin embargo, la acción química del suelo sobre el concreto sólo ocurre a través del agua subterránea que reacciona con el concreto; de ese modo el deterioro del concreto ocurre bajo el nivel freático, zona de ascensión capilar ó presencia de agua infiltrado por otra razón (rotura de tuberías, lluvias extraordinarias, inundaciones, etc.).

Los principales elementos químicos a evaluar son los sulfatos y cloruros por su acción química sobre el concreto y acero del cimiento respectivamente. En el siguiente cuadro se presentan los rangos de valores permisibles para el suelo.

CUADRO N° 11: ELEMENTOS QUIMICOS NOCIVOS PARA LA CIMENTACIÓN			
Presencia en el Suelo de :	p.p.m	Grado de Alteración	OBSERVACIONES
* SULFATOS	0 – 1000	Leve	
	1000 – 2000	Moderado	Ocasiona un ataque químico al
	2000 – 20,000	Severo	concreto de la cimentación
	>20,000	Muy severo	
* CLORUROS	> 2,000	PERJUDICIAL	Ocasiona problemas de corrosión de armaduras o elementos Metálicos
SALES SOLUBLES	> 15,000	PERJUDICIAL	Ocasiona problemas de pérdida de resistencia mecánica por problema de lixiviación
* Reglamento Nacional de Edificación			

De los resultados de Laboratorio Químico, obtenido de diferentes muestras, los valores de sulfato y cloruro se encuentran dentro del rango permisible, a excepción de una muestra obtenida de la calicata C-1/RS81 en donde los sulfatos se encuentran en un rango de alteración severo. Se recomienda por lo tanto utilizar como cemento el Tipo I para todas las estructuras proyectadas menos en el sector de la calicata C-1/RS81 en donde se deberá utilizar cemento tipo V.

De los resultados de laboratorio químicos observamos que los valores de pH son mayores al punto neutro de 7, lo que indica que el suelo no presenta elementos ácidos que puedan atacar al concreto.

De los resultados de conductividad eléctrica que se realizaron en 3 muestras, estos dieron valores bajos a excepción de la muestra en la C-3/REP-01, en donde se obtuvo un valor de 25.08 dS/m, por lo que el material donde se ubica el REP-01 es un buen medio conductor de la corriente eléctrica.

En la ubicación del REP-01 los valores de cloruros están por encima de los rangos permisibles.

Cuadro N° 12: Cuadro de Densidades

Sondaje / Sector	Prof.	SUCS	Descripción	γ_d max (gr/cm ³)	γ_d min (gr/cm ³)	DR (%)	γ_d (gr/cm ³)
SPT-4/CP-01 / Sector 129-Nieveria	0.00 – 4.40	SM	Arena Limosa	1.65	1.15	68	1.45
SPT-5/CP-01/ Sector 129-Nieveria	0.00 – 4.00	SW-SM	Arena bien gradada con limo	1.80	1.39	57	1.59

A través de N_{SPT} correlacionado con la curva propuesta por Terzaghi – Peck según figura 9. Los resultados obtenidos son presentados en el cuadro 12.

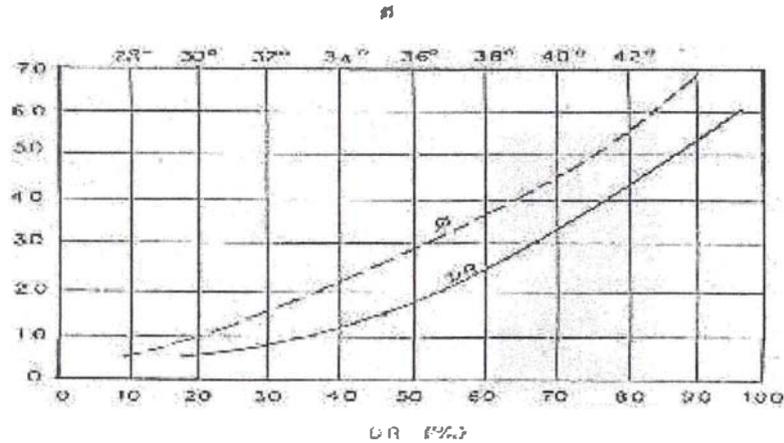


FIG. 1 CORRELACIONES N-DR Y N-φ
TERZAGHI - PECK

Fig. N° 9

Cuadro N° 13: Valores de Parámetros de Resistencia en el Área de Estudio

Sector	Sondaje / Sector	Prof.	SUCS	Tipo de Ensayo	Angulo de Fricción
129-Nieveria	SPT-4	0.00 – 4.40	SM	SPT	36°
129-Nieveria	SPT-5	0.00 – 4.00	SW-SM	SPT	34.5°

También podemos conseguir el ángulo de fricción a partir de la correlación con el número de penetración estándar corregido. Peck, Hanson y Thornburn (1974) proporcionan una correlación entre N_{cor} y ϕ en forma gráfica, que puede ser aproximada como (Wolff, 1989).

$$\phi \text{ (grados)} = 27.1 + 0.3N_{cor} - 0.00054 (N_{cor})(N_{cor})$$

Donde $N_{cor} = C_n N_f$

N_{cor} = valor de N corregido

C_n = factor de corrección = $\sqrt{1/\sigma'_v}$, Liao y Whitman (1986)

N_f = valor de N obtenido en el campo

Realizando los cálculos para obtener el ángulo de fricción, se tiene lo siguiente

Cuadro N° 14: Angulo de Fricción mediante Correlaciones

Sondaje	Prof.(m)	N	C_n	N_{cor}	Angulo de Fricción
SPT-4	1.45	4	1.97	7.9	29.4
SPT-4	2.45	30	1.52	45.5	39.6
SPT-4	3.45	42	1.28	53.7	41.7
SPT-5	1.45	36	2.03	73.0	46.1
SPT-5	2.45	40	1.56	62.4	43.7
SPT-5	3.45	23	1.31	30.2	35.7
SPT-5	4.45	26	1.16	30.1	35.6

Como se puede observar el Angulo de fricción que se obtiene de las correlaciones mediante el Ncor, nos da valores mayores a los obtenidos de la correlación de Terzaghi y Peck, y del ensayo de corte directo. Por lo tanto utilizaremos el ángulo de fricción que se obtuvo de la correlación de Terzaghi y Peck.

Cuadro N° 15: Cuadro de Ncor vs Modulo de Elasticidad

Ncor	En arenas		Angulo de Fricción Interna	E (kg/cm ²)
	Descripción	Compacidad Relativa		
0 – 4	Muy Floja	0 – 15	28	100
5 – 10	Floja	16 – 35	28 – 30	100 – 250
11 – 30	Media	36 – 65	30 – 36	250 – 500
31 – 50	Densa	66 – 85	36 – 41	500 – 1000
>50	Muy densa	86 – 100	>41	>1000

Obtenido de la pág. 175 del Libro de Mecánica de Suelos y Cimentaciones de Crespo Villalaz.

Del cuadro N°12, en donde se indica que la densidad relativa obtenida del ensayo SPT varia de 57 a 68%, y que si comparamos con el Cuadro N°15, tenemos que la compacidad del suelo varia de media a densa.

Cuadro N° 16: Resumen de Propiedades Físicas, Resistentes y Descripción Petrográfica de la Roca del REP-01

RESERVORIO	DENSIDAD (gr/cm ³)	POROSIDAD (%)	ADSORCION (%)	PESO ESPECIFICO(KN/m ³)	RESISTENCIA CARGA PUNTUAL(C.P) (Mpa)	RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE	PETROGRAFIA
REP-01	2.96	0.62	0.21	28.98	87.70	81.90	R. Plutónica Tonalita.

3.6 ZONIFICACIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO

De las exploraciones realizadas en el estudio de investigación del sector 129 del distrito de San Antonio de Huarochiri, permitió zonificar en 3 sectores al área en estudio, que corresponden a suelos del Tipo I (suelo normal), Tipo II (semirocoso) y Tipo III (rocoso).

EL Sector 129 está conformado por 17 habilitaciones (Asentamientos, Asociaciones, Cooperativas).

En la parte de anexos se presentan dos planos:

Plano de Ubicación de Calicatas y Registros de Calicatas (PU-01), donde se muestra la ubicación de las exploraciones geotécnicas, registros y su respectiva leyenda.

Plano de Tipo de Suelo (Zonificación) – (PZ-01), se observan los 3 tipos de suelos mencionados. La zonificación de los tipos de suelos se realizó en base a las exploraciones geotécnicas ejecutadas, resultados de laboratorio de suelos y de la exploración visual en campo, que permitió poder reconocer y delimitar los tipos de suelos encontrados.

El tipo de suelo que más predomina es el suelo Tipo I (suelos normal) con un porcentaje del 95.65%, el suelo tipo II y tipo III tienen un porcentaje del 1.51% y 2.84% respectivamente.

En la etapa de excavaciones se podrá realizar taludes de corte hasta cierta profundidad y combinarlos con entibamiento dependiendo del tipo de suelo encontrado.

Para las excavaciones en suelos de granulometría fina, con clasificación SP, SM, SP-SM, ML, se tendrá lo siguiente:

Para una profundidad de excavación h menor a 2.00m no será necesario entibar las paredes, con una relación de $H:V = 1:3$. Para h mayor a 2m y menor a 5m, se tendrá que entibar las paredes por debajo de los 2m. Y para h mayor a 5m, se recomienda entibar toda la pared de la excavación.

Para excavaciones en material de grava bien gradada (GW) o grava mal gradada con arena (GP-GM), se tendrá lo siguiente:

Para una profundidad de excavación h menor a 2.50m no será necesario entibar las paredes, con una relación de $H:V = 1:2.5$. Para h mayor a 2.5m y menor a 5m, se tendrá que entibar las paredes por debajo de los 2.5m. Y para h mayor a 5m, se recomienda entibar toda la pared de la excavación.

También se presentan en la parte de los anexos los laboratorio, fotos y descripción visual de las excavaciones manuales.

CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISEÑO GEOTÉCNICO

4.1 CALCULO PARA LA CAPACIDAD PORTANTE DE CISTERNA PROYECTADA CP-01 (V=500m³)

Profundidad de cimentación

Tomando en cuenta las exploraciones de campo, los ensayos de laboratorio, registros estratigráficos, características de la estructura a construir y esfuerzos que transmitirá al suelo de fundación la estructura proyectada, se recomienda cimentar sobre el material de arena limosa (SM) ó arena mal gradada (SP), de compacidad muy firme, a una profundidad de $D_f=5.00\text{m}$ con respecto al nivel natural del terreno.

Parámetros de Resistencia

Los parámetros de resistencia del suelo, se han determinado en función a los ensayos especiales realizados a la muestra obtenida del Ensayo de Penetración Estándar y a partir de las correlaciones N-DR y N- ϕ , Terzaghi – Peck obtenida de las muestras de los SPT4/CP-01 y SPT-5/CP-01.

Utilizaremos el valor del ángulo de fricción de 34.5° :

$$C = 0.00\text{kg/cm}^2 \text{ y } \phi = 34.5^\circ$$

Considerando un posible efecto de falla local tenemos:

$$\phi = \text{Arctg} (2/3 * \text{tg} (34.5^\circ))$$

$$\phi = 24.6^\circ$$

$$C = 2/3(0.00)$$

$$C = 0.00$$

Luego trabajaremos:

$$\text{Cohesión} \quad : C = 0.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Angulo de fricción} \quad : \phi = 24.6^\circ$$

$$\delta_n = 1.72 \text{ gr/cm}^3 \text{ (Valor promedio de la densidad maxima del SPT-4 y SPT-5)}$$

Según Terzaghi y Peck:

$$q_{ul} = S_c * C * N_c + 1/2 * S_\tau * \delta_1 * B * N_\tau + S_q * \delta_2 * D_f * N_q \quad \dots (1)$$

$$q_{ad} = q_{ul} / F.S.$$

Donde:

$$q_{ul} \quad = \text{capacidad última de carga en kg/cm}^2.$$

$$q_{ad} \quad = \text{capacidad portante admisible en kg/cm}^2.$$

$$F.S. \quad = \text{factor de seguridad} = 3$$

δ : = peso específico total.

B : = diámetro de la cimentación en mt

Df. : = profundidad de la cimentación.

N_c, N_τ, N_q : = parámetros que son función de ϕ

S_c, S_τ, S_q : = factores de forma.

C: = cohesión en (kg/cm²)

Platea Cuadrada Cisterna Proyectada CP-01:

C = 0.00 (kg/cm²)

$\phi = 24.6^\circ$

FS = 3

Df = 5.00 m

$N_c = 20.15$

$S_c = 1.51$

B = 10.00 m

$N_\tau = 10.28$

$S_\tau = 0.60$

$\delta_1 = 1.72 \text{ gr/cm}^3$

$N_q = 10.22$

$S_q = 1.46$

$\delta_2 = 1.72 \text{ gr/cm}^3$

De (1) se tiene :

$q_{ul} = 18.10 \text{ kg/cm}^2$

$q_{ad} = 6.04 \text{ kg/cm}^2$

Segun Lambe y Whitman, 1964.

El asentamiento inmediato ó instantáneo de la cimentación en base a la teoría de la elasticidad

$$S = \frac{\Delta q_s B (1-u^2) I_f}{E_s}$$

dónde:

S = asentamiento inmediato (cm)

Δq_s = esfuerzo neto transmisible (kg/cm²)

B = ancho de cimentación (cm)

E_s = módulo de Elasticidad (kg/cm²)

u = relación de Poisson

I_f = factor de influencia que depende de la forma y la rigidez de la cimentación

Calculo Para Losas:

Cálculos:

$q_o = 1.45 \text{ kg/cm}^2$

$$E_s = 600 \text{ kg/cm}^2$$

$$\mu_s = 0.3$$

$$B = 1000 \text{ cm.}$$

$$I_f = 1.12$$

$$S = 2.46 \text{ cm} < 1'' = 2.54 \text{ cm (que es el asentamiento permisible) OK}$$

Luego la capacidad portante admisible del suelo para el CP-01, será de 1.45 kg/cm².

4.2 CALCULO PARA LA CAPACIDAD PORTANTE DEL RESERVORIO ELEVADO PROYECTADO REP-01 (V=150m³)

Como parte de las investigaciones de campo, se realizaron exploraciones a cielo abierto que consistió en realizar 3 calicatas que se muestran en el cuadro N° 3.

La roca encontrada corresponde a una roca plutónica Tonalita.

4.2.1 ESTACIONES GEOMECÁNICAS

Con el propósito de caracterizar el macizo rocoso donde se proyecta emplazar el reservorio elevado REP-01, se realizó la estación geomecánica para poder determinar cuantitativamente las características geomecánicas de los sistemas de fracturamiento.

Se realizó una estación geomecánica, donde su ubicación es presentada en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 17: Relación de Estaciones Geo mecánicas

CODIGO DE RESERVORIO	ESTACION GEOMECANICA	CORDENADAS	
REP-01	EG-01	E:289479	N:8672385

Para determinar las propiedades físicas, mecánicas y química de la roca presente en el área de estudio, se realizaron ensayos de laboratorio de acuerdo con las recomendaciones de las Normas de la American Society for Testing and material (ASTM) y la ISRM.

Los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio fueron presentados en el cuadro N° 16.

Los formatos de campo de la Estación Geomecánica se presentan en los anexos.

RESULTADOS

Después de hacer las valuaciones respectivas, y después realizar las correcciones por orientación de discontinuidades, se ha obtenidos la clasificación del macizo rocoso en base al RMR final, también ha permitido calcular los valores del ángulo

de fricción y cohesión del macizo rocoso donde se proyecta cada estructura y clasificar la calidad del macizo rocoso. En el siguiente cuadro se presentan el resultado de la evaluación del macizo rocoso

Cuadro N° 18: Clasificación del Macizo Rocosos por el Método RMR de BIENIAWSKI (1989)

RESERVORIO	ESTACIÓN	BIENIAWSKI						
		RMR _b	RMR _c	RMR _f	TIPO DE ROCA	CLASE DE ROCA	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	COHESIÓN (MPa)
REP-01	EG-01	58	58	51	Regular	III	25-35	0.2-0.3

4.2.2 CAPACIDAD ADMISIBLE DEL MACIZO ROCOSO

Se determinaron la capacidad del macizo rocoso empleando varios criterios, los cuales son presentados a continuación:

Criterio de la Geotechnical Society (1978) y Criterio AASHTO (1996)

Ambas metodologías calculan la capacidad de la roca mediante la siguiente relación:

$$q_u = N_{ms} \times u_c$$

Dónde:

q_u = Capacidad ultima del macizo rocoso

N_{ms} = Coeficiente de reducción en función de la calidad del macizo rocoso.

U_c = Resistencia a la compresión simple de la roca intacta

Cuadro N° 19: Agrupación por Tipo de Roca

GRUPO DE ROCAS				
A	B	C	D	E
Caliza	Arcillita	Conglomerado	Andesita	Anfibolita
Carbonita	Filita	Arenisca	Diabasa	Gabro
-	Limolita	Cuarcita	-	Gneiss
-	Esquisto	-	-	Granito
-	Pizarra	-	-	Cuarzo-Diorita
-	-	-	-	Sienita

Cuadro N° 20: Coeficientes de Reducción N_{ms} en Función de la Calidad del Macizo Rocoso

RMR	COFICIENTE DE REDUCCION				
	A	B	C	D	E
100	3.8	4.3	5.0	5.2	6.1
85	1.4	1.6	1.9	2.0	2.3
65	0.28	0.32	0.38	0.4	0.46
44	0.049	0.056	0.066	0.069	0.081
23	0.015	0.016	0.019	0.02	0.024

Criterio de Hoek (1995)

Para determinar la resistencia a la compresión utiliza la siguiente relación:

$$\sigma_{cs} = \sqrt{S} \sigma_c$$

Dónde:

σ_{cs} =Resistencia a la compresión del macizo rocoso

σ_c =Resistencia a la compresión simple de la roca intacta

S=Constante que depende la naturaleza de la roca

$$s = e^{\left(\frac{RMR - 100}{6}\right)}$$

Para roca alterada (RMR-100)/6

Para no dañada por voladura (RMR-100)/9

Criterio de Comprobación

$$q_{adm} < 0.33 \cdot f_c$$

$$f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

$$q_{adm} < 69.3 \text{ Kg/cm}^2$$

Se han realizado las evaluaciones de la capacidad portante admisible del reservorio proyectado REP-01, los resultados son presentados en el siguiente cuadro para un factor de seguridad de FS=3. Los valores de la capacidad admisible por lo general son elevados, por lo que se ha tomado los siguientes criterios para adoptar el valor de la capacidad admisible a utilizar:

-De acuerdo a las condiciones de sitio, reservorios proyectados en corte de talud y/o reservorios ubicados en cumbre.

-En razón de dar un valor que no reduzca en demasía las dimensiones de las estructuras.

Cuadro N° 21: Capacidad Admisible del Macizo Rocos

Reservorio	AASHTO Kg/cm²	Hoek Kg/cm²	Valor a Emplear Kg/cm²
REP-01	14	45	6.0

Las tuberías transmitirán cargas muy por debajo de la capacidad admisible del suelo de fundación, sin embargo, en la parte de recomendaciones se detalle los puntos a tomar en cuenta para las excavaciones y proceso constructivo.

CONCLUSIONES

- El presente informe busca establecer las pautas para la ejecución de estudios geotécnicos en proyectos de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado, los mismos que se aplicarán al proyecto de saneamiento del Sector 129 que pertenece al esquema del distrito de San Antonio de Huarochirí.

- A continuación en el informe se realizara la evaluación de las características geológicas- geotécnicas del terreno, así como determinar la geología local sobre la que se situarán las estructuras proyectadas, las redes de agua potable y alcantarillado. Y realizar la zonificación por tipos de suelos encontrados que se obtendrá de las exploraciones geotécnicas.

- El distrito de San Antonio de Huarochirí es un distrito de la provincia de Huarochirí, situado en la parte oeste de la provincia de Huarochirí entre las coordenadas geográficas siguientes latitud Sur: 11°38'44" y 12°00'56" y latitud oeste: 77°00'07" y 76°35'52".
Los Límites del esquema son:
Por el Norte : Provincia de Huarochiri
Por el Sur : Distrito de Ate
Por el Este : Provincia de Huarochiri
Por el Oeste : Distrito de San Juan de Lurigancho

- Para poder cubrir la zona del área de investigación, fue necesario realizar 37 exploraciones a cielo abierto con una profundidad de investigación de hasta 10m, 2 ensayos de penetración estándar SPT en la ubicación de la estructura proyectada de la cisterna CP-01, que alcanzaron una profundidad de investigación de 5.45m.

- La posibilidad de licuación de suelos, queda descartado porque no corresponde a masas de arena uniforme suelta, y además teniendo en cuenta que el nivel freático no ha sido detectado en ninguno de los puntos de investigación auscultados en el suelo durante la etapa de exploración.

- Se determinó la capacidad de carga admisible para la cisterna proyectada (CP-01), que se cimentara en un depósito de arena limosa (SM) ó arena mal gradada (SP), obteniéndose una $q_{ad} = 1.45 \text{ kg/cm}^2$.

- Se determinó la capacidad de carga admisible para el reservorio elevado proyectado (REP-01), que se cimentara sobre la roca, obteniéndose una $q_{ad} = 6.00 \text{ kg/cm}^2$.

- De los resultados de análisis químicos se encontró que mayoritariamente los sulfatos y cloruros no superan los valores permisibles, por lo tanto se podrá utilizar el cemento tipo I, para la preparación del concreto, a excepción del sector de la calicata C-1/RS81 en donde se deberá utilizar cemento tipo V.

De los resultados de laboratorio químicos observamos que los valores de pH son mayores al punto neutro de 7, lo que indica que el suelo no presenta elementos ácidos que puedan atacar al concreto.

De los resultados de conductividad eléctrica que se realizaron en 3 muestras, estos dieron valores bajos a excepción de la muestra en la C-3/REP-01, en donde se obtuvo un valor de 25.08 dS/m, por lo que el material donde se ubica el REP-01 es un buen medio conductor de la corriente eléctrica.

- Con respecto a los tipos de terreno con fines de excavación en el área se ha zonificado en suelos Tipo I, Tipo II y Tipo III. Siendo el suelo Tipo I (conformado arena limosa, limo arenoso, arena mal gradada, arcilla arenosa), con un porcentaje del 95.65%, el suelo tipo II (conformado por cantos y boleos de tamaño promedio mayores a 12") y tipo III (conformado por la roca) tienen un porcentaje del 1.51% y 2.84% respectivamente.

RECOMENDACIONES

- En aquellos sectores donde se presenta material de relleno, se recomienda cimentar siempre sobre el suelo natural.

En aquellos sectores donde exista mayor potencia de este material removido se recomienda realizar un mejoramiento del suelo por debajo del nivel de colocación de las líneas de colector, impulsión, etc.

Se deberá tomar en cuenta el peso de la tierra sobre la tubería, el desplazamiento lateral de la tubería como consecuencia de la presión natural del suelo de relleno.

-Se deberá de reponer el pavimento, manteniendo la misma estructura encontrada.

- Las zanjas excavadas respetaran alineación, cotas de fondo, pendientes, ángulos de desvíos, y especificaciones.

El fondo de las zanjas deben de limpiarse, eliminando piedras, afloramientos rocosos, bolones de material arcillosos, piedras tipo bolonerías y cualquier otro obstáculo

También tener especial cuidado cuando los elementos de las redes sanitarias como agua, desagüe, aguas pluviales, a fin de evitar las posibles filtraciones que puedan modificar o alterar el terreno donde se encuentra fundada la estructura.

-En toda el área de apoyo de las tuberías se procederá a re compactar, por alteraciones durante el proceso de excavaciones, debiéndose mejorar con material de préstamo agregado clasificado fino de $E=0.10$ metro y compactar con vibro apisonadores y o equipo similar para proceder con las pruebas de compactación respectivas.

- En la etapa de excavaciones se podrá realizar taludes de corte hasta cierta profundidad y combinarlos con entibamiento dependiendo del tipo de suelo encontrado.

Para las excavaciones en suelos de granulometría fina, con clasificación SP, SM, SP-SM, ML, se tendrá lo siguiente:

Para una profundidad de excavación h menor a 2.00m no será necesario entibar las paredes, con una relación de $H:V = 1:3$. Para h mayor a 2m y menor a 5m, se tendrá que entibar las paredes por debajo de los 2m. Y para h mayor a 5m, se recomienda entibar toda la pared de la excavación.

Para excavaciones en material de grava bien gradada (GW) ó grava mal gradada con arena (GP-GM), se tendrá lo siguiente:

Para una profundidad de excavación h menor a 2.50m no será necesario entibar las paredes, con una relación de $H:V = 1:2.5$. Para h mayor a 2.5m y menor a 5m, se tendrá que entibar las paredes por debajo de los 2.5m. Y para h mayor a 5m, se recomienda entibar toda la pared de la excavación.

- Se utilizara material de relleno para las zanjas y se deberá de conformar de la siguiente manera: Colocar primero una cama de apoyo que puede ser material granular de $\frac{1}{4}$ " a $\frac{1}{2}$ ". Luego se colocara la estructura que se encontrara cubierta por un material de relleno selecto que debe estar libre de desperdicios orgánicos o material compresible o destructible y que no debe tener piedras o fragmentos de piedra mayores a $\frac{3}{4}$ " en diámetro, además el material será una combinación de arena, limo y arcilla bien graduada, también el material de relleno selecto no debe ser agresivo a la estructura.

Por encima del material selecto se colocara un material seleccionado, este material utilizado en el relleno de las capas superiores que no tenga contacto con las estructuras, debiendo reunir las mismas características físicas del material selecto, con sola excepción de que puede tener piedras hasta de 6" de diámetro en un porcentaje máximo del 30%.

Se podría utilizar el material obtenido de las excavaciones cumpliendo con los requisitos para ser utilizado como material de relleno seleccionado.

- Se recomienda tener especial cuidado en todos los materiales a emplearse en la cimentación, en especial de los agregados, piedra, arena y agua, no estén contaminados con sales, sulfatos y cualquier otro elemento que sea nocivo a las estructuras.

- Se recomienda que para lograr concreto de permeabilidad baja y contrarrestar la acción de las sales solubles de sulfatos en el suelo, se debe usar una relación máxima de agua cemento de: $a/c = 0.50$.

- Se recomienda asegurar el concreto de recubrimiento, en contacto con el acero, que no este carbonatado ni contaminado de sales, por lo cual se recomienda darle un recubrimiento adicional del refuerzo a lo recomendado por las normas de concreto armado E-060. El recubrimiento debe mantenerse en todas las superficies, de ser posible incrementarlo en los bordes y esquinas.

- Para la instalación de las tuberías de hierro dúctil en donde los valores de cloruro se encuentran por encima de lo permisible, se recomienda recubrirlas con fundas exteriores de polietileno para la conveniente protección a la corrosión.

BIBLIOGRAFIA

- Braja M. Das/ Principios de Ingeniería de Cimentaciones, 4ta Ed., México, D.F., 2000.
- Consorcio Euroestudios Hytsa - “Ampliación de Sistema de Agua Potable y Alcantarillado (Esquema Cajamarquilla, Nieveria y Cerro Camote), distrito de Lurigancho y San Antonio de Huarochiri”, Lima, 2014.
- Consorcio Norte Pachacutec – “Ampliación y Mejoramiento del sistema de Agua Potable y Alcantarillado para el Macro Proyecto Pachacutec – Ventanilla”, Pachacutec – Ventanilla, Provincia del Callao, 2011.
- Vargas Delgado Manuel / Ingeniería de Cimentaciones, 2da Ed., México D.F., 1999.
- Crespo Villalaz Carlos / Mecanica de Suelos y Cimentaciones, 6ta Ed., Mexico, 2013.