

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL**

PROYECTO DE GRADO



**“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA
KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”**

POSTULANTES:

UNIV. CATAORA QUISBERT RAUL ALBERTO

UNIV. MAMANI MAMANI RUBEN

ASESOR:

Ing. Msc. VÍCTOR EDUARDO BERMEJO FRANCO

**LA PAZ - BOLIVIA
2021**



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERIA**



LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.

AGRADECIMIENTO

Agradecer infinitamente a la Facultad de Ingeniería y a la Carrera Ingeniería Civil, a los docentes por sus concejos y enseñanzas, por los valores y ética aprendidos, por la calidad humana y profesional transmitidos.

Agradecer al Ing. Msc. Víctor Eduardo Bermejo Franco, por su colaboración y facilidades brindadas para realizar los ensayos respectivos para la presente Proyecto de grado.

Al Instituto de Ensayo de Materiales de la carrera de Ingeniería Civil de la UMSA por facilitarnos utilizar los ambientes de los laboratorios de suelos, así como los equipos necesarios para poder realizar los ensayos que fueron fundamentales para obtener las características geotécnicas de la Urbanización.

A los Técnicos de laboratorio de suelos: Rene Ramos y Alvaro Huanda Fernandez que fueron de gran ayuda para nosotros y con su cooperación e infinita paciencia fueron piezas importantes en el camino que seguimos, brindándonos su apoyo e invaluable amistad.

Rubén Mamani Mamani
Noviembre, 2021

AGRADECIMIENTO

A Dios todopoderoso por darme la bendición cada día, la vida, la salud y las fuerzas para realizar este proyecto.

Agradecer al Ing. Msc. Víctor Eduardo Bermejo Franco, por el seguimiento que me brindó para realizar los ensayos respectivos para la presente Proyecto de grado.

Al Instituto de Ensayo de Materiales de la carrera de Ingeniería Civil de la UMSA por facilitarnos utilizar los ambientes de los laboratorios de suelos, así como los equipos necesarios para poder realizar los ensayos que fueron fundamentales para obtener las características geotécnicas de la Urbanización.

Por ultimo agradecer a mis compañeros y amigos de mi facultad, por el apoyo desinteresado que me brindaron.

Raul Alberto Catacora Quisbert

Noviembre, 2021

DEDICATORIA

A Dios y mi esposa Betzabe E. Cuno Mamani que con su amor y cariño cree en mis capacidades y me motiva constantemente para alcanzar mis anhelos.

Así mismo a mis padres Rufino Mamani Mamani y Simona Mamani Humerez con su apoyo moral y trabajo, me educaron y apoyaron para ser una persona de bien y empezar una nueva etapa en mi vida, muchos de mis logros se los debo a ellos.

A mi dos hijo(a) Ezequiel Bernardo Mamani Cuno y Ariadne Yancel Mamani Cuno los amores más grandes e inspiraciones de mi vida.

Rubén Mamani Mamani

Noviembre, 2021

DEDICATORIA

La inteligencia es la capacidad de adaptarse a los cambios, dedico el presente proyecto a todas las personas que tienen una meta, un sueño o un desafío, que parece inalcanzable o imposible, que quieren desfallecer o rendirse, a esas personas los aliento a seguir adelante, porque a veces la gente se siente sola porque prefiere construir muros en lugar de puentes.

Raul Alberto Catacora Quisbert

Noviembre, 2021

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

Postulante: Rubén Mamani Mamani

Correo:rubenmamani_rmm@hotmail.com

Dirección: C. Arturo Valle N° 3184 - El Alto

Cel.:78778485

Postulante: Raúl Alberto Catacora Quisbert

Correo:raulcatacora@hotmail.com

Dirección: Av. Pablo Sanchez N° 6623 - Irpavi

Cel.:73282721

RESUMEN

En la mayoría de las ciudades en las que se dictan normas de construcción, se destaca la necesidad de ejecutar una exploración de campo e investigación de laboratorio complementadas con análisis de ingeniería sobre la utilización de las propiedades físico-mecánicas e hidráulicas de los suelos.

Ahora, en el municipio de Achocalla no existe una zonificación de suelos disponible, por lo que este proyecto de grado pretende elaborarla y que esté disponible para la Zona: Ñacawi Callipampa Kitachuro de acuerdo a la norma boliviana para estudios geológicos – geotécnicos de la ABIG (Asociación Boliviana de Ingeniería Geotécnica) en áreas edificables y desarrollando procedimientos de los ensayos de laboratorio con las muestras recolectadas en campo; caracterizando el comportamiento físico-mecánico del suelo, mediante mapas de variación de las distintas características geotécnicas del suelo; clasificando el suelo de la zona mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y la AASHTO, en áreas edificables y viales; además se le dé el uso correspondiente por las autoridades.

Se obtuvo como resultado de todos los ensayos de laboratorio características físico-mecánicas del suelo mostrados en mapas de variación. Donde la zona está constituida por la formación depósito fluvio - glacial (Qfg) existentes gravas, arenas y arcillas, presentes en la zona geotécnica. La capacidad portante está en el rango de 0.050 [MPa] a 0.230 [MPa]. y los tipos de suelos presentes en la zona según SUCS son: CL- Arcilla bajo plasticidad, CL ML – Arcilla limosa, GW GC- Grava bien graduada con arcilla, ML- Limo de baja plasticidad, SM- Arena limosa, SM SC – Arena limosa arcillosa, SW SM – Arena bien graduada con limo y según AASHTO son: A-1-a(0) Fragmento de roca, piedra, grava y arena, A-1-b(0)

Fragmento de roca, piedra, grava y arena, A-2-4(0) Gravas y arenas limosas, A-4(0) Suelos limosas, A-4(1) Suelos limosas A-4(2) Suelos limosas.

Mediante este estudio se logró un conocimiento previo del área, con una zonificación y caracterización del suelo, de manera que podrá contar con una información referencial de las características del suelo, para la construcción de futuras obras civiles.

Básicamente esta es la metodología que se usó en la elaboración del proyecto: Reconocimiento del terreno, ubicación de las calicatas en el sector buscando abarcar la mayor parte del área, excavación manual a cielo abierto de pozos a una profundidad de 2.00 [m], acopio de muestras, realización de ensayos in situ, realización de diferentes ensayos en el laboratorio de suelos de la UMSA-IEM, trabajo de cálculo de gabinete, análisis de resultados, clasificación y caracterización de los resultados, zonificación del distrito.

De acuerdo al análisis realizado de los parámetros físico-mecánicos del suelo y haber realizado Zonificación Geotécnica de la Zona: Ñacawi Callipampa Kitachuro del Municipio de Achocalla del departamento La Paz se concluye que todas las zonas son aptas para construcciones de edificios de hasta una planta usando los mapas, tablas, resúmenes, ensayos, y todo el material generado en este proyecto de grado.

"GEOTECHNICAL ZONING OF THE AREA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO OF THE MUNICIPALITY OF ACHOCALLA OF THE LA PAZ DEPARTMENT"

Postulant: Rubén Mamani Mamani

Mail: rubenmamani_rmm@hotmail.com

Address: C. Arturo Valle N° 3184 – El Alto

Cell phone Number .:78778485

Postulant: Raúl Alberto Catacora Quisbert

Mail: raulcatacora@hotmail.com

Address: Av. Pablo Sanchez N° 6623 - Irpavi

Cell phone Number .:73282721

Abstract

In most of the cities in those that construction norms are dictated, he/she stands out the necessity to execute a field exploration and laboratory investigation supplemented with engineering analysis on the use of the properties physical-mechanics and hydraulic of the floors.

Now, in the municipality of Achocalla there is no available land zoning, so this degree project intends to prepare it and make it available for the Area: Ñacawi Callipampa Kitachuro according to the Bolivian standard for geological-geotechnical studies of ABIG (Bolivian Association of Geotechnical Engineering) in buildable areas and developing laboratory test procedures with samples collected in the field; characterizing the physical-mechanical behavior of the soil, by means of variation maps of the different geotechnical characteristics of the soil; classifying the soil in the area through the Unified Soil Classification System (SUCS) and the AASHTO, in buildable areas and roads; in addition, it is given the corresponding use by the authorities.

The physical-mechanical characteristics of the soil shown in variation maps were obtained as a result of all the laboratory tests. Where the zone is constituted by the fluvial-glacial deposit formation (Qfg) existing gravels, sands and clays, present in the geotechnical zone. The bearing capacity is in the range of 0.050 [MPa] to 0.230 [MPa]. and the types of soils present in the area according to SUCS are: CL- Low plasticity clay, CL ML - Silty clay, GW GC- Well graded gravel with clay, ML- Low plasticity silt, SM- Silty sand, SM SC - Sand clayey silty, SW SM - Sand well graded with silt and according to AASHTO are: A-1-a (0) Rock fragment, stone, gravel and sand, A-1-b (0) Rock fragment, stone, gravel and sand, A-2-4 (0) Gravels and silty sands, A-4 (0) Silty soils, A-4 (1) Silty soils A-4 (2) Silty soils.

Through this study, a prior knowledge of the area was achieved, with a zoning and characterization of the soil, so that you can have referential information on the characteristics of the soil, for the construction of future civil works.

Basically this is the methodology that was used in the development of the project: Reconnaissance of the terrain, location of the calicatas in the sector seeking to cover most of the area, manual open-pit excavation of wells at a depth of 2.00 [m], stockpiling of samples, conducting on-site tests, conducting different tests in the soil laboratory of the UMSA-IEM, office calculation work, analysis of results, classification and characterization of the results, zoning of the district.

According to the analysis carried out of the physical-mechanical parameters of the soil and having carried out Geotechnical Zoning of the Area: Ñacawi Callipampa Kitachuro of the Municipality of Achocalla of the La Paz department, it is concluded that all the areas are suitable for construction of buildings of up to one storey using the maps, tables, summaries, essays, and all the material generated in this degree project.



DIRECCIÓN DE DERECHO DE AUTOR
Y DERECHOS CONEXOS
RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA NRO. 1-2907/2021
La Paz, 10 de Noviembre del 2021

VISTOS:

La solicitud de Inscripción de Derecho de Autor presentada en fecha **4 de Noviembre del 2021**, por **RAUL ALBERTO CATÁCORA QUISBERT**, con C.I. N° **4745603 LP**, con número de trámite **DA 1237/2021**, señala la pretensión de inscripción del Proyecto de Grado titulado: "**Zonificación Geotécnica de la zona: Ñacawi Callipampa Kitachuro del Municipio de Achocalla del Departamento de La Paz**", cuyos datos y antecedentes se encuentran adjuntos y expresados en el Formulario de Declaración Jurada.

CONSIDERANDO:

Que, en observación al Artículo 4º del Decreto Supremo N° 27938 modificado parcialmente por el Decreto Supremo N° 28152 el "*Servicio Nacional de Propiedad Intelectual SENAPI, administra en forma desconcentrada e integral el régimen de la Propiedad Intelectual en todos sus componentes, mediante una estricta observancia de los regímenes legales de la Propiedad Intelectual, de la vigilancia de su cumplimiento y de una efectiva protección de los derechos de exclusiva referidos a la propiedad industrial, al derecho de autor y derechos conexos; constituyéndose en la oficina nacional competente respecto de los tratados internacionales y acuerdos regionales suscritos y adheridos por el país, así como de las normas y regímenes comunes que en materia de Propiedad Intelectual se han adoptado en el marco del proceso andino de integración*".

Que, el Artículo 16º del Decreto Supremo N° 27938 establece "*Como núcleo técnico y operativo del SENAPI funcionan las Direcciones Técnicas que son las encargadas de la evaluación y procesamiento de las solicitudes de derechos de propiedad intelectual, de conformidad a los distintos regímenes legales aplicables a cada área de gestión*". En ese marco, la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos otorga registros con carácter declarativo sobre las obras del ingenio cualquiera que sea el género o forma de expresión, sin importar el mérito literario o artístico a través de la inscripción y la difusión, en cumplimiento a la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, Ley de Derecho de Autor N° 1322, Decreto Reglamentario N° 23907 y demás normativa vigente sobre la materia.

Que, la solicitud presentada cumple con: el Artículo 6º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, el Artículo 26º inciso a) del Decreto Supremo N° 23907 Reglamento de la Ley de Derecho de Autor, y con el Artículo 4º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina.

Que, de conformidad al Artículo 18º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor en concordancia con el Artículo 18º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, referentes a la duración de los Derechos Patrimoniales, los mismos establecen que: "*la duración de la protección concedida por la presente ley será para toda la vida del autor y por 50 años después de su muerte, a favor de sus herederos, legatarios y cesionarios*".

Que, se deja establecido en conformidad al Artículo 4º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, y Artículo 7º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina que: "*...No son objeto de protección las ideas contenidas en las obras literarias, artísticas, o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas ni su aprovechamiento industrial o comercial*".

Que, el artículo 4, inciso e) de la ley 2341 de Procedimiento Administrativo, instituye que: "*...en la relación de los particulares con la Administración Pública, se presume el principio de buena fe. La confianza, la cooperación y la*



Oficina Central - La Paz
Av. Argentina, N° 1914,
Edif. Angélica María, entre
Villalobos y Díaz Romero,
zona Miraflores.
Telfs.: 2195700 - 2192176
2193551 Fax: 2195700

Oficina - Santa Cruz
Av. Uruguay, Calle
prolongación Quijarro,
N° 29, Edif. Bicentenario.
Telfs.: 3121752 - 72062936

Oficina - Cochabamba
Calle Chuquisaca, N° 649,
Piso 2, entre Artezana y Lanza
zona Central - Noreste.
Telfs.: 4144403 - 72062957

Oficina - El Alto
Av. Juan Pablo II, N° 2560
Edif. Multicentro El Ceibo
Ltda. Piso 2, Of. 5B,
zona 16 de Julio.
Telfs.: 2161001 - 72063029

Oficina - Chuquisaca
Calle Kilómetro 7, N° 366
casi esq. Urriolagotia,
zona Parque Bolívar.
Telf.: 72005873

Oficina - Tarija
Calle Ingavi, N° 385
entre Santa Cruz
y Méndez, zona
La Pampa.
Telf.: 72015286

Oficina - Oruro
Calle 6 de Octubre,
N° 5837, entre Ayacucho
y Junín, Galería Central,
Of. 14 (Ex Banco Fie).
Telf.: 6220288

Oficina - Potosí
Av. Villazón entre calles
Wenceslao Alba y San Alberto,
Edif. AM. Salinas N° 242,
Primer Piso, Of. 17.

lealtad en la actuación de los servidores públicos y de los ciudadanos ...", por lo que se presume la buena fe de los administrados respecto a las solicitudes de registro y la declaración jurada respecto a la originalidad de la obra.

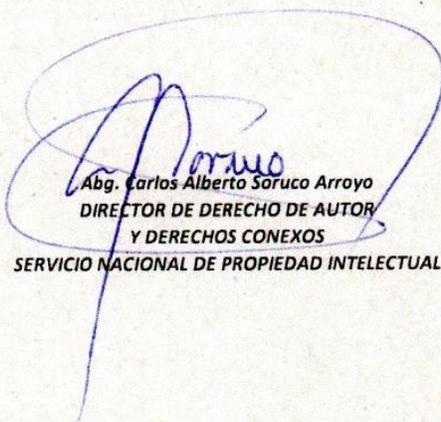
POR TANTO:

El Director de Derecho de Autor y Derechos Conexos, sin ingresar en mayores consideraciones de orden legal, en ejercicio de las atribuciones conferidas.

RESUELVE:

INSCRIBIR en el Registro de Tesis, Proyectos de Grado, Monografías y Otras Similares de la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos, el Proyecto de Grado titulado: "**Zonificación Geotécnica de la zona: Ñacawi Callipampa Kitachuro del Municipio de Achocalla del Departamento de La Paz**", a favor de los autores y titulares: **RAUL ALBERTO CATAFORA QUISBERT**, con C.I. N° 4745603 LP, **RUBEN MAMANI MAMANI**, con C.I. N° 4958706 LP, quedando amparado su derecho conforme a Ley, salvando el mejor derecho que terceras personas pudieren demostrar.

Regístrese, Comuníquese y Archívese.



Abg. Carlos Alberto Soruco Arroyo
DIRECTOR DE DERECHO DE AUTOR
Y DERECHOS CONEXOS
SERVICIO NACIONAL DE PROPIEDAD INTELECTUAL



CASA/ams
c.c.Arch.



Oficina Central - La Paz
Av. Argentina, N° 1914,
Edif. Angélica María, entre
Villalobos y Díaz Romero,
zona Miraflores.
Telfs.: 2195700 - 2195276
2195291 Fax: 2195700

Oficina - Santa Cruz
Av. Uruguay, Calle
prolongación Quijarro,
N° 29, Edif. Bicentenario.
Telfs.: 3127752 - 72042936

Oficina - Cochabamba
Calle Chuquisaca, N° 649,
Piso 2, entre Antezana y Lanza
zona Central - Noreste.
Telfs.: 4144403 - 72042957

Oficina - El Alto
Av. Juan Pablo II, N° 2560
Edif. Multicentro El Ceibo
Lda. Piso 2, Of. 5B,
zona 16 de Julio.
Telfs.: 2141001 - 72043029

Oficina - Chuquisaca
Calle Kilómetro 7, N° 366
Edif. casi esq. Urriolagoitia,
zona Parque Bolívar.
Telf.: 72005873

Oficina - Tarija
Calle Ingavi, N° 385
entre Santa Cruz
y Méndez, zona
La Pampa.
Telf.: 72015286

Oficina - Oruro
Calle 6 de Octubre,
N° 5837, entre Ayacucho
y Junín, Galería Central,
Of. 14 (Ex Banco Fie).
Telf.: 6720288

Oficina - Potosí
Av. Villazón entre calles
Wenceslao Alba y San Alberto,
Edif. AM. Salinas N° 262,
Primer Piso, Of. 17.

CONTENIDO

CAPÍTULO I	1
GENERALIDADES DEL PROYECTO	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 ANTECEDENTES	1
1.3 OBJETIVOS	1
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	1
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.4 ALCANCE Y LIMITACIONES	2
1.4.1 ALCANCE.....	2
1.4.1.1 ALCANCES TEMATICO	2
1.4.1.2 ALCANCES ESPACIAL	3
1.4.2 LIMITACIONES	4
1.5 METODOLOGÍA	4
1.5.1 FASE PRELIMINAR DE GABINETE	4
a) Determinación y reconocimiento del área de estudio.....	4
1.5.2 FASE DE CAMPO	4
a) Ubicación de las calicatas en el sector y número de pozos.	5
b) Excavación de pozos	5
c) Ensayos in situ.....	5
d) Toma de muestras.	6
1.5.3 FASE FINAL DE GABINETE	6
b) Análisis e interpretación de resultados.....	7
c) Clasificación y caracterización físico-mecánicas del suelo	7
d) Zonificación geotécnica.....	7
e) Perfiles de correlación de pozos	7
CAPÍTULO II	8
FUNDAMENTO TEÓRICO	8
2.1. GEOLOGÍA	8
2.1.1. DEFINICIÓN.....	8
2.1.2. IMPORTANCIA EN LA INGENIERÍA CIVIL	8
2.1.3. DIVISIÓN GENERAL DE LA GEOLOGÍA.....	9
2.1.4. MAPA GEOLÓGICO.....	11
2.1.4.1. ELABORACIÓN DE UN MAPA GEOLÓGICO	12
2.1.5. ELEMENTOS BÁSICOS DEL MAPA.....	18
2.1.6. ESQUEMA DE LOS TIEMPOS GEOLÓGICOS	24
2.1.7. USO DE UN MAPA GEOLÓGICO	25

2.1.8.	RIESGOS GEOLÓGICOS	26
2.1.8.1.	PELIGROS NATURALES	26
2.1.8.2.	PELIGROS PROVOCADOS	28
2.2.	GEOTECNIA.....	28
2.2.1.	DEFINICIÓN.....	28
2.2.2.	IMPORTANCIA DEL ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO EN OBRAS CIVILES	29
2.2.3.	PLANTEAMIENTO DE UN ESTUDIO GEOTÉCNICO	29
2.2.4.	TIPOS DE ESTUDIO GEOTÉCNICO	30
2.2.5.	ESTUDIO DE EVALUACION GEOTÉCNICA	30
2.2.6.	PLANIFICACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE EVALUACION GEOTÉCNICA	31
2.2.7.	LA GEOLOGÍA EN LA EVALUACIÓN GEOTÉCNICA	32
2.2.8.	EL INFORME GEOTÉCNICO	32
2.3.	MECÁNICA DE SUELOS	34
2.3.1.	ORIGEN Y TIPOS DE SUELOS	35
2.3.2.	AGENTES DE ALTERACIÓN.....	36
2.3.2.1.	EROSIÓN FÍSICA.....	36
2.3.2.2.	EROSIÓN QUÍMICA	37
2.3.3.	TRANSPORTE DE LOS PRODUCTOS DE ALTERACIÓN.....	37
2.3.4.	EL AGUA EN EL TERRENO	37
2.3.5.	MORFOLOGIA DEL TERRENO	38
2.3.6.	PROPIEDADES ELEMENTALES DE LOS SUELOS	39
2.3.6.1.	COMPONENTES DEL SUELO.....	39
2.3.6.2.	RELACIONES GRAVIMÉTRICAS Y VOLUMÉTRICAS DE LOS SUELOS	40
2.3.7.	PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL SUELO	42
2.3.7.1.	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO	42
2.3.7.2.	HUMEDAD NATURAL	42
2.3.7.3.	CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO	43
2.3.7.4.	GRANULOMETRÍA.....	45
2.3.7.5.	LÍMITES DE ATTERBERG	46
2.3.7.5.1.	LÍMITE LÍQUIDO (L. L.)	46
2.3.7.5.2.	LÍMITE PLÁSTICO (L. P.).....	46
2.3.7.5.3.	LÍMITE DE CONTRACCIÓN (L.C.).....	47
2.3.7.5.4.	INDICE DE PLASTICIDAD (I. P.).....	47
2.3.7.6.	DENSIDAD DEL SUELO	47
2.3.7.6.1.	DENSIDAD DE TROZOS INALTERADOS (MÉTODO DE LA PARAFINA)	48
2.3.7.7.	PESO ESPECÍFICO DE SÓLIDOS	49
2.3.7.8.	RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE.....	50
2.3.7.9.	COMPACTACIÓN.....	52

2.3.7.10.	RELACIÓN SOPORTE CALIFORNIA CBR.....	53
2.4.	SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS	53
2.4.1.	SISTEMA DE CLASIFICACIÓN (AASHTO).....	54
2.4.1.1.	DESCRIPCIÓN DE LOS GRUPOS DE SUELO	54
2.4.2.	SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELO (S.U.C.S.)	57
2.4.2.1.	IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE SUELO	57
2.4.2.2.	IDENTIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO.....	58
CAPÍTULO III	62	
MARCO PRÁCTICO	62	
3.1. INFORMACIÓN GENERAL	62	
3.1.1.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO	62
3.2. DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL ÁREA DEL PROYECTO	64	
3.2.1.	TEMPERATURA Y CLIMA	64
3.3. CONSIDERACIONES TOPOGRÁFICAS	65	
3.4. CONSIDERACIONES GEOLÓGICAS.....	66	
3.5. CONSIDERACIONES HIDROGEOLÓGICAS	70	
3.6. DESCRIPCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS POZOS	71	
3.7. RIESGOS NATURALES.....	72	
3.7.1.	SISMICIDAD DEL ÁREA DE ESTUDIO	72
3.8. CONSIDERACIONES GEOTÉCNICAS	73	
3.8.1.	INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA	73
3.8.2.	TRABAJOS EN LABORATORIO	76
3.8.2.1.	ENSAYO GRANULOMÉTRICO (ASTM D422 – AASHTO T27).....	77
3.8.2.2.	LÍMITES DE ATTERBERG (LL: ASTM D423 – AASHTO T89) (LP: ASTM D424 – AASHTO T90)	80
3.8.2.3.	ENSAYOS S.P.T. (AASHTO: T-206-70).....	83
3.8.2.4.	ENSAYO DENSIDAD DE TROZOS INALTERADOS (ASTM D854-02 - AASHTO T233-10).	87
3.8.2.5.	ENSAYO PESO ESPECÍFICO RELATIVO (SUELO FINO) (ASTM D854 – AASHTO T100)	89
3.1.1.7.	ENSAYO CORTE DIRECTO RÁPIDO (ASTM D3080 - AASHTO T236).....	91
3.1.1.8.	ENSAYO DE COMPACTACION DE SUELOS PROCTOSR T-180 (ASTM D 1557-AASHTO T180)	95
3.1.1.9.	ENSAYO DE RELACION SOPORTE CALIFORNIA CBR (ASTM D1883 – AASHTO T193)	99
CAPITULO IV.....	106	
RESULTADOS Y ANÁLISIS	106	
4.1. UBICACIÓN DE POZOS DE LA ZONA ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA	106	
4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DEL SUELO	108	

4.2.1. HUMEDAD NATURAL	108
4.2.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	110
4.2.3. LÍMITES DE ATTERBERG	111
4.2.4. CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN SUCS.....	115
4.2.5. CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN SISTEMA A.A.S.H.T.O.	117
4.2.6. CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO	119
4.2.7. PESO ESPECÍFICO	121
4.2.8. DENSIDAD DE TROZOS INALTERADOS.....	123
4.2.9. ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA Y COHESIÓN.....	129
4.2.10. COMPACTACIÓN Y C.B.R.	130
4.3. DISTRIBUCIÓN POR ZONAS GEOTÉCNICAS	131
4.4. MAPEO GEOTÉCNICO	131
4.5. CORTES DE CORRELACIÓN.....	133
4.6. DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS DE RIESGO	136
4.6.1. PELIGROS NATURALES	136
4.6.2. PELIGROS PROVOCADOS.....	136
CAPÍTULO V	137
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	137
5.1. CONCLUSIONES	137
5.2. RECOMENDACIONES	140
BIBLIOGRAFÍA.....	143
ANEXOS.....	145
A.1.PLANILLAS DE CALCULO DEL REPORTE GEOTENCICO	145
A.2.MAPAS	204

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Ubicación Geografica	3
Tabla 2:	Número de pozos para urbanizaciones, de acuerdo a la superficie Fuente: ABIG 2007	5
Tabla 3:	Normas AASHTO Y ASTM	6
Tabla 4:	Número Mínimo de Sondeos	31
Tabla 5:	Peso Específico característicos	49
Tabla 6:	Especificaciones de suelo como material de construcción	53
Tabla 7:	Identificación de los tipos de suelos.	58
Tabla 8:	Identificación de las características de los suelos.	58
Tabla 9:	Identificación de las características de los suelos según su tamaño.	60
Tabla 10:	Parámetros climáticos de La Paz	64
Tabla 11:	Temperaturas en los días de toma de muestra y ensayo SPT	64
Tabla 12:	Clasificación de suelos de los Pozos	71
Tabla 13:	Eventos sísmicos importantes en Depto. de La Paz	72
Tabla 14:	Número de pozos para urbanizaciones, de acuerdo a la superficie Fuente: ABIG 2007	73
Tabla 15:	Cantidad mínima de muestra para granulometría según tamaño máximo absoluto del suelo	77
Tabla 16:	Tamaño nominal de aberturas de los tamices	77
Tabla 17:	Densidad del agua según su temperatura	90
Tabla 18:	Ubicación de los Pozos	106
Tabla 19:	Contenido de Humedad Natural	109
Tabla 20:	Análisis Granulométrico	110
Tabla 21:	Límites de Atterberg	111
Tabla 22:	Clasificación de suelo según SUCS	115
Tabla 23:	Clasificación de Suelo según AASHTO	117
Tabla 24:	Capacidad portante del Suelo.....	119
Tabla 25:	Peso Específico	122
Tabla 26:	Densidad de Trozos Inalterados	123
Tabla 27:	Densidad Húmeda, Seco, Saturación y Porosidad	124
Tabla 28:	Angulo de Fricción	129
Tabla 29:	Cohesión del Suelo.....	129
Tabla 30:	Compactación y CBR	130
Tabla 31:	Humedad Optima y Densidad Maxima	130
Tabla 32:	Fallas potencialmente activas de Bolivia	136

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación del terreno dentro del Municipio de Achocalla Zona Ñacawi Callipampa Kitachuro del Departamento de La Paz.	3
Figura 2: Esquema de la realización de un Mapa Geológico	11
Figura 3: Fases para Elaborar un Mapa Geológico	12
Figura 4: Planificación y Reconocimiento Geológico de Campo.....	12
Figura 5: Toma de muestras y Referenciación de los estratos	13
Figura 6: Libreta de Campo.....	13
Figura 7: Mapa de la deducción de los datos subsuelo.....	16
Figura 8: Mapa Sobrepuesto el Buzamiento de las capas y observaciones.	17
Figura 9: Esquema de cortes geológicos.....	17
Figura 10: Elementos de un Mapa Geológico de La Paz	18
Figura 11: Perfil geológico	19
Figura 12: Perfil Geológico y Buzamientos	19
Figura 13: Ejemplo de Leyenda de un Mapa Geológico	20
Figura 14: Ejemplo de un Esquema Geológico.....	21
Figura 15: Ejemplo de un Esquema Estratigráfico	21
Figura 16: Ejemplo de una Columna Estratigráfica.....	22
Figura 17: Tipos de Contactos entre unidades Estratigráficas	23
Figura 18: Continuación Tipos de Contactos entre unidades Estratigráficas.....	24
Figura 19: Escala de tiempos geológicos.....	25
Figura 20: Tipos de falla	27
Figura 21: Ciclo del Agua.....	38
Figura 22: Idealización de las fases del suelo y definición de variables	40
Figura 23: Solución al diagrama de fases unitario	40
Figura 24: Monograma A Método De La Cuchara Normal	44
Figura 25: Monograma B Capacidad De Cargas Admisibles Para Arcillas Y Mezclas De Suelos	44
Figura 26: Distribución de las partículas por tamaño.....	45
Figura 27: Estado de consistencia de un suelo.....	46
Figura 28: Balanza hidrostática para peso específico.....	48
Figura 29: Esquema de Corte Directo.....	50
Figura 30: Modelo de fricción.	51
Figura 31: Relaciones F y P	51
Figura 32: Correlación entre el Angulo de fricción y la resistencia a la penetración.....	52
Figura 33: Carta de plasticidad AASHTO.....	56
Figura 34: Sistema de Clasificación de Suelos AASHTO.....	57

Figura 35:	Carta de plasticidad SUCS.....	60
Figura 36:	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.....	61
Figura 37:	La zona: Ñacawi Callipampa Kitachuro del Municipio de Achocalla.....	62
Figura 38:	Planimetría de La zona: Ñacawi Callipampa Kitachuro.....	63
Figura 39:	Carta Geológico de Bolivia.....	66
Figura 40:	Mapa Geológico	67
Figura 41:	Columna Estratigráfica de las Ciudades de la Paz y El Alto.	68
Figura 42:	Aceleraciones sísmicas de La Paz	72
Figura 43:	Separación por tamaños desde 2 ½ Pulg. Al tamiz N° 10.....	78
Figura 44:	Pesos retenidos representativos de los tamices para finos	79
Figura 45:	Planilla de cálculo para granulometría por tamices (POZO- 1).....	79
Figura 46:	Curva granulométrica (POZO- 1).....	80
Figura 47:	Planilla de cálculo para Límites de Atterberg (POZO Nro. 1).....	82
Figura 48:	Curva de escurrimiento de los suelos (POZO Nro. 1).....	82
Figura 49:	Curva granulométricas Típicas, Bien, mal y uniformemente Graduadas.....	83
Figura 50:	Monograma A Método De La Cuchara Normal	84
Figura 51:	Monograma B Capacidad De Cargas Admisibles Para Arcillas Y Mezclas De Suelos	85
Figura 52:	Resumen de las características de la granulometría (POZO Nro. 1).....	85
Figura 53:	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.(POZO – 1).....	86
Figura 54:	Monograma “A” con el cálculo de la capacidad portante (POZO – 1)	87
Figura 55:	Planilla de densidad de trozos inalterados (POZO Nro. 1)	88
Figura 56:	Datos para la curva de calibración.....	90
Figura 57:	Planilla de Cálculo para peso específico	91
Figura 58:	Datos de probeta, equipo, muestra y saturación (POZO 13).....	93
Figura 59:	Planilla de lectura de los extensómetros (POZO 13)	93
Figura 60:	Resumen de esfuerzo normal y tangencial (POZO 13).....	94
Figura 61:	Gráfico de la envolvente de corte (POZO 13)	94
Figura 62:	Parámetro envolvente de corte (POZO 13).....	95
Figura 63:	Planilla de cálculo del ensayo de Compactación (POZO 1).....	98
Figura 64:	Gráfico del ensayo de Compactación (POZO 1)	99
Figura 65:	Planilla de contenido de humedad de las muestras (POZO 1)	103
Figura 66:	Planilla de expansión de las probetas (POZO 1).....	104
Figura 67:	Planilla de factor de deformación de las probetas (POZO 1).....	104
Figura 68:	Gráfica de la curva de compactación, CBR y Exp. Vs. Densidad máxima (POZO 1)	105
Figura 69:	Mapa de ubicación de los pozos.....	107

Figura 70:	Mapa de Humedad Natural de los pozos.....	108
Figura 71:	Límite Plástico del Suelo.	113
Figura 72:	Índice de Plasticidad.....	114
Figura 73:	Mapa de Clasificación de Suelo SUCS.....	116
Figura 74:	Mapa de Clasificación de Suelo AASHTO.....	118
Figura 75:	Mapa de Capacidad Portante del Suelo	120
Figura 76:	Mapa de Peso Específico.....	121
Figura 77:	Mapa de Densidad Húmeda.....	125
Figura 78:	Mapa de densidad Seca.....	126
Figura 79:	Mapa de Saturación del Suelo.	127
Figura 80:	Mapa Porosidad de Suelo.....	128
Figura 81:	Mapa de Zonificación Geotécnica.....	131
Figura 82:	Mapa Geotécnico.	132
Figura 83:	Mapa de Cortes de Correlación.	133
Figura 84:	Perfiles de estratos en pozos.....	134
Figura 85:	Perfil de estratos del Suelo.	135

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1: Topografía General.....	65
Fotografía 2: Topografía General Zona	66
Fotografía 3: Pozo No 9, profundidad 2.00 m.....	74
Fotografía 4: Ensayo in situ S.P.T.....	75
Fotografía 5: Tamizado manual.	78
Fotografía 6: Serie de tamices Finos y gruesos	78
Fotografía 7: Equipo Casagrande	81
Fotografía 8: Ejecución del ensayo de Limite liquido	81
Fotografía 9: Limites plástico y Límite liquido	81
Fotografía 10: Equipo de SPT utilizado	83
Fotografía 11: Preparación del ensayo	83
Fotografía 12: Muestras parafinadas	88
Fotografía 13: Procedimiento para calcular peso de la muestra sumergida.....	88
Fotografía 14: Equipo y material para el ensayo de Gs.	89
Fotografía 15: Calibración del Picnómetro.....	89
Fotografía 16: Peso seco en ensayo de Gs.....	89
Fotografía 17: Remoldeo de Muestra	92
Fotografía 18: Muestras antes del ensayo.....	92
Fotografía 19: Ejecución del ensayo.....	92
Fotografía 20: Preparado de muestra para el ensayo de compactación (POZO 1)	96
Fotografía 21: Compactado de la muestra por capas (POZO 1).....	96
Fotografía 22: Compactado de muestra de la primera capa (POZO 1)	97
Fotografía 23: Enrasado de la probeta antes del pesaje (POZO 1).....	97
Fotografía 24: Toma de muestra para determinación de la humedad correspondiente (POZO 1)	98
Fotografía 25: Preparación de la muestra con el enrase para el ensayo de CBR (POZO 1)...	100
Fotografía 26: Pesaje de la muestra después del compactado (POZO 1)	101
Fotografía 27: Probetas sumergidas (POZO 1).....	101
Fotografía 28: Medición de la expansión de la muestra cuando la probeta esta sumergida (POZO 1).....	102
Fotografía 29: Rotura de la muestra después de 4 días de sumersión (POZO 1)	102
Fotografía 30: Limite líquido del Suelo.....	112

ÍNDICE DE SIGLAS

S.U.C.S.	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.
A.A.S.H.T.O.	American Association of State Highway and Transportation Officials.
A.S.T.M.	American Society for Testing and Materials.
A.B.I.G.	Asociación Boliviana de Ingeniería Geotécnica.
GW:	Grava bien graduada. Mezcla de grava y arena con poco o nada de finos.
GP:	Grava mal graduadas. Mezcla de grava y arena con poco o nada de finos.
GM:	Grava limosas. Mezcla de grava arena y limo.
GC:	Grava arcillosa. Mezcla de grava arena y arcilla.
SW:	Arena Bien Graduada. Arena con grava con poco o nada de finos.
SP:	Arena mal graduada. Arena con grava con poco o nada de finos.
SM:	Arenas limosas. Mezcla de arena y limo.
SC:	Arenas arcillosas. Mezcla de arena y arcilla.
ML:	Limos inorgánicos, arena muy fina, limos arcillosos y arenas finas.
CL:	Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad. Arcillas con grava. Arcillas arenosas. Arcillas limosas. Arcillas pobres
OL:	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.
MH:	Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos. Limos elásticos.
CH:	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad.
OH:	Arcillas orgánicas de media a alta plasticidad.
PT:	Turba y otros suelos altamente orgánicos.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 INTRODUCCIÓN

El estudio geotécnico y la zonificación de la zona: Ñacawi Callipampa Kitachuro del Municipio de Achocalla del Departamento de La Paz, nos proporcionó las propiedades físico- mecánicas del suelo que son necesarias para la construcción de obras civiles.

El estudio geotécnico se desarrolló de la siguiente manera:

- Reconocimiento del lugar
- Ubicación y excavación de las calicatas
- Recolección y análisis de muestras
- Obtención de resultados y elaboración de mapas

Esta recolección de muestras nos permitió realizar ensayos, para posteriormente procesarlos en gabinete, obteniendo así, indicadores del suelo en estudio.

1.2 ANTECEDENTES

El Municipio de Achocalla, debido a un crecimiento demográfico sin ninguna planificación urbanística, puede causar asentamientos imprevistos, debido a las construcciones de viviendas sin ninguna autorización por parte de la Alcaldía, no contemplando los riesgos que pueden provocar estas nuevas construcciones sin tener las características del suelo de fundación.

Al no contar el Municipio con una información y ni una normativa los márgenes de seguridad para los habitantes se constituyen en un alto riesgo para su seguridad.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Realizar la zonificación geotécnica de la Zona: Ñacawi Callipampa Kitachuro del Municipio de Achocalla del Departamento La Paz.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el ensayo de capacidad portante de SPT en pozos definidos de la zona.
- Obtener muestras de suelo de los pozos donde se realizara el ensayo de CBR de los puntos destinados a la infraestructura vial.
- Determinar las características físico-mecánicas del suelo perteneciente a la zona tales como los ensayos de:
 - o Determinación del Contenido de humedad
 - o Granulometría por Tamizado.
 - o Peso específico.
 - o Límites de Atterberg.
 - o Corte Directo Rapido.
 - o Compactación de Suelos.
 - o CBR (Relación de Soporte California)
 - o Densidad método de trozos inalterados.
- Clasificar el suelo de la zona según el método unificado SUCS y el método AASHTO en función a los resultados obtenidos en laboratorio.
- Realizar la zonificación geotécnica de la zona.
- Elaborar el mapa geotécnico del área de estudio.

1.4 ALCANCE Y LIMITACIONES

1.4.1 ALCANCE

1.4.1.1 ALCANCES TEMATICO

El presente proyecto de grado permitirá conocer de forma general el tipo y las características físico-mecánicas del suelo, además de la capacidad de soporte, estas serán realizadas mediante la excavación de calicatas a 2.00 metros de profundidad de la Zona: Ñacawi Callipampa Kitachuro del Municipio de Achocalla del Departamento La Paz.

Determinar el número de calicatas dentro de las áreas de estudio, contemplando futuras construcciones de necesidad social.

Una vez realizado el análisis hasta la profundidad predeterminada, permitirá conocer en general el tipo de suelo de la zona para así tomar previsiones que el caso amerite, como la construcción de edificaciones de tipo social a saber, centros culturales, campo deportivo, vías de acceso y canchas, así mismo se realizaran tomas de muestra de la rasante para la proyección de vías en este distrito.

Se darán recomendaciones sobre el tipo de estructuras que se pueden construir y el nivel de estudio que se debería alcanzar en zonas de cuidado, se debe recordar que en cualquier construcción civil se deberá realizar un estudio a nivel normal o nivel intenso, de acuerdo a la importancia del proyecto.

1.4.1.2 ALCANCES ESPACIAL

1.4.1.2.1 UBICACIÓN

La Zona Ñacawi Callipampa Kitachuro se encuentra ubicada en el Municipio de Achocalla correspondiente al departamento de La Paz, a 15 Km de distancia desde la ciudad de El Alto (Pasarela del Arquitecto calle 1 ex alcaldía quemada).

País:	Bolivia
Departamento:	La Paz
Provincia:	Murillo
Municipio:	Achocalla
Distrito Municipal N°:	1
Comunidad:	Pucarani
Zona:	Ñacawi Callipampa Kitachuro

Tabla 1: Ubicación Geografica

Fuente: Elaboración Propia con imágenes de google earth.

El principal ingreso al municipio es a través de la Av. 6 de Marzo (Ruta Nacional 1 de la red fundamental). El tiempo de viaje desde la ciudad de El Alto hasta el Municipio de Achocalla es de aproximadamente 45 minutos.



Figura 1: Ubicación del terreno dentro del Municipio de Achocalla Zona Ñacawi Callipampa Kitachuro del Departamento de La Paz.

Fuente: Elaboración Propia con imágenes de google earth.

1.4.1.2.2 LATITUD Y LONGITUD

El Municipio de Achocalla cuyas coordenadas son 16°34'S (UTM 8168189.50 S) y 68°10'O (UTM 588910.26 E), tiene 9 distritos.

La Zona “Ñacawi Callipampa Kitachuro” se encuentra en el Municipio de Achocalla distrito 1, cuyas coordenadas son 16°34'5.64"S (UTM 8167719.38 S) y 68°10'14.85"O (UTM 578741.21 E).

1.4.2 LIMITACIONES

En cuanto a las limitaciones, para determinar las características físico-mecánicas del suelo, se realizarán calicatas hasta un nivel de 2 metros de profundidad. El estudio a este nivel nos permitirá y nos dará la posibilidad de conocer de forma preliminar el tipo del suelo de la zona de estudio y dar información para una posterior construcción de obras civiles específicas tales como edificaciones menores, viviendas de hasta dos plantas y obras de mediana envergadura.

No se realizarán estudios a mayor profundidad ni mayor cantidad de ensayos de los necesarios por la norma, ya que este estudio es para obras civiles específicas. Para obras civiles importantes se debe realizar otro estudio.

1.5 METODOLOGÍA

Para la ejecución del presente estudio se ha desarrollado una metodología que comprenda tres fases que a continuación se describen:

1.5.1 FASE PRELIMINAR DE GABINETE

En esta primera etapa se recopila la información geotécnica y otras afines que existen sobre el área y que servirán para elaborar el presente estudio, asimismo se definirá el muestreo cartográfico respectivo.

a) Determinación y reconocimiento del área de estudio

Se iniciará la investigación haciendo una inspección visual y un recorrido general de toda el área donde se ejecutará el estudio, delimitando el área de estudio y obteniendo la extensión en superficie. Al mismo se recabará toda la información necesaria que sirva de antecedente y para el encaminar la investigación.

1.5.2 FASE DE CAMPO

Durante esta etapa se recorrerá gran parte del área, hasta los lugares donde es factible se verificará las características litológicas más representativas, necesarias para realizar el respectivo informe.

a) Ubicación de las calicatas en el sector y número de pozos.

Una vez reconocido el terreno, se procederá a la ubicación de pozos en los puntos más idóneos, que estarán sujetos a criterios técnicos. Se buscará una equidistancia entre los pozos y abarcar la mayor parte del terreno.

Se registrará la ubicación de cada pozo en base a coordenadas con el uso de un GPS, con su respectiva numeración, para así poder realizar un seguimiento adecuado de los mismos.

El número y profundidad de los pozos que se debe realizar en la zona para la realización del estudio geotécnico, está definida según la norma boliviana para estudios geológicos – geotécnicos elaborada por la Asociación Boliviana de Ingeniería Geotécnica (ABIG), donde se indica lo siguiente:

ABIG	PARA URBANIZACIONES		N° DE POZOS
	SUPERFICIE, (m2)		
a) De	3000	a 10000	9
b) De	10000	a 30000	15
c) De	30000	a Adelante	20

Tabla 2: Número de pozos para urbanizaciones, de acuerdo a la superficie Fuente: ABIG 2007

Al tener la Zona Ñacawi Callipampa Kitachuro, una superficie mayor de 10 [Ha], es decir mayor a 3 [Ha], se ubicaran 20 pozos en toda la urbanización de acuerdo a la tabla 2.

b) Excavación de pozos

Definida la ubicación de pozos y su cantidad, se procedió a la excavación de los pozos de prospección geotécnica a cielo abierto con ayuda de una retroexcavadora, cuya profundidad estará en función e importancia de la obra y naturaleza del subsuelo. En el caso de este proyecto se llegó a una profundidad de 2.0m.

c) Ensayos in situ.

Se realizarán los siguientes ensayos para los 20 pozos

- Ensayo de Penetración Estándar S.P.T. (ASTM D- 1586 AASHTO T – 206) en cada pozo ubicado de forma uniforme a lo largo de toda la zona.
- humedad natural (AASHTO T-265)

d) Toma de muestras.

La toma de muestras es realizada a nivel de cota de fundación, para lo cual estas muestras están separadas e identificadas debidamente por cada calicata, la cantidad extraída de cada calicata es según lo requerido para los ensayos mencionados en el presente proyecto de grado, se tiene cuidado de conservar su humedad natural.

Para las 20 calicatas destinadas a edificaciones, las muestras son transportadas hasta el laboratorio en bolsas plásticas cerradas, también se toman muestras inalteradas o también llamadas “culas”.

Para las 4 calicatas destinadas a vías, las muestras son transportadas en bolsas de yute debido a la cantidad necesaria para realizar los ensayos de compactación y C.B.R.

e) Realización de ensayos en laboratorio del IEM-UMSA.

Para obtener los parámetros físico - mecánicos y propiedades geotécnicas del suelo, además de su caracterización, se realizarán ensayos en el laboratorio del Instituto de Materiales IEM de la Universidad Mayor de San Andrés conforme al siguiente detalle.

ENSAYO	AASHTO	ASTM
Penetración Normal S.P.T.	T206-70	D1586
Determinación de Humedad Natural	T265	
Granulometría	T27	D422
Límites de Atterberg	T89, T90	D423, D424
Densidad de trozos inalterados	T233-86	D854-02
Peso específico	T100, T85	D854, C127
Corte Directo	T236	D3080
Compactación (Proctor Modificado)	T180	D1557
C.B.R.	T193	D1883

Tabla 3: Normas AASHTO Y ASTM

1.5.3 FASE FINAL DE GABINETE

En esta etapa se efectuara un reajuste de la interpretación realizada sobre los datos de laboratorio obtenidos, cuya descripción se presentara en el siguiente informe.

a) Trabajo de cálculo de gabinete.

Teniendo los datos de laboratorio, estos serán procesados para la obtención de los resultados de cada uno de los ensayos ejecutados y reportados en planillas estandarizadas.

Se realizará la recopilación de toda la información de campo, en las visitas de inspección, de los ensayos in situ y de los ensayos en laboratorio, para posteriormente, procesar los datos obtenidos en planillas Excel, ya que se requiere el trazo de gráficos necesarios para la determinación de las características físico-mecánicas de las muestras de suelo.

Se deberá entender que esta sección no solamente comprende el reporte de resultados de los ensayos de laboratorio, también comprende el tratamiento de los resultados realizando el planteamiento de una solución estructural en base a los parámetros geotécnicos del suelo.

b) Análisis e interpretación de resultados

Una vez obtenidos los resultados de los ensayos realizados, estos serán sometidos a un análisis exhaustivo e incluso comparados, teniendo el cuidado de que los resultados sean coherentes y se encuentren dentro del rango de parámetros normales.

c) Clasificación y caracterización físico-mecánicas del suelo

Realizado el trabajo en gabinete se procedió a la clasificación y caracterización del suelo mediante el sistema SUCS para viviendas y ASSHTO para vías.

d) Zonificación geotécnica

Clasificado y caracterizado, las diferentes muestras de suelo, se procederá a la elaboración de los Mapas Geotécnicos para elaborar la Zonificación Geotécnica del lugar.

e) Perfiles de correlación de pozos

Con todos los datos obtenidos se realiza un mapeo de la Zona: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ. y perfiles de correlación de calicatas, donde se observa la litología reportada en cada calicata.

f) Conclusiones.

La conclusión del proyecto de grado será la obtención de las características físico- mecánicas y la zonificación del suelo de la zona, con estos valores se podrá reportar las prohibiciones que apliquen y que puedan estar referidas al uso de un sistema de fundación o una profundidad límite para algún tipo de excavación.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. GEOLOGÍA

2.1.1. DEFINICIÓN

La geología (del griego, geo "Tierra" y, logos "Estudio") es la ciencia que estudia el origen, la composición y estructura interna de la Tierra, y los procesos por los cuales ha ido evolucionando a lo largo del tiempo geológico.

Para entender la base del estudio de este proyecto necesitaremos rememorar el concepto de la Geología misma.

La Geología es la ciencia que estudia la tierra en sus diversos aspectos, la materia que la compone, su mecanismo de formación, los cambios o alteraciones que ésta ha experimentado desde su origen y la textura y estructura que tiene en su estado actual. (Pacosillo Ticona, 2009) Por otra parte, la Ingeniería Geológica es la ciencia aplicada al estudio y solución de los problemas de la ingeniería y del medio ambiente producidos como consecuencia de la interacción entre las actividades humanas y el medio geológico. El fin de la ingeniería geológica es asegurar que los factores geológicos condicionantes de las obras de ingeniería sean tenidos en cuenta e interpretados adecuadamente, así como evitar o mitigar las consecuencias de los riesgos geológicos. (Luis I. Gonzáles de Vallejo, 2002)

2.1.2. IMPORTANCIA EN LA INGENIERÍA CIVIL

La geología ayuda a ver cómo las condiciones geológicas afectan las actividades del Ingeniero y cómo pueden simplificar o complicar su trabajo. Para ello se establecen los siguientes objetivos específicos, que consisten en:

- Conocer el funcionamiento global de la tierra a nivel de procesos internos (endógenos) y superficiales (exógenos).
- Entender los procesos relacionados con la deformación dúctil y frágil de las rocas, que condicionan el comportamiento mecánico de los macizos rocosos.
- Ser capaz de interpretar un mapa geológico sencillo y comprender su utilidad para la ubicación y el trazado de obras civiles.
- Reconocer en campo y laboratorio los distintos tipos de rocas.

- Conocer e interpretar en términos genéricos las principales formas del relieve y su importancia para la ordenación del territorio.
- Entender la influencia del clima sobre el relieve y su control sobre los principales procesos geomorfológicos.
- Conocer la importancia del agua en el modelado del relieve
- Ser capaz de evaluar la peligrosidad asociada a los procesos geológicos superficiales.

2.1.3. DIVISIÓN GENERAL DE LA GEOLOGÍA

La Geología como tal se divide en cuatro ramas principales mencionadas a continuación: (Pacosillo Ticona, 2009)

- *Geología física*
- *Geología histórica*
- *Geología aplicada*
- *Geología geognosia*

De las cuales aquella que estudia a la geología con un criterio práctico para el aprovechamiento de los recursos naturales y como ciencia auxiliar de otras ciencias como la Ingeniería es la Geología Aplicada.

La Geotecnia es la rama de la Geología Aplicada que de manera particular estudia tanto suelos como rocas en su comportamiento físico-mecánico, de tal manera que nos brinda parámetros particulares del suelo para su aprovechamiento ya sea en edificaciones, vías, etc.

- a) **La geología física:** Estudia los agentes y procesos que originan cambios en la tierra y se pueden dividir en:

- *Geología cósmica*
- *Geología fisiografía*
- *Geomorfología.* Estudia las formas superficiales de la tierra describiéndolas, ordenándolas sistemáticamente, investigando su origen y desarrollo; la geomorfología dinámica o analítica analiza los factores endógenos y exógenos, tenemos, por ejemplo: la epirogenesis (epi = superficial, génesis = origen), orogénesis (oro = montañas, génesis = origen).

- *Geodinámica*. Estudia el conjunto de los fenómenos que alteran la corteza terrestre es decir estudia las fuerzas internas y externas que originan cambios externos de la tierra.
 - *Geología estructural ó tectónica*. Estudia los movimientos y deformación que ha sufrido y sufre aun la corteza terrestre.
- b) **Geología geognosia**: Estudia las sustancias y los materiales constitutivos de la tierra especialmente en su corteza exterior, se subdividen en:
- *Geología química*
 - *Mineralogía*
 - *Petrología*
 - *Petrografía*
- c) **Geología histórica**: Estudia la sucesión de los cambios físicos y biológicos que han ocurrido en la faz de la tierra desde su origen hasta nuestros días, y se divide en:
- *Estratigrafía*
 - *Paleo climatología*
 - *Paleontología*
- d) **Geología aplicada**: Es la rama que estudia a la geología con un criterio práctico de aplicación al aprovechamiento de los recursos naturales y como ciencia auxiliar de otras como la ingeniería, y se subdivide en:
- *Geología minera*. Estudia los yacimientos minerales y su formación.
 - *Hidrogeología*. Que se refiere al estudio de las aguas desde el punto de vista de la geología y pueden ser subterráneas y superficiales.
 - *Geotecnia*. Es una rama auxiliar directa a la ingeniería por cuanto esta debe diseñar y construir obras tales como vías terrestres, túneles, diques, puentes, viaductos, etc. y cualquier otro tipo de obra civil.
 - *Geofísica*. En sentido amplio es la ciencia que estudia las propiedades físicas de la tierra se subdivide en Geosísmica, Geoeléctrica y Geomagnética.

2.1.4. MAPA GEOLÓGICO

Un mapa geológico es la representación, sobre un mapa topográfico, de los diferentes tipos de rocas que afloran en la superficie terrestre y los tipos de contactos entre ellas. Para distinguir las rocas se utilizan colores. En un mapa geológico también se reflejan las estructuras tectónicas (pliegues, fallas, etc), yacimientos fósiles, fuentes, recursos minerales, etc.

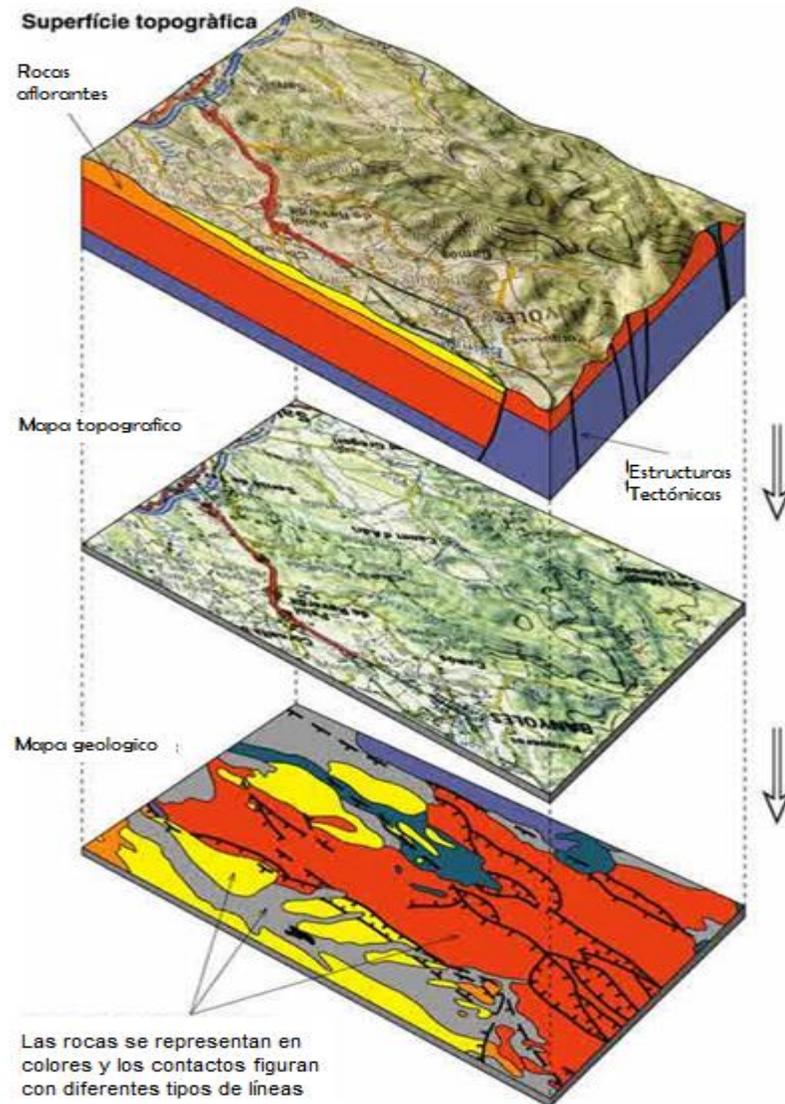


Figura 2: *Esquema de la realización de un Mapa Geológico*
Fuente Instituto Geográfico y Cartográfico de Cataluña

La realización de los mapas geológicos responde a la necesidad de conocer el territorio para hacer un uso responsable, tanto del propio territorio como recurso natural, como de los recursos minerales que en él se encuentran.

2.1.4.1. ELABORACIÓN DE UN MAPA GEOLÓGICO

Para realizar un mapa geológico, existen una serie de pasos:



Figura 3: *Fases para Elaborar un Mapa Geológico*
Fuente *Elaboración Propia*

Estudios Previos: documentación, fotogeología

Planificación. - Búsqueda de publicaciones o documentos públicos sobre trabajos geológicos previos realizados en la zona a cubrir con la cartografía geológica a realizar.

Estudio de las características del relieve de la zona a cartografiar: fotointerpretación geológica, ortofotoimágenes y análisis de modelos digitales de elevación del terreno.

Trabajo de Campo: recolección de datos

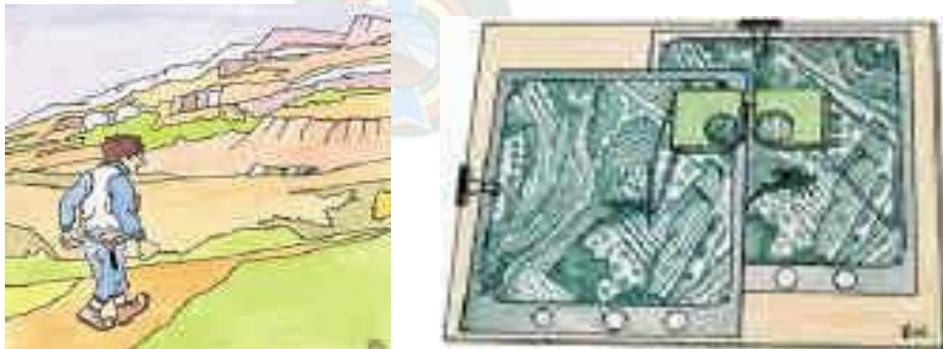


Figura 4: *Planificación y Reconocimiento Geológico de Campo*
Fuente *Instituto Geográfico y Cartográfico de Cataluña*

El geólogo hace una serie de itinerarios por el campo buscando afloramientos de rocas.

Cuando encuentra un afloramiento, lo sitúa sobre el mapa topográfico o sobre la foto aérea. Las gafas estereoscópicas le permiten ver las fotos aéreas en relieve.

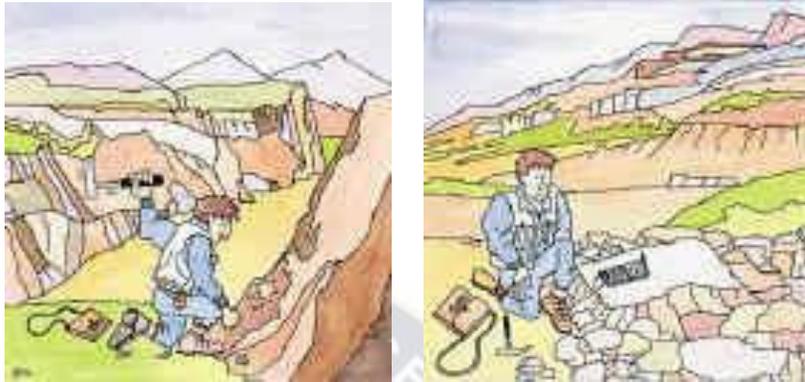


Figura 5: *Toma de muestras y Referenciación de los estratos*
Fuente Instituto Geográfico y Cartográfico de Cataluña

Con un martillo y una lupa, identifica la roca y busca fósiles, que a menudo acostumbran a ser de medida milimétrica.

Con una brújula de geólogo, con clinómetro y nivel, mide el buzamiento de los estratos, la esquistosidad, las fallas, las lineaciones, etc.



Figura 6: *Libreta de Campo*
Fuente Instituto Geográfico y Cartográfico de Cataluña

En una libreta de campo, apunta el número de estación y, a continuación, todos los datos observados y medidos (buzamiento, litología, fósiles, muestras, etc.). A menudo hace esquemas de la disposición de las capas.

PROSPECCIÓN GEOLÓGICA SUPERFICIAL

Consiste en recorrer por el campo buscando afloramientos de rocas, y la reconstrucción de estructuras geológicas, la interpretación de los fenómenos tectónicos con lo que se llega a construir un mapa geológico superficial y de acuerdo a la información requerida podemos realizar la confección de mapas específicos, temáticos, por ejemplo: mapas estructurales que nos mostrara las diferentes estructuras que existen en esa región. El relieve de estas estructuras geológicas como son los sinclinales y los anticlinales, fallas geológicas, etc. Para la preparación de estos mapas se utilizarán mapas topográficos

En el campo el geólogo se ayuda con un piqueta para extraer muestras de roca del lugar, las cuales se guardan con su respectiva identificación para llevarlas al laboratorio. El reconocimiento de las rocas se puede realizar con ayuda de una lupa.

PROSPECCIÓN GEOLÓGICA SUBTERRÁNEA

La información superficial que puede obtener el especialista no resulta suficiente para investigaciones de tipo minero, petrolífero, geotécnico por lo que se hace necesario recurrir a las investigaciones subterráneas o sub-superficiales que se realiza por medio de tres métodos:

- Método directo
- Método semidirecto
- Método indirecto

MÉTODO DIRECTO

Son aplicados mayormente en la prospección minera y en las investigaciones geotécnicas, consisten en la excavación o ejecución de aberturas en el suelo a fin de observar, evaluar el tipo, características tanto de las rocas como de los suelos.

MÉTODO SEMIDIRECTO

Consiste en obtener información del subsuelo por medio de ejecución de las perforaciones, obtención de testigos o muestras ya sea de roca o suelo

Existen básicamente dos tipos de equipos de sondeo: percusión y rotación.

- a) Método de percusión. - Consiste en ejecutar el sondeo por golpes sucesivos con una herramienta adecuada, la que progresivamente va triturando el material. Los equipos constan de un trepano que va asegurado al extremo interior de una barra, la cual a su vez va colgada de un cable. El trepano actúa mediante un constante martilleo puesto que alternativamente levantado y dejándose caer gracias a un balancín que forma parte del equipo, mediante este sistema la roca es cortada en trozos o triturado el material, que se acumula en el fondo del pozo que debe ser extraído periódicamente mediante cucharas, baldes, bombas, etc. Este material extraído es examinado y evaluado de tal manera que permite obtener una información sobre el tipo de roca o material, su naturaleza y así realizar el perfil.
- b) Método de rotación.- Se realiza por medio de la rotación de la herramienta, la misma que se halla asegurada al extremo inferior de la barra de perforación, que gira, gracias a un motor que le confiere un movimiento rotativo, las herramientas cortantes se llaman coronas de diamante o diamantinas y son estas las que con el movimiento rotativo perforan un orificio anular en la roca separando así a los testigos de la masa rocosa, los mismos que a intervalos de tiempo o longitud son recuperados, medidos, evaluados o analizados, por lo tanto las barras de perforación también deben ser llevados a la superficie cada cierto tiempo.

MÉTODO INDIRECTO

Consisten en obtener información del suelo, sin la necesidad de realizar perforaciones.

- Métodos geofísicos:

Los métodos geofísicos nos permiten obtener el perfil del suelo, con información referida al tipo de material, el espesor del estrato y la presencia de aguas subterráneas; entre los métodos geofísicos se tienen los siguientes:

- Métodos eléctricos.

Las exploraciones eléctricas y electromagnéticas miden variaciones en la conductividad y en la capacidad eléctrica de las rocas, y se usan sobre todo para buscar petróleo, gas y metales comunes.

- Métodos gravimétricos

Las exploraciones gravitatorias miden variaciones de densidad en conjuntos locales de roca. Estas prospecciones, usadas sobre todo en la búsqueda de petróleo, se basan en un dispositivo llamado gravímetro.

- Métodos magnéticos

Miden anomalías del campo magnético; se emplea en investigación minera

- Métodos sísmicos.

Mide las variaciones de la velocidad de propagación de ondas de choque a través del terreno.

TRABAJO DE GABINETE

Construcción del mapa geológico, construcción de los cortes geológicos, geología del subsuelo, datos de laboratorio. Con el conocimiento de los datos del subsuelo y los datos de la geología de superficie adquiridos con el trabajo de campo, el geólogo deduce la estructura de los materiales muchos metros por debajo de la superficie del terreno.



Figura 7: *Mapa de la deducción de los datos subsuelo*
Fuente Instituto Geográfico y Cartográfico de Cataluña

Sobre el mapa topográfico se coloca un políester transparente, donde sitúa las estaciones observadas en el campo. En cada estación se indica el buzamiento de las capas y otras observaciones.

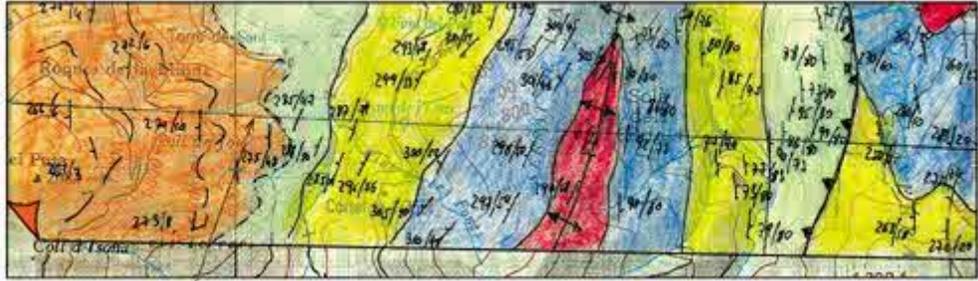


Figura 8: *Mapa Sobrepuesto el Buzamiento de las capas y observaciones.*

Fuente Instituto Geográfico y Cartográfico de Cataluña

Sitúa los límites entre las unidades rocosas observadas. Los interpola y traza las líneas de contactos. Si el buzamiento de las capas es próximo a la horizontal, los contactos son muy sinuosos (como las curvas de nivel), en cambio, si es próximo a la vertical los contactos serán líneas rectas.

Para interpretar el mapa, el geólogo realiza una serie de cortes geológicos, perpendiculares a las estructuras.

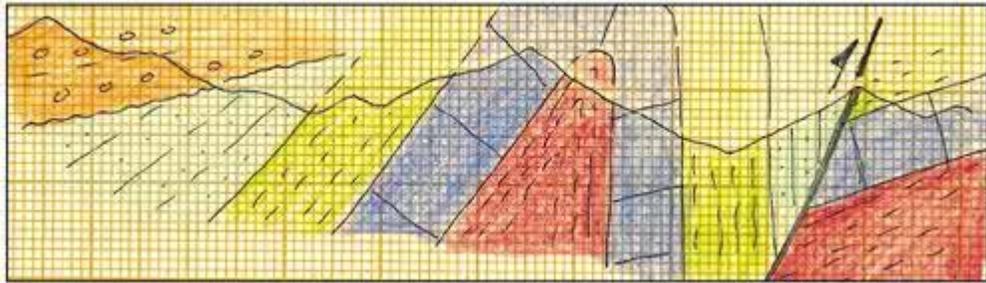


Figura 9: *Esquema de cortes geológicos.*

Fuente Instituto Geográfico y Cartográfico de Cataluña

Estos cortes pueden poner en evidencia una serie de problemas que el geólogo no puede solucionar con los datos que tiene. Entonces hace falta volver al campo para obtener más datos, ya sea en zonas donde no había estado, o bien volver a los mismos lugares con el fin de completar o corregir la interpretación. Así se inicia un ciclo que finaliza cuando el geólogo considera que el mapa tiene la calidad adecuada.

Consulta e interpretación de los datos del subsuelo disponibles:

- Perfiles sísmicos
- Pozos de exploración de hidrocarburos
- Sondeos de aguas

- Datos de laboratorio: muestras de superficie
- Dataciones paleontológicas
- Dataciones radiométricas
- Análisis geoquímico
- Estudios petrológicos

2.1.5. ELEMENTOS BÁSICOS DEL MAPA

Cada hoja está formada por una serie de elementos básicos: el mapa geológico, los cortes geológicos, la leyenda, el esquema geológico, el esquema estratigráfico, las columnas estratigráficas, los signos convencionales y los autores. Según las características geológicas de la zona pueden añadirse otros elementos, como esquemas tectónicos, morfo estructurales y tectónicos.

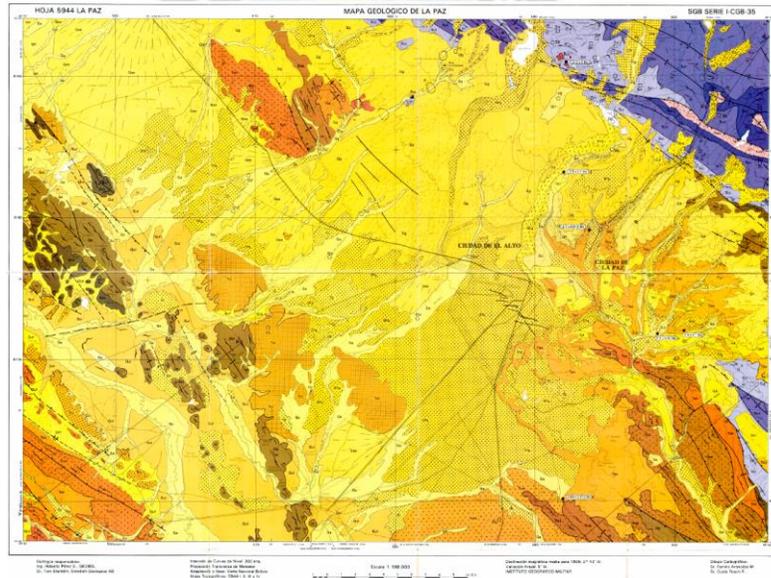


Figura 10: *Elementos de un Mapa Geológico de La Paz*
Fuente Alcaldía de La Paz

- a) Cortes geológicos.** - Para construir el corte geológico hay que hacer, en primer lugar, el corte topográfico. Sobre éste se sitúan los contactos entre las diferentes unidades litológicas. En segundo lugar, se colocan los buzamientos, con un transportador, se representa la inclinación. Con estos datos se construye un corte superficial. Posteriormente se interpreta el subsuelo proyectante en profundidad los datos de superficie. La interpretación en profundidad mejora considerablemente si se dispone de información del subsuelo, como pueden ser los sondeos de prospección petrolera, perfiles sísmicos, datos gravimétricos, etc.

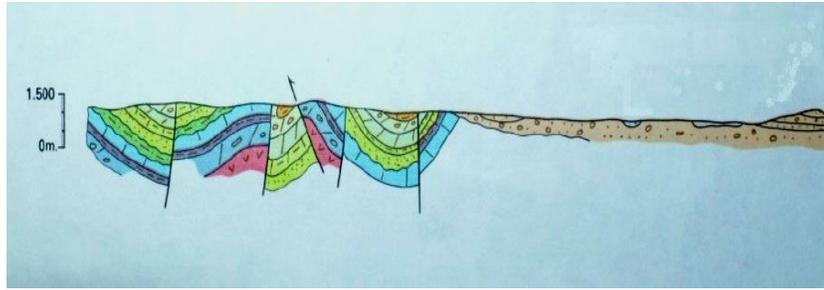


Figura 11: Perfil geológico

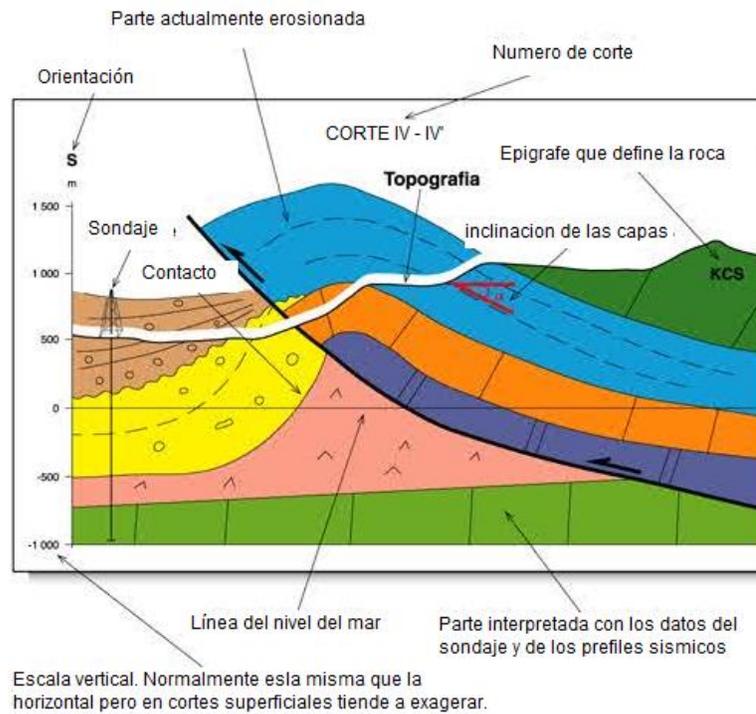


Figura 12: Perfil Geológico y Buzamientos

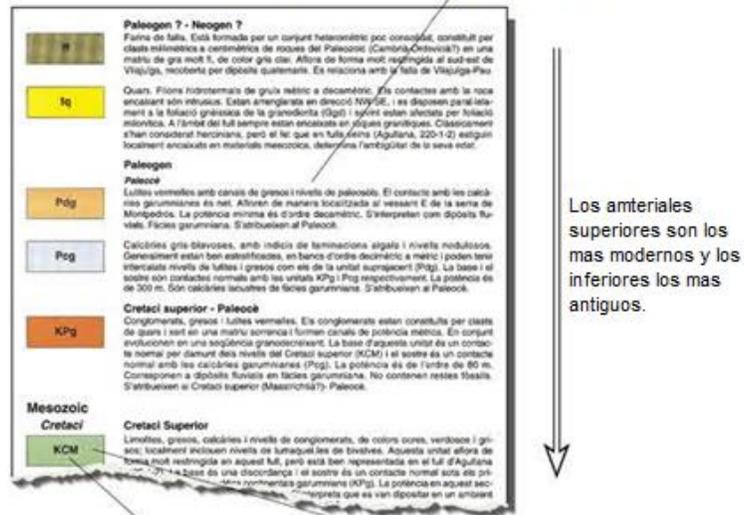
Fuente Instituto Geográfico y Cartográfico de Cataluña

- b) **Leyenda.** - Los diferentes tipos de rocas que se han representado en el mapa geológico constituyendo lo que se denominan unidades cartográficas. Cada una

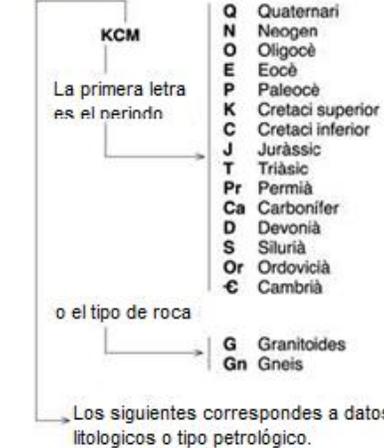
“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

está representada en el mapa por un color diferente y un epígrafe que las identifica. Las características de cada unidad están explicadas en la leyenda.

Se describen brevemente los siguientes datos: el tipo de roca de la q se trata, su potencia, su posición respecto a otras unidades cartográficas y los tipos de contactos, el contenido fosil y el ambiente sedimentario, la petrología y otras características. Finalmetne se indica el nombre o lugar de los datos.



Para definir los epígrafes se usa un formato código por serie de letras y números. El epígrafe usa por unidad cartográfica como la misma para todos los cortes.



cada período tiene un color característico. Para las subdivisiones se usa otro color distinto y a veces existe una superposición en los

Q	Pr
N	Ca
O	D
E	S
P	Or
K	CO
C	C
J	G
T	Gn

Figura 13: Ejemplo de Leyenda de un Mapa Geológico. Fuente Instituto Geográfico y Cartográfico de Cataluña

c) **Esquema geológico.** - Es el mapa simplificado a escala 1:100 000, dónde se representan las principales estructuras tectónicas y las unidades más importantes. Los colores y las siglas son los característicos de cada periodo geológico.

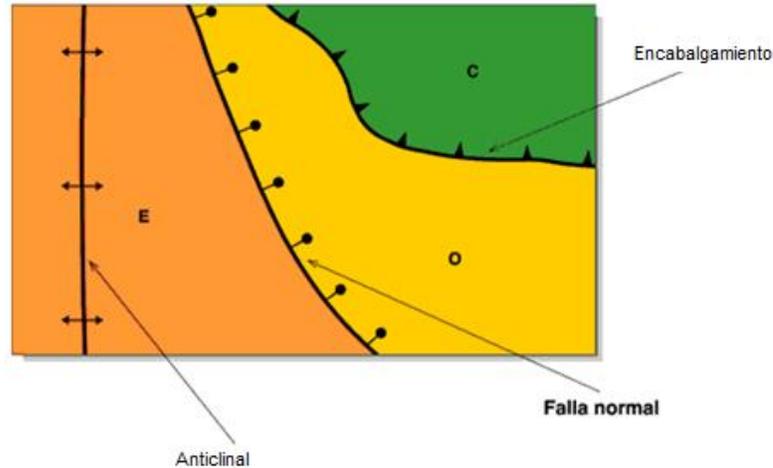


Figura 14: *Ejemplo de un Esquema Geológico*
Fuente Instituto Geográfico y Cartográfico de Cataluña

d) Esquema estratigráfico. -

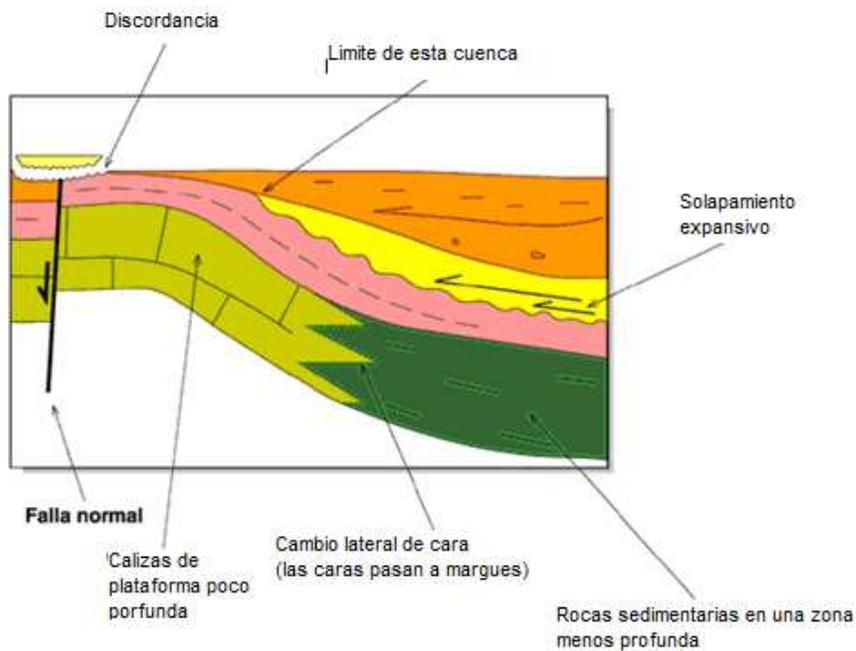


Figura 15: *Ejemplo de un Esquema Estratigráfico*
Fuente Instituto Geográfico y Cartográfico de Cataluña

e) Columnas estratigráficas. - Una columna es una representación gráfica de los diversos materiales que podemos encontrar, en una zona determinada, tal como se ha sedimentado, los más antiguos en la parte inferior y los más modernos en la parte superior. Para construir una columna estratigráfica, hay que medir en el campo el

espesor de todas las capas, empezando por las inferiores y continuando hacia las superiores. Hace falta evitar las estructuras tectónicas que pueden sacar un trozo de la sucesión o bien duplicarla. En un mapa se pueden poner diversas columnas, realizadas en lugares diferentes, con el fin de compararlas y visualizar cómo los sedimentos de una misma edad (color) cambian lateralmente de potencia (espesor) o de facies (tipo de sedimento).

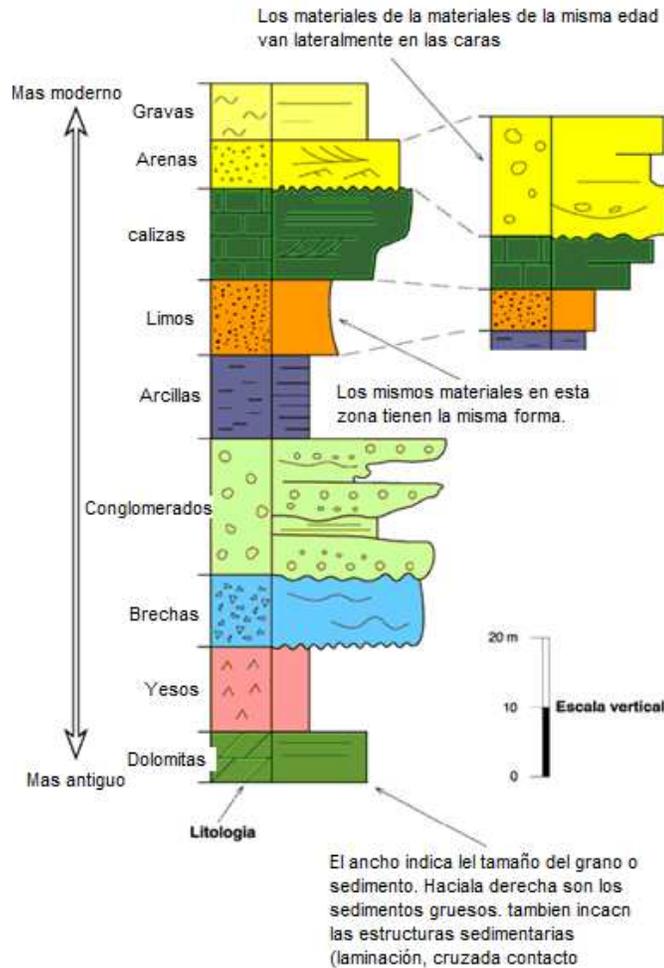


Figura 16: *Ejemplo de una Columna Estratigráfica*
Fuente Instituto Geográfico y Cartográfico de Cataluña

- f) **Signos convencionales.** - Son la representación gráfica de los tipos de contactos entre las unidades cartográficas. En línea negra delgada se representan los contactos sedimentarios, y en líneas gruesas los contactos mecánicos y las estructuras de plegamiento. En líneas azules se representan los contactos intrusivos, y en líneas

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

rojas y verdes los límites de las zonas metamórficas. Los símbolos puntuales indican el buzamiento de las capas o de otras estructuras planares o lineales.

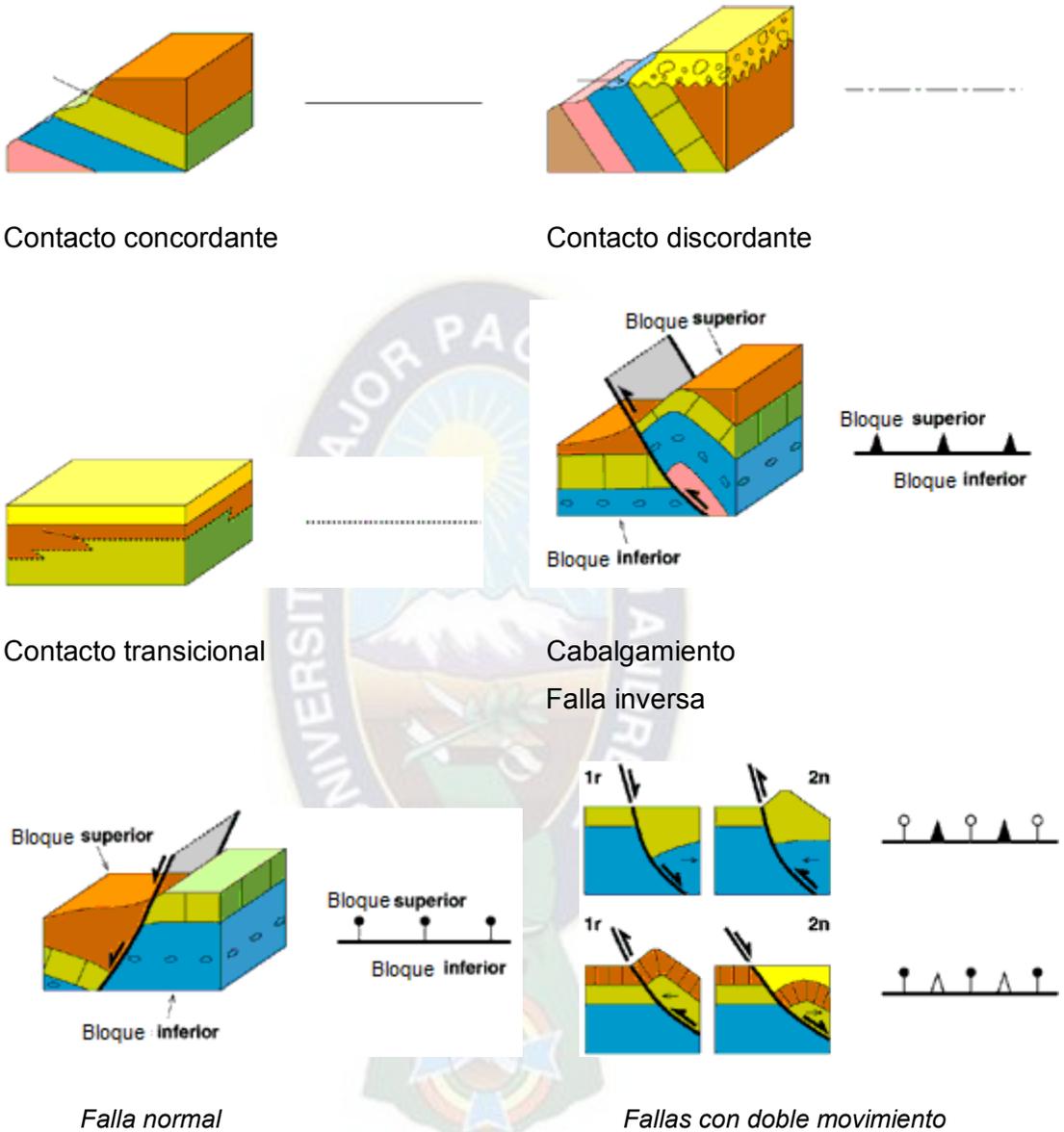
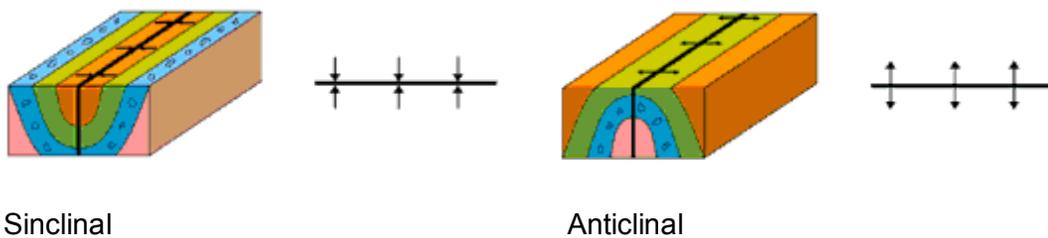
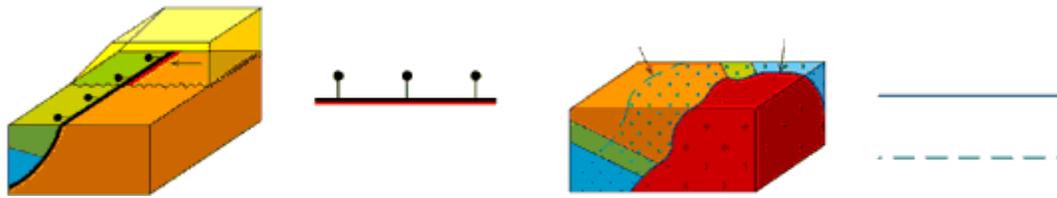


Figura 17: Tipos de Contactos entre unidades Estratigráficas

Fuente Instituto Geográfico y Cartográfico de Cataluña

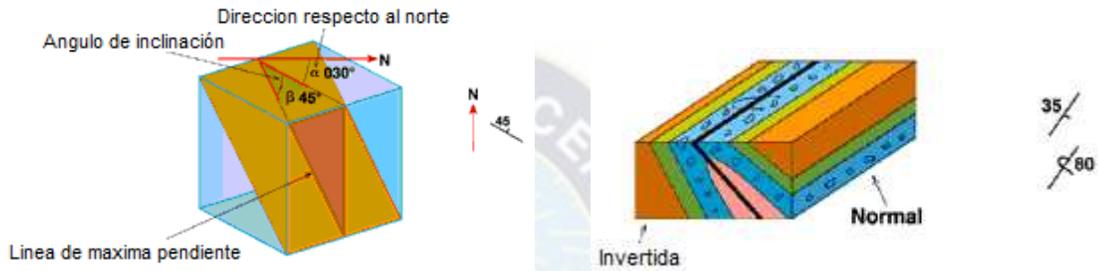




Estructura fosilizada

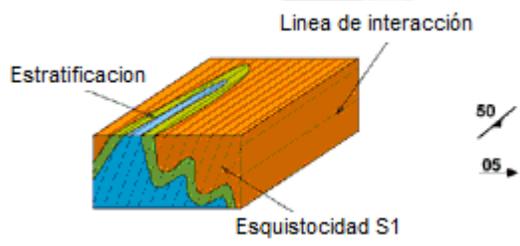
Contacto intrusivo

Límite de zona metamórfica



Dirección y ángulo de buzamiento

Buzamiento de la estratificación



Esquistosidad

Lineación de intersección

Figura 18: *Continuación Tipos de Contactos entre unidades Estratigráficas*
Fuente Instituto Geográfico y Cartográfico de Cataluña

2.1.6. ESQUEMA DE LOS TIEMPOS GEOLÓGICOS

Los procesos geológicos, normalmente, ocurren tan lentamente que exceden las posibilidades de observación humana. Por esta razón los geólogos han desarrollado una escala de tiempo basada en eventos geológicos y biológicos globales, que se utiliza como marco de referencia temporal absoluta. Se toma como inicio la época de formación de la tierra, aunque se cuenta hacia atrás en millones de años. Los lapsos se establecen con criterios geológicos (estratigráficos) y biológicos. Los grandes periodos tienen un alcance planetario y son los fundamentales para establecer el tiempo geológico. Las unidades

litoestratigráficas son establecidas a partir de los caracteres litológicos de la sucesión estratigráfica. Las unidades bioestratigráficas son establecidas a partir de las características paleontológicas fósiles.

Divisiones geo cronológicas

- Eon
- Era
- Periodo
- Época
- Piso



Figura 19: Escala de tiempos geológicos

Fuente Instituto Geográfico y Cartográfico de Madrid

2.1.7. USO DE UN MAPA GEOLÓGICO

La leyenda de un mapa geológico nos permite conocer los diferentes tipos de rocas que se encuentran representados en el mapa geológico. La relación que cada tipo de roca tiene con las rocas de su alrededor nos la da el tipo de contacto. Los tipos de contactos entre las diferentes unidades cartográficas se encuentran representados en el mapa según unos signos convencionales.

En los mapas geológicos se muestran los siguientes elementos que ayudan a interpretarlos:

- Leyenda cronológica
- Columnas estratigráficas
- Cortes geológicos

2.1.8. RIESGOS GEOLÓGICOS

Riesgo es toda condición, proceso, fenómeno o evento que, debido a su localización y frecuencia, puede causar heridas, enfermedades o la muerte de seres humanos, esto puede provocar daños a obras estructurales y al medio ambiente.

Los riesgos geológicos pertenecen al grupo de los riesgos naturales físicos y son los que causan las mayores catástrofes naturales.

Clasificaremos los riesgos geológicos en:

- Los naturales originados directamente por la dinámica de los procesos geológicos internos (volcanes, terremotos y tsunamis). Los derivados directamente de la dinámica de los procesos geológicos externos (inundaciones y movimientos gravitacionales).
- Los riesgos geológicos inducidos, provocados por la intervención y modificación directa del ser humano sobre el medio geológico o la dinámica de diversos procesos geológicos naturales.

2.1.8.1. PELIGROS NATURALES

a) FALLA GEOLÓGICA.

Una falla es una fractura de la corteza terrestre en dos o más bloques que origina el desplazamiento horizontal o vertical de éstos. Las fallas se originan debido a las presiones que ejercen los materiales incandescentes del interior de la Tierra. El plano de falla es la superficie casi llana a largo de la cual se produce la fractura y el desplazamiento de los bloques rocosos.

Tipos de falla

- **Falla normal**

Una falla normal o directa se forma cuando el plano de la falla está inclinado en forma descendente hacia el bloque hundido.

- **Falla de desgarre**

Una falla de desgarre se produce cuando predomina el movimiento horizontal de los bloques sin que implique su hundimiento o elevación.

- **Falla inversa**

Una falla inversa se produce cuando la inclinación del plano de falla se orienta hacia el bloque levantado, es decir, cuelga sobre los bloques hundidos.

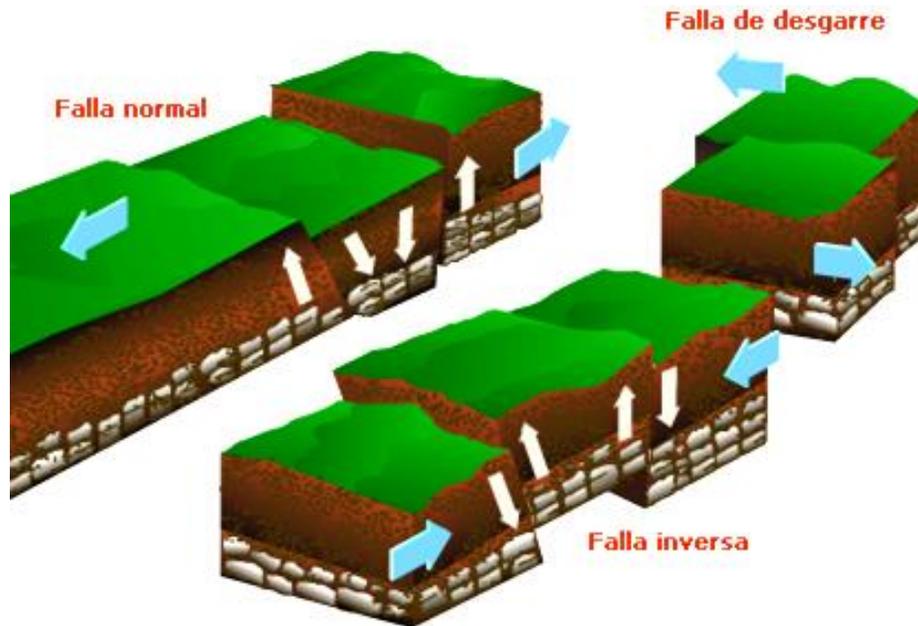


Figura 20: *Tipos de falla*
Fuente *Geología estructural, Billings M.*

b) **SISMO**

Un sismo o terremoto, son temblores producidos en la corteza terrestre como consecuencia de la liberación repentina de energía en el interior de la tierra. Esta energía se transmite a la superficie en forma de ondas sísmicas que se propagan en todas las direcciones.

El punto en que se origina el terremoto se llama foco o hipocentro.

El epicentro es el punto de la superficie terrestre más próximo al foco del terremoto.

Según este criterio los terremotos se clasifican en superficiales, intermedios y profundos. El área afectada por cada uno de ellos es mayor cuanto más profundo, sin embargo, a igualdad de magnitud, sus efectos desastrosos disminuyen con la profundidad.

Los efectos geológicos de los terremotos:

- Deformaciones del terreno como hundimientos, avalanchas, deslizamientos, grietas y fallas, que absorben parte de la energía liberada.
- Cuando la deformación se produce en los fondos marinos, las vibraciones se transmiten al agua de los océanos ocasionando tsunamis.
- Los daños ocasionados por las acciones anteriores, pueden ser directos (destrucción o deterioro de edificios), o indirectos (deja la población en situaciones muy precarias debido a la destrucción de viviendas).

2.1.8.2. PELIGROS PROVOCADOS

Los peligros provocados son producidos por el hombre, alterando las condiciones geomorfológicas, y por ende las características físico - mecánicas del suelo, pueden provocar deslizamientos, asentamientos de suelo y otro tipo de problemas que pongan en riesgo estructuras como edificios, puentes, presas y otras obras civiles

2.2. GEOTECNIA

2.2.1. DEFINICIÓN

En el sentido general de la ingeniería, Suelo se define como el agregado no cementado de granos minerales y materia orgánica descompuesta (partículas sólidas) junto con el líquido. La Ingeniería Geotécnica, como su nombre lo indica, se refiere a la aplicación de la tecnología de la Ingeniería Civil al manejo de los materiales térreos de la corteza del planeta. Usualmente, el ingeniero geotécnico se ocupa de estudiar sólo los materiales naturales que se encuentran en o cerca de la superficie de la tierra. Los ingenieros civiles denominan a estos materiales térreos como suelo y roca. El suelo, en el sentido ingenieril, es un aglomerado de minerales, materia orgánica y sedimentos, relativamente sin cohesión depositado sobre el lecho de roca. Los suelos se pueden romper o disgregar fácilmente, debido a sus constituyentes minerales o partículas orgánicas. Las rocas por el contrario, tienen alta resistencia debido a cohesión interna y fuerzas moleculares, que mantienen unidos a sus granos minerales constituyentes. Esto es cierto, tanto si la roca constituye una estructura masiva firme, como aquella que forma una partícula de grava embebida en un suelo arcilloso.

La ingeniería geotécnica tiene diversos aspectos o énfasis. La mecánica de suelos es la rama de la ingeniería geotécnica que se ocupa de la ingeniería mecánica y las propiedades de los

suelos, mientras que la mecánica de rocas se ocupa de la ingeniería mecánica y las propiedades de las rocas, usualmente pero no necesariamente del lecho rocoso.

La mecánica de suelos aplica los principios básicos de la mecánica, que incluye cinemática, dinámica, mecánica de fluidos y mecánica de materiales a los suelos. En otras palabras, el suelo, preferentemente al agua, el acero, o el concreto, por ejemplo, ahora la ingeniería de materiales llega a ser aquello cuyas propiedades y comportamiento debemos comprender, con el fin de construir cosas con ésta. Se puede hacer un comentario similar respecto a mecánica de rocas. (Robert D. Holtz, 1981)

2.2.2. IMPORTANCIA DEL ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO EN OBRAS CIVILES

Como consecuencia de los innumerables problemas que surgen en la tierra, vale decir una serie de riesgos naturales como deslizamientos, colapso de canales, diques, rotura de presas, asentamientos diferenciales en edificios, etc. que tienen nefastas consecuencias con la pérdida de vidas humanas y ante el crecimiento urbano, la serie de grandes obras públicas y la sentida necesidad de su control y seguridad, surge la ingeniería Geotécnica, cuyo fin es el de asegurar, que los factores geotécnicos condicionantes de las obras de ingeniería, sean tenidos en cuenta e interpretados adecuadamente, así como evitar o mitigar consecuencias de los riesgos geológicos-geotécnicos, es por eso que surge la sentida necesidad, de llevar a cabo, estudios geológicos – geotécnicos.

2.2.3. PLANTEAMIENTO DE UN ESTUDIO GEOTÉCNICO

Los estudios geotécnicos, deben ser llevados a cabo antes de iniciar el proyecto de cualquier obra y pueden definirse como el conjunto de actividades encaminadas a:

1. Conocer las condiciones geológicas e hidrogeológicas de la zona en la que se proyecta construir.
2. Determinar las propiedades físico-mecánicas de los distintos materiales que pueden tener interés en la obra.
3. Proponer los parámetros necesarios para llevar a cabo el proyecto y las oportunas recomendaciones constructivas.
4. Analizar la posible influencia del entorno en la obra que se proyecta construir.
5. Analizar igualmente las modificaciones que la nueva obra pueda introducir en las condiciones del terreno y su efecto en las construcciones próximas.

2.2.4. TIPOS DE ESTUDIO GEOTÉCNICO

Depende esencialmente de su finalidad, pudiendo considerar los siguientes tipos:

A) Estudio de Evaluación Geotécnica

Sirve para determinar las características geotécnicas generales en áreas extensas, detectar eventuales problemas de cimentación y zonificar el territorio respecto a su calidad geotécnica. A su vez se pueden considerar niveles de reconocimiento:

A.1) Nivel Preliminar. Cuando la finalidad es hacer un encuadre geotécnico, geológico y geomorfológico, hidrogeológico del área a nivel general.

A.2) Nivel detalle. Cuando se requiere un reconocimiento concentrado en las zonas de mayor interés o dificultad, en función de los usos previstos del terreno.

B) Estudio Geotécnico para Construcción

Es el que se realiza antes de empezar el proyecto de construcción de un edificio o de una obra concreta y tiene por objeto determinar la naturaleza y las características del terreno, que son necesarias para definir el tipo y las condiciones de cimentación. Se consideran tres niveles de reconocimiento: reducido, normal e intenso.

2.2.5. ESTUDIO DE EVALUACION GEOTÉCNICA

En los estudios de evaluación geotécnica, el informe geotécnico debe centrarse fundamentalmente, en la elaboración de una cartografía geotécnica, la cual conviene realizar a una escala adecuada, para reconocimientos a nivel general. Esta cartografía geotécnica consta básicamente, de una zonificación del área estudiada, de acuerdo con los factores de mayor interés, como son:

1. Capacidad portante o calidad como cimentación.
2. Problemas de deformabilidad y asiento.
3. Condiciones de drenaje y niveles freáticos.
4. Morfología y relieve del terreno. Pendiente de las laderas.
5. Estabilidad de laderas.
6. Utilización de suelos y rocas como materiales de construcción.

2.2.6. PLANIFICACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE EVALUACION GEOTÉCNICA

En la evaluación preliminar geotécnica, suele ser necesario emplear un mínimo de prospecciones para definir la estratigrafía del terreno y determinar sus propiedades geotécnicas. Por tratarse de áreas grandes, existen razones económicas que obligan a limitar el número de reconocimientos, pero al mismo tiempo, para situarlos correctamente y sacar el máximo partido de la información obtenida, se requiere hacer un adecuado encuadre geológico del terreno.

No debe olvidarse que este tipo de estudios debe concluir con una serie de planos en los que se lleve a cabo la zonificación geotécnica del área, por lo cual, las prospecciones deben repartirse dentro de la misma, entre las distintas zonas previstas inicialmente, para comprobar que la asignación de usos es correcta.

A título orientativo, debe contarse con el número mínimo de reconocimientos, que se indica en el recuadro:

	NUMERO MINIMO DE SONDEOS						
	SUPERFICIE (ha)						
COMPLEJIDAD	1	10	50	100	200	500	1000
BAJA	3	6	8	9	10	11	12
MEDIA	5	10	14	15	16	18	20
ALTA	6	14	20	22	24	27	30

*Tabla 4: Número Mínimo de Sondeos
Fuente “Mecánica de suelos” Crespo Villalaz Carlos.*

Respecto a la complejidad del terreno que aparece en el recuadro deben hacerse las indicaciones siguientes:

Complejidad Baja. - Dentro del área estudiada, el terreno es de topografía suave, muy homogénea en planta y de buena calidad de cimentación, (en general, se trata de terrenos aptos para cimentaciones superficiales).

Complejidad Alta. - Terrenos de topografías movidas y/o bastante heterogéneas en planta y con deficientes condiciones de cimentaciones (por ejemplo, es posible empleo de pilotajes)

Complejidad Media. - Corresponde evidentemente, a situaciones intermedias entre las dos anteriores.

En cualquier caso, se debe contemplar no solo la complejidad geotécnica prevista, sino también, la complejidad topográfica y la complejidad morfológica.

2.2.7. LA GEOLOGÍA EN LA EVALUACIÓN GEOTÉCNICA

La parte Geológica (Fase cualitativa de la Evaluación Geotécnica) pretende determinar y mostrar las características y naturaleza de las diversas unidades geológicas aflorantes en el área, así como de los diferentes materiales constituyentes de los suelos del sector y determinar aquellos que sean más favorables, que permitan recomendar las condiciones óptimas en el diseño, cálculo y emplazamiento de obras civiles estables, además de un análisis generalizado de los Riesgos existentes en el distrito. Esta información se basa en el reconocimiento geológico del sector y en las observaciones realizadas en los pozos excavados a cielo abierto, ubicados sistemáticamente en el área de investigación.

2.2.8. EL INFORME GEOTÉCNICO

Se entiende por informe geotécnico, la descripción y resumen de todos los estudios realizados y de todas las prospecciones llevadas a cabo, así como la justificación geotécnica de la elección del tipo de cimentación, la caracterización y zonificación, incluyendo en las conclusiones, las oportunas recomendaciones constructivas.

El grado de definición de la naturaleza del terreno y de las condiciones de cimentación, dependerá lógicamente, del tipo de estudio y del nivel de conocimiento que se haya alcanzado con los reconocimientos realizados. Todo proyecto relacionado al estudio de la geotecnia y la aplicación de la mecánica de suelos o rocas, debe cumplir con al menos algunas actividades para su buen desarrollo. Para eso el estudio geotécnico debe tomarse en consideración previamente, las posibles actividades a desarrollar, tales como: investigación geotécnica, trabajo de laboratorio y gabinete.

INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

El trabajo de campo consiste en:

- Exploración del área de estudio, ubicación, extensión y límites.
- Ubicación sistemática y determinación del número de pozos de exploración.
- Excavación de pozos, alcanzando profundidades definidas.
- Descripción del perfil del suelo en cada pozo.
- Ensayos de penetración estándar (SPT)
- Determinación del nivel freático.
- Muestreo sistemático de muestras alteradas e inalteradas.

LABORATORIO

El trabajo de laboratorio consiste en:

- Determinación de la humedad natural.
- Análisis granulométrico.
- Determinación de los límites de consistencia (Atterberg).
- Clasificación unificada de suelos.
- Densidades.
- Determinación del peso específico.
- Ensayos de corte directo.

GABINETE

Consiste en la preparación del informe, de acuerdo a la Norma ABIG los capítulos que debe tener son:

1. Antecedentes (ubicación, extensión, límites).
2. Consideraciones geológicas.
3. Consideraciones hidrogeológicas.
4. Geotecnia (exploración de pozos, análisis de laboratorios).
5. Conclusiones.
6. Recomendaciones.
7. Complementando con anexos:
 - 7.1. Plano de ubicación.
 - 7.2. Plano de ubicación de pozos.
 - 7.3. Correlación litológica de los pozos y/o perfiles de suelo.
 - 7.4. Mapa geológico.
 - 7.5. Mapa geotécnico.
 - 7.6. Tablas y graficas de las curvas granulométricas.
 - 7.7. Tablas y cálculos de ensayos de granulometría.
 - 7.8. Tablas y cálculos de la determinación de límites de consistencia.
 - 7.9. Tablas y cálculos de la determinación de la capacidad portante de los suelos.
 - 7.10. Cuadros y cálculos de los ensayos de corte.

2.3. MECÁNICA DE SUELOS

La definición de Mecánica es la parte de la ciencia física que trata de la acción de las fuerzas sobre los cuerpos. De igual forma, la Mecánica de Suelos es la rama de la Mecánica que trata de la acción de las fuerzas sobre la masa de los suelos.

Según el Dr. Karl Terzaghi, la Mecánica de Suelos es la aplicación de las leyes de la Mecánica y la Hidráulica a los problemas de ingeniería que tratan con sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas, producto de la desintegración química y mecánica de las rocas. (Crespo Villalaz, 2004)

La Mecánica de Suelos como tal es de vital importancia en la rama de la Ingeniería Civil, ya que a través de ella se puede predecir de manera aproximada el comportamiento del suelo para los diferentes tipos de uso que se le otorgue al mismo, esto es posible gracias a las Propiedades Físico-Mecánicas del suelo. Zona Ñacawi Callipampa Kitachuro

Estas propiedades Físico-Mecánicas del suelo son, propiamente dichas, los parámetros del suelo que nos darán la pauta o referencia del comportamiento del suelo a solicitaciones o esfuerzos de acuerdo al uso del suelo y de acuerdo a ello la ingeniería civil podrá modificar su diseño para un desempeño efectivo de la obra.

Estas propiedades Físico-Mecánicas del suelo dependerán directamente del tipo de suelo que se tenga, para ello se tiene dos opciones:

- Sistema de Clasificación AASHTO.
- Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

Posterior a ello se determinarán a través de ensayos, ya sean en laboratorio, in situ o ambos, las propiedades Físico-Mecánicas propiamente dichas, a continuación, mencionaremos las más relevantes para este proyecto.

- Densidad de Sólidos.
- Análisis Hidrométrico.
- Tamaño Efectivo.
- Granulometría.
- Coeficiente de Uniformidad.
- Coeficiente de Curvatura.
- Contenido de Humedad.
- Compacidad Relativa.

- Límite Líquido.
- Límite Plástico.
- Índice de Liquidez.
- Compactación.

Los cuales nos ayudarán, en este caso, a lograr nuestro objetivo principal, caracterización y zonificación de la zona de estudio.

Suelos y Rocas. - Los suelos son, para los ingenieros, conjuntos de partículas, aire y agua con escasa resistencia mecánica que puede ser usado como material de soporte, material de construcción u elemento activo. Las rocas son materiales geológicos consolidados con importante resistencia mecánica.

Mecánica de Suelos y Rocas. - Es una ciencia aplicada que estudia el comportamiento, composición, estado, resistencia y deformabilidad de los suelos y rocas en donde se va a llevar a cabo una construcción. El comportamiento del suelo es el resultado de la interacción a veces muy compleja entre sus diferentes elementos constituyentes. Esta ciencia nació en 1934 a manos de Karl Terzaghi. La Mecánica de Suelos es parte de la Mecánica del Sólido.

$$\begin{aligned} & \text{Partículas en contacto} \\ & + \\ & \text{Deformaciones reversibles} \\ & + \\ & \text{Deformaciones permanentes} \\ & + \\ & \text{Deformaciones diferidas} \\ & = \\ & \text{Los suelos son sólidos friccionales elasto-visco-plásticos} \end{aligned}$$

2.3.1. ORIGEN Y TIPOS DE SUELOS

Los suelos proceden de las rocas tras haber sufrido un proceso de erosión y en general un transporte mayor o menor, que, en algunos casos, puede ser nulo. Atendiendo a su proceso de formación se pueden clasificar los suelos en:

- a) Suelos residuales.
- b) Suelos Sedimentarios (o transportados).

c) Suelos artificiales (o depósitos).

La erosión, al atacar las rocas, las disgrega, dando lugar a unos materiales sueltos y de tamaño variable que cuando quedan depositados en el mismo lugar donde se encontraba la roca forman los suelos residuales.

A su vez estos materiales pueden sufrir un pequeño transporte, generalmente debido al agua y a la gravedad. Según que este transporte sea mayor o menor, se pueden tener los siguientes tipos de suelos residuales: Coluviones o Suelos coluviales, Glacis y suelos de aluvión a aluviones.

Los suelos sedimentarios, son aquellos depósitos que tras un proceso de erosión de la roca original han sufrido un largo transporte por medio de distintos agentes y que posteriormente se depositan. Durante todo el proceso de transporte, incluso después de depositarlos, los materiales iniciales sufren transformaciones. Las transformaciones de los sedimentos sueltos después de su deposición pueden llegar a convertirlos en rocas más o menos compactas, este fenómeno se denomina “Diagénesis”.

Los suelos artificiales o depósitos, no son suelos propiamente dichos puesto que proceden de la actividad del hombre al transportar suelos de un lugar y depositarlos en otro con lo cual pierden su estructura y organización. Frecuentemente, algunos depósitos artificiales antiguos, enmascarados por vegetación y el paso del tiempo, pueden tomarse como depósitos naturales, dando lugar a multitud de problemas pues su comportamiento es totalmente diferente al de las formaciones naturales no alteradas.

2.3.2. AGENTES DE ALTERACIÓN

Como se ha visto, los suelos proceden de las rocas de la corteza terrestre por medio de un proceso de erosión. La erosión puede ser de dos tipos: Erosión física o erosión química. La erosión física produce un fraccionamiento de las rocas sin cambio en su composición.

La erosión química produce una alteración mineralógica de los materiales originales de las rocas, dando como resultado nuevos materiales con composición distinta.

2.3.2.1. EROSIÓN FÍSICA

Puede ser producida por distintas causas, entre ellas:

- Cambios de temperatura

- Fracturación por crecimiento de cristales
- Actividad orgánica
- Tensiones en la Corteza Terrestre
- Acción de la gravedad

2.3.2.2. EROSIÓN QUÍMICA

La erosión química se produce en presencia de agua, dando lugar a diferentes reacciones químicas que cambian la composición original de la roca madre. Los casos más frecuentes de erosión química son:

- Hidratación
- Hidrolisis
- Disolución
- Oxidación

2.3.3. TRANSPORTE DE LOS PRODUCTOS DE ALTERACIÓN

Las rocas, al ir sufriendo el efecto de la erosión, van perdiendo resistencia, dando lugar a disgregaciones y desprendimientos que inician el proceso de transporte y que continúa por medio de distintos agentes tales como:

- Hielo
- Agua
- Viento
- Gravedad

2.3.4. EL AGUA EN EL TERRENO

La presencia del agua en el terreno tiene gran importancia en Mecánica del Suelo, bien porque plantea problemas que, en su ausencia, no existen o bien porque, su existencia, modifica sustancialmente las propiedades mecánicas de muchos tipos de suelo.

El agua puede tener incidencia en problemas tales como la capacidad portante del terreno o los asentamientos de las estructuras, puede hacer necesaria su extracción mediante operaciones de achique, modifica los empujes sobre muros de contención y pantallas, puede provocar la erosión interna del terreno etc.

El agua llega al terreno de forma muy diferente como muestra la figura:

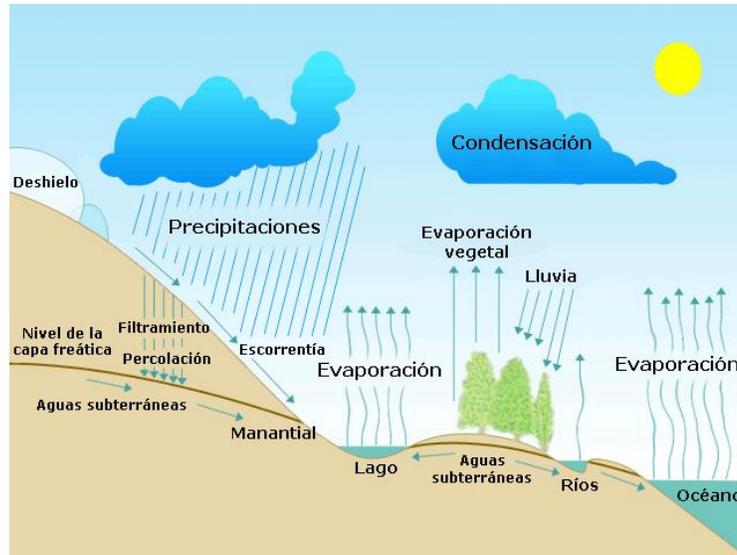


Figura 21: *Ciclo del Agua*

Fuente: www.ecologiahoy.com/ciclo-del-agua

El nivel freático puede ser muy variable en función de las variaciones estacionales. También el nivel freático está relacionado con el nivel del mar o de los ríos. En las proximidades del mar las variaciones del nivel freático pueden ser importantes, siendo en el Atlántico de hasta 4m, mientras que en el Mediterráneo es de, aproximadamente 0,30m.

Los estratos o capas del terreno en los que hay agua se llaman acuíferos, llamándose acuicluso a un acuífero confinado entre dos capas impermeables. A veces, en un mismo terreno nos encontramos con varias capas freáticas, pudiendo existir capas freáticas “colgadas”, formado cauces de agua entre estratos impermeables situados a cierta cota sobre los niveles freáticos permanentes.

2.3.5. MORFOLOGIA DEL TERRENO

En función de la naturaleza y características de los materiales existentes en cada zona del terreno, su perfil puede adoptar morfologías muy diversas que van desde los relieves montañosos rocosos o los acantilados hasta las zonas de marisma junto al mar.

Aparecen relieves de pendiente intermedia en las laderas y valles interiores, sean de origen fluvial o glacial, apreciando, junto a los cursos fluviales, o relacionados con ellos, depósitos aluviales actuales o depósitos de terrazas más antiguos.

Los materiales transportados por las aguas durante la época geológica actual de las rocas de cabecera de los ríos y se han ido depositando selectivamente, en función de la velocidad del agua, siendo los depositados más gruesos en el origen de los ríos y luego cada vez más finos hasta llegar a la desembocadura en el mar.

2.3.6. PROPIEDADES ELEMENTALES DE LOS SUELOS

Conocido de donde proceden los suelos y cómo se han formado, es necesario en primer lugar, clasificarlos y definirlos de acuerdo con sus propiedades.

El suelo, a diferencia de los materiales normalmente utilizados en el campo de la construcción, es un material muy heterogéneo. Por ello, es necesario utilizar un lenguaje específico que permita identificar los distintos tipos con una nomenclatura internacional.

Para ello se recurre a determinar sus propiedades físicas y mecánicas con la finalidad de definir el comportamiento de los suelos frente a sollicitaciones externas.

Las propiedades físicas se determinan mediante ensayos de identificación y estado efectuados en el laboratorio, con objeto de determinar ciertos parámetros, entre los cuales los de mayor interés son:

- Composición granulométrica
- Porosidad
- Pesos específicos
- Contenido de Humedad
- Estados de consistencia
- Permeabilidad

Las propiedades mecánicas se estudian igualmente mediante ensayos de laboratorio para determinar sus características de resistencia y de deformabilidad.

2.3.6.1. COMPONENTES DEL SUELO

Es necesario destacar que los suelos, por su constitución, forman un sistema trifásico, compuesto normalmente, por los siguientes componentes:

- Parte sólida formada por los granos o partículas.
- Una parte vacía rellena del aire que ocupa los huecos que dejan entre si las partículas.

Una tercera parte líquida, formada por el agua que puede llenar parcial o totalmente, los huecos o vacíos.

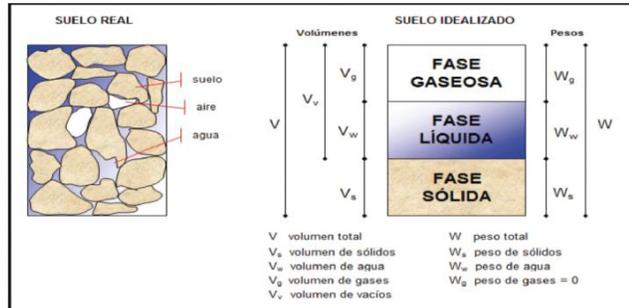


Figura 22: Idealización de las fases del suelo y definición de variables

Fuente Mecánica de Suelos y Geología FIUBA

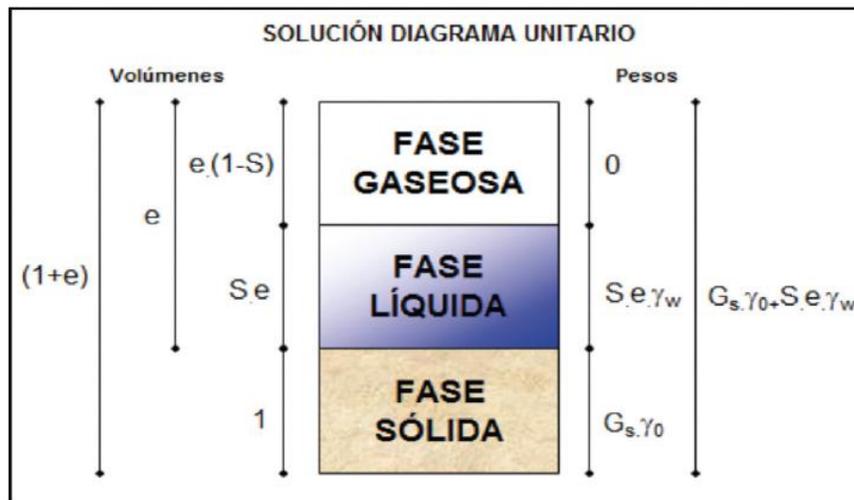


Figura 23: Solución al diagrama de fases unitario

Fuente Mecánica de Suelos y Geología FIUBA

2.3.6.2. RELACIONES GRAVIMÉTRICAS Y VOLUMÉTRICAS DE LOS SUELOS

Relaciones Fundamentales:

- Volumétricas:
 - Relación de Vacíos
 - Porosidad
 - Grado de Saturación
 - Densidad Relativa
- Gravimétricas:

Humedad

Peso Específico relativo de los sólidos o gravedad específica

a). - Relación de vacíos:

Se denomina *relación de vacíos, oquedad o índice de poros* a la relación entre el volumen de los vacíos y el de los sólidos de un suelo:

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

b). - Porosidad:

Se llama porosidad de un suelo a la relación entre su volumen de vacíos y el volumen de su masa. Se expresa como porcentaje:

$$n = \frac{V_v}{V_m}$$

c). - Grado de saturación de un suelo:

Se llama grado de saturación de un suelo a la relación entre su volumen de agua y el volumen de sus vacíos. Suele expresarse también como porcentaje.

$$S_w = \frac{V_w}{V_v}$$

Varia de 0 (suelo seco) a 100% (suelo totalmente saturado).

d). - Contenido de humedad:

Se conoce como *contenido de agua o humedad* de un suelo, la relación entre el peso de agua contenida en el mismo y el peso de su fase sólida. Suele expresarse como porcentaje:

$$w = \frac{W_w}{W_s}$$

e). - Peso Específico:

Se define al peso específico relativo como la relación entre el peso específico de una sustancia y el peso específico del agua destilada a 4° C sujeta a una atmósfera de presión.

$$G_s = \frac{W_s}{V_s}$$

2.3.7. PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL SUELO

2.3.7.1. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

El contenido de humedad de una masa de suelo esta formada por la suma de sus aguas libres, capilar e higroscópica.

La importancia del contenido de agua que presenta un suelo representa junto con la cantidad de aire, una de las características más importantes para explicar el comportamiento de este especialmente en aquellos de textura más fina, como por ejemplo cambios de volumen, cohesión, estabilidad mecánica.

El método tradicional de determinación de la humedad del suelo en laboratorio, es por medio del secado a horno, donde la humedad de un suelo es la relación expresada en porcentaje entre el peso del agua existente en una determinada masa de suelo y el peso de las partículas sólidas.

$$w = \frac{W_w}{W_s}$$

Donde:

w = Contenido de humedad

W_w = Peso del agua presente del suelo

W_s = peso suelo seco

La norma usada en laboratorio para este ensayo (*Determinación del contenido de humedad ASTM D 2216-98*)

2.3.7.2. HUMEDAD NATURAL

El cálculo del contenido de HUMEDAD NATURAL se lo realiza de la siguiente manera:

$$\%H_{Natural\ 1} = \frac{P_a}{P_s} * 100$$

Donde: Pa = peso del agua, Ps = Peso seco de la muestra.

2.3.7.3. CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO

En cimentaciones se denomina capacidad portante a la capacidad del terreno para soportar las cargas aplicadas sobre él; Técnicamente la capacidad portante es la máxima presión media de contacto entre la cimentación y el terreno tal que no se produzca un fallo por cortante del suelo o un asentamiento diferencial excesivo. Por tanto, la capacidad portante admisible debe estar basada en uno de los siguientes criterios funcionales: Si la función del terreno de cimentación es soportar una determinada tensión independientemente de la deformación, la capacidad portante se denominará carga de hundimiento. Si lo que se busca es un equilibrio entre la tensión aplicada al terreno y la deformación sufrida por éste, deberá calcularse la capacidad portante a partir de criterios de asentamiento admisible. De manera análoga, la expresión capacidad portante se utiliza en las demás ramas de la ingeniería para referir a la capacidad de una estructura para soportar las cargas aplicadas sobre la misma.

CAPACIDAD DE CARGA A CORTO Y A LARGO PLAZO.

Las propiedades mecánicas de un terreno suelen diferir frente a cargas que varían (casi) instantáneamente y cargas permanentes. Esto se debe a que los terrenos son porosos, y estos poros pueden estar total o parcialmente saturados de agua. En general los terrenos se comportan de manera más rígida frente a cargas de variación instantánea, ya que éstas aumentan la presión intersticial sin producir el desalojo de una cantidad apreciable de agua. En cambio, bajo cargas permanentes la diferencia de presión intersticial entre diferentes partes del terreno produce el drenaje de algunas zonas.

Capacidad portante a corto plazo o no-drenada. En este caso se puede tomar $\varphi \approx 0$ y se puede despreciar el peso del terreno, pero debe tomarse a la cohesión como la resistencia al corte no drenada.

Capacidad portante a largo plazo o drenada. En este caso se toma la cohesión como resistencia al corte drenado, y debe considerar las variables como función del ángulo de rozamiento interno.

Capacidad portante de los suelos, capacidad de carga limite (qd).

Máxima presión que se puede aplicar a la cimentación, sin que ésta penetre en el suelo.

Capacidad de carga admisible (qadm).

Es la carga límite dividida entre un factor de seguridad. A este esfuerzo se le llama capacidad portante. $q_{adm} = q_{dFS}$

Terzaghi recomienda que FS no sea menor que 3.

Para determinar la capacidad portante de carga limite se tiene gráficas establecidas por el ensayo de S.P.T. según (Hough, 2013).

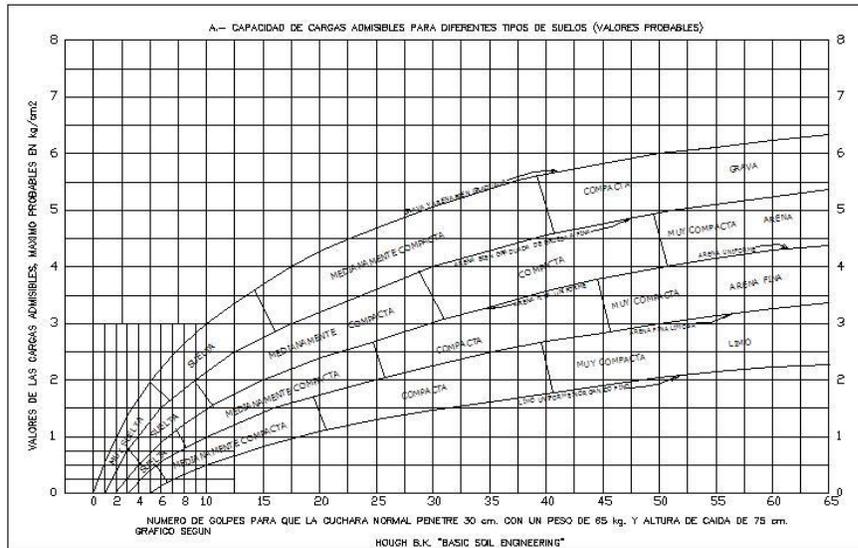


Figura 24: Monograma A Método De La Cuchara Normal

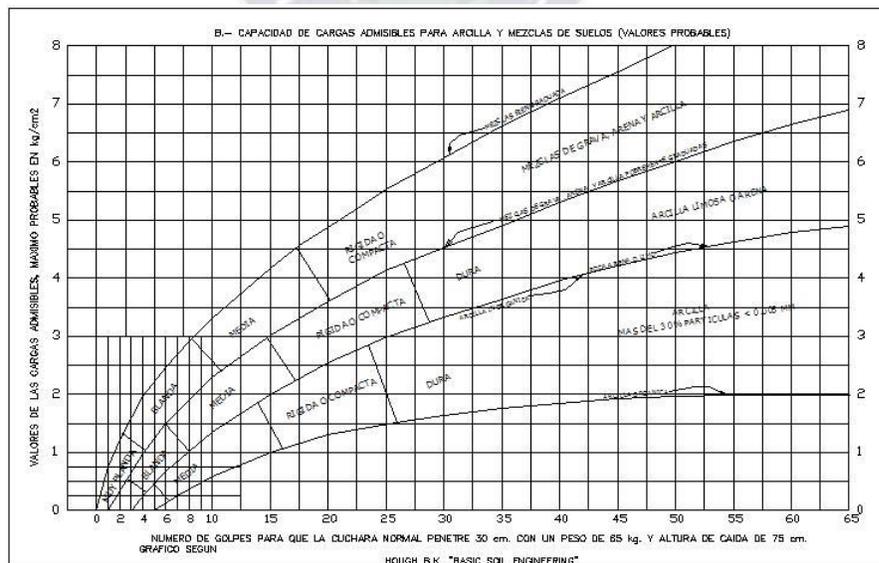


Figura 25: Monograma B Capacidad De Cargas Admisibles Para Arcillas Y Mezclas De Suelos

Fuente (Hough, 2013)

2.3.7.4. GRANULOMETRÍA

El objetivo del análisis granulométrico, es determinar la cantidad en porcentaje (%) de diversos tamaños que constituyen el suelo, en cuanto al total de la muestra utilizada. Además de verificar si el suelo puede ser utilizado para la construcción de proyectos relacionados con obras Civil.

El tamaño de las partículas que constituye un suelo, ofrecen un criterio para una clasificación descriptiva del mismo.

Algunas clasificaciones granulométricas de los suelos según sus tamaños, son las siguientes.

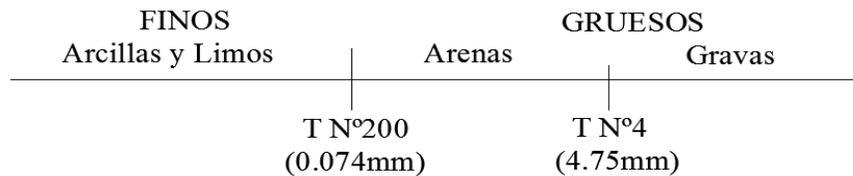


Figura 26: *Distribución de las partículas por tamaño*

Como se observa en la Figura 1 la distribución arbitraria de tamaños mas común es la que define dos grandes conjuntos divididos por la malla 200 y son:

- Suelos de grano grueso → Retenidos en el malla 200
- Suelos de grano fino → Que pasan la malla 200

En el conjunto de granos gruesos se define dos subconjuntos que son:

- Gravas** (Gruesas, medianas y finas) → Retenidos en el malla 4
- Arenas** (Gruesas, medianas y finas) → Pasan la malla 4 y se retienen en el malla 200

En el conjunto de granos finos se definen dos conjuntos que son:

- Limos** → Pasan la malla 200 y se retienen en el malla de abertura 0.002 mm.
- Arcillas** → Pasan la malla de abertura 0.002 mm.

Los suelos de grano grueso mayores a la malla 200 son fácilmente separables por no tener cohesión por lo que se puede encontrar la distribución granulométrica por tamizado.

En el caso de los suelos de grano fino es posible emplear el método del tamizado con tamices de abertura menor a 0.0075 mm. Sin embargo el procedimiento tiene resultados poco eficientes en la práctica ya que la cualidad de estos suelos no esta en el tamaño sino más bien en sus características de plasticidad por lo que la estimación de los tamaños por conjunto de partículas será realizada por el método del hidrómetro. Por lo tanto:

- Método por vía seca** → Tamizado → Suelos Gruesos
- Método por vía húmeda** → Hidrometría → Suelos Finos

2.3.7.5. LÍMITES DE ATTERBERG

Si bien un análisis granulométrico es suficiente para gravas y arenas, cuando se trata de arcillas y limos, turbas y margas se debe completar el estudio con ensayos que definan la plasticidad del material.

Los límites de Atterberg no son estrictamente absolutos, sino fronteras aproximadas para la clasificación de los suelos cohesivos y resultan muy útiles en la Mecánica de suelos para poder identificar las arcillas según su consistencia y comportamiento. De esta forma se puede predecir su capacidad portante frente a las cargas, sus propiedades de consolidación y compactación y sus posibles asentamientos y expansiones.

De hecho la granulometría y límites de Atterberg permiten definir si un suelo es de grano fino o grueso, y los finos son o no son plásticos, y por tanto es un suelo cohesivo o no cohesivo, con todas las implicaciones geomecánicas que ello implica.

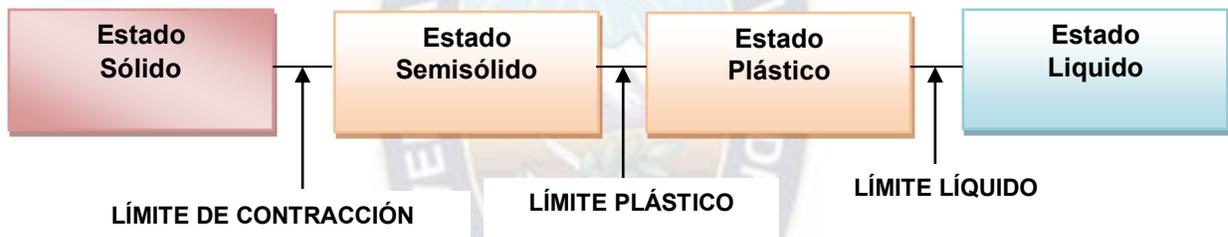


Figura 27: *Estado de consistencia de un suelo*

Fuente Manual de Carreteras, Bañon -Beviá

2.3.7.5.1. LÍMITE LÍQUIDO (L. L.)

Se define por la humedad que tiene el suelo amasado cuando con 25 golpes ligeros de la copa de Casagrande contra la parte superior del equipo de Casagrande, se cierra el surco de sección trapecial 12,7 mm que se había abierto en la masa húmeda de suelo colocada en dicha copa. Se encuentra entre el estado líquido y el estado plástico.

2.3.7.5.2. LÍMITE PLÁSTICO (L. P.)

se define como el contenido de humedad, expresado en porciento con respecto al peso seco de la muestra secada al horno, para el cual los suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a un estado plástico.

2.3.7.5.3. LÍMITE DE CONTRACCIÓN (L.C.)

El Límite de contracción de un suelo se define como el porcentaje de humedad con respecto al peso seco de la muestra, con el cual una reducción de agua no ocasiona la disminución en el volumen del suelo.

$$LC = \frac{\%H - (V_i - V_s)}{\%H_s} * 100$$

Donde:

LC = Límite de contracción.

H% = Humedad de la muestra inicial.

H%_s = Humedad de la muestra final.

V_i = Volumen inicial.

V_s = Volumen final.

2.3.7.5.4. INDICE DE PLASTICIDAD (I. P.)

Se denomina Índice Plástico a la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico se llama índice de plasticidad, representa la variación en humedad que puede tener un suelo que se conserva en estado plástico.

$$IP = LL - LP$$

LL = Límite Líquido, en %

LP = Límite Plástico, en %

2.3.7.6. DENSIDAD DEL SUELO

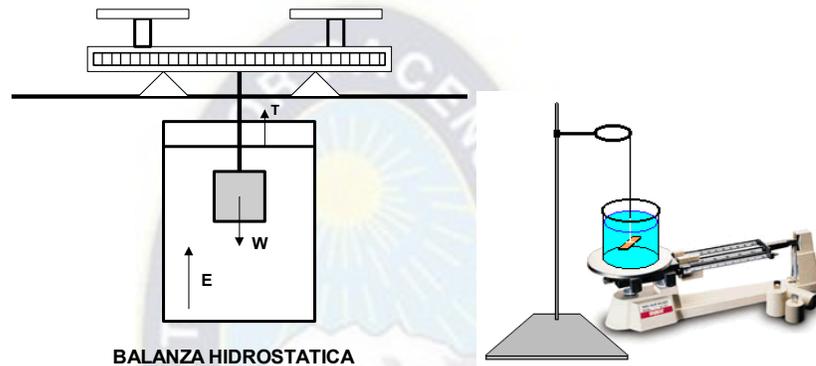
En el estudio de suelos para tener una muestra que mantenga sin ninguna modificación todas las propiedades del suelo como se presenta en la naturaleza se debe contar con una muestra totalmente inalterada, esto con el objeto de que los ensayos que realicen para ese suelo sean representativos. Para obtener esta calidad de muestra el único sistema de obtención que nos permite tener una muestra totalmente inalterada es el sistema de excavación a cielo abierto.

Por tanto debido a que el suelo es la parte más importante de una estructura debemos tratar de que la muestra de suelo ensayada y los ensayos realizados deben ser muy bien ejecutados y con la debida importancia que se merece. Este método de ensayo tiene como propósito el determinar la densidad de suelos cohesivos en su estado natural, suelos compactos cohesivos y suelos estabilizados mediante la medición del peso y volumen de muestras no alteradas.

2.3.7.6.1. DENSIDAD DE TROZOS INALTERADOS (MÉTODO DE LA PARAFINA)

Por el principio de Arquímedes, que establece que al introducir un sólido en un fluido, este ejerce una fuerza E llamada empuje, cuya magnitud es equivalente al peso del volumen de agua desplazada.

De otra manera: el sólido pierde un peso igual al peso del volumen del líquido desplazado.



BALANZA HIDROSTATICA

Figura 28: *Balanza hidrostática para peso específico*

Fuente Manual de Carreteras, Bañon –Beviá

En el equilibrio:

$$E + T = W$$

Por la relación:

$$\text{Fuerza} = \text{Peso Específico} * \text{Volumen}$$

El valor de empuje es:

$$\gamma_{\text{agua}} * V_{\text{sólido}} + T = W$$

Donde:

W: Peso del sólido medido al aire.

T: Peso del sólido sumergido.

γ_{agua} : Peso específico del agua, generalmente igual a 1 [gr/cm³].

El volumen del sólido se tiene:

$$V_{\text{sólido}} = \frac{W - T}{\gamma_{\text{agua}}}$$

Esta relación establece que la diferencia de pesos W -T es numéricamente igual al volumen sólo cuando se asume el valor de:

$$\gamma_{\text{agua}} = 1 \text{ [gr/cm}^3\text{]}.$$

2.3.7.7. PESO ESPECÍFICO DE SÓLIDOS

Se denomina peso específico de los sólidos G_s a la relación entre el peso, en el aire de un volumen determinado de un material, con respecto al peso, también en el aire, de un volumen igual de agua pura, ambos pesos a una misma temperatura.

$$G_s = \frac{\text{peso unitario de los sólidos del suelo } (\gamma_s)}{\text{peso unitario del agua } (\gamma_w)}$$

Este valor es necesario para calcular la relación de vacíos de un suelo, se utiliza también en el análisis de hidrómetro y es útil para predecir el peso unitario de un suelo. Generalmente este valor se utiliza para clasificar los minerales del suelo.

Los valores típicos de gravedades específicas para los sólidos del suelo son entre 2.65 y 2.72. La densidad de sólidos de arena ligeramente coloreada, formada principalmente de cuarzo, se estima aproximadamente igual a 2.65; para suelos arcillosos y limosos, varía entre 2.6 y 2.9.

El valor del peso específico G_s coincide con la del peso unitario γ_s ; pero se diferencia en lo siguiente: el peso unitario sí tiene unidades, mientras que el peso específico no; aunque numéricamente tengan la misma asignación.

Valores típicos de G_s que pueden ser utilizadas como guía para calibrar ensayo de laboratorio:

Mineral	Peso Especifico G_s
Cuarzo	2,65
Caulinita	2,6
Ilita	2,8
Monmorilonita	2,65 - 2,80
Haloisita	2,0 - 2,55
Feldespato de potasio	2,57
Feldespato de sodio y calcio	2,62 - 2,76
Clorita	2,6 - 2,9
Biotita	2,8 - 3,2
Moscovita	2,76 - 3,1
Hornablenda	3,0 - 3,47
Limonita	3,6 - 4,0
Olivina	3,27 - 3,37

Tabla 5: Peso Especifico característicos
Fuente: “Fundamentos de Ingeniería Geotécnica”, Braja M. Das

2.3.7.8. RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE

El objetivo del ensayo de Corte Directo, es determinar la resistencia de una muestra de suelo, sometida a fatigas y/o deformaciones que simulen las que existen o existieran en terreno producto de la aplicación de una carga.

Para conocer una de estas resistencias en laboratorio se usa el aparato de corte directo, siendo el más típico una caja de sección cuadrada o circular dividida horizontalmente en dos mitades. Dentro de la que se coloca la muestra de suelo con piedras porosas en ambos extremos, se aplica una carga vertical de confinamiento (P_v) y luego una carga horizontal (Ph) creciente que origina el deslizamiento de la mitad móvil de la caja originando el corte de la muestra (figura 4).

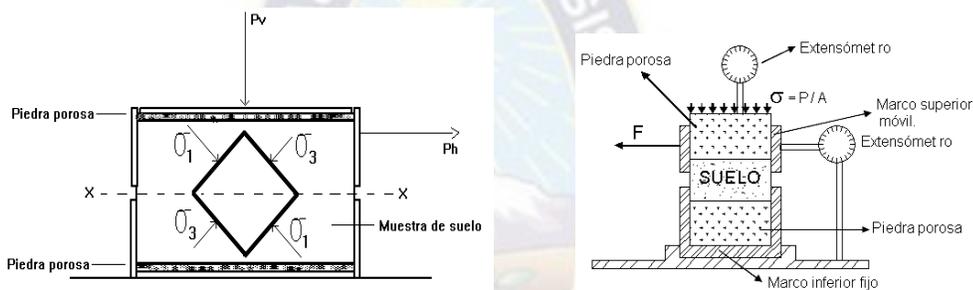


Figura 29: Esquema de Corte Directo.

Fuente Mecánica de Suelos y Geología FIUBA

Las características mecánicas de los suelos y ensayos in-situ, están tradicionalmente caracterizadas por la determinación de los parámetros de resistencia; el ángulo de fricción interna " ϕ " y la cohesión " c ". Estos parámetros son medidos exclusivamente en el laboratorio sobre muestras inalteradas o en ocasiones en remoldeadas, mediante ensayos de corte directo o por ensayos de compresión triaxial.

Para algunos requerimientos en determinación rápida de la resistencia al corte de un suelo, se puede aceptar ampliamente el ensayo para muestras de suelo cohesivo mediante el método de compresión no-confinada. El esfuerzo cortante es la relación entre la fuerza de corte y el área de aplicación de esta fuerza, y la resistencia al corte es el valor máximo o límite del esfuerzo que se puede inducir a la masa antes que se produzca la rotura. Para entender el concepto de corte es necesario recordar algunos conceptos teóricos importantes.

Para el caso que el plano de deslizamiento sea horizontal con el ángulo \emptyset y la fuerza F sea igual a cero, el sistema está en equilibrio. Al incrementar el ángulo \emptyset que inicialmente es cero, se genera una componente tangencial F paralela al plano de fricción.



Figura 30: *Modelo de fricción.*

Fuente Mecánica de Suelos y Geología FIUBA

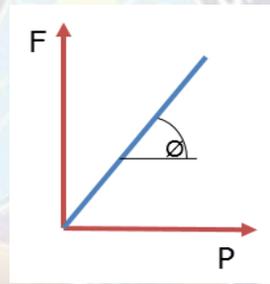


Figura 31: *Relaciones F y P*

Fuente Mecánica de Suelos y Geología FIUBA

$$F = fP$$

Donde:

F = Fuerza tangencial

f = Coeficiente de fricción

P = Fuerza normal al plano de deslizamiento

El valor de la relación F/P crecerá hasta alcanzar el valor máximo o límite, el cual recibe el nombre de ángulo de fricción interna “ \emptyset ”.

La fuerza normal dividida entre el área de aplicación produce el esfuerzo normal y la fuerza de corte dividida entre el área de aplicación produce el esfuerzo de corte, por lo que se puede definir:

$$F = P \tan(\varphi)$$

$$\tau = \sigma \tan(\varphi)$$

Si

$$\sigma = 0$$

Entonces:

$$\tau = 0$$

Se presenta una resistencia al corte y este valor se denomina cohesión “C”.

El caso más general, será el del suelo que tiene resistencia al corte por fricción y además tiene resistencia al corte por cohesión, por lo que se plantea la ecuación de Mohr – Coulomb.

$$\tau = C + \sigma \tan(\varphi)$$

La resistencia al corte de una masa de suelo es proporcional al grado de cohesión, al esfuerzo normal y al ángulo de fricción interna.

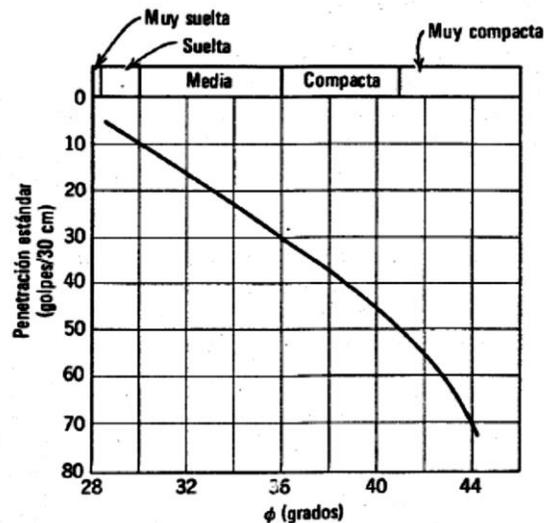


Figura 32: Correlación entre el Ángulo de fricción y la resistencia a la penetración
Fuente “Mecánica de suelos”, Tomo I. Juárez Badillo, Rico Rodríguez.

2.3.7.9. COMPACTACIÓN

La compactación de los suelos consiste en el mejoramiento artificial de sus propiedades mecánicas por medios mecánicos.

La importancia de la compactación radica en el aumento de resistencia y disminución de capacidad de deformación que se obtienen al sujetar el suelo a técnicas convenientes que aumenten su peso específico seco, disminuyendo sus vacíos y el mejoramiento de las propiedades del suelo.

2.3.7.10. RELACIÓN SOPORTE CALIFORNIA CBR.

El índice CBR es la relación expresada en porcentaje, entre la presión necesaria para hacer penetrar un pistón de 50 mm de diámetro en una masa de suelo compactada en un molde cilíndrico de acero, a una velocidad de 1.27 mm/min, para producir deformaciones de hasta 12.7 mm (1/2”) y la que requiere para producir las mismas deformaciones en un material chancado normalizado, al cual se le asigna un valor de 100%.

$$CBR = \frac{\text{carga que produce una penetración de 2.5 mm en el suelo}}{\text{carga que produce una penetración de 2.5 mm en la muestra patron}} * 100$$

MATERIALES	CBR
PARA SUBBASE	≥40
PARA BASE GRANULAR	≥80
PARA CARPETA DE RODADURA	≥60

*Tabla 6: Especificaciones de suelo como material de construcción.
Fuente: Manuales técnicos para el diseño de carreteras de la ABC.*

2.4. SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Una vez que se conoce la distribución de tamaño de partículas del suelo, así como su plasticidad, se procede a su clasificación. En este el suelo se va a clasificar mediante sistema de clasificación AASHTO y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

Para clasificar un suelo es necesario agruparlo en un número reducido de tipos donde se conocen sus descripciones y resistencia, de tal modo que se pueda identificar y tener una idea de su futuro comportamiento en cualquier tipo de obra.

En la clasificación de suelos se tiene la gran ventaja de la notación corta, así, los suelos con propiedades similares se clasifican en grupos o subgrupos basados en su comportamiento

ingenieril. Para expresar en forma clara las características generales de los suelos existen los sistemas de clasificación, los cuales brindan información general para identificar un suelo.

Las clasificaciones más comunes en la norma americana son las siguientes:

- Clasificación unificada de suelos
- Clasificación AASHTO
- Clasificación de aeronáutica civil
- Clasificación del departamento de presas.

2.4.1. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN (AASHTO)

Sistema de Clasificación AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), este es un sistema de clasificación más apto para materiales de construcción de vías de comunicación, dando a los materiales una clasificación que va de A-1 a A-7 acompañados de un índice de grupo, en la que los mejores materiales para la construcción de bases y sub-base son los primeros a-1 y a-2.

2.4.1.1. DESCRIPCION DE LOS GRUPOS DE SUELO

Suelos granulares. Contienen 35% o menos de material que pase el tamiz de 75 mm (#200).

Grupo A-1: El material típico de este grupo es una mezcla bien graduada de fragmentos de piedra o grava, arena gruesa, arena fina, y un ligante de suelo no plástico o de baja plasticidad. Sin embargo, este grupo incluye también fragmentos de roca, grava, arena gruesa, cenizas volcánicas, etc. Sin un ligante de suelo.

Subgrupo A-1-a: Incluye aquellos materiales que consisten predominantemente de fragmentos de roca o grava con o sin un ligante bien graduado de material fino.

Subgrupo A-1-b: Incluye aquellos materiales que consisten predominantemente de arena gruesa con o sin un ligante de suelo bien graduado.

Grupo A-3: El material típico de este grupo es la arena fina de playa o la arena fina de desierto, sin finos de arcilla, limo o con una pequeña cantidad de limo no plástico.

Este grupo también incluye las mezclas aluviales de arena fina mal graduada con pequeñas cantidades de arena gruesa y grava.

Grupo A-2: Este grupo incluye una amplia variedad de materiales granulares, que se

encuentran en el límite entre los materiales que se clasifican en los grupos A-1 y A-3, y los materiales tipo limo y arcilla que se clasifican en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7. Incluye todos los materiales que contienen 35% o menos de material que pasa el tamiz de 75 mm (#200) que no pueden ser clasificados en los grupos A-1 o A-3, debido al contenido de finos o a los índices de plasticidad, o ambos, por encima de las limitaciones de estos grupos.

Los subgrupos A-2-4 y A-2-5 incluyen varios materiales granulares que contienen 35% o menos de material que pasa el tamiz de 75 mm (#200) y con una porción que pasa el tamiz de 425 mm (#40) que tiene las características de los grupos A-4 y A-5 respectivamente. Estos grupos comprenden materiales tales como grava y arena gruesa con contenidos de limo e IP por encima de las limitaciones del grupo A-1, y arena fina con un contenido de limo no plástico por encima de las limitaciones del grupo A-3.

Los subgrupos A-2-6 y A-2-7 incluyen materiales similares a los descritos en los subgrupos A-2-4 y A-2-5 excepto en que la porción fina contiene arcilla plástica que tiene las características de los grupos A-6 y A-7 respectivamente.

Suelos limo arcilloso: contiene más de 35% de material que pasa la malla de 75 mm (#200).

Grupo A-4: El material típico de este grupo es un suelo limoso no plástico o moderadamente plástico, que normalmente tiene el 75% o más de material que pasa el tamiz de 75 mm (#200). Este grupo también incluye mezclas de suelo limoso fino y hasta 64% de arena y grava retenida sobre el tamiz de 75 mm (#200).

Grupo A-5: El material típico de este grupo es similar al descrito en el grupo A-4, salvo que usualmente tiene un carácter diatomáceo o micáceo y puede ser muy elástico, como lo indica su alto LL.

Grupo A-6: El material típico de este grupo es una arcilla plástica que usualmente tiene el 75% o más del material que pasa el tamiz de 75 mm (#200). Este grupo también incluye mezclas de suelo arcilloso y hasta el 64% de arena y grava retenida sobre el tamiz #200. Los materiales de este grupo normalmente presentan grandes cambios de volúmenes entre los estados seco y húmedo.

Grupo A-7: El material típico de este grupo es similar al descrito en el grupo A-6, salvo que tiene el LL elevado, característico del grupo A-5, y puede presentar elasticidad o alto potencial de expansión.

Subgrupo A-7-5: Incluye materiales con IP moderados en relación con el LL y que pueden

presentar un alto potencial de expansión.

Subgrupo A-7-6: Incluyen materiales con un alto IP en relación con el LL y presentan un alto potencial de expansión.

ÍNDICE DE GRUPO

Para evaluación de la calidad de un suelo como material para subrasante de carreteras, se incorpora también un índice llamado Índice De Grupo (IG), juntos con los grupos y subgrupos de los suelos.

Índice de grupo:

$$IG = (F-35) \cdot [0,2 + 0,005 \cdot (LL-40)] + 0,01 \cdot (F - 15) \cdot (IP - 10)$$

Siendo:

F: % que pasa el tamiz ASTM n° 200.

LL: límite líquido.

IP: índice de plasticidad.

El índice de grupo para los suelos de los subgrupos A-2-6 y A-2-7 se calcula usando sólo: $IG = 0,01 \cdot (F - 15) \cdot (IP - 10)$

CARTA DE PLASTICIDAD (AASHTO)

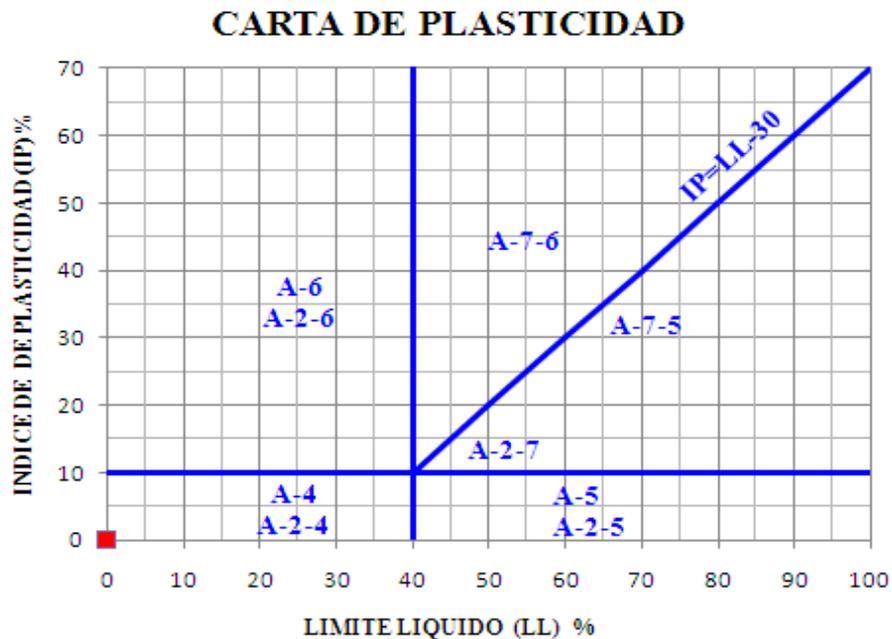


Figura 33: Carta de plasticidad AASHTO

Fuente *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. Braja M. Das.*

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz Nº 200)						Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz Nº 200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Grupo:	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Porcentaje que pasa: Nº 10 (2mm) Nº 40 (0,425mm) Nº 200 (0,075mm)	50 máx 30 máx 15 máx	- 50 máx 25 máx	- 51 mín 10 máx	- - 35 máx				- - 36 mín			
Características de la fracción que pasa por el tamiz Nº 40 Límite líquido Índice de plasticidad	-		-	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín 11 mín	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín (2) 11 mín
Constituyentes principales	Fracmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Características como subgrado	Excelente a bueno						Pobre a malo				

(1): No plástico

(2): El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor al LL menos 30

El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL menos 30

Figura 34: *Sistema de Clasificación de Suelos AASHTO.*

Fuente Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. Braja M. Das.

2.4.2. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELO (S.U.C.S.)

La forma original de este sistema fue propuesta por Casagrande en 1942 para usarse en la construcción de aeropuertos emprendida por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército durante la segunda guerra mundial. En cooperación con la Oficina de Restauración de Estados Unidos, el sistema de clasificación fue revisado en 1952. Hoy en día es ampliamente usado por los ingenieros (prueba D – 2487 de la ASTM).

Sistema de Clasificación de Suelos Unificado, USCS (Unified Soil Classification System), se trata de un sistema más completo de clasificación que nos permite también conocer las características de plasticidad, gradación y otros de las muestras que se analiza, este método es más usual para la ingeniería geotécnica clasifica las muestras mediante las abreviaciones del método y les asigna un nombre con respecto a sus otras características.

2.4.2.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE SUELO

El símbolo de cada grupo está formado por dos letras mayúsculas, que son las iniciales de los nombres ingleses de los suelos más típicos de ese grupo.

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

DETALLE	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
Suelos Gruesos		
Son de naturaleza tipo grava y arena con menos del 50% pasando por el tamiz N° 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo G para la grava o suelo gravoso del inglés “Gravel” y S para la arena o suelo arenoso del inglés “Sand”.	G	Grava (Gravel)
	S	Arena (Sand)
Suelos Finos		
Son aquellos que tienen 50% o más pasando por el tamiz N° 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo M para limo inorgánico del sueco “mo y mjala”, C para arcilla inorgánica del inglés “Clay”.	M	Limo (mo y mjala)
	C	Arcilla (Clay)
Suelos orgánicos.		
Son limos y arcillas que contienen materia orgánica importante, a estos se los denomina con el prefijo O del inglés “Organic”.	O	Limos orgánicos y arcilla
Turbas.		
El símbolo Pt se usa para turbas del inglés “peat”, lodos y otros suelos altamente orgánicos.	Pt	Turba y suelos altamente orgánicos

*Tabla 7: Identificación de los tipos de suelos.
Fuente “Mecánica de suelos”, Tomo I. Juarez Badillo, Rico Rodríguez.*

DETALLE	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
Del inglés: high compressibility (Limite liquido mayor que 50)	H	Alta plasticidad (High plasticity)
Del inglés: low compressibility (Limite liquido menor que 50)	L	Baja plasticidad (Low plasticity)
Del inglés: well graded	W	Bien graduados (Well graded)
Del inglés: poorly graded	P	Mal graduados (Poorly graded)

*Tabla 8: Identificación de las características de los suelos.
Fuente “Mecánica de suelos”, Tomo I. Juarez Badillo, Rico Rodríguez.*

2.4.2.2. IDENTIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

A continuación, se describen los grupos anteriores a fin de proporcionar criterios más detallados de identificación.

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

DIVISIONES		SIMBOLO	NOMBRES TÍPICOS		
SUELOS DE GRANO GRUESO	GRAVAS	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		
		GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		
		GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.		
		GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		
	ARENAS	Arenas limpias	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	
			SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	
		Arenas con finos	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.	
			Limos y arcillas: (LL<50)	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.
				CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.
OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.				
SUELOS DE GRANO FINO					

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

Limos y arcillas: (LL>50)	MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.
	CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.
	OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.
Suelos orgánicos altamente	PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.

*Tabla 9: Identificación de las características de los suelos según su tamaño.
Fuente “Mecánica de suelos”, Tomo I. Juarez Badillo, Rico Rodriguez.*

CARTA DE PLASTICIDAD (S.U.C.S.)

Los límites líquidos y plástico son determinados por medio de pruebas de laboratorio relativamente simples que proporcionan información sobre la naturaleza de los suelos cohesivos. Casagrande (1932) estudio la relación del índice de plasticidad respecto al límite líquido de una amplia variedad de suelos naturales.

CARTA DE PLASTICIDAD
Para la clasificación de suelos de partículas finas en Lab.

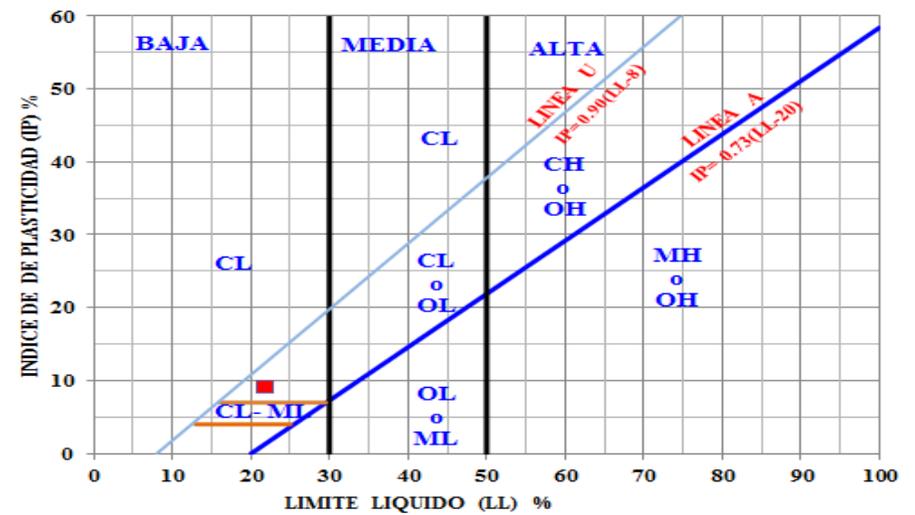


Figura 35: Carta de plasticidad SUCS

Fuente Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. Braja M. Das.

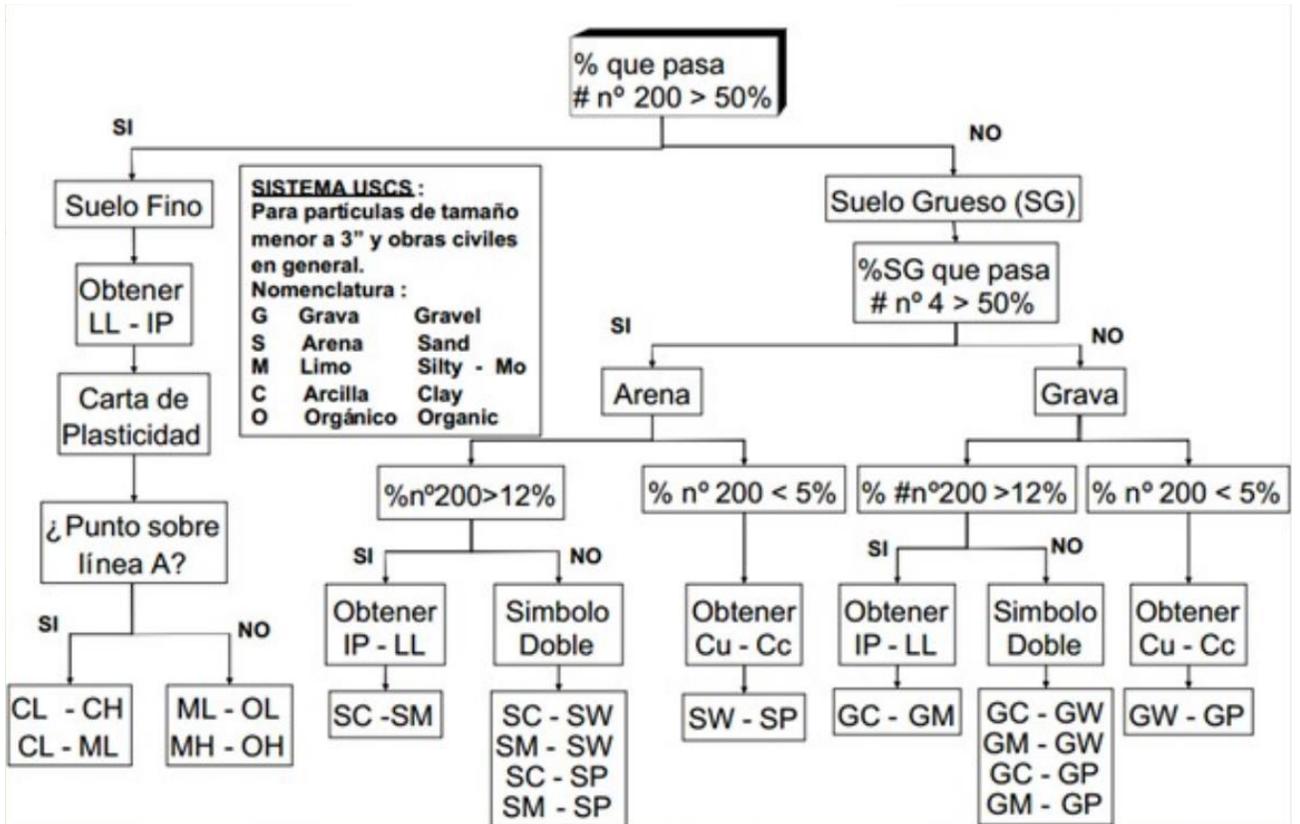


Figura 36: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.
 Fuente Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. Braja M. Das.

CAPÍTULO III

MARCO PRÁCTICO

3.1. INFORMACIÓN GENERAL

3.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO

En el presente trabajo la ubicación de los pozos se realizará de tal manera de cubrir toda el área a estudiarse y en los sectores accesibles, con separaciones más o menos iguales entre pozos, los mismos que están destinados a viviendas calles y/o avenidas.

La zona: Ñacawi Callipampa Kitachuro del Municipio de Achocalla del Departamento de La Paz. Se encuentra a una altura aproximada de 3817 m.s.n.m., cuenta con temperaturas promedio de 13 a 15°C.

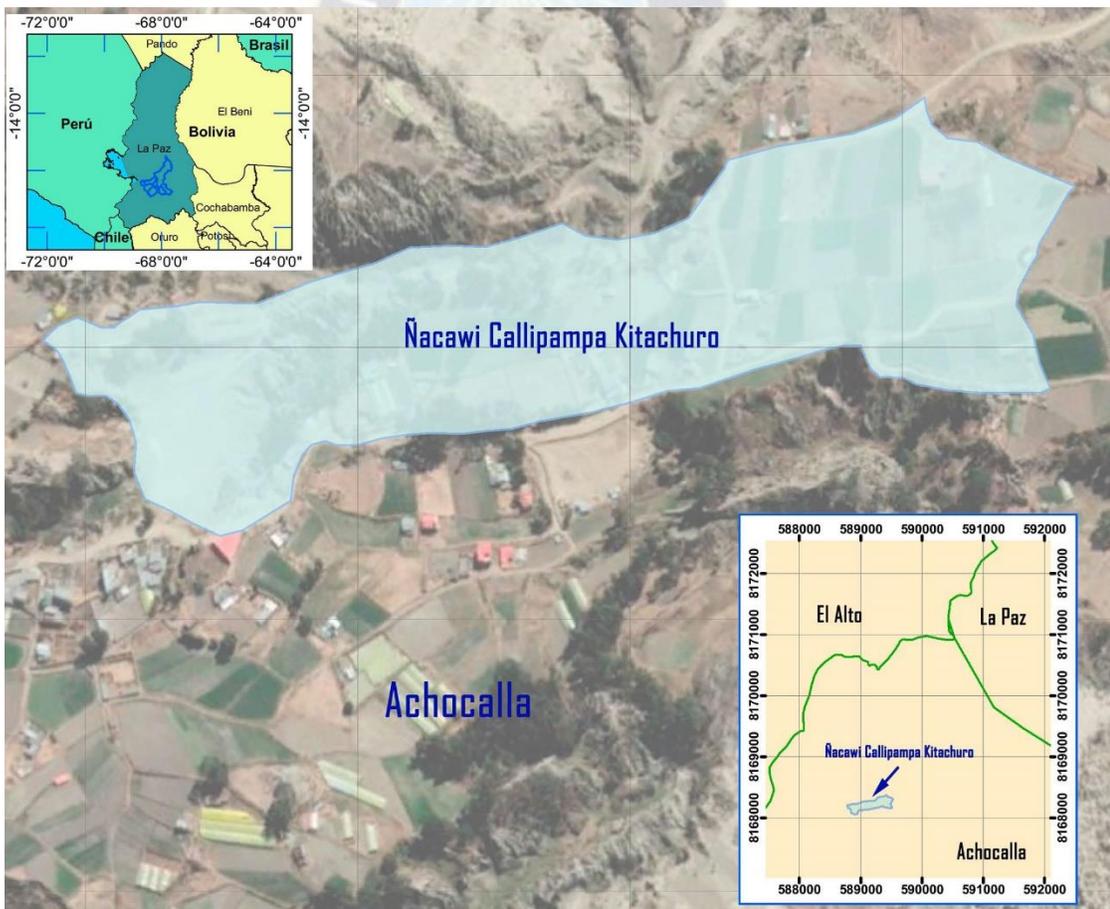


Figura 37: La zona: Ñacawi Callipampa Kitachuro del Municipio de Achocalla

Fuente Google Earth

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

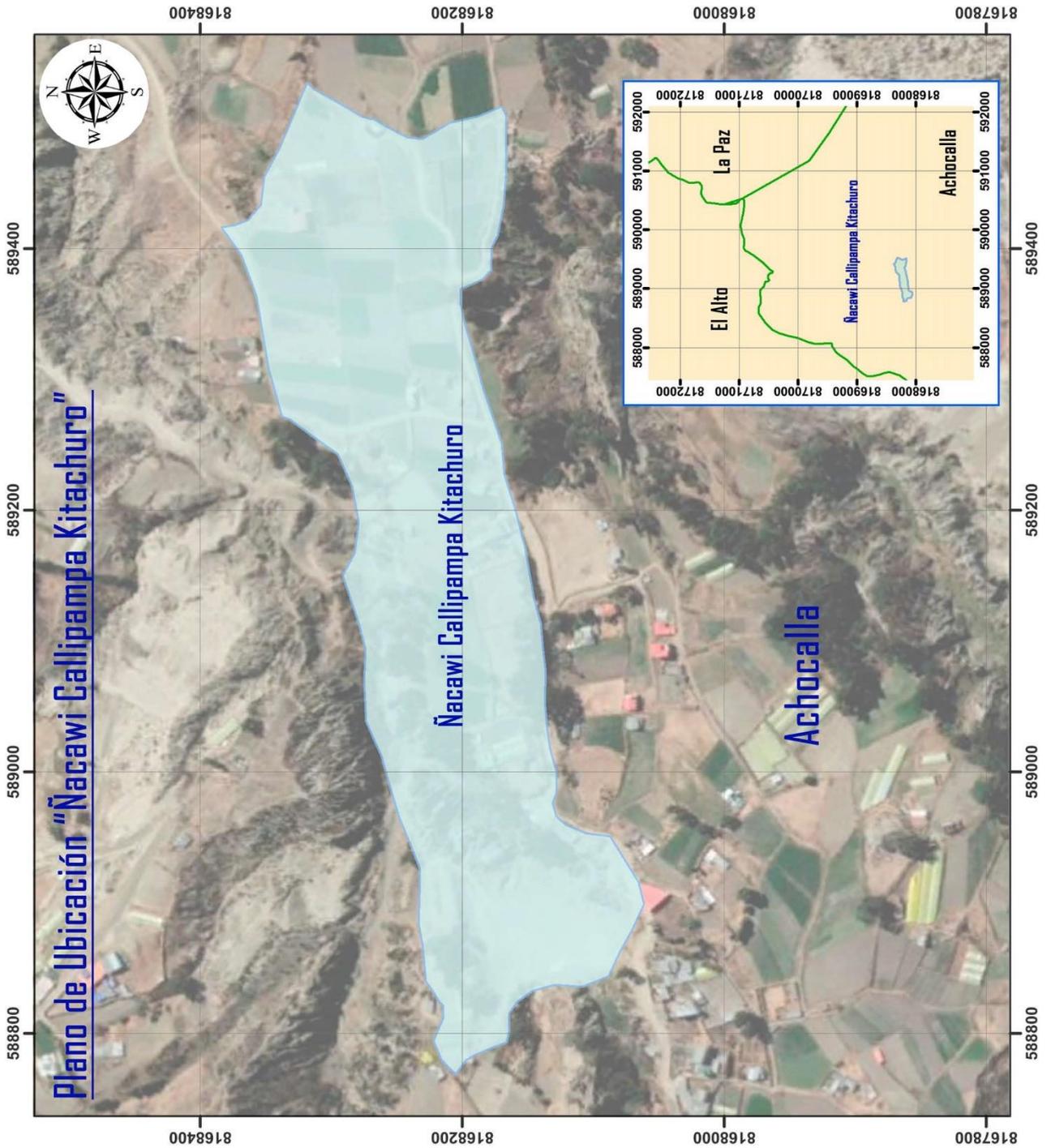


Figura 38: Planimetría de La zona: Ñacawi Callipampa Kitachuro.
(Fuente: Elaboración propia)

3.2. DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL ÁREA DEL PROYECTO

3.2.1. TEMPERATURA Y CLIMA

En la ciudad de El Alto el clima es frío de alta montaña, y por lo tanto, es frío y seco, con un promedio anual de 7 °C de temperatura y 600 mm de precipitación. Las nevadas pueden ocurrir en cualquier época del año, aunque lo típico es que ocurran entre julio y septiembre en horas de la madrugada y de la mañana. Suelen ser débiles y pocas veces la nieve cuaja. En promedio, se tienen 7 días con caída de nieve por año.

El otoño es frío y muy lluvioso. El invierno es muy frío y algo seco con nevadas ocasionales. Las heladas son muy comunes en las madrugadas de invierno. La primavera es fría con lluvias y nevadas ocasionales. El verano es frío y lluvioso. El sol es muy abrasador, sobre todo de 11:00 a.m. a 16:00 p.m.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura diaria máxima (°C)	14	14	14	14	13	11	11	12	13	15	17	16	13.7
Temperatura diaria promedio (°C)	9	9	9	7	5	3	3	4	6	7	9	10	6.8
Temperatura diaria mínima (°C)	4	4	3	-1	-3	-5	-6	-5	-2	-1	1	3	-0.7
Días de lluvias (≥ 1 mm)	4	4	3	0	0	0	0	0	0	0	1	3	15
Días de nevadas (≥ 1 cm)	0	0	0	0.1	0.2	0.8	2.3	1.6	1.5	0.6	0.1	0	7.2

*Tabla 10: Parámetros climáticos de La Paz
Fuente: Bolivia Weather*

La toma de muestras y los ensayos de S.T.P. se realizaron en las siguientes fechas.

BOLETIN OFICIAL MENSUAL DE TEMPERATURAS ESTACION LA PAZ - EL ALTO		
Fecha	Temperatura mínima registradas	Temperatura máxima registradas
2019-04-17	3.5	14.8
2019-04-17	3.5	14.8

*Tabla 11: Temperaturas en los días de toma de muestra y ensayo SPT
Fuente: Boletín oficial mensual de temperaturas SENAMHI*

3.3. CONSIDERACIONES TOPOGRÁFICAS

La Topografía del área en general se caracteriza por ser regular, ya que presenta sectores horizontales. Particularmente la gran mayoría del sector es de reciente asentamiento, se evidenció que los suelos sufrieron muchos cambios morfológicos, la cual es de poca accesibilidad a la zona para vías de acceso.

Asimismo, existen sectores que están sujetos a movimientos de tierras menores, ya que son para construcciones de edificaciones de poca envergadura, de hasta dos pisos. Existen también excavaciones menores, en todo el distrito, debido a la implementación del alcantarillado y agua potable, y algunas obras viales, compactación del terreno, apertura de zanjas, etc.



*Fotografía 1: Topografía General
Fuente Elaboración propia*



Fotografía 2: Topografía General Zona
Fuente Elaboración propia.

3.4. CONSIDERACIONES GEOLÓGICAS

Para la parte geológica de la zona a nivel de estudio preliminar de evaluación geotécnica, se usó la Carta Geográfica de La Paz del Servicio Geológico de Bolivia adquirido de la Empresa SERGEOTECMIN (Hoja LA PAZ 5944). Según el cuadrangulo Geologico y el posicionamiento del distrito 1 del mismo.

HOJA DE LA PAZ
ESCALA 1:100.000

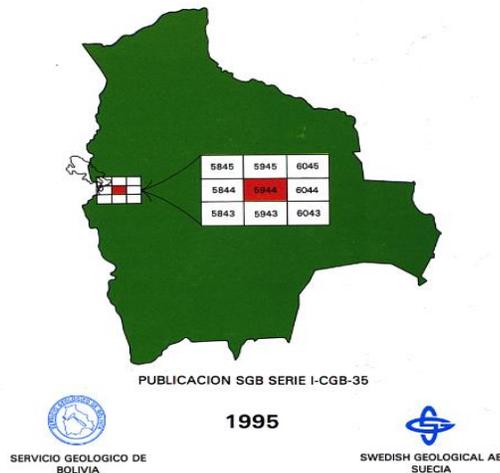


Figura 39: Carta Geológico de Bolivia

Fuente Servicio Geológico de Bolivia

La Zona “Ñacawi Callipampa Kitachuro” se encuentra ubicado en su totalidad sobre un terreno de depósito fluvio-glacial (torrente de Barro), compuesto por gravas, arenas y arcillas Qfg, que

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

pertenecen al Ciclo-fase Andino, Serie-Epoca Pleistoceno, Sistema-Periodo Cuaternario y Era Cenozoico.

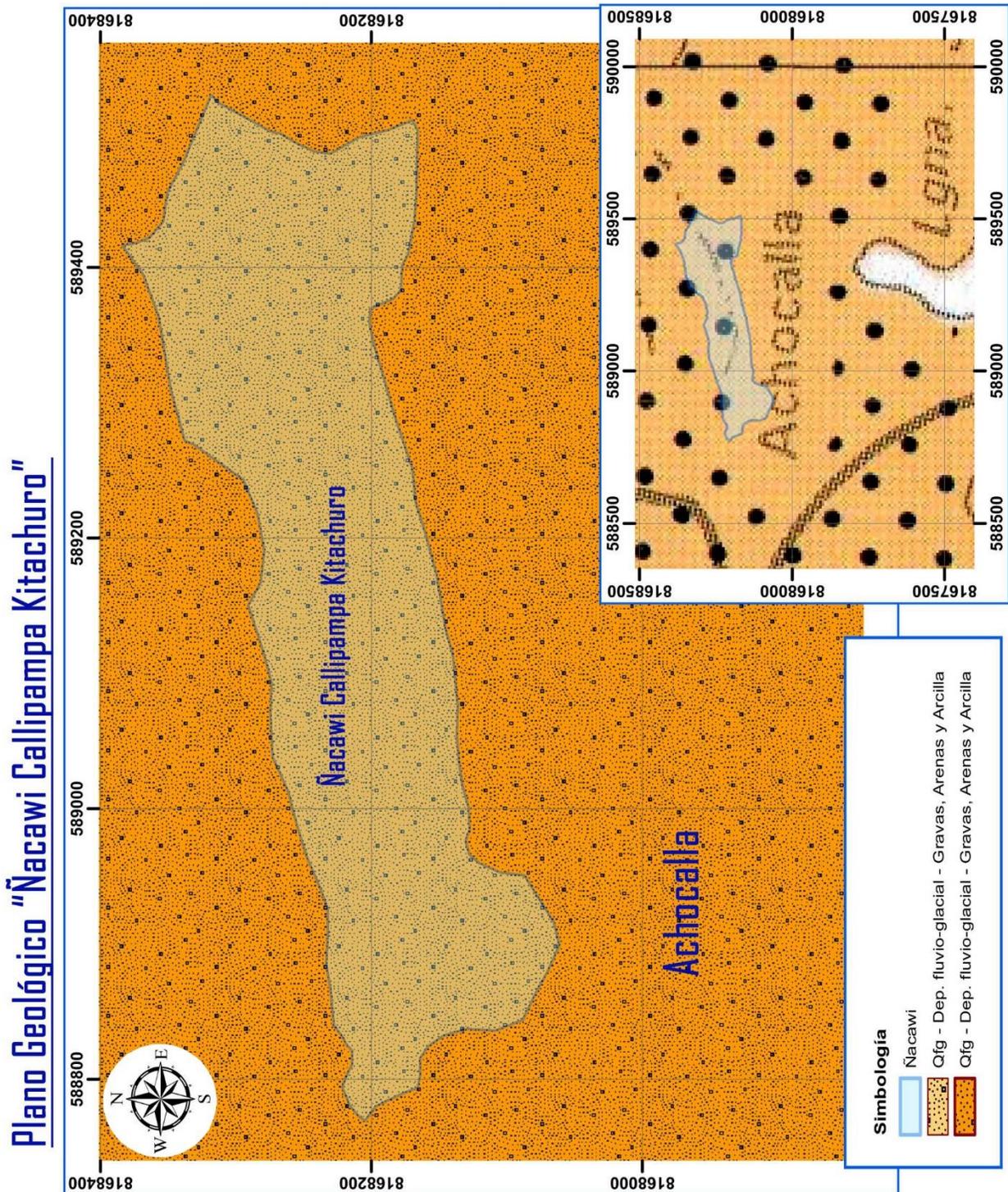


Figura 40: *Mapa Geológico*
Fuente *Elaboración Propia*

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”



Figura 41: Columna Estratigráfica de las Ciudades de la Paz y El Alto.

Fuente Servicio Geológico de Bolivia

RESEÑA GEOLÓGICA

El área de La Paz se encuentra entre el borde occidental de la Cordillera Real de Los Andes y el norte del Altiplano boliviano. Está constituida por metasedimentotitas del Ordovícico, además de facies psamíticas y pelíticas del Silúrico y Devónico. Plutonismo trásico y sedimentitas Paleoneógenas están presentes en el área. Durante el Paleozoico los ámbitos geológicos fueron de trasarco y antepaís. La depositación durante el Cenozoico estuvo controlada por fenómenos tectónicos, dando lugar a cuencas intermontanas. Movimientos tectónicos Hercínicos y Andinos deformaron y plegaron el área.

- CICLO o FASE ANDINO. - Durante este ciclo se desarrolla un episodio magmático de origen plutónico y de carácter regional correspondiente al trásico. Una manifestación de este episodio es el intrusivo de Chacaltaya, cuya edad ha sido datada en 212 ± 3 Ma (mcbride et al., 1983).

La depositación de rocas sedimentarias se reinicia en el Paleoceno con las areniscas y arcitas, con ocasionales niveles conglomerádicos, correspondientes a la Fm. Tiahuanacu (ca 900 m). Estas presentan facies fluviales con un desarrollo lacustre hacia el tope. Durante el Ologoceno Sup., y en relación con los movimientos de la fa Incaca (27 – 19 Ma), continua la depositación en

ámbitos intermontanos. A estos procesos corresponden las facies fluviales y de cono aluvial de las Fms. Aranjuez (ca 1050 m) y Peñas (ca 740 m), conformadas por conglomerados y areniscas. Estas son equivalente con la Fm. Coniri (ca 750 m) la cual presenta facies similares. Continúa una serie de areniscas y arcillitas yesíferas con facies lacustres las cuales son consideradas como una variación local de las facies de la Fm. Kollo Kollo (ca 1100 m). En un ámbito igualmente restringido se depositaron las arcillitas de la Fm. Cachilaya (ca 60 m), con conglomerados en su parte superior, desarrollando facies fluvio-lacustres.

Las manifestaciones magmáticas del Paleógeno tardío y Neógeno son identificadas como el stock microdiotrico de Muela del Diablo y el stock andesítico-biotítico de patamanta. Discordantemente sobre diferentes unidades terciarias, están los conglomerados y areniscas de la Fm. Taraco (ca800 m) con facies aluvio-fluviales. Sobreyacen las facies fluviales y fluvio-lacustres de la Fm. La Paz (ca 700m) con arcillitas, areniscas, conglomerados y horizontes tobáceos; las edades datadas de la toba basal es 5.8 ± 0.1 (Ma Lavenu et al., 1989) y toba superior 2.65 ± 0.012 Ma (Marshall et al., 1992). Es equivalente a esta unidad la Fm. Umala (ca 650 m), la cual presenta facies parecidas. Las arcillitas, limos y costras calcáreas de la Fm Ulloma (ca 20 m) corresponden a un desarrollo lacustre regional ocurrido en el Pleistoceno.

De acuerdo a las observaciones realizadas a cielo abierto de veinte pozos de investigación y la evaluación de las pequeñas excavaciones que se realizan en el lugar, así también como las auscultaciones de los materiales constituyentes de los suelos, la investigación y su evaluación, se evidenció la presencia de unidades Geológicas bien definidas y que corresponden a:

- Depósitos de origen Glaciar.
- Depósitos de origen Fluvial.
- Depósitos de Relleno Artificial.

a) **Depósitos de Origen Glaciar.** - Los detritos que conforman estos depósitos fueron transportados por la acción de un glaciar o la glaciación de alta montaña, y cuando el hielo se derritió se quedaron los depósitos Glaciares. En el área existen depósitos de gran magnitud en extensión y potencia. Conforman sedimentos mal seleccionados con cantos rodados y pedruscos de granitos, cuarcitas y pizarras, angulosos a subredondeados, con bloques superiores a 1 metro de diámetro, guijarros gravas, arenas, dispersos en una matriz limo-arcillosa de color amarillento a gris oscuro.

Estos depósitos corresponden a cuatro periodos de glaciación reconocidos en la región de La Paz, que reciben el nombre de: Calvario (QgC), Kaluyo (QgK), Sorata (QgS) y Choqueyapu (QgCh), del más antiguo al más reciente.

- b) **Depósitos de Relleno Artificial.**- Estos materiales de composición heterogénea, se hallan en forma superficial, originados principalmente por relleno, para nivelación, habilitación de tierras, con la finalidad de utilizar áreas para edificaciones y construcción de áreas de recreación, sin embargo el tratamiento de estos suelos de relleno son especiales y determinantes para su posible uso en construcciones, de lo contrario de no proceder a este tipo de trabajos, los suelos manifestarán una serie de riesgos Antrópicos. El material empleado para relleno y nivelación de estos suelos, está principalmente constituido por arcillas, limos y grava gruesa, sin ninguna selección.

3.5. CONSIDERACIONES HIDROGEOLÓGICAS

El sector estudiado con relación a la parte hidrogeológica, no se observó el nivel freático en ninguno de los pozos que se excavaron para el proyecto, lo más probable es que no se realizó la excavación en época de lluvia.

En la zona de estudio no se determinaron sectores que muestren características anómalas de humedad, solamente que en la mayoría de los pozos se pudo apreciar a los 2,00 metros de profundidad la presencia de humedad, sin embargo, no lo suficiente para asegurar que el nivel freático se encuentre cercano, solo una notoria humedad mayor. Que posteriormente en los cálculos se pudo evidenciar que no eran ni el 16%, razón por el cual el nivel freático no se encontraría muy próximo a estos pozos.

Tampoco se evidenció la presencia de corrientes de aguas subterráneas que podrían incidir en la capacidad portante de los suelos.

En general lo que se refiere a las consideraciones hidrogeológicas y características naturales de los materiales constituyentes del terreno, la heterogeneidad de estos, le confieren al área excelentes condiciones de drenaje, con escorrentía rápida, alta velocidad de infiltración de las aguas e drenaje interno bueno.

3.6. DESCRIPCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS POZOS

A continuación, se muestra la clasificación de suelos en cada pozo de estudio.

POZO	FOTOGRAFIA DEL ENSAYO	PROF. (m)	SIMBOLO	DESCRIPCION	POZO	FOTOGRAFIA DEL ENSAYO	PROF. (m)	SIMBOLO	DESCRIPCION
P-1		2,00	SM-SC	Arena limosa arcillosa	P-11		2,00	SM-SC	Arena limosa arcillosa
P-2		2,00	GW-GC	Grava bien graduada con arcilla	P-12		2,00	CL	Arcilla de baja plasticidad
P-3		2,00	SM	Arena limosa	P-13		2,00	SM	Arena limosa
P-4		2,00	ML	Limo de baja plasticidad	P-14		2,00	SM	Arena limosa
P-5		2,00	CL-ML	Arcilla limosa	P-15		2,00	SW-SM	Arena bien graduada con limo
P-6		2,00	SM-SC	Arena limosa arcillosa	P-16		2,00	SM	Arena limosa
P-7		2,00	SM	Arena limosa	P-17		2,00	SM-SC	Arena limosa arcillosa
P-8		2,00	SM	Arena limosa	P-18		2,00	SM-SC	Arena limosa arcillosa
P-9		2,00	SM-SC	Arena limosa arcillosa	P-19		2,00	SM-SC	Arena limosa arcillosa
P-10		2,00	SM-SC	Arena limosa arcillosa	P-20		2,00	SM	Arena limosa

*Tabla 12: Clasificación de suelos de los Pozos
Elaboración propia*

3.7. RIESGOS NATURALES

3.7.1. SISMICIDAD DEL ÁREA DE ESTUDIO

Para esta parte se ha recurrido a información obtenida de los catálogos de eventos sísmicos del Observatorio San Calixto y complementados con los datos de los eventos sísmicos importantes conocidos en Bolivia (sismos históricos). Geográficamente la zona de estudio, está ubicada en una zona de sismicidad baja.

Respecto a la ciudad de La Paz se observa que la probabilidad de sismos de magnitud mayor a 5 es del orden del 20%, probabilidad baja, pero que se pueden presentar sismos de magnitud por lo menos igual.

Año	Mes	Día	Magnitud (Mb)	Intencid. (MM)	DESCRIPCION
1891	8	15	5,8	VII	Daños en Consata y sentido fuertemente en la ciudad de La Paz
1947	2	24	6,4	VIII	Consata destruida, sentido fuertemente en la ciudad de La Paz
1956	8	23	5,8	VI	Fuerte en Consata, sentido en la ciudad de La Paz
1994	6	9	8	VI	Sismo profundo, sentido en todo Bolivia
2001	6	23	6,9	V	Sentido fuerte en La Paz, con ligeros daños materiales
2001	7	4	6,2	IV	Sentido en casi todo Bolivia, no se reportaron daños materiales
2002	10	24	6,1	V	Sentido y con daños en Alto Milluni, Zongo
2004	1	21	3,6	III	Sentido en Zongo
2004	8	3	4	V	Daños en Rivera Provincia G. Villarroel

Tabla 13: Eventos sísmicos importantes en Depto. de La Paz. Observatorio San Calixto

ACELERACIONES SÍSMICAS EN LA PAZ

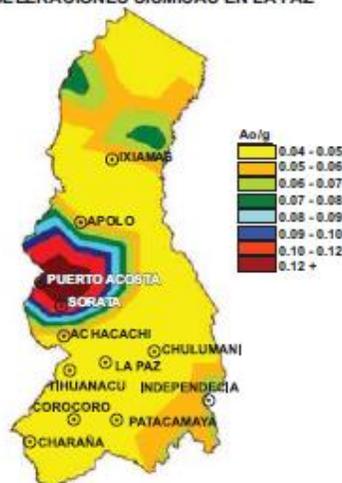


Figura 42: Aceleraciones sísmicas de La Paz

3.8. CONSIDERACIONES GEOTÉCNICAS

3.8.1. INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

Por lo general se ejecutan pozos distanciados entre 300 a 600 metros, aparte de los que se deban ejecutarse en puntos singulares, pueden realizarse pozos más próximos si lo exige la topografía del área, o cuando los suelos se presentan en forma errática. Pero en este proyecto al tratarse de una evaluación preliminar y el objetivo es la zonificación y caracterización, los pozos se ubicarán de acuerdo al criterio de abarcar la mayor área posible.

Para la etapa de exploración, se debe tomar en cuenta aspectos como:

- Ubicar puntos de prospección a distancias aproximadamente iguales, para luego densificar la exploración.
- Prospeccionar aquellos sectores que soportan rellenos o terraplenes de importancia y aquellos en que la rasante se ubica muy próxima al terreno natural.
- Inspeccionar aquellas zonas en que se tienen cortes de importancia, ubicando los puntos de cambio de cortes a terraplén para conocer el material al nivel de la subrasante.
- Inspeccionar el subsuelo en aquellos puntos en que se ubican obras de arte y estructuras importantes.

Superficie m²	No de Pozos
De 3000 a 10000	9
De 10000 a 30000	15
30000 en adelante	20

Tabla 14: Número de pozos para urbanizaciones, de acuerdo a la superficie Fuente: ABIG 2007

El número y profundidad de los sondeos que se ejecutaran dependen fundamentalmente del tipo de subsuelo y de la importancia de la obra, y debido a los objetivos que busca el presente proyecto, para designar la cantidad y profundidad de Pozos, se seguirá la Norma Boliviana para Estudios Geológicos – Geotécnicos elaborada por la Asociación Boliviana de Ingeniería

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

Geotécnica (ABIG), que cuenta con dicha información en su acápite “*Metodología de Elaboración de Estudios Geotécnicos*”

Con referencia a la profundidad de los pozos, las normas establecen que, para el presente proyecto, es necesario 2,00 [m] de profundidad como informe preliminar, ya que los objetivos principales son: Realizar la zonificación geotécnica de la Zona: Ñacawi Callipampa Kitachuro del Municipio de Achocalla del Departamento La Paz.

El método de prospección geotécnica es por medio de pozos, los que fueron excavados con maquinaria a cielo abierto para permitir una auscultación litológica detallada de sus paredes y realizar con holgura los ensayos de penetración, adicionalmente se realizaron perforaciones de profundidad con equipos mecánicos, para establecer espesores, contactos o niveles freáticos, en algunos pozos.

En cada uno de estos se ejecutó ensayos de penetración normal (S.P.T.) a 2.00 [m] de profundidad y la toma de muestras de suelos a la misma profundidad.



Fotografía 3: Pozo No 9, profundidad 2.00 m
Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 4: *Ensayo in situ S.P.T*
Fuente: *Elaboración propia.*

En cuanto a la toma de muestras, se debe tener cuidado en que esta sea representativa del terreno, ya que esta actividad tiene un valor similar al del ensayo en sí, este debe ser efectuado por gente capacitada en su uso posterior (Personal Técnico Calificado). Una mala manipulación de muestras con lleva a la perdida de características naturales reales del suelo lo que implica una obtención segada de resultados.

Las muestras pueden ser de dos tipos: alteradas o inalteradas. Una muestra es alterada cuando no guarda las mismas condiciones que cuando se encontraba en el terreno de donde procede, e inalterada en caso contrario. La muestra debe ser identificada de la siguiente manera:

Nombre del proyecto, ubicación, numero de pozo, profundidad, numero de muestra, fecha de obtención, ítem a que pertenece, nombre de la persona que la tomo y si está contenida en uno o más envases.

Para el transporte de muestras, se usó bolsas o recipientes que eviten la pérdida de humedad, finos o contaminación con materiales que no sean del lugar de la obtención de la muestra. Pero esta debe ser transportada en el menor tiempo posible al laboratorio, esto con la finalidad de no perder su humedad natural.

3.8.2. TRABAJOS EN LABORATORIO

Los trabajos realizados en Laboratorio fueron los ensayos de mecánica de suelos basados en la norma A.A.S.H.T.O., realizados en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Geotecnia del Instituto de Ensayo de Materiales (I.E.M.).

Los ensayos realizados fueron:

- Ensayos de penetración estándar (S.P.T.).
- Ensayos de contenido de humedad.
 - a) Humedad natural.
 - b) Humedad higroscópica.
- Ensayos de granulometría por tamizado.
- Ensayos de Límites de Atterberg.
 - a) Límite Líquido.
 - b) Límite Plástico.
 - c) Índice de plasticidad.
- Ensayos de densidad de suelos.
 - a) Método de la Parafina.
- Ensayos de peso específico.
- Ensayo de Corte Directo Rápido.
- Clasificación de Suelos.
 - a) Sistema Unificado de Clasificación de suelos.
 - b) Sistema AASHTO.
- Ensayo Compactación de suelos
- Ensayo CBR (Relación de Soporte California)

Todos los ensayos empleados para determinar las características físico-mecánicas de la Zona: Ñacawi Callipampa Kitachuro, se detalla a continuación:

3.8.2.1. ENSAYO GRANULOMÉTRICO (ASTM D422 – AASHTO T27)

De acuerdo al manual de ensayos de suelos y materiales de la ABC en terreno se homogeneizó la muestra de un total de 60 kg para luego reducirla por cuarteo hasta llegar a una muestra de 20 kg que se recolecto ya que nuestro tamaño máximo de agregado era de 25 mm, esto siguiendo la siguiente tabla.

Tamaño Máximo Absoluto (mm)	Cantidad mínima de Muestra a extraer en Terreno (Kg.)	Cantidad mínima de Muestra para el ensaye (Kg.)
5	2	0,5
10	8	2
20	20	5
25	40	10
50	60	15
80	80	20
100	120	30
150	160	40

Tabla 15: Cantidad mínima de muestra para granulometría según tamaño máximo absoluto del suelo

Fuente: Manual de ensayos de suelos y materiales, ABC.

Ya en laboratorio se procedió a secar las muestras seleccionadas en campo a una temperatura de 60°C hasta obtener un peso constante, se utilizó esta temperatura debido a la presencia de material orgánico, sin embargo, se apartó una pequeña cantidad de muestra de aproximadamente 1000 g en un plato aparte con el fin de obtener el contenido de humedad natural de la muestra, para ello se registró el peso del recipiente, el peso de la muestra húmeda más el recipiente y por último el peso de la muestra seca más el recipiente una vez que salga del horno, con estos tres datos y la fórmula mostrada en el acápite segundo, se obtiene el contenido de humedad; este método de cálculo para el contenido de humedad nos será de mucha utilidad en la mayoría de los laboratorios de este proyecto.

Tamaños nominales de Aberuta	
(mm)	ASTM
63.500	2 1/2"
50.800	2"
38.100	1 1/2"
25.400	1"
19.100	3/4"
9.520	3/8"
4.760	No. 4
2.000	No. 10
0.840	No. 20
0.420	No. 40
0.250	No. 60
0.105	No. 140
0.074	No. 200
0.037	No. 400

Tabla 16: Tamaño nominal de aberturas de los tamices
Fuente: Manual de ensayos de suelos y materiales, ABC.

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

A continuación, se procedió a la separación de materiales finos y gruesos a través del tamiz 2.0 mm (N° 10), de entre la fracción retenida por este tamiz se pasó por el tamiz 4.75 mm (N°4), identificándolas como gravas a las que se retuvieron y arenas las que pasaron. De entre los tamices N° 4 y N° 200 se insertaron otros tamices según la norma AASHTO T27-82 de aberturas intermedias que delimitan los tamaños con mayor precisión, los cuales se pueden ver en la siguiente tabla a partir del tamiz de 2”

Se registraron los pesos retenidos en cada uno de los tamices además de la muestra total, contenido de humedad natural e higroscópica, datos con los cuales se trabajó en gabinete.



Fotografía 5: Tamizado manual.
Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 6: Serie de tamices Finos y gruesos
Fuente: Elaboración propia.



Figura 43: Separacion por tamaños desde 2 ½ Pulg. Al tamiz N° 10

Fuente: Elaboracion Propia

Con el material que paso el tamiz N°10 se realizó la granulometría de finos procediendo primero a lavar el material con el tamiz N°200 para eliminar arcillas y limos, después de se puso la muestra

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

al horno hasta peso constante, una vez concluido este proceso se tamizó la muestra por los tamices N°20, N°40, N°60, N°140 y N°200.



Figura 44: Pesos retenidos representativos de los tamices para finos

Fuente: Elaboracion Propia

En gabinete con los datos de los pesos retenidos para los tamices de gruesos y finos se procede a realizar una ponderación de porcentajes con respecto al peso total de la muestra; con esos datos se realiza una gráfica entre el porcentaje que pasa y el diámetro de las partículas, con esta curva se puede ver si nuestro material es uniforme, bien o mal graduado a través de coeficientes característicos.

A continuación, se muestra los cálculos realizados para la calicata P-1 con sus datos respectivos

ANALISIS GRANULOMETRICO AASTHO T - 27 - 82							
HÚMEDAD			Natural	Higroscópica	PESO SECO DE LA MUESTRA TOTAL		
Cápsula			25	44	Muestra total húmeda	9,300.20 gr	
Suelo húmedo + Cápsula			1424.7	157.46	Agregado grueso (ret N°10)	4,025.68 gr	
Suelo seco + Cápsula			1339.1	156.7	Pasa N° 10 húmedo	5,274.52 gr	
Peso del agua			85.6	0.8	Pasa N° 10 seco	5,234.22 gr	
Peso de la cápsula			214.0	57.46	Muestra total seca	9,259.90 gr	
Peso del suelo seco			1125.1	99.2	Muestra < N° 10 Húmeda	100.00 gr	
Porcentaje de humedad			7,610	0,770	Muestra < N° 10 Seca	99.24 gr	
GRANULOMETRIA FRACCION GRUESA							
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA DEL TO TAL		
Pulgadas	mm		gr.	%			
3"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0	-	
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	0.0	100.0	-	
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0	-	
1 1/2"	38.10	473.1	473.1	5.1	94.9	-	
1"	25.40	177.2	650.3	7.0	93.0	-	
3/4"	19.05	393.4	1043.7	11.3	88.7	-	
3/8"	9.50	1121.7	2165.5	23.4	76.6	-	
N° 4	4.75	1007.2	3172.7	34.3	65.7	-	
N° 10	2.00	853.0	4025.7	43.5	56.5	-	
GRANULOMETRIA FRACCION FINA							
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA MORTERO	%PASA TOTAL	
Pulgadas	mm		gr.	%			
N° 10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00	56.53	-
N° 20	0.840	18.99	18.99	19.14	80.86	45.71	-
N° 40	0.420	16.36	35.35	35.62	64.38	36.39	-
N° 60	0.250	14.30	49.65	50.03	49.97	28.24	-
N° 140	0.105	12.86	62.51	62.99	37.01	20.92	-
N° 200	0.075	2.81	65.32	65.82	34.2	19.32	-

Figura 45: Planillade calculo para granulometria por tamices (POZO- 1)

Fuente: Elaboracion Propia Anexo

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

En el recuadro rojo de la primera parte de la tabla se realiza el cálculo del contenido de humedad como se explicó anteriormente, en el siguiente, el recuadro azul se puede apreciar el peso de material grueso y del fino, dándonos un parámetro y una idea de la clasificación de este suelo.

En los recuadros de color lila, partiendo del diámetro de las partículas se obtiene el porcentaje de material que pasa dichos diámetros, teniendo de esta forma los datos suficientes para poder realizar la curva granulométrica, a continuación, se muestra cómo se calcula esta planilla:

En donde el porcentaje parcial es: $R_p = (\text{peso retenido}) / \text{peso de la muestra total seca}$

El porcentaje retenido es: $R_{ti} = R_{ti-1} + R_{pi}$

Y el porcentaje que pasa es: $P_t = 100 - R_t$

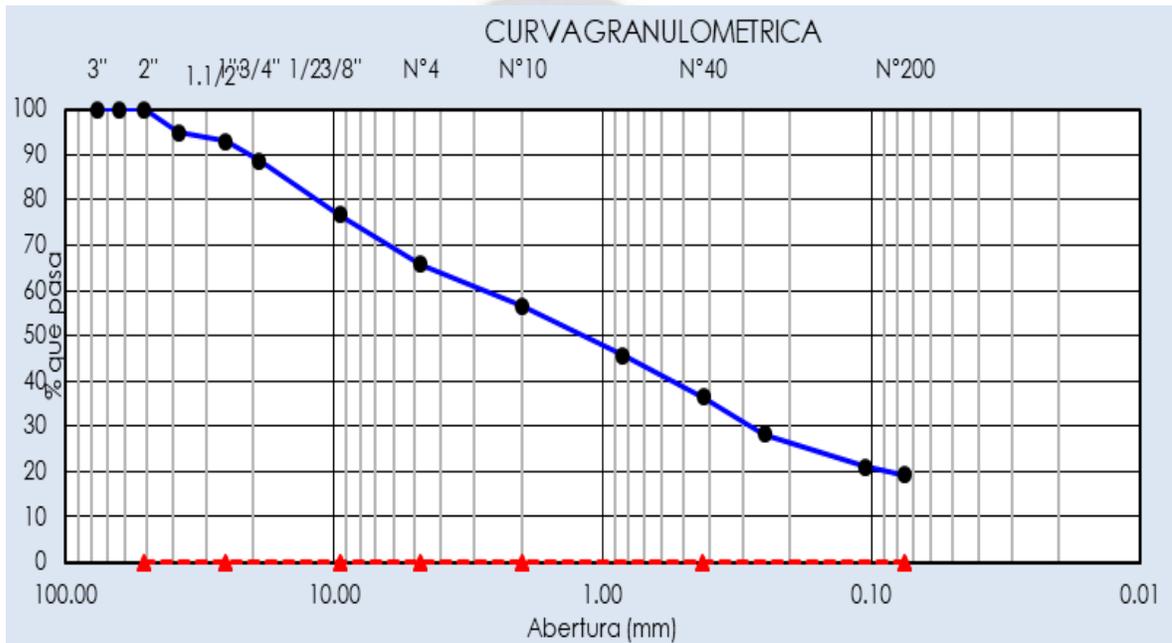


Figura 46: Curva granulométrica (POZO- 1)

Fuente: Elaboracion Propia Anexo

3.8.2.2. LÍMITES DE ATTERBERG (LL: ASTM D423 – AASHTO T89) (LP: ASTM D424 – AASHTO T90)

Límite líquido.- El procedimiento normalizado indica que es que una mezcla de suelo y agua, capaz de ser moldeada, se deposita en la Cuchara de Casagrande, y se golpea consecutivamente contra la base de la máquina, haciendo girar la manivela, hasta que el surco que previamente se ha recortado, se cierre en una longitud de 12 mm (1/2"). Si el número de golpes para que se cierre el surco es 25, la humedad del suelo (razón peso de agua/peso de suelo seco) corresponde al límite líquido. Dado que no siempre es posible que el surco se cierre en la longitud de 12 mm exactamente con 25 golpes, el método consiste en trazar una gráfica

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

con el número de golpes en coordenadas logarítmicas, contra el contenido de humedad correspondiente, en coordenadas normales, e interpolar para la humedad correspondiente a 25 golpes.

Límite plástico. - El procedimiento normalizado consiste en medir el contenido de humedad para el cual no es posible moldear un cilindro de suelo, con un diámetro de 3 mm. Para esto, se realiza una mezcla de agua y suelo, la cual se amasa entre los dedos o entre el dedo índice y una superficie inerte (vidrio), hasta conseguir un cilindro de 3 mm de diámetro.

Al llegar a este diámetro, se desarma el cilindro, y vuelve a amasarse hasta lograr nuevamente un cilindro de 3 mm. Esto se realiza consecutivamente hasta que no es posible obtener el cilindro de la dimensión deseada. Con ese contenido de humedad, el suelo se vuelve quebradizo (por pérdida de humedad) o se vuelve pulverulento. Se mide el contenido de humedad, el cual corresponde al límite plástico.

Los límites de Atterberg pretenden delimitar el estado de cada suelo en función del grado de humedad, y de esta manera conocer el comportamiento genérico del mismo ante posibles variaciones de humedad.



Fotografía 7: *Equipo Casagrande*
Fuente: *Elaboración propia.*



Fotografía 8: *Ejecución del ensayo de Límite líquido*
Fuente: *Elaboración propia.*



Fotografía 9: *Límites plástico y Límite líquido*
Fuente: *Elaboración propia*

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

LIMITES DE CONSISTENCIA AASTHO T-89, T-90 / CLASIFICACION DE SUELOS AASTHO M-145																																	
Ensayado por: Mamani Mamani Rubén / Catacota Quisbert Raúl A.				Fecha de ensayo: 11-marzo-2019																													
LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO																														
Cápsula No	42x	10	14	Cápsula No	29	30																											
C + S + A (g)	41.89	37.91	47.96	C + S + A (g)	32.00	34.94																											
C + S (g)	36.69	33.18	41.09	C + S (g)	29.04	31.58																											
Agua (g)	5.20	4.73	6.87	Agua (g)	2.96	3.36																											
Cápsula (g)	12.83	13.01	13.73	Cápsula (g)	12.40	12.84																											
Suelo (g)	23.86	20.17	27.36	Suelo (g)	16.64	18.74																											
Humedad %	21.79	23.45	25.11	Humedad %	17.79	17.93																											
No de Golpes	32	20	13	Limite Plastico (%)	17.86																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">RESUMEN</th> </tr> <tr> <th colspan="2">RESULTADOS EN (%)</th> <th>OBSERV.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Limite liquido</td> <td>22.65</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Limite plastico</td> <td>17.86</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Indice plastico</td> <td>4.79</td> <td></td> </tr> <tr> <th colspan="3">CLASIFICACION DE SUELO</th> </tr> <tr> <td>Norma</td> <td>AASTHO</td> <td>S.U.C.S.</td> </tr> <tr> <td>Símbolo</td> <td>A-1-b (0)</td> <td>SM-SC</td> </tr> <tr> <td>Descripción:</td> <td colspan="2">arena limo arcillosa con grava</td> </tr> </tbody> </table>							RESUMEN			RESULTADOS EN (%)		OBSERV.	Limite liquido	22.65		Limite plastico	17.86		Indice plastico	4.79		CLASIFICACION DE SUELO			Norma	AASTHO	S.U.C.S.	Símbolo	A-1-b (0)	SM-SC	Descripción:	arena limo arcillosa con grava	
RESUMEN																																	
RESULTADOS EN (%)		OBSERV.																															
Limite liquido	22.65																																
Limite plastico	17.86																																
Indice plastico	4.79																																
CLASIFICACION DE SUELO																																	
Norma	AASTHO	S.U.C.S.																															
Símbolo	A-1-b (0)	SM-SC																															
Descripción:	arena limo arcillosa con grava																																

Figura 47: Planilla de calculo para Limites de Atterberg (POZO Nro. 1)

Fuente: Elaboración propia

En la anterior figura se observa el recuadro de limite plastico, en el cual se realiza el cálculo de dos contenidos de humedad, los cuales corresponden a estos contenidos de humedad se promediaron y se obtuvo el límite plástico.

Por último, para obtener el Índice de Plasticidad, se restaron los valores del Límite Líquido y Límite Plástico.

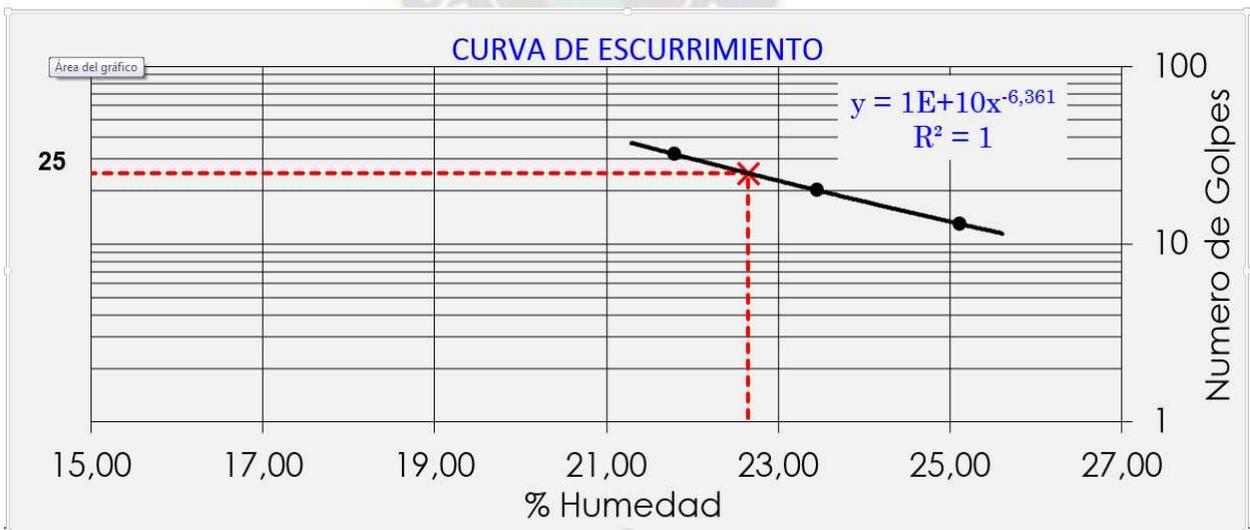


Figura 48: Curva de escurrimiento de los suelos (POZO Nro. 1)

Fuente: Elaboración propia

3.8.2.3. ENSAYOS S.P.T. (AASHTO: T-206-70)

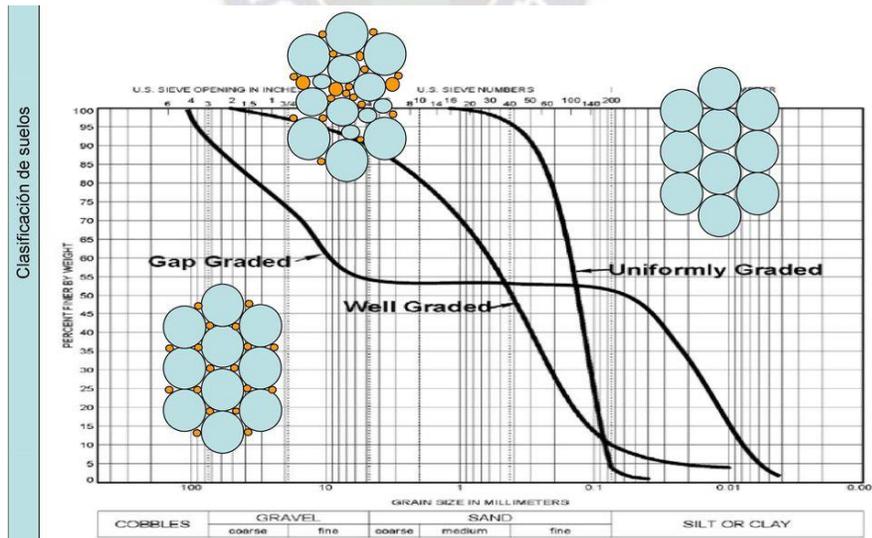
El ensayo consiste en hincar una punta o cuchara normalizada en el terreno con ayuda de una masa también normalizada desde una altura de caída libre 75 [cm], anotando los golpes que ayudan a hincarla, cada 15 [cm] hasta llegar a 45 [cm]. Diferenciando que si se usa Punta el resultado es la suma de todos los golpes y que si se usa cuchara el resultado solo es la suma de los últimos 30 [cm]. Si el número de golpes sobrepasa los 50 se reporta como rechazo.



Fotografía 10: Equipo de SPT utilizado
Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 11: Preparación del ensayo
Fuente: Elaboración propia.



$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad C_c = \frac{d_{30}^2}{d_{10} \cdot d_{60}}$$

Figura 49: Curva granulométricas Típicas, Bien, mal y uniformemente Graduadas

Fuente: Mecánica de Suelos y Geología FIUBA

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

Para determinar la capacidad portante del terreno se hace uso de los monogramas:

- Método de la cuchara normal,
- Capacidad de cargas admisibles para arcillas y mezclas de suelos

Según la ponderación de grava arena y finos. Si se trata del monograma A, se hace uso de la siguiente expresión trazar una curva con tendencia similar a las demás

$$P = \frac{5.83\% \cdot Grava + 4.85\% \cdot Arena + 2.80\% \cdot Finos}{100}$$

En el monograma A se ubica en el eje de las ordenadas del lado derecho el valor de la Ponderación obtenida y se traza una curva con tendencia similar a las demás y se intersecta con la línea vertical del eje de abscisas correspondiente al número de golpes, del punto de intersección sale una horizontal hacia el lado izquierdo y se lee el valor de la σ'_{adm} .

Si se trata del monograma B de acuerdo al tipo de suelo arcilloso y sus características se intersecta con la línea vertical del eje de abscisas correspondiente al número de golpes, del punto de intersección sale una horizontal hacia el lado izquierdo y se lee el valor de la σ'_{adm} .

Aplicando un factor de seguridad de 2 tenemos:

$$\sigma_{suelo} = \frac{\sigma'_{adm}}{2}$$

Donde:

σ_{adm} = Capacidad portante del suelo hallado por tablas.

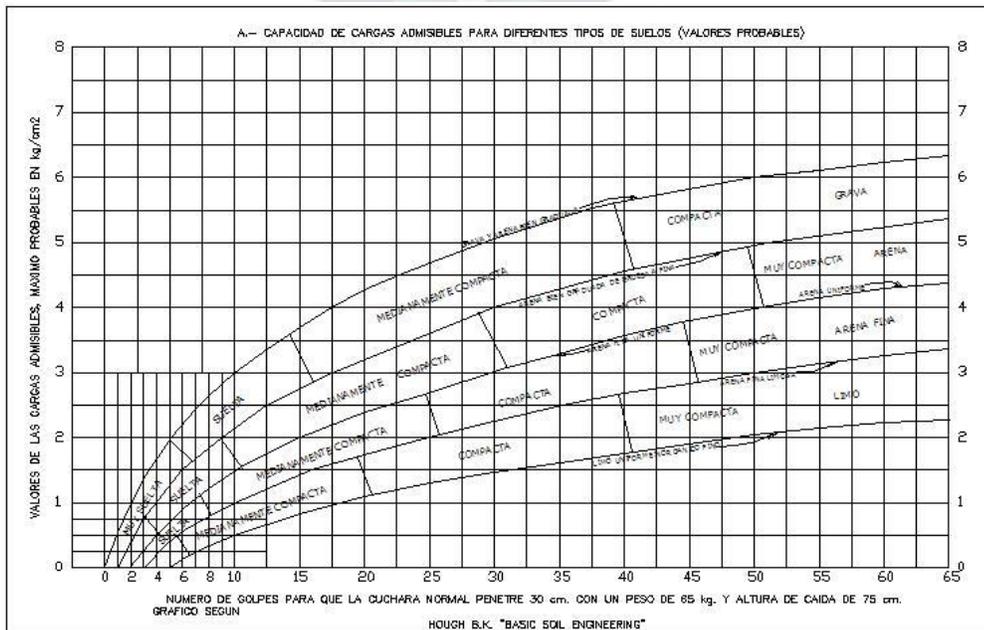


Figura 50: Monograma A Método De La Cuchara Normal

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

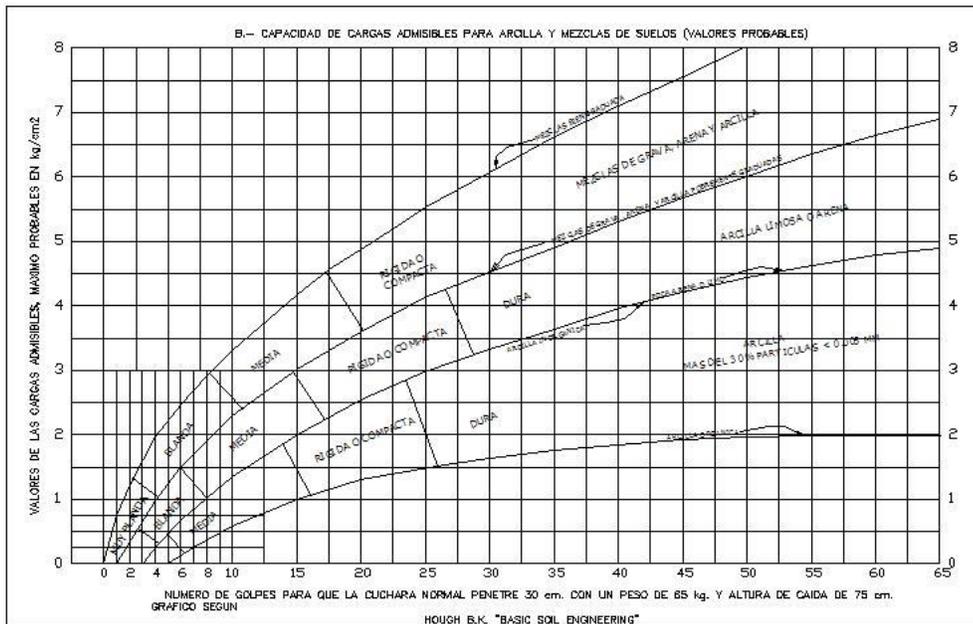


Figura 51: Monograma B Capacidad De Cargas Admisibles Para Arcillas Y Mezclas De Suelos

Para calcular la capacidad portante se necesita la clasificación de los suelos por el sistema SUCS y los datos de granulometría además de los límites de Atterberg, ahora se mostrará la clasificación de la calicata POZO – 1.

CARACTERÍSTICAS DE LA GRANULOMETRIA	
D60=	2.77
D30=	0.28
D10=	0.03
CC=	1.05
CU=	102.76
GRAVA (%):	34.26
ARENA (%):	46.42
FINOS (%):	19.32
TOTAL (%):	100.00

Figura 52: Resumen de las características de la granulometria (POZO Nro. 1)

Fuente: Elaboración propia Anexo

Teniendo el porcentaje de partículas que pasa el tamiz N° 200, que para este caso es 19,32% por lo tanto se elige como suelo grueso; continuando, se compara los porcentajes de suelo grueso que pasa el tamiz N° 4 65.74% y es mayor se elige arena, se observa el porcentaje de los finos, el cual se tiene un valor de 19,32% el cual es mayor al 12% por lo tanto se elige la primera columna y por último se analiza las características calculadas anteriormente, como son índice de plasticidad y limite liquido ahora al observar el índice de plasticidad $IP=4.79$, que está entre los valores de 4. y 7, por lo que corresponde a arenas con finos; con lo anteriormente expuesto se

puede definir que la clasificación de suelos según SUCS es de una Arena limo arcillosa con grava (SM-SC).

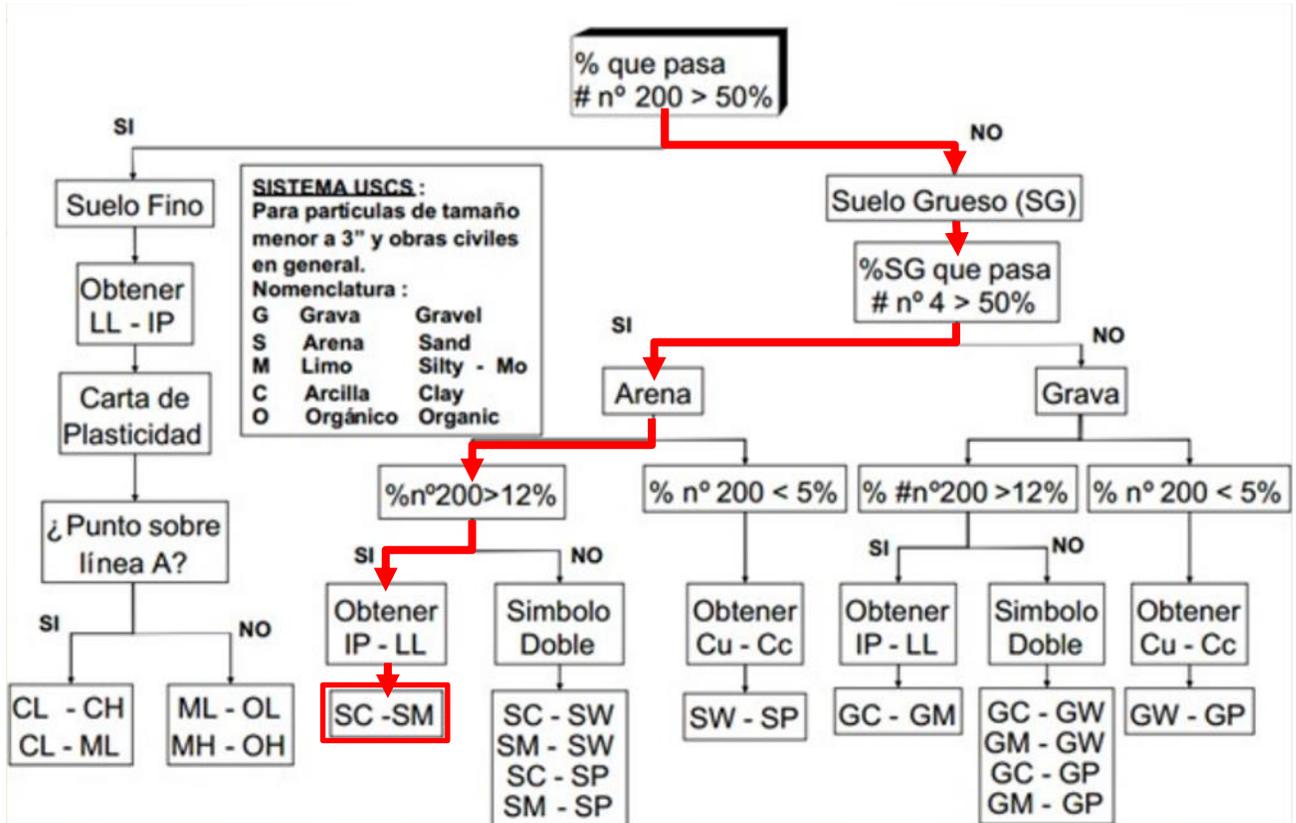


Figura 53: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.(POZO – 1)

Fuente Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. Braja M. Das.

Una vez realizada la clasificación de suelos, se procede con el cálculo de la capacidad portante para el SPT, en el caso de la calicata P – 1, se utiliza el monograma A; este monograma requiere una ponderación que se calcula con la siguiente fórmula:

$$P = \frac{5.83 * 34,26\% + 4.85 * 46,42\% + 2.80 * 19,32\%}{100\%} = 4,79$$

Reemplazando con los porcentajes obtenidos en los cálculos correspondientes a la calicata P – 1 se obtiene: P=4,79. además, se cuenta con el número de golpes de esta calicata, el cual es N=10.

Con los dos anteriores datos se ingresa al monograma A, donde en primer lugar se ingresa con el valor de “P” en el lado derecho, con ese punto se traza una curva paralela a las curvas existentes; posteriormente se ubica en el eje de las abscisas el número de golpes de la calicata y se traza una perpendicular hasta intersectar la curva trazada anteriormente, desde esa intersección se proyecta una línea hasta el eje de las ordenadas donde se encuentra el valor de la capacidad portante que para esta calicata tiene un valor de $\sigma = 1.80 \text{ kg/cm}^2$, como se observa en la siguiente figura.

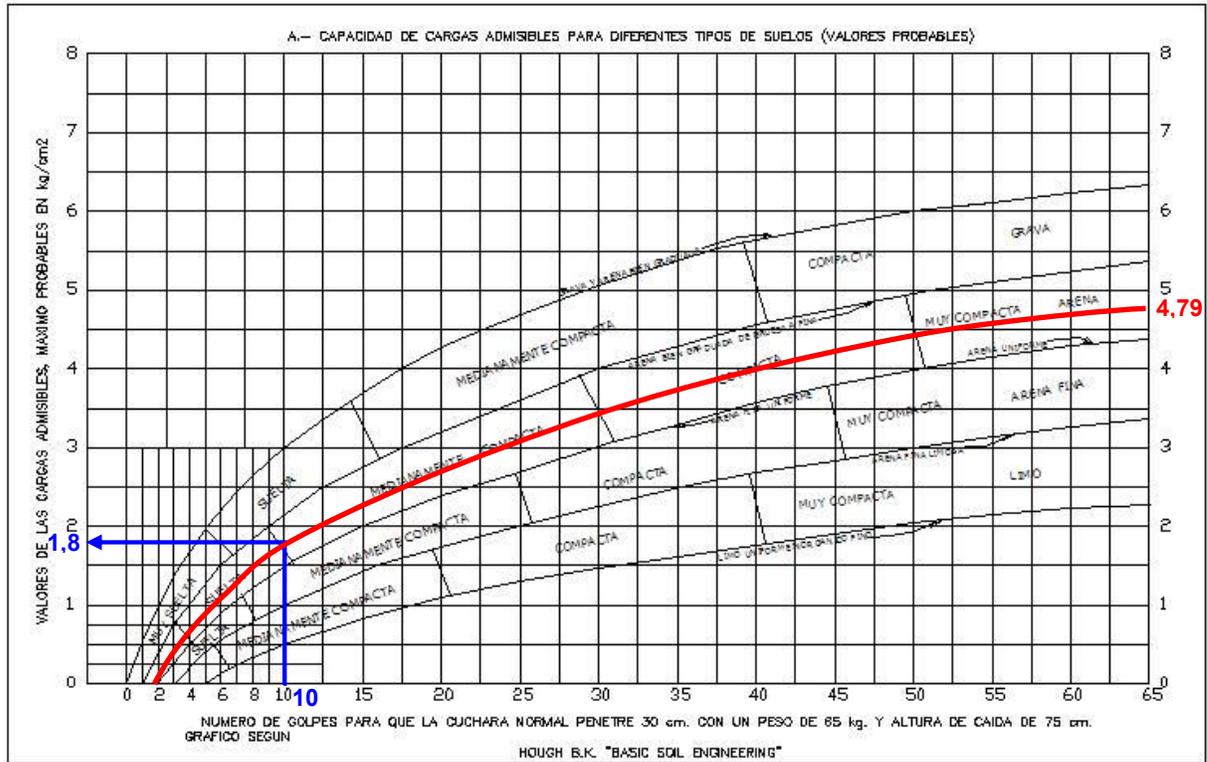


Figura 54: Monograma “A” con el ciclo de la capacidad portante (POZO – 1)

Fuente Elaboración propia

Por último se aplica el factor de seguridad de 2 al valor hallado con el monograma “A” y se obtiene un valor de:

$$\sigma_{suelo} = \frac{\sigma'_{adm}}{2} = \frac{1,8}{2} = 0,90 \left[Kg/cm^2 \right]$$

3.8.2.4. ENSAYO DENSIDAD DE TROZOS INALTERADOS (ASTM D854-02 - AASHTO T233-10).

Para este ensayo la muestra debe ser inalterada y representativa, se debe limpiar un pedazo de material sin perturbar la muestra, pesar la muestra, antes y después de parafinar. Además, en campo se debe tomar una muestra para la obtención de la humedad de la pared del pozo realizado.



Fotografía 12: Muestras parafinadas
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 13: Procedimiento para calcular peso de la muestra sumergida
Fuente: Elaboración propia

El aumento en la masa representa la masa de parafina y el volumen de la capa es calculada usando la densidad de la parafina. Pesar la muestra de suelo + parafina en el agua y pesar también el canastillo en agua.

ENSAYO DENSIDAD DE TROZOS INALTERADOS	
TROZO N° ó IDENTIFICACION MUESTRA	P-1
Profundidad (Toma de muestra) [m]	2.00
Suelo húmedo mas parafina, Pmp en grs	983.64
Peso del suelo húmedo, Ph, en grs	943.12
Peso parafina para cubrir la muestra Pp, [g]	40.52
Densidad de la parafina, Dp en [g/cm ³]	0.912
Volumen parafina para cubrir suelo, Vp=Pp/Dp, [cm ³]	44.43
(Cesto + suelo cubierto con parafina) sumergido, [g]	630.30
Peso del cesto sumergido en agua, en [g]	115.70
Suelo cubierto con parafina sumergido en agua, en [g]	514.60
Volumen del suelo húmedo cubierto con parafina [cm ³]	469.04
Volumen del suelo húmedo, Vh en [cm ³]	424.61
Densidad del suelo húmedo, Dh = Ph / Vh, [g/cm ³]	2.22
Lata ó tara N°	113
Suelo húmedo mas tara [g]	530.48
Suelo seco mas tara [g]	497.68
Peso del agua [g]	32.80
Peso de la tara [g]	70.51
Peso del suelo seco [g]	427.17
Porcentaje de humedad, %h	7.68
Densidad del suelo seco, Ds = (Dh x 100) / (100+%h)	2.063

Figura 55: Planilla de densidad de trozos inalterados (POZO Nro. 1)

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del ensayo son presentados en una planilla de laboratorio que contiene, además de los datos de la muestra (identificación de la muestra, tipo, procedencia, profundidad de excavación, etc.), la densidad del suelo seco, densidad húmeda, relación de vacíos, y porosidad.

Dándonos como resultado una densidad de suelo húmedo de 2,22 g/cm³ y una densidad de suelo seco 2,06 g/cm³

3.8.2.5. ENSAYO PESO ESPECÍFICO RELATIVO (SUELO FINO) (ASTM D854 – AASHTO T100)

En este ensayo se usa un recipiente aforado llamado picnómetro, el cual para su calibración hace uso de agua destilada. Una vez calibrado, se vierte la muestra en el picnómetro conjuntamente con agua, hasta llegar a la marca de aforamiento, luego se extrae el aire del picnómetro, se pesa la mezcla de suelo, agua y picnómetro, y se vierte el contenido en un recipiente para obtener la cantidad de peso seco del suelo.

A menudo para este ensayo se utiliza agua común en lugar de agua destilada (por lo menos en el trabajo de rutina), el cual lleva a errores muy pequeños.



Fotografía 14: Equipo y material para el ensayo de Gs.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 15: Calibración del Picnómetro

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 16: Peso seco en ensayo de Gs.

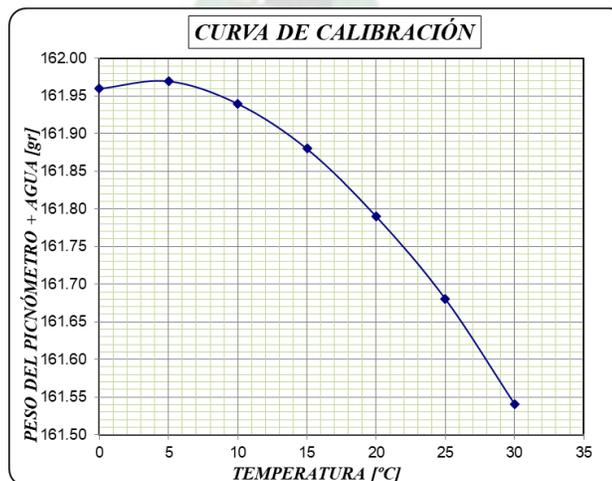
Fuente: Elaboración propia

En gabinete, lo primero que se observó es la temperatura del agua con la que se trabajó en laboratorio para obtener la densidad del agua con la que trabajar, para la calicata M – 7 se tiene una temperatura de 17°C por lo tanto según la tabla siguiente se obtiene una temperatura de 0.9988 g/cm³

Temp T [°C]	G _T [gr/cm ³]
10	0.9997
11	0.9996
12	0.9995
13	0.9994
14	0.9993
15	0.9991
16	0.9990
17	0.9988
18	0.9986
19	0.9984
20	0.9982
21	0.9980
22	0.9978

*Tabla 17: Densidad del agua según su temperatura
Fuente: Manual de ensayos de suelo y materiales ABC*

Temp. [°C]	g _{wTi}	W _{2i}
0	0.9999	161.96
5	1.0000	161.97
10	0.9997	161.94
15	0.9991	161.88
20	0.9982	161.79
25	0.9971	161.68
30	0.9957	161.54



*Figura 56: Datos para la curva de calibración
Fuente: Elaboración propia*

Como se observa en la anterior figura, con la temperatura del agua se obtiene el peso del picnómetro más agua, que para este caso es $W_2=161.85$ (g) dato con el cual se halla el peso específico.

Picnómetro N°		1
Peso picnómetro + agua + suelo :	W_1 [gr] =	187.04
Temperatura :	(T) [°C] =	17
Peso picnómetro + agua :	W_2 [gr] =	161.85
Recipiente de evaporación :	N° =	39
Peso del recipiente + suelo seco :	W_{rs} [gr] =	109.72
Peso del recipiente :	W_r [gr] =	70.10
Peso del suelo seco = $W_{rs} - W_r$:	W_s [gr] =	39.62
Peso específico del agua a Temp (T):	g_{wT} [gr/cm ³] =	0.9988
Relación entre densidades del agua :	K_T =	1.0006
Peso específico del suelo $(G_s)_{20°C}$:	$(G_s)_{20°C}$ [gr/cm ³] =	2.747

Figura 57: Planilla de Calculo para peso específico

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, con la fórmula para el peso específico ponderado se tiene $PE = 2.747$ g/cm³.

3.1.1.7. ENSAYO CORTE DIRECTO RÁPIDO (ASTM D3080 - AASHTO T236)

El ensayo de corte directo trata de representar la resistencia de una muestra de suelo a un esfuerzo cortante (τ) y bajo diferentes tensiones normales (σ). Como es de suponer, cuanto sea la tensión normal aplicada, mayor unión existirá entre los granos del suelo, y mayor será la resistencia al esfuerzo cortante (τ).

El procedimiento del ensayo comienza generalmente al tallar probetas inalteradas, pero también se puede hacer uso de probetas remoldeadas, buscando la densidad que tenía en sitio. Luego se procede a realizar el ensayo para tres muestras bajo tensiones normales crecientes, definiendo una recta que al cortar el eje de ordenadas define la cohesión (C), y forma un ángulo con abscisas que representa al ángulo de rozamiento interno (ϕ).



Fotografía 17: Remoldeo de Muestra
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 18: Muestras antes del ensayo
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 19: Ejecución del ensayo
Fuente: Elaboración propia

El ensayo se puede realizar de tres maneras:

Ensayo tipo CD.- Consolidado y drenado. Permite una previa consolidación y drenado, reproduciendo las condiciones de estabilidad a largo plazo.

Ensayo tipo CU.- realiza una consolidación previa, pero no permite, el drenaje obteniéndose parámetros a largo plazo pero en presencia de agua.

Ensayo tipo UU.- Sin consolidar y sin drenar. Es un ensayo rápido y representa las condiciones a corto plazo.

La principal crítica a este ensayo se refiere a que la muestra se obliga a romper por un plano predeterminado (plano central).

En gabinete se cuenta con los siguientes datos:

DATOS DE LA PROBETA			
Diámetro (cm)			6.37
Espesor (cm)			2.50
Area (cm ²)			31.87
Probeta Remoldeada	MUESTRA :		P-13
Anillo de Carga No.	1		
Factor de Calibración	0.227		
Presión Aplicada [kg/cm ²]	0.25	0.50	1.00
Ext. Vtcal. [pulg]: 0.001	Ext. Hztal : 0.01 mm		

Grado de Saturacion (%)	
HUMEDAD DE ENSAYO	10.68
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.87
PESO ESPECÍFICO RELATIVO Gs	2.63
RELACIÓN DE VACIOS	0.41
GRADO DE SATURACIÓN (%)	69.07

Ensayo de Contenido de Humedad	
Recipiente No.	125.00
Suelo húmedo + cápsula (g)	234.39
Suelo seco +cápsula (g)	219.69
Peso del agua (g)	14.70
Peso de la cápsula (g)	70.50
Peso del suelo seco (g)	149.19
Humedad %H	9.85

Figura 58: Datos de probeta, equipo, muestra y saturación (POZO 13)

Fuente: Elaboración propia

En la primera parte de la figura se tiene los datos del molde con el que se hizo la probeta; en los Datos del Equipo se tiene las cargas verticales para las que se hará el ensayo 0.25, 0.5 y 1 kg/cm², además de los factores de calibración del anillo y los extensómetros; en los Datos de la Muestra se tiene el cálculo de contenido de humedad de dos de las tres probetas para trabajar con el promedio de las mismas; y en la última parte para el Grado de Saturación, se utiliza el contenido de humedad promedio además de la densidad seca tomada del ensayo de trozos inalterados y peso específico, datos con los que se calcula la relación de vacíos y grado de saturación con las fórmulas indicadas en el capítulo segundo.

Por otro lado, una vez listas las probetas se procedió al ensayo como tal para la rotura de las mismas, aplicando una fuerza tanto vertical como horizontal, pero teniendo en cuenta que para cada probeta se aplicó una fuerza vertical inicial de 0.25, 0.5 y 1 kg/cm² como se mencionó anteriormente, esto se realizó por un periodo de 6 min y anotando los valores en los extensómetros para distintas marcas, estos datos se muestran en la siguiente tabla.

TIEMPO	LECTURAS				DESPLAZAMIENTO				LECTURA			FUERZA DE CORTE			TENSION DE CORTE			
	EXTENSOMETRO				HOZTAL.	VERTICAL			ANILLO DE CARGA			[Kg]			[Kg/cm ²]			
	[min]	HOZTAL.	VERTICAL		[cm]	[cm]			0.25	0.50	1.0	0.25	0.50	1.00	0.25	0.50	1.00	
0	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.12	12	3	1	-4	0.012	0.008	0.003	-0.010	19	21	43	4.31	4.77	9.76	0.14	0.15	0.31	
0.25	25	4	4	-3	0.025	0.010	0.010	-0.008	35	58	75	7.95	13.17	17.03	0.25	0.41	0.53	
0.50	50	7	6	0	0.050	0.018	0.015	0.000	63	88	118	14.30	19.98	26.79	0.45	0.63	0.84	
0.75	75	11	10	3	0.075	0.028	0.025	0.008	74	96	129	16.80	21.79	29.28	0.53	0.68	0.92	
1	100	14	14	6	0.100	0.036	0.036	0.015	76	93	131	17.25	21.11	29.74	0.54	0.66	0.93	
2	200	22	24	13	0.200	0.056	0.061	0.033	30	78	120	6.81	17.71	27.24	0.21	0.56	0.85	
3	300	25	30	19	0.300	0.064	0.076	0.048	22	72	119	4.99	16.34	27.01	0.16	0.51	0.85	
4	400	25	35	23	0.400	0.064	0.089	0.058	20	69	113	4.54	15.66	25.65	0.14	0.49	0.80	
5	500	26	40	24	0.500	0.066	0.102	0.061	18	64	97	4.09	14.53	22.02	0.13	0.46	0.69	
6	600	26	44	25	0.600	0.066	0.112	0.064	17	60	91	3.86	13.62	20.66	0.12	0.43	0.65	
	Probeta	I	II	III		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	

Figura 59: Planilla de lectura de los extensómetros (POZO 13)

Fuente: Elaboración propia

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

A continuación, se analiza las lecturas para el desplazamiento vertical para encontrar el punto en el que se rompe la muestra, que para nuestro caso es entre los minutos 0,75 y 1,00, por lo tanto, se calcula la fuerza de corte, la cual es el producto de la lectura del anillo por el factor de calibración del anillo y luego se obtiene el esfuerzo de corte que es el cociente entre la fuerza de corte y el área de la probeta, tal como se muestra en la figura.

Teniendo los valores del esfuerzo de corte y los valores de las cargas verticales, se puede graficar la envolvente de corte de la cual se obtiene la cohesión y el ángulo de fricción interna.

ESFUERZOS DE CORTE DEL SUELO			
σ (kg/cm ²)	0.25	0.50	1.0
T (kg/cm ²)	0.54	0.68	0.93

Figura 60: Resumen de esfuerzo normal y tangencial (POZO 13)

Fuente: Elaboración propia

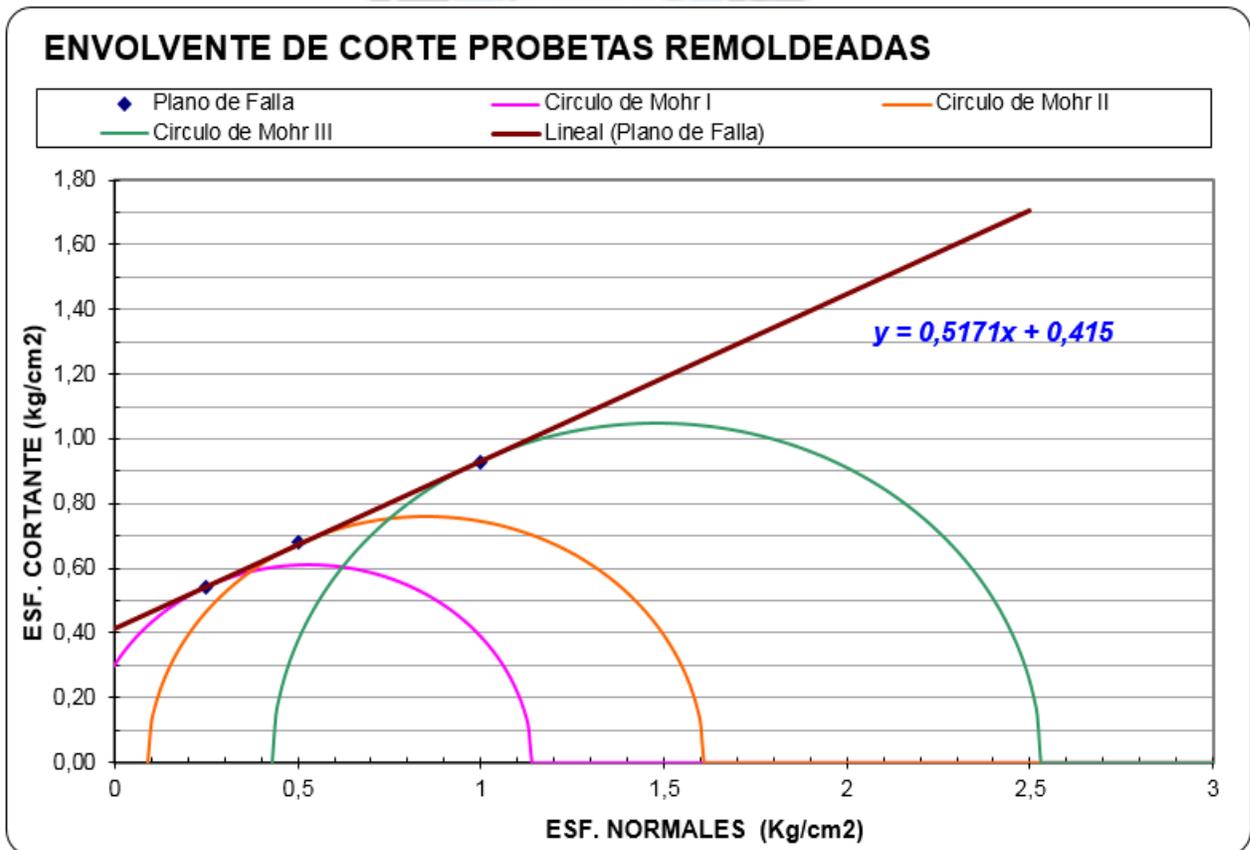


Figura 61: Grafico de la envolvente de corte (POZO 13)

Fuente: Elaboración propia

Con la envolvente de corte se puede sacar la ecuación de la recta tendencia que tiene la forma $y=ax+b$, en la que el valor de “b” representa el valor de la cohesión “C” y el valor de “a” representa la tangente del ángulo de fricción interna “ ϕ ”.

PARÁMETROS DE CORTE DEL SUELO	
COHESIÓN C (kg/cm²)	0.42
PENDIENTE	0.52
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA ϕ (°)	27.35

Figura 62: *Parámetro envolvente de corte (POZO 13)*

Fuente: Elaboración propia

3.1.1.8. ENSAYO DE COMPACTACION DE SUELOS PROCTOR T-180 (ASTM D 1557- AASHTO T180)

Este ensayo tiene por objeto obtener la humedad óptima y la densidad del suelo cuando es compactado, para el procedimiento de este ensayo se requiere reconocer si el suelo es arcilloso o gravoso, ya que se debe realizar una compensación del material con la misma muestra y dependerá de si el suelo es gravoso o arcilloso para usar el tamiz correcto, $\frac{3}{4}$ para gravas y N°4 para arcillas, en nuestro caso el suelo es gravoso por lo que se utiliza el tamiz $\frac{3}{4}$ para la compensación. Se utilizó un aproximado de 12 Kg de muestra secada en un ambiente controlado, a continuación, se procedió a moler la muestra con un mazo de goma para evitar la reducción de las partículas individuales y no cambiar su granulometría, en este punto se procedió a compensar el material como se mencionó anteriormente.

El procedimiento del ensayo consiste en variar las humedades de la muestra, y para cada humedad compactarlas en un molde de 6 plg de diámetro y altura de 4.58 plg, en 5 capas con 56 golpes de un apisonador metálico con cara circular de 2 plg de diámetro, una vez realizado se toma el peso del molde más la muestra enrasada, con este peso y el del molde vacío se obtiene la humedad del caso, luego aumentado la humedad de la muestra se procede del mismo modo hasta obtener al menos 5 puntos que formen una curva en U invertida que relaciona humedad con densidad seca y de esa manera obtener la densidad seca máxima.

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”



Fotografía 20: Preparado de muestra para el ensayo de compactación (POZO 1)
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 21: Compactado de la muestra por capas (POZO 1)
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 22: Compactado de muestra de la primera capa (POZO 1)
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 23: Enrasado de la probeta antes del pesaje (POZO 1)
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 24: Toma de muestra para determinación de la humedad correspondiente (POZO 1)
Fuente: Elaboración propia

Para el gabinete de este ensayo prácticamente se realiza una gráfica %humedad vs Densidad seca con todas las humedades para las cuales se realizó el ensayo, a continuación, se muestra los cálculos para el pozo M – 001

En primera instancia se requiere el peso del molde, las dimensiones del mismo y el peso del molde más la muestra húmeda, datos con los que se obtiene el volumen del recipiente y la densidad húmeda de la muestra para después poder obtener el porcentaje de humedad. Además, se necesita los datos del peso específico relativo que se obtiene del ensayo de peso específico, con este dato se obtiene la densidad del suelo seco y el grado de saturación.

ENSAYO DE COMPACTACION AASHTO T - 180 - D					
Molde N°:	1	Vol [cm³]:	2126	Peso. [g]:	6513
					Pe= 2.75
No. de capas	5	5	5	5	5
No. de golpes/capa	56	56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde (g.)	11242.0	11663.2	11540.3	11423.2	11423.2
Peso del molde (g.)	6513	6513	6513	6513	6513
Peso suelo húmedo (g.)	4729	5150	5027	4910	4910
Volumen de la muestra (cm3.)	2126	2126	2126	2126	2126
Densidad suelo húmedo (g/cm3.)	2.224	2.422	2.365	2.310	2.310
Cápsula No.	102	124	131	129	129
Peso suelo húmedo + cápsula (g.)	587.0	532.0	553.9	562.8	562.8
Peso suelo seco + cápsula (g.)	569.7	508.1	517.8	520.5	520.5
Peso del agua (g.)	17.4	23.9	36.1	42.3	42.3
Peso de la cápsula (g.)	67.5	64.9	68.9	67.5	67.5
Peso suelo seco (g.)	502.2	443.1	448.9	453.0	453.0
Contenido de humedad (%)	3.46	5.40	8.05	9.34	9.34
Densidad suelo seco (g/cm3.)	2.15	2.30	2.19	2.11	2.11
Saturacion	2.509	2.392	2.250	2.186	2.186

Figura 63: Planilla de cálculo del ensayo de Compactación (POZO 1)

Fuente: Elaboración propia

Con los datos, se grafica el % de humedad versus la densidad del suelo seco y el % de humedad versus el grado de saturación como se ve en la siguiente figura.

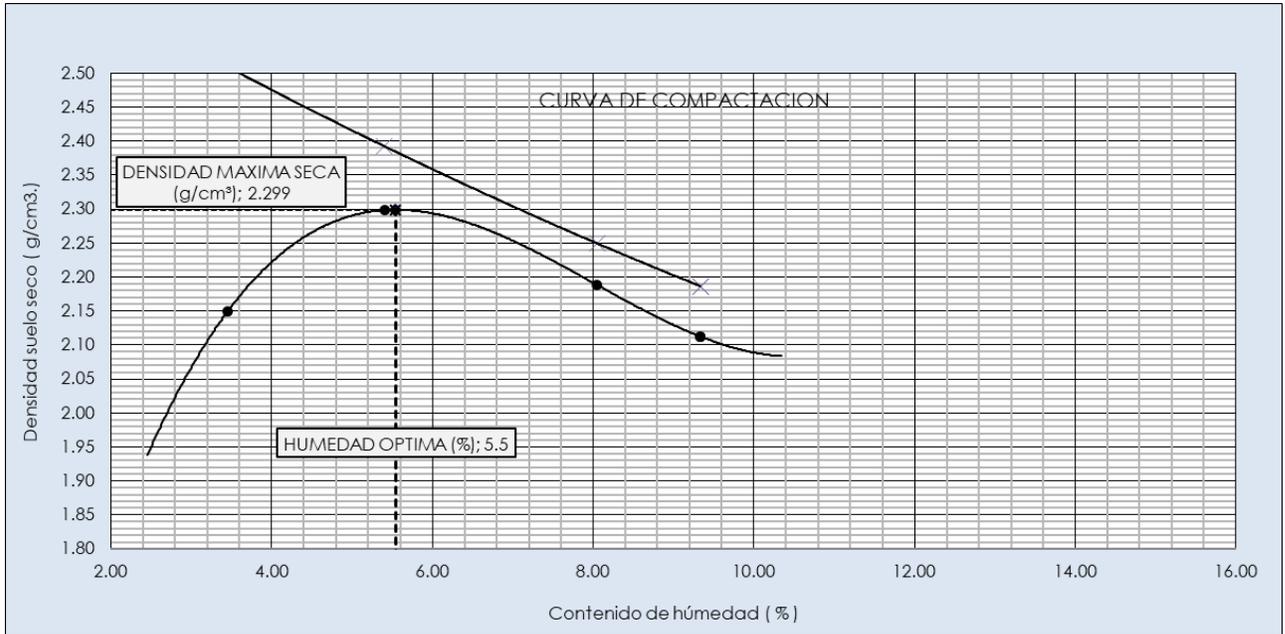


Figura 64: *Gráfico del ensayo de Compactación (POZO 1)*

Fuente: Elaboración propia

Con esta curva se puede identificar el pico de la curva de tendencia y proyectarla en el eje de las abscisas y las ordenadas para así obtener la humedad óptima y la densidad seca máxima, que para nuestro caso son: $H_{optima} = 5,50\%$ y $D_s = 2.299\text{ g/cm}^3$.

3.1.1.9. ENSAYO DE RELACION SOPORTE CALIFORNIA CBR (ASTM D1883 – AASHTO T193)

Para este ensayo es necesario tener la densidad seca máxima y la humedad óptima obtenidas en el ensayo de compactación; en este caso se utilizaron 21 kg de muestra aproximadamente, las cuales se prepararon de la misma forma que para el ensayo de compactación, compensando el material con el tamiz $\frac{3}{4}$, posteriormente se aplica la cantidad de agua necesaria para lograr la humedad óptima obtenida anteriormente, una vez mezclada y uniformizada la muestra se procede a compactar la muestra en un molde que tendrá en la base un disco o contrapeso con medidas estandarizadas y sobre él una lámina plástica de la misma dimensión; el compactado se realiza en 5 capas en tres moldes, sin embargo el número de golpes varía para cada probeta de la

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

siguiente manera: 12, 25 y 56 golpes respectivamente, posterior a realizar el compactado la muestra se da la vuelta y se registra su peso, posterior a ello se pone el contrapeso esta vez en la parte superior además de un disco estandarizado y se remoja en agua hasta el ras, luego se tomaron las medidas correspondientes al hinchamiento durante 4 días con la ayuda de un caballete defléctómetro.

Una vez pasado este periodo se procedió a realizar el ensayo de penetración con el equipo normalizado registrando las cargas para las penetraciones especificadas en la norma. Para finalizar este ensayo, luego de realizado el ensayo de penetración se procede a tomar la humedad de la muestra.



Fotografía 25: Preparación de la muestra con el enrase para el ensayo de CBR (POZO 1)
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 26: Pesaje de la muestra después del compactado (POZO 1)
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 27: Probetas sumergidas (POZO 1)
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 28: Medición de la expansión de la muestra cuando la probeta está sumergida (POZO 1)
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 29: Rotura de la muestra después de 4 días de sumersión (POZO 1)
Fuente: Elaboración propia

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

Para los cálculos de este ensayo se requiere la humedad óptima y la densidad seca máxima obtenidos en el ensayo de compactación que para nuestro caso son: Hoptima = 5,5 % y Ds 2.299 g/cm³.

Se tiene 3 probetas de 5 capas, pero variando el número de golpes, 12, 25 y 56; para las cuales, teniendo los datos del volumen del recipiente y el peso de la muestra después de compactar, se calculó el peso unitario de la muestra húmeda antes y después de sumergidas por 4 días

Posterior a ello se calcula el porcentaje de humedad del fondo y la superficie de la probeta, para posteriormente utilizar el promedio de los mismos y con este porcentaje de humedad también calcular el peso unitario de la muestra seca tal como se muestra en la siguiente figura.

Compactacion de la Muestra						
Muestra en Molde N°	1		2		3	
Molde N°	1X		5X		4X	
N° de capas	5		5		5	
N° de golpes por capa	56		25		12	
Condición de la muestra	Antes embeb.	Después embeb.	Antes embeb.	Después embeb.	Antes embeb.	Después embeb.
Peso hum. Muestra + molde (gr)	12,627	12,761	12,521	12,713	12,086	12,312
Peso el molde (gr)	7,289	7,289	7,076	7,076	7,348	7,348
Peso húmedo de la muestra (gr)	5,338	5,472	5,445	5,637	4,738	4,964
Volúmen de la muestra (cm ³)	2,342	2,342	2,292	2,292	2,353	2,353
Densidad húmeda muestra (gr/cm ³)	2,279	2,336	2,376	2,459	2,014	2,110

Humedades de Compactacion y Embebimiento									
HUMEDAD	Fondo	Superf.	2" Superf.	Fondo	Superf.	2" Superf.	Fondo	Superf.	2" Superf.
Recipiente N°	101	120	106	127	113	120	134	131	137
Peso recipiente + suelo húm. (gr)	561.0	712.5	830.3	475.7	531.9	655.4	469.4	434.9	603.2
Peso recipiente + suelo seco (gr)	540.4	686.4	772.1	457.8	509.5	604.2	450.5	418.7	555.0
Peso del agua (gr)	20.7	26.2	58.2	17.9	22.4	51.2	19.0	16.2	48.2
Peso del recipiente (gr)	68.8	71.3	64.9	68.7	70.5	71.3	68.3	68.9	70.4
Peso del suelo seco (gr)	471.6	615.1	707.1	389.1	439.0	532.9	382.2	349.8	484.6
% Humedad	4.38	4.25	8.23	4.61	5.10	9.61	4.96	4.64	9.94
Densidad seca probeta (gr/cm ³)	2.183	2.186	2.159	2.271	2.260	2.244	1.918	1.924	1.919
Densidad máxima lab. (gr/cm ³)	2.299	2.299	2.299	2.299	2.299	2.299	2.299	2.299	2.299
% Densidad Máxima	95.0	95.1	93.9	98.8	98.3	97.6	83.5	83.7	83.5

Figura 65: Planilla de contenido de humedad de las muestras (POZO 1)

Fuente: Elaboración propia

Una vez preparada la probeta se sumergió por 4 días como se explica anteriormente, pero teniendo el cuidado de registrar las expansiones de las probetas en un inicio y durante los siguientes días de inmersión, en la siguiente tabla se muestra estos datos además del cálculo de la expansión total que resulta de la diferencia entre las lecturas del último y el primer día, dividido entre 50.

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

Determinación de la Expansión										
Fecha	Tiempo transcurrido en días	Molde N°1			Molde N°2			Molde N°3		
		Lectura del extensómetro	Expansión		Lectura del extensómetro	Expansión		Lectura del extensómetro	Expansión	
			(cm)	(%)		(cm)	(%)		(cm)	(%)
10-may-19	0	48.0	0.12	2.44	55.0	0.14	2.79	57.0	0.14	2.90
11-may-19	1	68.0	0.17	3.45	67.0	0.17	3.40	64.0	0.16	3.25
12-may-19	2	75.0	0.19	3.81	68.0	0.17	3.45	65.0	0.17	3.30
13-may-19	3	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00
14-may-19	4	75.0	0.19	3.81	68.0	0.17	3.45	65.0	0.17	3.30

Figura 66: Planilla de expansión de las probetas (POZO 1)

Fuente: Elaboración propia

Una vez pasados los 4 días en los que las probetas estuvieron sumergidas se procedió a la rotura de las mismas, donde se registró las lecturas de los extensómetros para diferentes tipos se penetración, mismos que se muestran en la siguiente tabla.

C.B.R. Factor de deformación del anillo															
PENETRACIÓN			Carga Estándar (kgf)	Molde N°1				Molde N°2				Molde N°3			
Tiempo en min.	Pulg.	mm		Lectura Dial	Carga (kgf/cm²)		CBR (%)	Lectura Dial	Carga (kgf/cm²)		CBR (%)	Lectura Dial	Carga (kgf/cm²)		CBR (%)
				Calculada	Corregida			Calculada	Corregida			Calculada	Corregida		
0.00	0.000	0.00	0	3.9			0	3.9			0	3.9			
0.30	0.025	0.63	13	60.1			5	25.5			2	12.5			
1.00	0.050	1.27	21	94.7			9	42.8			3	16.8			
1.30	0.075	1.90	29	129.3			11	51.4			4	21.2			
2.00	0.100	2.54	1361	35	155.2	155.2	11.4	13	60.1	60.1	4.4	5	23.3	23.3	1.7
4.00	0.200	5.08	2041	57	250.4	250.4	12.3	20	90.4	90.4	4.4	8	38.5	38.5	1.9
6.00	0.300	7.62	2585	74	323.9			30	133.6			10	47.1		
8.00	0.400	10.16	3130	89	388.8			38	168.2			12	55.8		
10.00	0.500	12.70	3538	98	427.7			45	198.5			15	68.7		

Figura 67: Planilla de factor de deformación de las probetas (POZO 1)

Fuente: Elaboración propia

Para la penetración de 0.1 plg se tiene una lectura del extensómetro con la que se calcula la carga en libras a la cual se afecta con el factor de la carga normalizada inversa y se obtiene el valor del CBR.

Para las probetas se obtiene los 3 valores de CBR con los que se grafica una recta versus la densidad seca y para la misma densidad seca se grafica el gráfico con la humedad óptima para así, con la misma, proyectar y obtener el CBR para el 100%

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

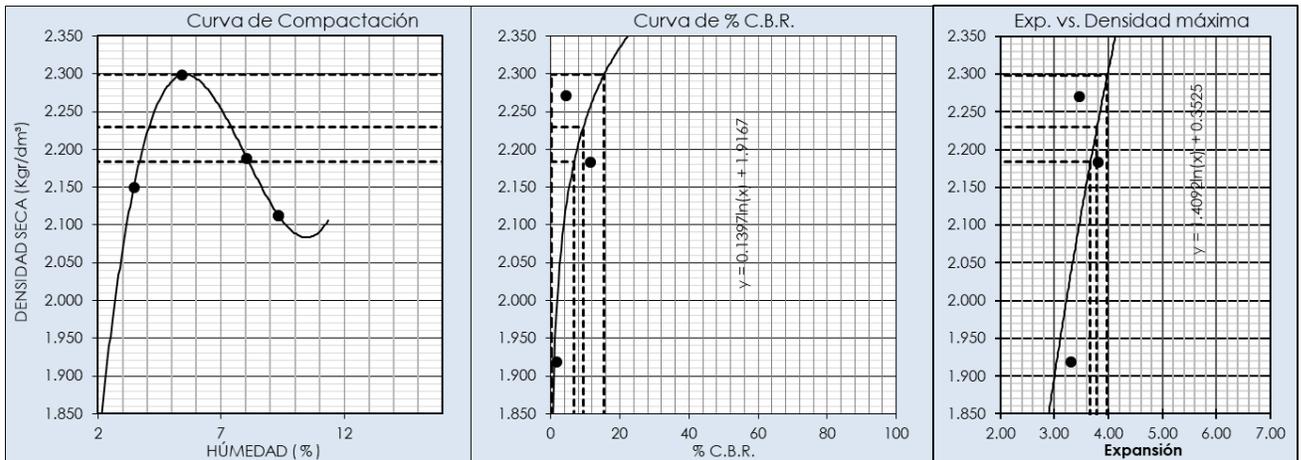


Figura 68: Grafica de la curva de compactación, CBR y Exp. Vs. Densidad maxima (POZO 1)

Fuente: Elaboración propia

Observando la figura se proyecta los valores de CBR para la densidad seca máxima y el 95% de la misma de la siguiente manera:

DENSIDAD MAX.		g/cm ²	C.B.R. (%)		0.1"	EXPANSION		%
Dens Max 100%		2.299	Dens Max 100%	15.4	-	Expansión 100%		3.98
Dens Max 97%		2.230	Dens Max 97%	9.4	-	Expansión 97%		3.79
Dens Max 95%		2.184	Dens Max 95%	6.8	-	Expansión 95%		3.67

CAPITULO IV

RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1. UBICACIÓN DE POZOS DE LA ZONA ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA

La ubicación de los pozos en estudio se encuentra en terrenos aún no habitados, y en terrenos de dominio público, como en vías (calles y senderos) de la Zona.

La distribución se la hizo de tal manera de cubrir toda el área en estudio.

Las coordenadas de cada pozo se muestran en la siguiente tabla:

POZO	LATITUD	LONGITUD	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE	ELEVACION
P-1	16°34'1,12" S	68°10'2,18" W	588842	8168163	3806.76
P-2	16°34'0,56" S	68°10'0,49" W	588892	8168180	3792.23
P-3	16°34'3" S	68°10'1,63" W	588858	8168105	3806.40
P-4	16°34'4,07" S	68°9'59,67" W	588916	8168072	3813.93
P-5	16°34'2,96" S	68°9'58,66" W	588946	8168106	3799.55
P-6	16°34'1,98" S	68°9'57,42" W	588983	8168136	3793.76
P-7	16°34'0,79" S	68°9'54,25" W	589077	8168172	3786.21
P-8	16°34'0,54" S	68°9'56,48" W	589011	8168180	3789.36
P-9	16°33'59,43" S	68°9'54,86" W	589059	8168214	3772.76
P-10	16°34'0,07" S	68°9'52,6" W	589126	8168194	3767.07
P-11	16°34'0,81" S	68°9'50,37" W	589192	8168171	3741.07
P-12	16°33'58,04" S	68°9'48,96" W	589234	8168256	3731.39
P-13	16°33'59,59" S	68°9'47,13" W	589288	8168208	3712.87
P-14	16°33'55,3" S	68°9'46,41" W	589310	8168340	3712.49
P-15	16°33'59,61" S	68°9'44,17" W	589376	8168207	3692.86
P-16	16°33'56,88" S	68°9'44,62" W	589363	8168291	3707.99
P-17	16°33'54,34" S	68°9'42,97" W	589412	8168369	3675.83
P-18	16°34'0,83" S	68°9'40,01" W	589499	8168169	3664.54
P-19	16°33'58,89" S	68°9'41,64" W	589451	8168229	3693.46
P-20	16°33'56,51" S	68°9'40,77" W	589477	8168302	3681.06

*Tabla 18: Ubicación de los Pozos
Fuente: Elaboración propia*

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

Proyección: UTM
Elipsoide: WGS 1984
Zona: 19K

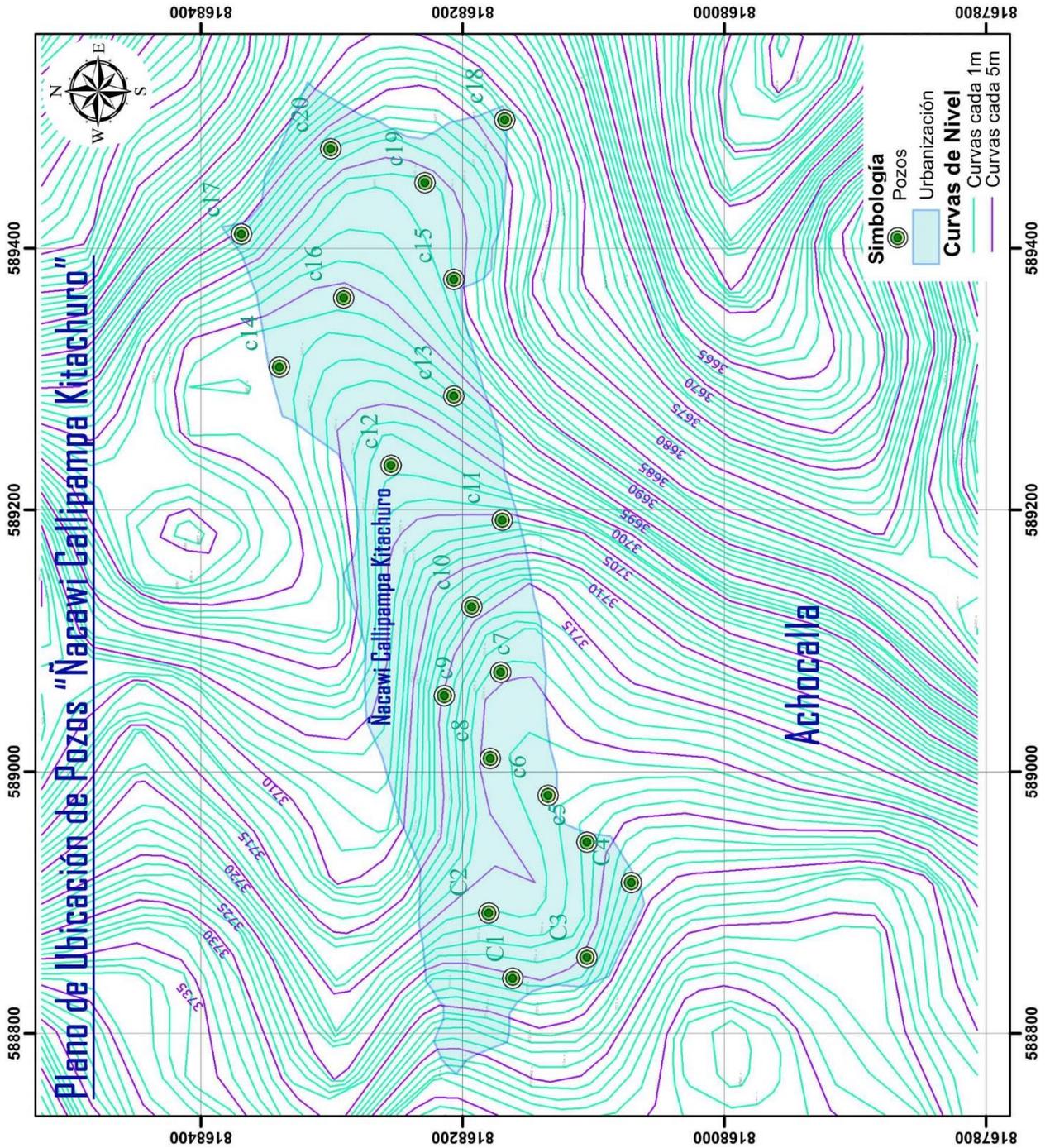


Figura 69: Mapa de ubicación de los pozos.

Fuente: Elaboración propia

4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DEL SUELO

Una vez realizados los cálculos correspondientes a cada ensayo, se procedió con el análisis y comparación de los resultados, por pozo y por zona geotécnica.

4.2.1. HUMEDAD NATURAL

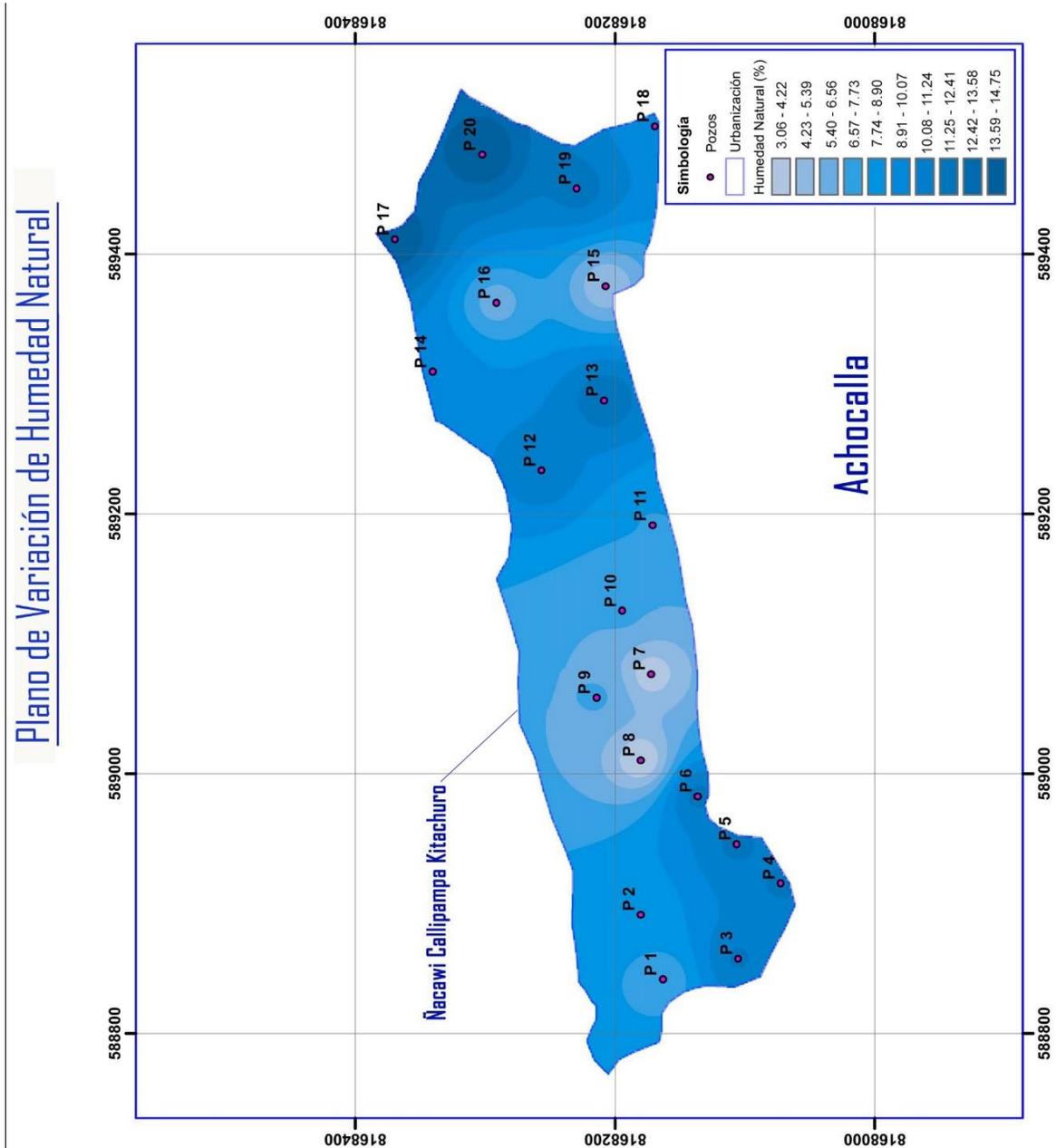


Figura 70: Mapa de Humedad Natural de los pozos.

Fuente: Elaboración propia

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

La siguiente tabla nos muestra el contenido de humedad de los suelos prospectados, estos varían con la ubicación en el distrito y tiene un valor máximo de 14,68% y un valor mínimo de 3.06% correspondiente a los pozos 12 y 8 respectivamente.

POZO N°	PROF. (m)	Nivel Freático (m)	Humedad Natural (%)
P-1	2,00	NR	7,68
P-2	2,00	NR	8,88
P-3	2,00	NR	12,93
P-4	2,00	NR	13,00
P-5	2,00	NR	13,14
P-6	2,00	NR	13,21
P-7	2,00	NR	3,61
P-8	2,00	NR	3,06
P-9	2,00	NR	7,39
P-10	2,00	NR	7,43
P-11	2,00	NR	8,59
P-12	2,00	NR	8,09
P-13	2,00	NR	10,68
P-14	2,00	NR	10,90
P-15	2,00	NR	4,54
P-16	2,00	NR	6,51
P-17	2,00	NR	12,90
P-18	2,00	NR	10,01
P-19	2,00	NR	11,28
P-20	2,00	NR	14,68

CONTENIDO DE HUMEDAD		
NIVEL	%	POZOS
MAXIMO	14,68	P-20
MINIMO	3,06	P-8

*Tabla 19: Contenido de Humedad Natural
Fuente: Elaboración propia*

4.2.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Los resultados muestran que el 100% de las muestras tomadas a una profundidad de 2.00 [m] del suelo corresponden a suelos compuestos en su mayoría por grava, que está dentro de la clasificación “G”, combinados con limos “M” y arcillas “C”, a su vez se encuentran bien gradados “W” y mal gradados “P”.

El análisis granulométrico es un ensayo fundamental para la clasificación de suelos, para la realización del presente proyecto, se clasificó por los métodos S.U.C.S. y A.A.S.H.T.O., siendo el primero con el que se pretende alcanzar los objetivos planteados.

TAMIZ Pozo N°	GRANULOMETRIA FRACCION GRUESA (% PASA)								GRANULOMETRIA FRACCION FINA (% PASA)					% GRAVA	% ARENA	% FINO	% TOTAL DE SUELOS
	21/2"	2"	11/2"	1"	3/4"	3/8"	N°4	N°10	N°20	N°40	N°60	N°140	N°200				
P-1	100,00	100,00	94,89	92,98	88,73	76,61	65,74	56,53	45,71	36,39	28,25	20,92	19,32	34,26	46,42	19,32	100,00
P-2	100,00	100,00	91,16	83,24	76,04	58,24	41,52	27,84	23,22	16,85	12,82	10,33	9,76	58,48	31,76	9,76	100,00
P-3	100,00	100,00	100,00	100,00	99,88	98,84	94,45	85,99	76,72	57,95	37,64	22,11	18,78	5,55	75,67	18,78	100,00
P-4	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	99,73	98,74	96,46	91,23	82,93	72,78	57,20	52,18	1,26	46,55	52,18	100,00
P-5	100,00	100,00	100,00	100,00	99,37	98,29	97,12	95,57	92,44	86,20	75,47	60,24	55,87	2,88	41,25	55,87	100,00
P-6	100,00	100,00	100,00	100,00	97,52	94,00	90,48	86,68	82,35	74,93	65,15	52,28	47,98	9,52	42,50	47,98	100,00
P-7	100,00	100,00	98,71	96,68	95,07	86,68	78,62	70,42	63,43	53,64	43,59	32,56	29,08	21,38	49,54	29,08	100,00
P-8	100,00	97,03	94,76	92,52	91,12	84,15	76,88	69,00	62,41	53,38	44,65	35,54	33,43	23,12	43,45	33,43	100,00
P-9	100,00	100,00	100,00	100,00	99,59	97,84	95,31	91,57	85,15	72,63	60,89	49,68	47,04	4,69	48,27	47,04	100,00
P-10	100,00	100,00	100,00	99,50	97,75	91,79	85,89	79,19	73,69	62,94	51,58	39,59	36,62	14,11	49,27	36,62	100,00
P-11	100,00	100,00	98,75	95,49	92,20	87,29	83,44	80,05	75,17	64,02	58,15	51,33	49,10	16,56	34,34	49,10	100,00
P-12	100,00	100,00	96,50	94,04	92,61	90,10	87,66	85,62	78,79	71,76	65,66	57,87	55,17	12,34	32,49	55,17	100,00
P-13	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	98,79	96,51	91,77	80,94	60,06	41,12	22,74	17,23	3,49	79,29	17,23	100,00
P-14	100,00	100,00	97,62	95,83	95,69	92,44	88,61	82,67	74,63	56,71	38,39	21,85	18,10	11,39	70,51	18,10	100,00
P-15	100,00	100,00	100,00	97,28	95,02	87,67	74,55	58,00	44,96	30,25	18,72	9,93	8,59	25,45	65,96	8,59	100,00
P-16	100,00	100,00	100,00	100,00	98,77	85,77	69,52	54,58	42,20	30,76	23,93	16,00	13,93	30,48	55,59	13,93	100,00
P-17	100,00	100,00	98,74	95,22	93,13	85,83	78,47	71,88	65,39	56,05	48,38	38,23	35,30	21,53	43,17	35,30	100,00
P-18	100,00	100,00	100,00	97,96	94,33	88,91	82,39	76,39	70,45	62,93	55,56	45,12	41,74	17,61	40,65	41,74	100,00
P-19	100,00	89,22	84,74	83,62	82,53	81,50	80,55	79,04	75,13	68,98	61,91	50,88	46,38	19,45	34,16	46,38	100,00
P-20	100,00	94,54	94,54	94,54	93,43	92,15	90,38	87,39	78,57	68,13	59,13	45,63	41,65	9,62	48,72	41,65	100,00

*Tabla 20: Análisis Granulométrico.
Fuente: Elaboración propia*

4.2.3. LÍMITES DE ATTERBERG

Los límites líquidos (LL) de los suelos de la Urbanización están en el rango del 27,52 a 18,74%. El índice de plasticidad (IP) se encuentra en un rango de 3,48 a 7,94 % y se tiene 10 muestras inoperables (pozos 3-4-13-14-15-16-20) lo que indica que se tratan de suelos con finos de baja plasticidad. Por otro lado, los límites plásticos (LP) están comprendidos entre 15,13 y 19,93%.

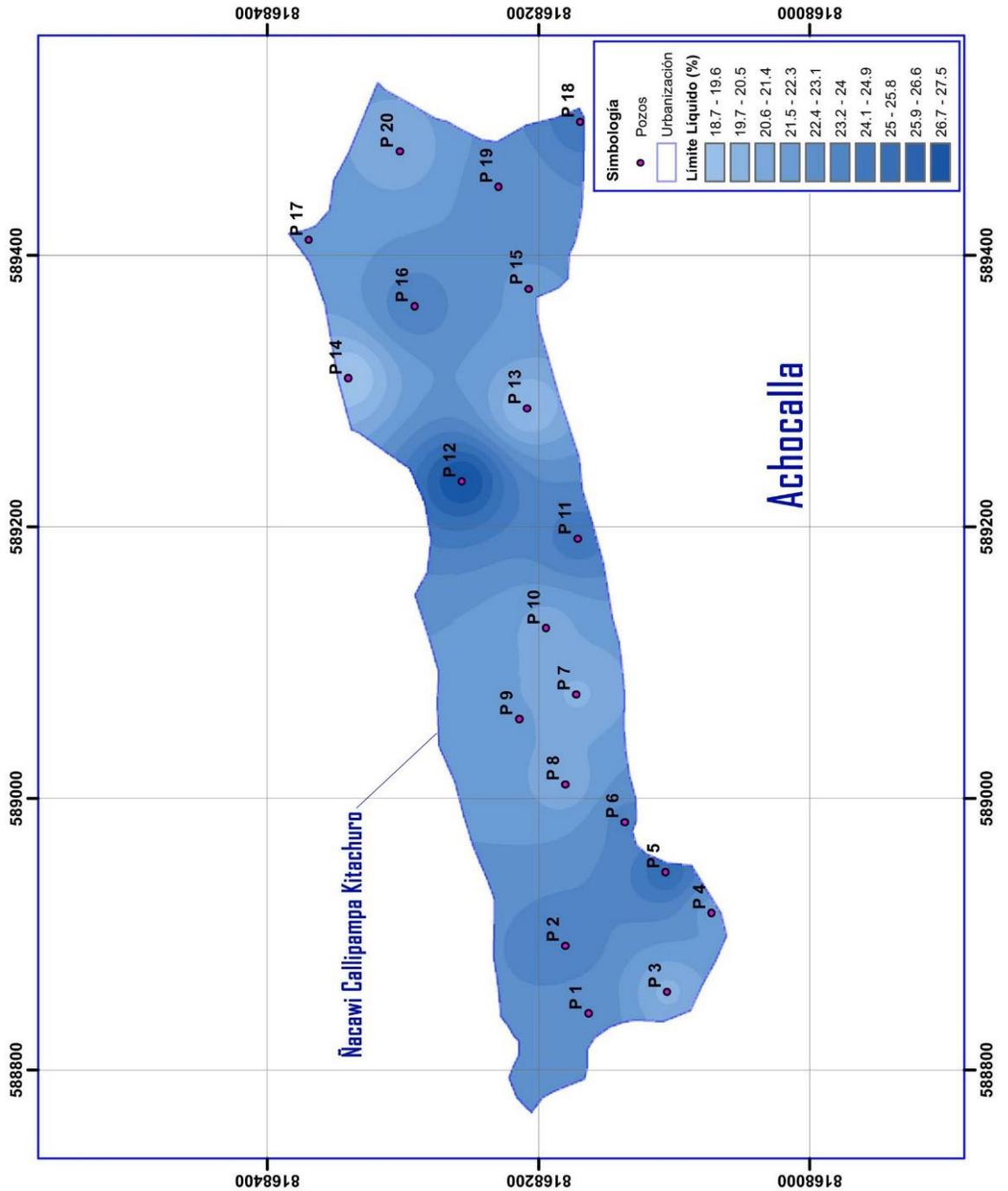
POZO N°	PROF. (m)	LÍMITES		ÍNDICE DE PLASTICIDAD	LÍMITE LÍQUIDO		
		LÍQUIDO	PLÁSTICO		NIVEL	%	POZOS
P-1	2,00	22,65	17,86	4,79	MAXIMO	27,52	P-12
P-2	2,00	23,99	17,97	6,02	MINIMO	18,74	P-14
P-3	2,00	20,31	-	NP			
P-4	2,00	22,01	-	NP			
P-5	2,00	25,64	19,30	6,34			
P-6	2,00	23,34	18,49	4,85			
P-7	2,00	20,32	16,84	3,48			
P-8	2,00	20,75	17,20	3,55			
P-9	2,00	21,41	17,01	4,39			
P-10	2,00	21,05	16,67	4,39			
P-11	2,00	24,45	19,40	5,05			
P-12	2,00	27,52	19,58	7,94			
P-13	2,00	19,59	-	NP			
P-14	2,00	18,74	-	NP			
P-15	2,00	22,20	-	NP			
P-16	2,00	23,86	-	NP			
P-17	2,00	21,78	15,13	6,65			
P-18	2,00	24,50	19,93	4,57			
P-19	2,00	22,55	17,91	4,64			
P-20	2,00	20,73	-	NP			

LÍMITE PLÁSTICO		
NIVEL	%	POZOS
MAXIMO	19,93	P-18
MINIMO	15,13	P-17
INOPERABLE	NP	,,,,,

ÍNDICE DE PLASTICIDAD		
NIVEL	%	POZOS
MAXIMO	7,94	P-12
MINIMO	3,48	P-7
INOPERABLE	NP	P-3,P-4,P-13,P-14,P-15,P-16,P-20

Tabla 21: Límites de Atterberg
Fuente: Elaboración propia

Plano de Variación de Límite Líquido



Fotografía 30: Límite líquido del Suelo.
Fuente: Elaboración propia

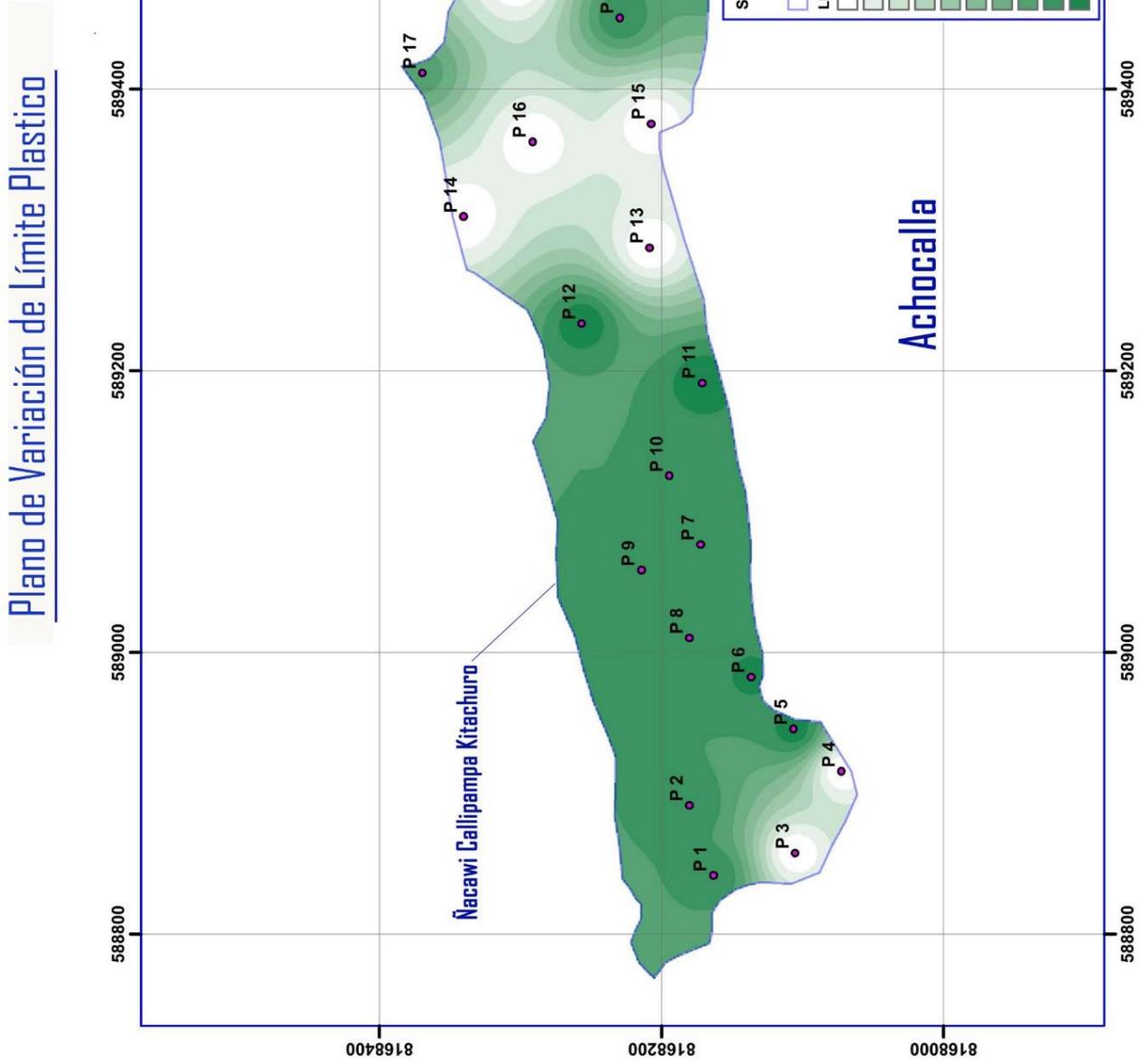


Figura 71: Límite Plástico del Suelo.

Fuente: Elaboración propia

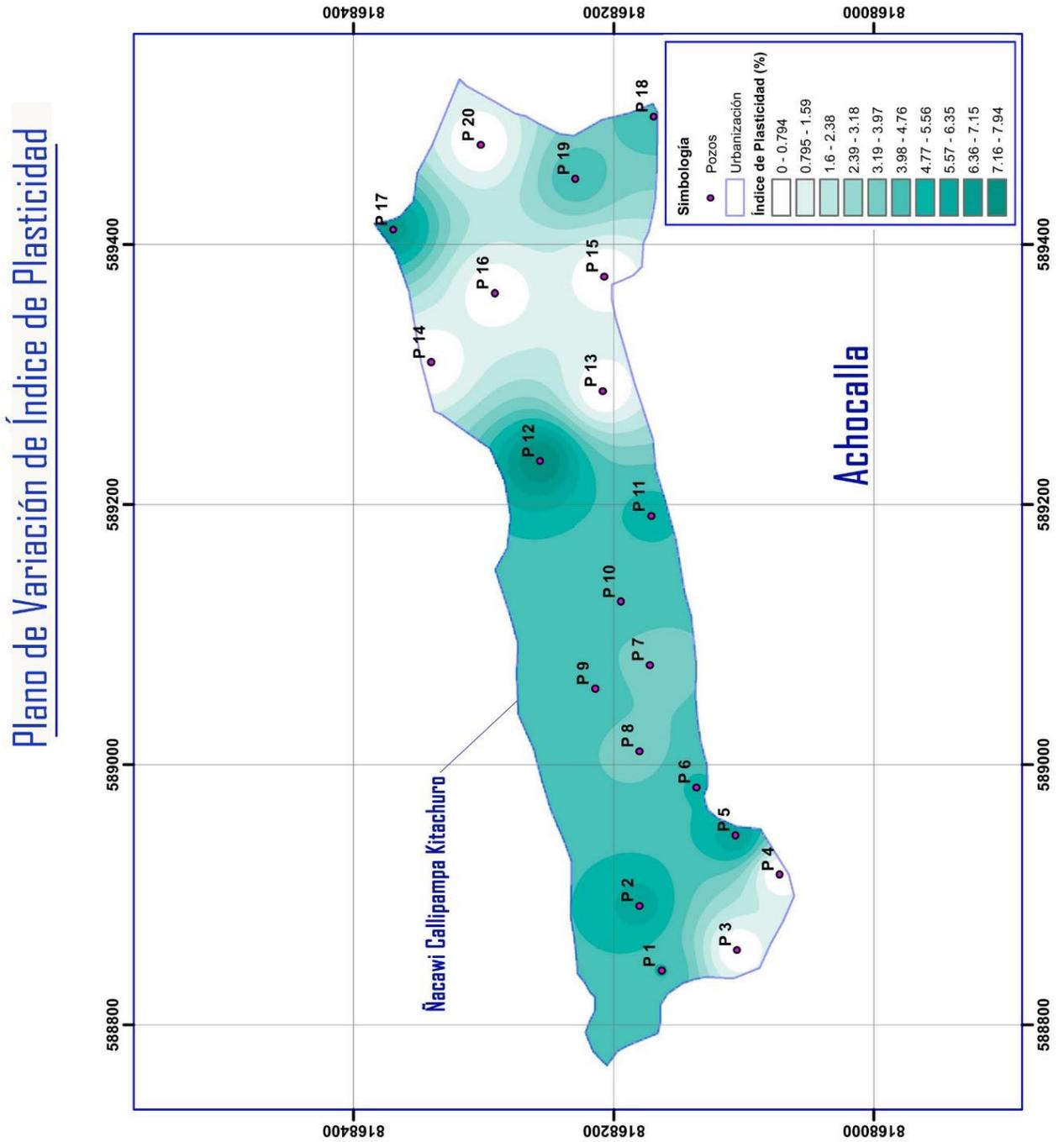


Figura 72: Índice de Plasticidad.

Fuente: Elaboración propia

4.2.4. CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN SUCS.

Con los resultados del análisis granulométrico y los Límites de Atterberg, se procede a clasificar los suelos por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos obteniendo los siguientes resultados:

POZO N°	PROF. (m)	SUCS	
		CLASIFICACION	DESCRIPCION
P-1	2,00	SM-SC	Arena limosa arcillosa
P-2	2,00	GW-GC	Grava bien graduada con arcilla
P-3	2,00	SM	Arena limosa
P-4	2,00	ML	Limo de baja plasticidad
P-5	2,00	CL-ML	Arcilla limosa
P-6	2,00	SM-SC	Arena limosa arcillosa
P-7	2,00	SM	Arena limosa
P-8	2,00	SM	Arena limosa
P-9	2,00	SM-SC	Arena limosa arcillosa
P-10	2,00	SM-SC	Arena limosa arcillosa
P-11	2,00	SM-SC	Arena limosa arcillosa
P-12	2,00	CL	Arcilla de baja plasticidad
P-13	2,00	SM	Arena limosa
P-14	2,00	SM	Arena limosa
P-15	2,00	SW-SM	Arena bien graduada con limo
P-16	2,00	SM	Arena limosa
P-17	2,00	SM-SC	Arena limosa arcillosa
P-18	2,00	SM-SC	Arena limosa arcillosa
P-19	2,00	SM-SC	Arena limosa arcillosa
P-20	2,00	SM	Arena limosa

*Tabla 22: Clasificación de suelo según SUCS
Fuente: Elaboración propia*

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

Considerando los parámetros obtenidos de cada pozo, se realiza la zonificación geotécnica de la Zona: Ñacawi Callipampa Kitachuro del Municipio de Achocalla, esto nos permite obtener un mapa de clasificación según el tipo de suelo, además de otros datos geotécnicos.

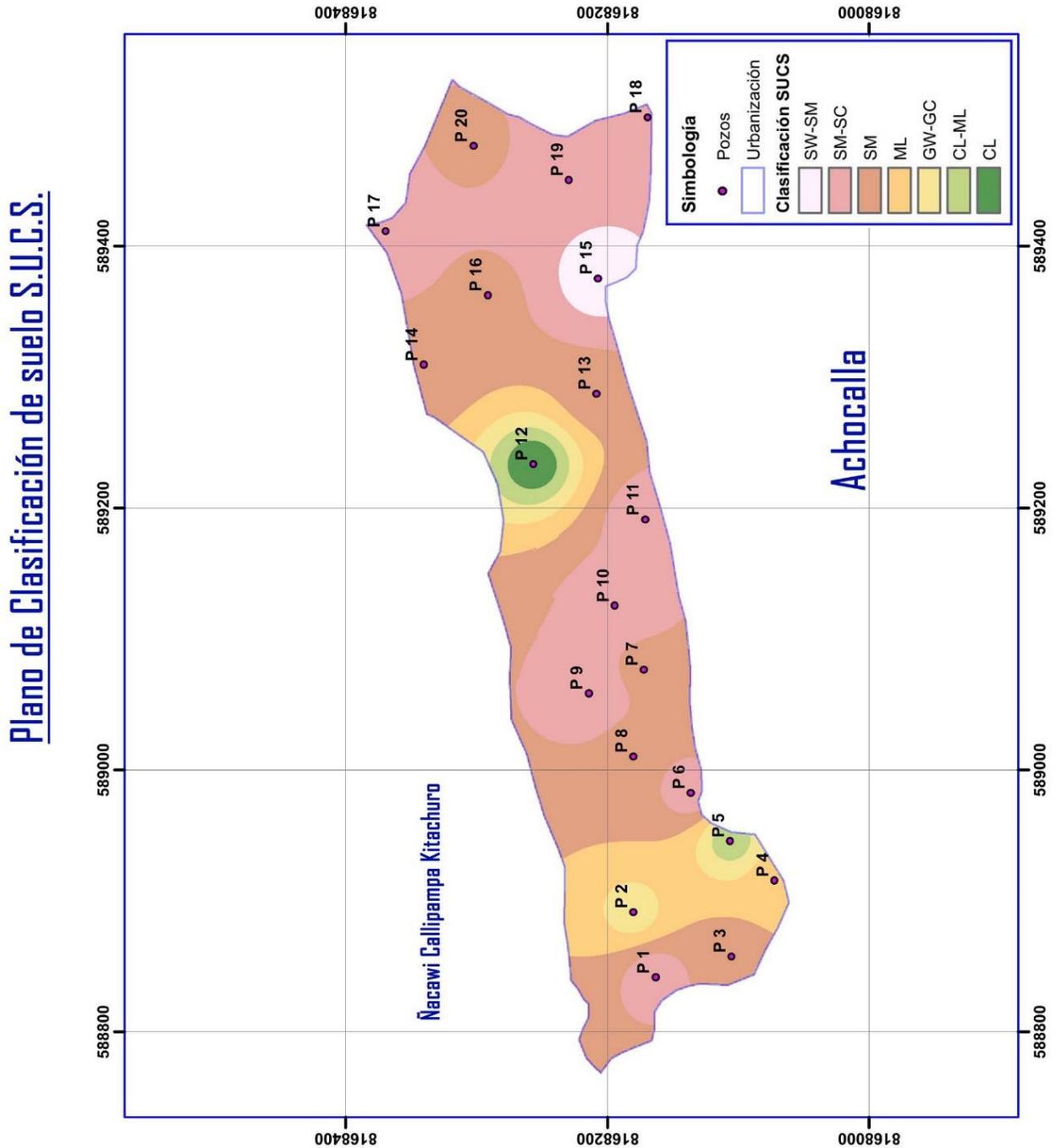


Figura 73: Mapa de Clasificación de Suelo SUCS.

Fuente: Elaboración propia

4.2.5. CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN SISTEMA A.A.S.H.T.O.

Juntamente con los resultados de los ensayos de Granulometría y Límites de Atterberg de cada calicata, se clasifico mediante el sistema AASHTO, mostrados en la siguiente tabla.

POZO N°	PROF. (m)	AASHTO	
		CLASIFICACION	DESCRIPCION
P-1	2,00	A-1-b (0)	Fragmentos de roca, piedra, grava y arena
P-2	2,00	A-1-a (0)	Fragmentos de roca, piedra, grava y arena
P-3	2,00	A-2-4 (0)	Gravas y arenas limosas
P-4	2,00	A-4 (0)	Suelos limosos
P-5	2,00	A-4 (1)	Suelos limosos
P-6	2,00	A-4 (0)	Suelos limosos
P-7	2,00	A-2-4 (0)	Gravas y arenas limosas
P-8	2,00	A-2-4 (0)	Gravas y arenas limosas
P-9	2,00	A-4 (0)	Suelos limosos
P-10	2,00	A-4 (0)	Suelos limosos
P-11	2,00	A-4 (0)	Suelos limosos
P-12	2,00	A-4 (2)	Suelos limosos
P-13	2,00	A-2-4 (0)	Gravas y arenas limosas
P-14	2,00	A-2-4 (0)	Gravas y arenas limosas
P-15	2,00	A-1-b (0)	Fragmentos de roca, piedra, grava y arena
P-16	2,00	A-1-b (0)	Fragmentos de roca, piedra, grava y arena
P-17	2,00	A-4 (0)	Suelos limosos
P-18	2,00	A-4 (0)	Suelos limosos
P-19	2,00	A-4 (0)	Suelos limosos
P-20	2,00	A-4 (0)	Suelos limosos

*Tabla 23: Clasificación de Suelo según AASHTO.
Fuente: Elaboración propia*

Plano de Clasificación de suelo AASHTO

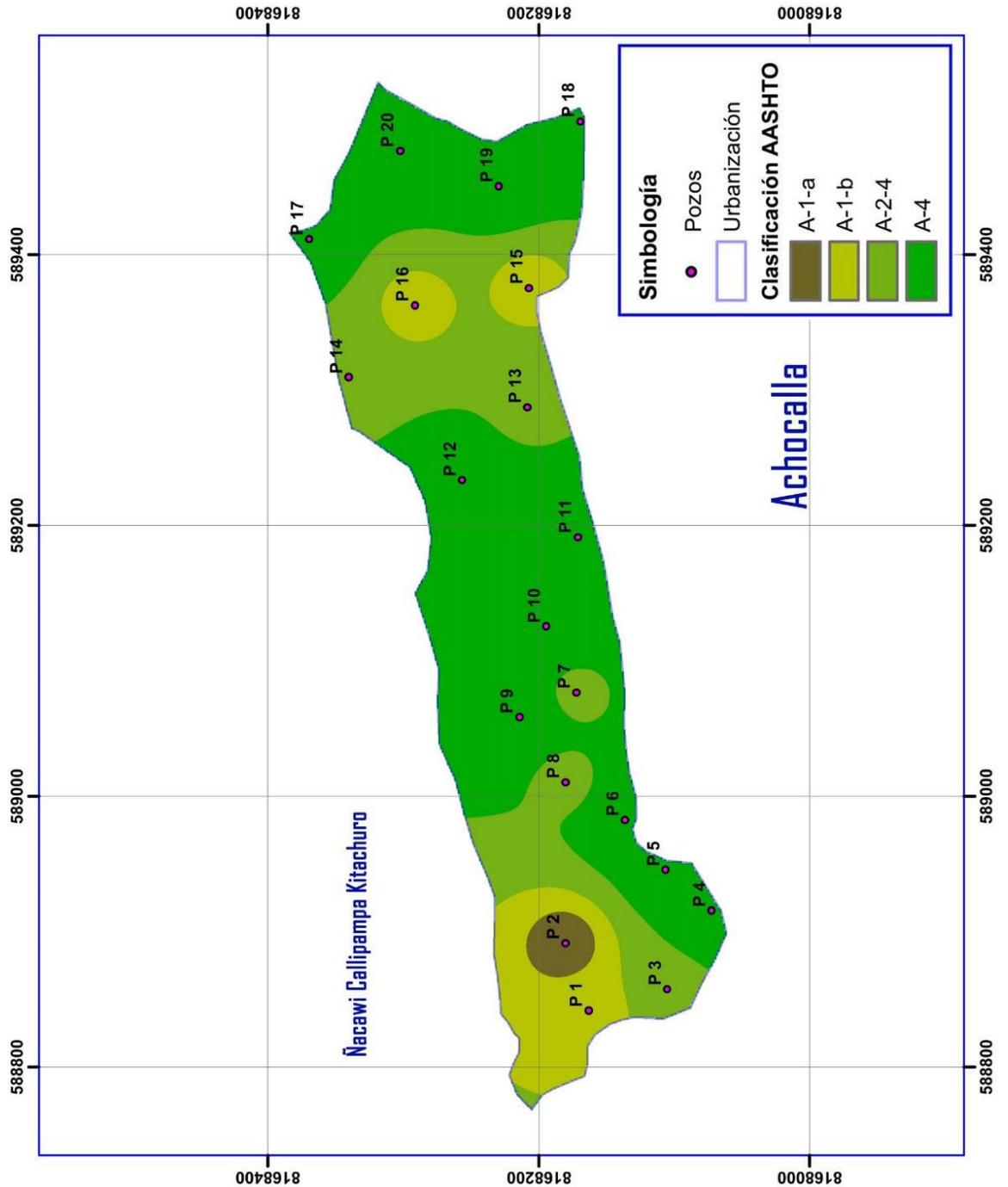


Figura 74: Mapa de Clasificación de Suelo AASHTO.

Fuente: Elaboración propia

4.2.6. CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO

Al observar los resultados registrados en campo con el ensayo de SPT y el número de golpes registrados se puede dar cuenta a una simple apreciación que el terreno de la urbanización presentaba una buena resistencia, los valores de este número de golpes dio valores entre 5 y 23 golpes con punta.

Al realizar el cálculo mediante los monogramas mostrados en capítulos anteriores pudimos determinar la tabla siguiente.

POZO N°	PROF. (m)	N° Golpes	Tensión Admisible	
			Tensión Admisible (Kg/cm ²)	Tensión Admisible (MPa)
P-1	2,00	10	0,90	0,09
P-2	2,00	12	1,10	0,11
P-3	2,00	23	1,30	0,13
P-4	2,00	15	0,85	0,09
P-5	2,00	11	0,75	0,08
P-6	2,00	10	0,70	0,07
P-7	2,00	16	1,08	0,11
P-8	2,00	14	0,95	0,10
P-9	2,00	6	0,38	0,04
P-10	2,00	10	0,70	0,07
P-11	2,00	8	0,55	0,06
P-12	2,00	5	0,30	0,03
P-13	2,00	5	0,38	0,04
P-14	2,00	6	0,50	0,05
P-15	2,00	8	0,75	0,08
P-16	2,00	9	0,80	0,08
P-17	2,00	5	0,38	0,04
P-18	2,00	7	0,45	0,05
P-19	2,00	8	0,55	0,06
P-20	2,00	9	0,65	0,07

Tensión Admisible			
NIVEL	(Kg/cm ²)	(MPa)	POZOS
MAXIMO	1,300	0,130	P-3
MINIMO	0,300	0,030	P-12

*Tabla 24: Capacidad portante del Suelo
Fuente: Elaboración propia*

Plano de Variación de Capacidad Portante del Suelo

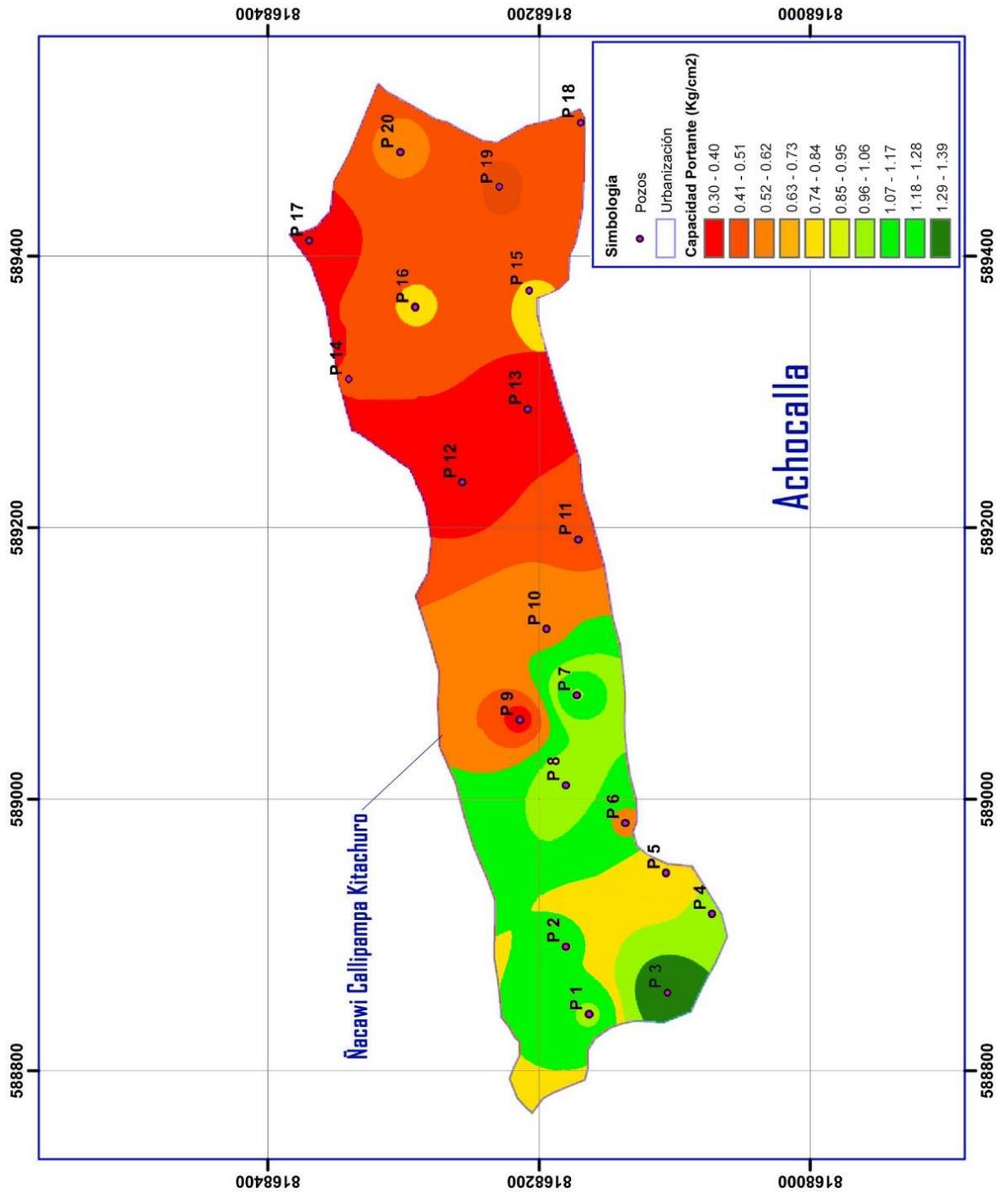


Figura 75: Mapa de Capacidad Portante del Suelo

Fuente: Elaboración propia

4.2.7. PESO ESPECÍFICO

Plano de Variación de Peso Específico

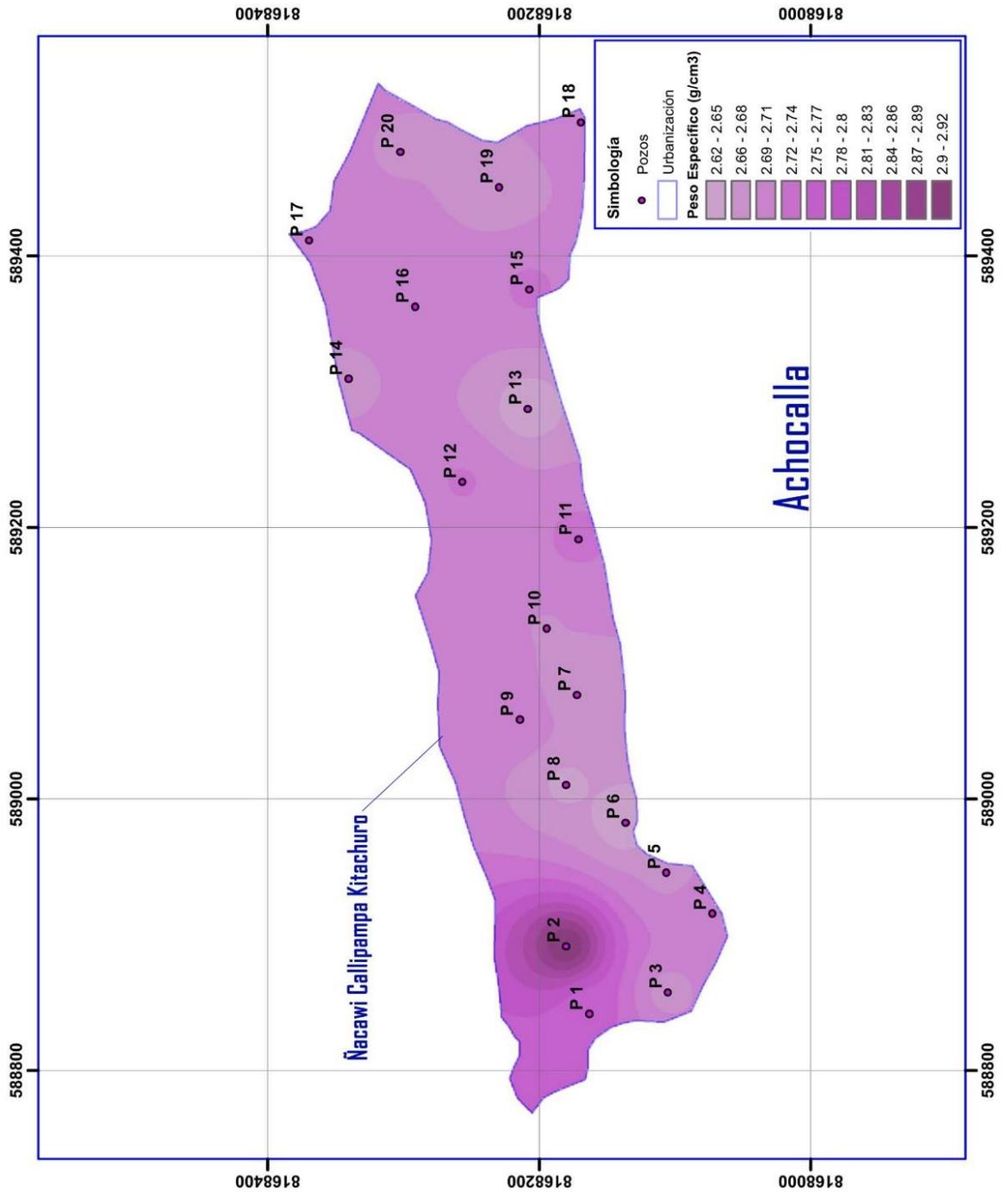


Figura 76: Mapa de Peso Específico.

Fuente: Elaboración propia

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

La siguiente tabla nos muestra el peso específico de los suelos prospectados, estos varían con la ubicación de los pozos, el valor máximo es de 2,92 [g/cm³] y un valor mínimo de 2,62 [g/cm³] correspondiente a los pozos 18 y 3 respectivamente.

POZO N°	PROF. (m)	Peso Específico Gs
P-1	2,00	2,75
P-2	2,00	2,92
P-3	2,00	2,67
P-4	2,00	2,70
P-5	2,00	2,67
P-6	2,00	2,62
P-7	2,00	2,66
P-8	2,00	2,64
P-9	2,00	2,70
P-10	2,00	2,68
P-11	2,00	2,72
P-12	2,00	2,71
P-13	2,00	2,63
P-14	2,00	2,67
P-15	2,00	2,71
P-16	2,00	2,70
P-17	2,00	2,70
P-18	2,00	2,70
P-19	2,00	2,66
P-20	2,00	2,68

PESO ESPECIFICO		
NIVEL	[g/cm ³]	POZOS
MAXIMO	2,92	P-18
MINIMO	2,62	P-3

*Tabla 25: Peso Específico.
Fuente: Elaboración propia*

4.2.8. DENSIDAD DE TROZOS INALTERADOS

A continuación, se presenta la tabla de resultados de peso específico, la realización del ensayo de trozos inalterados y otras características obtenidas en el mismo ensayo.

Datos de Calicatas			Clasificación	Características Físicas del Suelo				
Zona	Calicata	Profundidad	Unificada	Densidad del suelo húmedo, Dh	Densidad del suelo seco, Ds	Peso Específico Gs	Saturación, S	Porosidad, n
	Nº	(m)	Sigla					
1	P-15	2,00	SW-SM	2,23	2,13	2,71	44,83	0,22
	P-1	2,00	SM-SC	2,22	2,06	2,75	63,56	0,25
2	P-6	2,00	SM-SC	1,82	1,61	2,62	55,30	0,39
	P-9	2,00	SM-SC	2,09	1,95	2,70	51,66	0,28
	P-10	2,00	SM-SC	2,13	1,98	2,68	56,43	0,26
	P-11	2,00	SM-SC	2,18	2,00	2,72	65,59	0,26
	P-17	2,00	SM-SC	2,11	1,81	2,70	78,27	0,31
	P-18	2,00	SM-SC	2,22	2,01	2,70	79,56	0,25
	P-19	2,00	SM-SC	2,07	1,83	2,66	70,34	0,30
	P-3	2,00	SM	2,04	1,81	2,67	72,41	0,32
3	P-7	2,00	SM	1,98	1,91	2,66	24,52	0,28
	P-8	2,00	SM	1,96	1,90	2,64	20,71	0,28
	P-13	2,00	SM	2,07	1,82	2,63	69,07	0,29
	P-14	2,00	SM	2,08	1,88	2,67	68,61	0,30
	P-16	2,00	SM	2,10	1,97	2,70	47,61	0,27
	P-20	2,00	SM	2,06	1,76	2,68	79,86	0,33
	P-4	2,00	ML	2,07	1,83	2,70	74,19	0,32
4	P-4	2,00	ML	2,07	1,83	2,70	74,19	0,32
5	P-2	2,00	GW-GC	2,19	2,01	2,92	57,37	0,31
6	P-5	2,00	CL-ML	1,94	1,72	2,67	63,30	0,36
7	P-12	2,00	CL	2,23	1,98	2,71	69,35	0,24

Tabla 26: Densidad de Trozos Inalterados.
Fuente: Elaboración propia

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

En la tabla del acápite anterior podemos observar valores de otras características físico – mecánicas del suelo que fueron obtenidas en el ensayo de trozos inalterados, las más relevantes en cualquier estudio geotécnico son: densidad del suelo húmedo, densidad del suelo seco, saturación y porosidad.

Zona	NIVEL	Clasificación Unificada	Densidad del suelo húmedo, Dh	Densidad del suelo seco, Ds	Peso Específico Gs	Saturación, S	Porosidad, n
		Sigla					
1	MAXIMO	SW-SM	2,23	2,13	2,75	44,83	0,22
	MINIMO		2,23	2,13	2,75	44,83	0,22
2	MAXIMO	SM-SC	2,22	2,06	2,75	79,56	0,31
	MINIMO		1,82	1,61	2,62	51,66	0,25
3	MAXIMO	SM	2,10	1,97	2,70	79,86	0,33
	MINIMO		1,96	1,76	2,63	20,71	0,27
4	MAXIMO	ML	2,07	1,83	2,70	74,19	0,32
	MINIMO		2,07	1,83	2,70	74,19	0,32
5	MAXIMO	GW-GC	2,19	2,01	2,70	57,37	0,31
	MINIMO		2,19	2,01	2,70	57,37	0,31
6	MAXIMO	CL-ML	1,94	1,72	2,66	63,30	0,36
	MINIMO		1,94	1,72	2,66	63,30	0,36
7	MAXIMO	CL	2,23	2,06	2,68	69,35	0,24
	MINIMO		2,23	2,06	2,68	69,35	0,24

*Tabla 27: Densidad Húmeda, Seco, Saturación y Porosidad
Fuente: Elaboración propia*

Plano de Variación de Densidad Húmeda

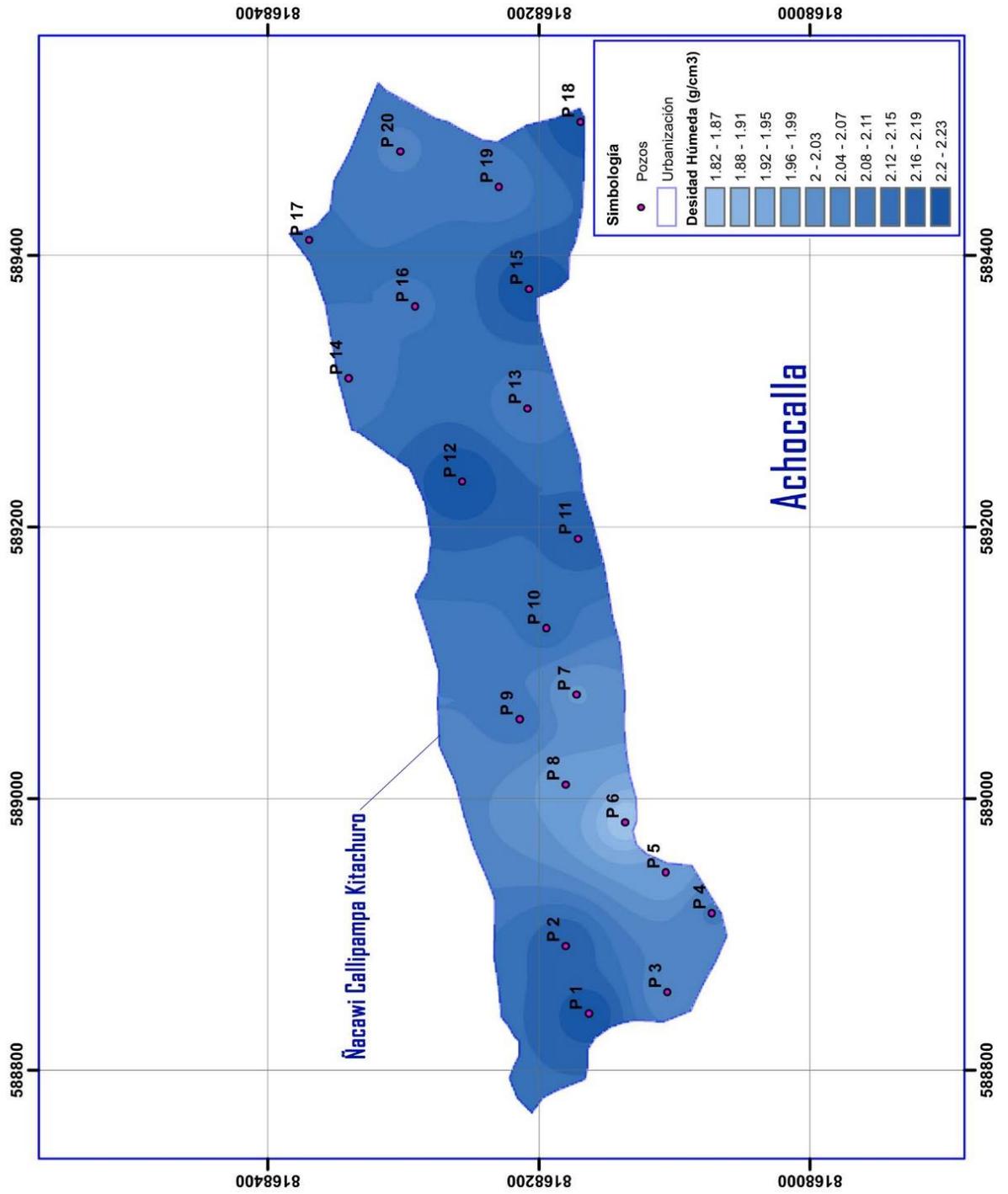


Figura 77: Mapa de Densidad Húmeda.

Fuente: Elaboración propia

Plano de Variación de Densidad Seca

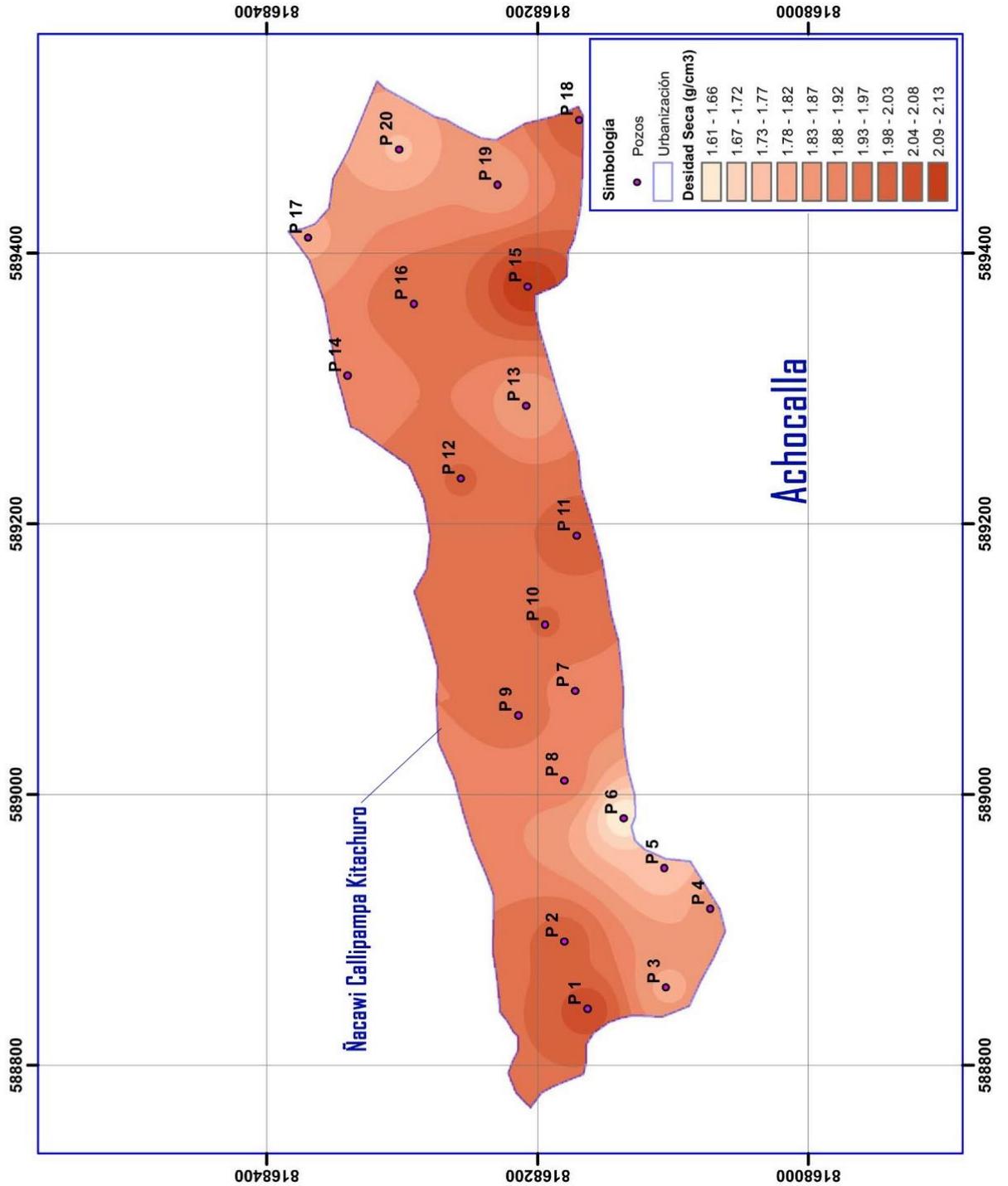


Figura 78: Mapa de densidad Seca.

Fuente: Elaboración propia

Plano de Variación de Saturación

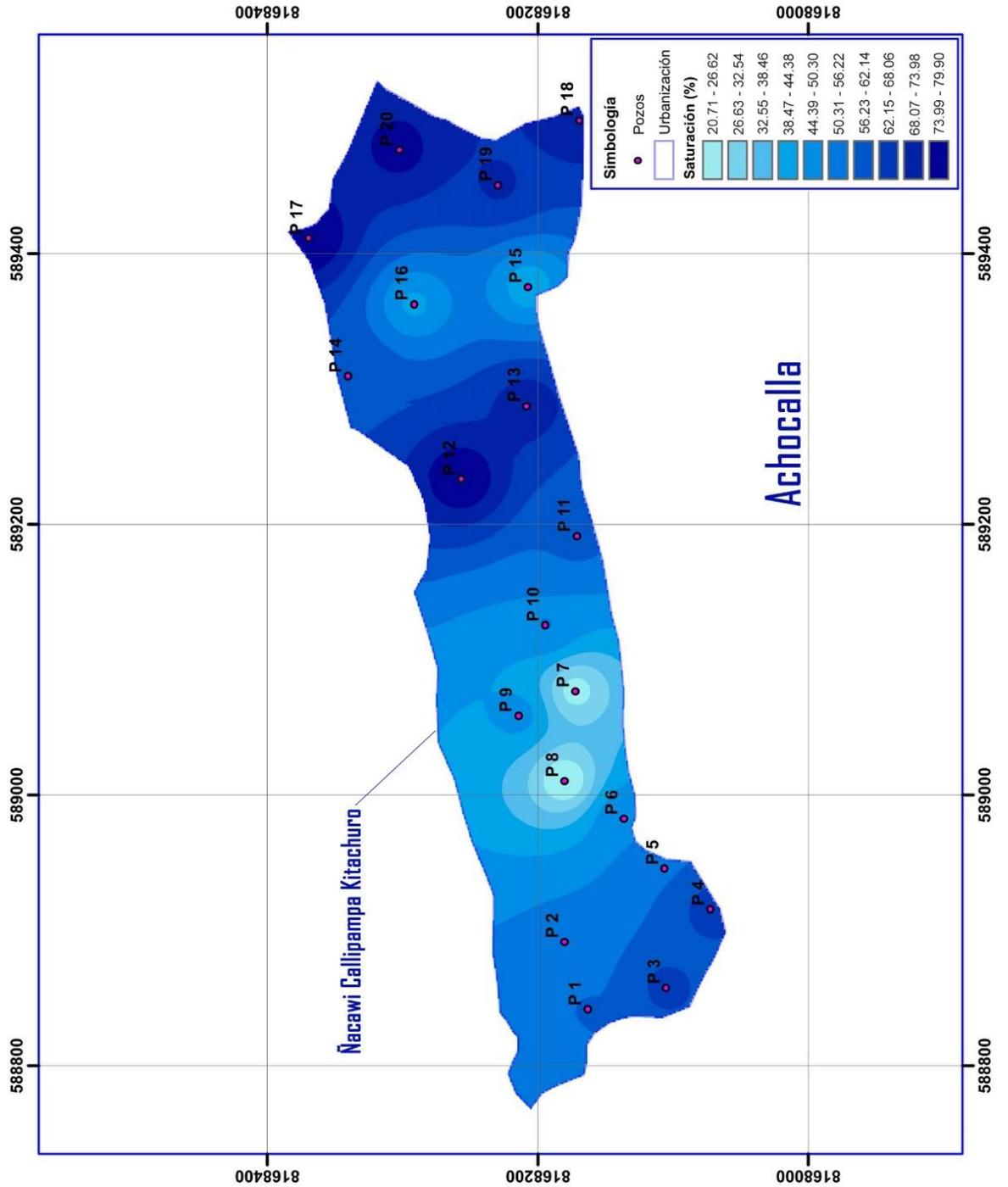


Figura 79: Mapa de Saturación del Suelo.

Fuente: Elaboración propia

Plano de Variación de Porosidad

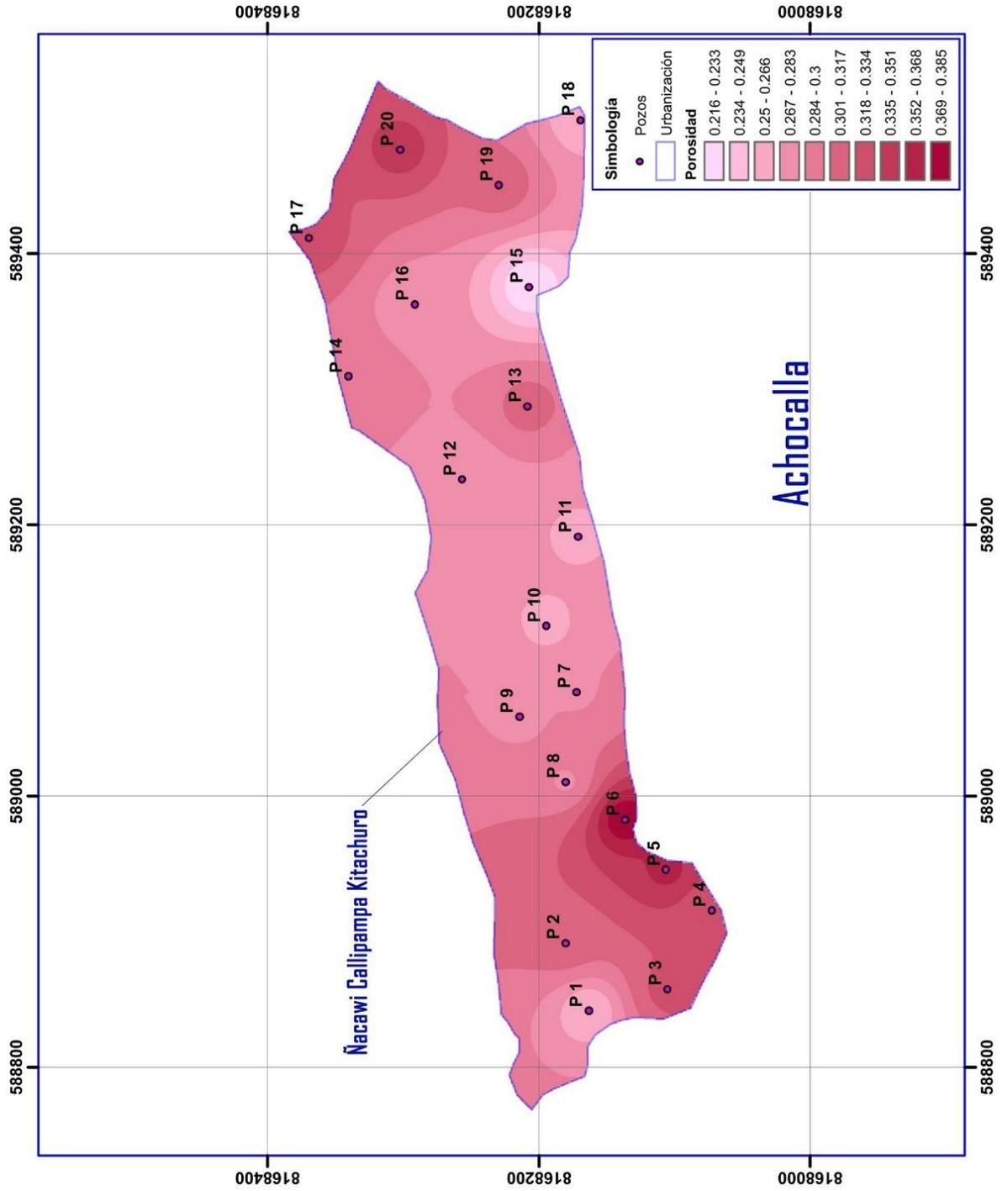


Figura 80: Mapa Porosidad de Suelo.

Fuente: Elaboración propia

4.2.9. ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA Y COHESIÓN

Esta magnitud, oscila entre los valores de 27,35° y 31,20°, corresponde a suelos arenosos y gravosos, tal como se determinó a través de los ensayos de granulometría y límites

DATOS DE CALICATAS			PARÁMETRO DE CORTE DEL SUELO
ZONA	CALICATA N°	Profundidad (m)	Ángulo de fricción Interna ϕ (°)
3	13	2,00	27,35
2	18	2,00	31,20

ANGULO DE FRICCIÓN		
NIVEL	(°)	POZOS
MAXIMO	31,200	18
MINIMO	27,350	13

*Tabla 28: Angulo de Fricción
Fuente: Elaboración propia*

DATOS DE CALICATAS			PARÁMETRO DE CORTE DEL SUELO
ZONA	CALICATA N°	Profundidad (m)	Cohesión C (Kg/cm2)
3	13	2,00	0,42
2	18	2,00	0,60

COHESION		
NIVEL	(Kg/cm2)	POZOS
MAXIMO	0,600	18
MINIMO	0,420	13

*Tabla 29: Cohesión del Suelo
Fuente: Elaboración propia*

4.2.10. COMPACTACIÓN Y C.B.R.

A continuación, se muestra la tabla resumen de los ensayos de compactación CBR realizados en las calicatas destinadas a vías, y en donde se realizó el diseño de espesores para el pavimento articulado propuesto.

Datos de Calicata		Clasificación				Compactación		CBR	
Calicata	Profundidad	Unificada		AASHTO		Humedad Óptima (%)	Densidad de suelo máx (g/cm ³)	CBR 100%	CBR 95%
N°	(m)	Sigla	Descripción	Sigla	Descripción			T180D (1")	T180D (1")
P-1	2,00	SM-SC	Arena limosa arcillosa	A-1-b (0)	Fragmentos de roca, piedra, grava y arena	5,4	2,299	15,40%	6,80%
P-7	2,00	SM	Arena limosa	A-2-4 (0)	Gravas y arenas limosas	5,15	2,231	5,50%	3,80%
P-17	2,00	SM-SC	Arena limosa arcillosa	A-4 (0)	Suelos limosos	6,5	2,239	3,10%	1,50%
P-18	2,00	SM-SC	Arena limosa arcillosa	A-4 (0)	Suelos limosos	6,5	2,218	2,90%	1,10%

*Tabla 30: Compactación y CBR
Fuente: Elaboración propia*

Datos de Calicata		Clasificación				Compactación	
Calicata	Profundidad	Unificada		AASHTO		Humedad Óptima (%)	Densidad de suelo máx (g/cm ³)
N°	(m)	Sigla	Descripción	Sigla	Descripción		
P-1	2,00	SM-SC	Arena limosa arcillosa	A-1-b (0)	Fragmentos de roca, piedra, grava y arena	5,4	2,299
P-7	2,00	SM	Arena limosa	A-2-4 (0)	Gravas y arenas limosas	5,15	2,231
P-17	2,00	SM-SC	Arena limosa arcillosa	A-4 (0)	Suelos limosos	6,5	2,239
P-18	2,00	SM-SC	Arena limosa arcillosa	A-4 (0)	Suelos limosos	6,5	2,218

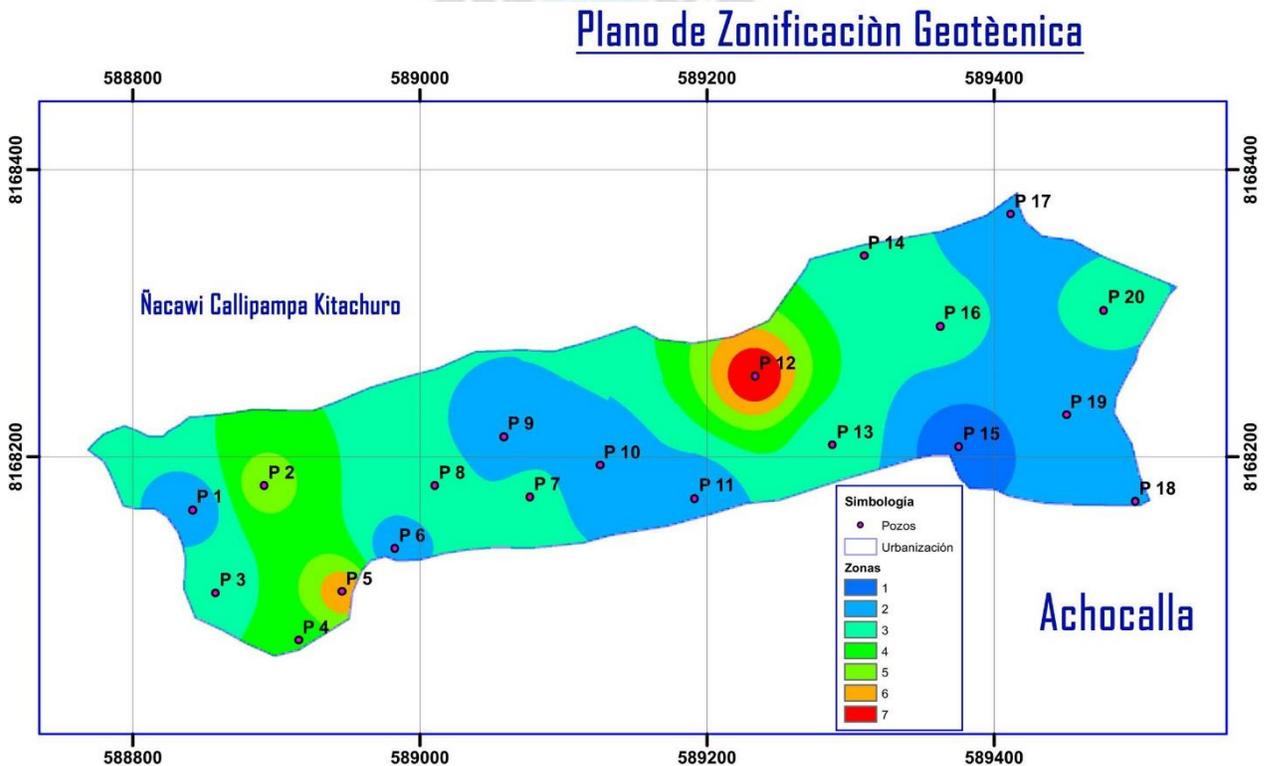
*Tabla 31: Humedad Óptima y Densidad Máxima
Fuente: Elaboración propia*

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

Al observar las 4 calicatas destinadas a vías, observamos presente 2 tipos de suelos según la clasificación unificada de suelos, estos dos son SM-SC correspondientes a Arena limosa arcillos y SM correspondientes a Arena limosa. El anexo correspondiente a mapa de clasificación AASHTO observamos que toda la urbanización se encuentra clasificada como A-1-b correspondiente a Fragmentos de roca, piedra, grava y arena; A-2-4 correspondiente a Gravas y arenas limosas; A-4 correspondiente a Suelos limosos.

4.3. DISTRIBUCIÓN POR ZONAS GEOTÉCNICAS

A continuación, presentamos gráficamente los resultados, la distribución de los resultados en la zona de estudio, esto nos ayudará a visualizar la variación de los resultados geográficamente.



Fuente: Elaboración propia

4.4. MAPEO GEOTÉCNICO

El mapa geotécnico elaborado está en función del tipo de suelo, esta caracterización nos permite realizar la zonificación geotécnica estableciendo la incidencia de los mismos en los lotes pertenecientes a la Urbanización.

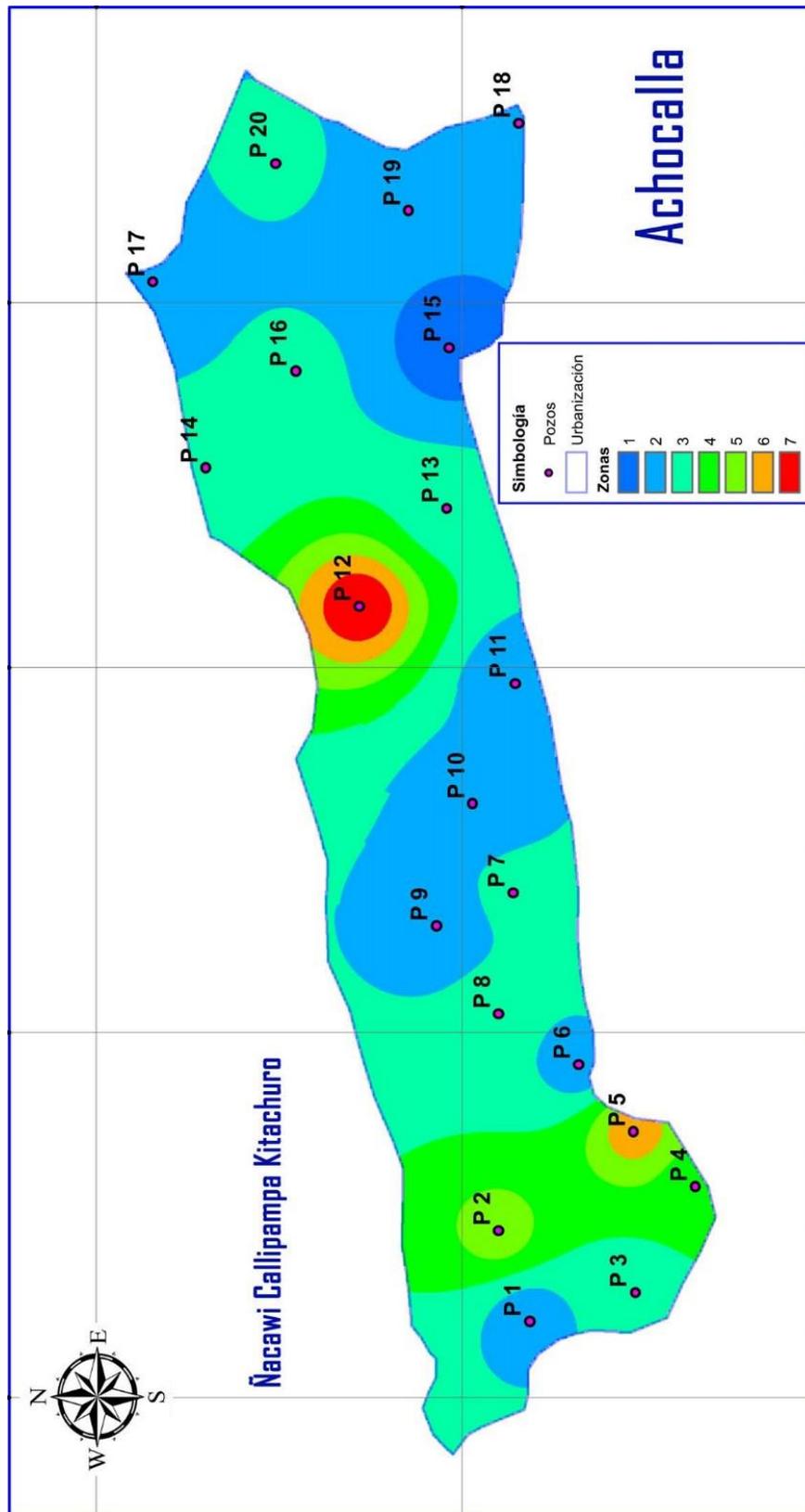


Figura 82: Mapa Geotécnico.

Fuente: Elaboración propia

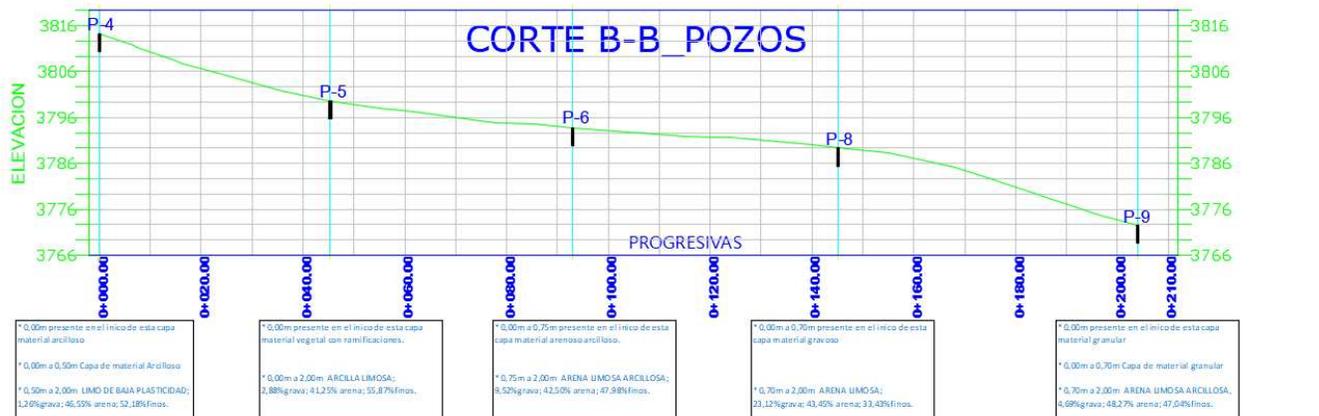
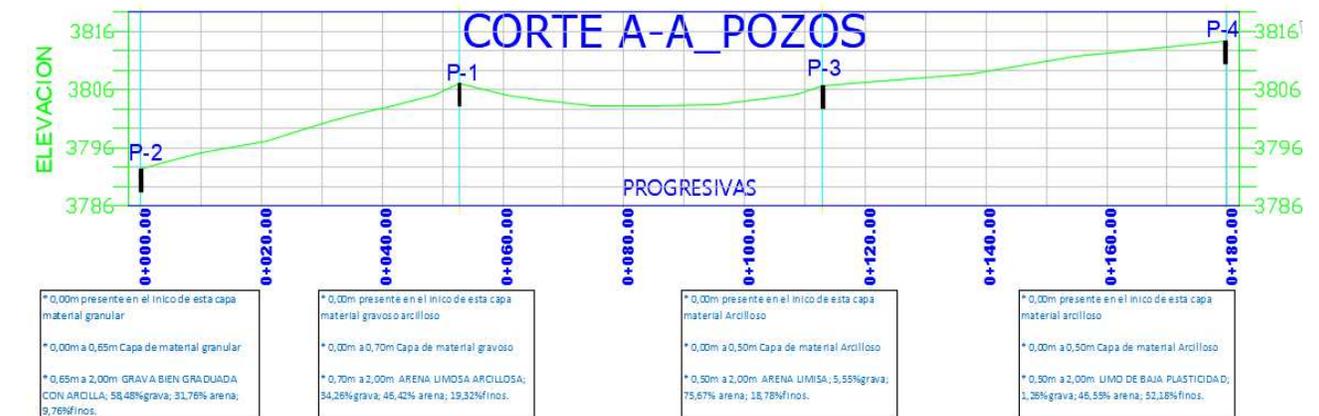
4.5. CORTES DE CORRELACIÓN

Obteniendo las curvas de nivel cada metro, se realizarán 6 cortes de correlación A-A, B-B, C-C, D-D, E-E y F-F respectivamente estos cortes se muestran a continuación:



Figura 83: Mapa de Cortes de Correlación.

Fuente: Elaboración propia



“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

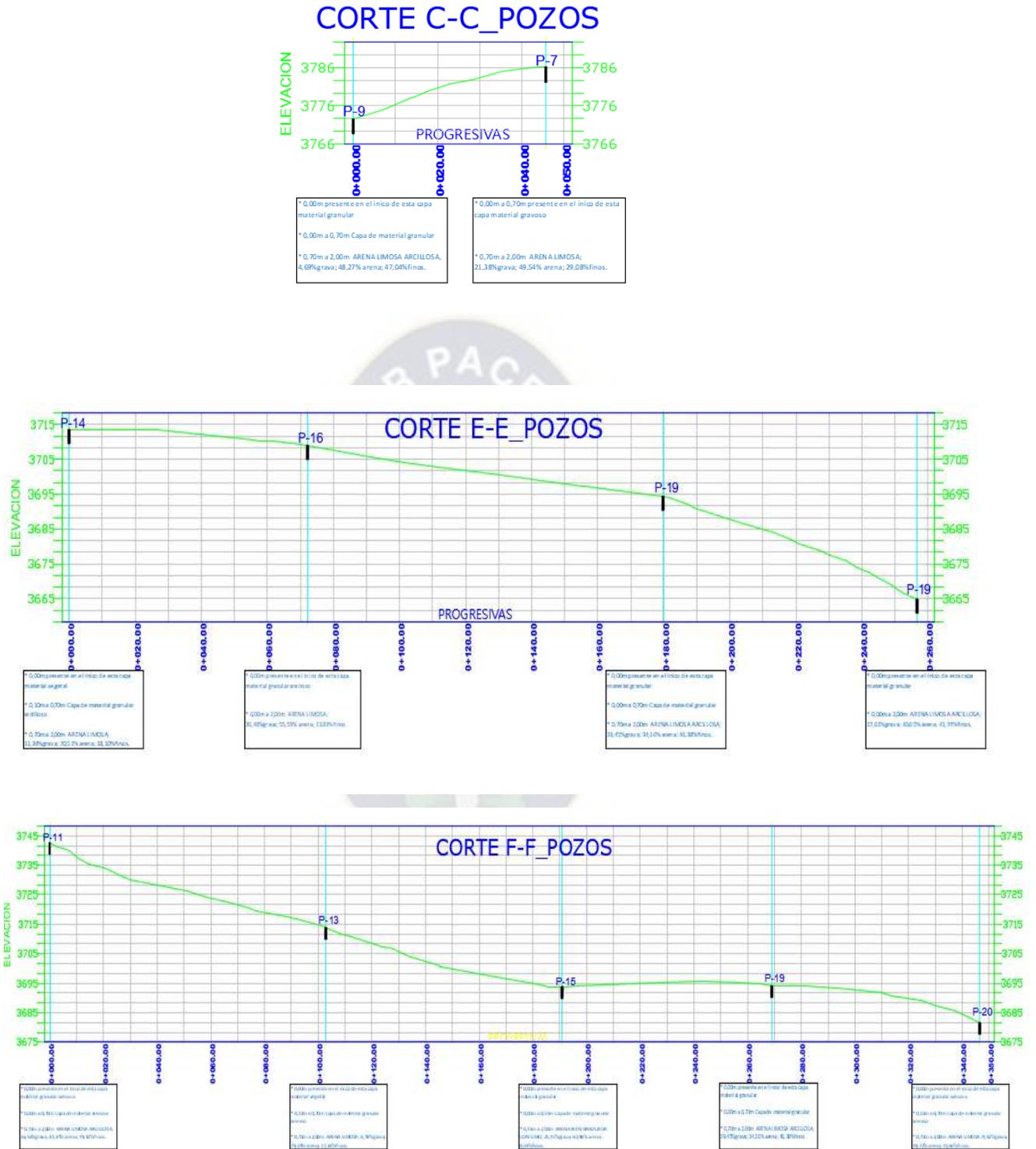


Figura 84: Perfiles de estratos en pozos.

Fuente: Elaboración propia

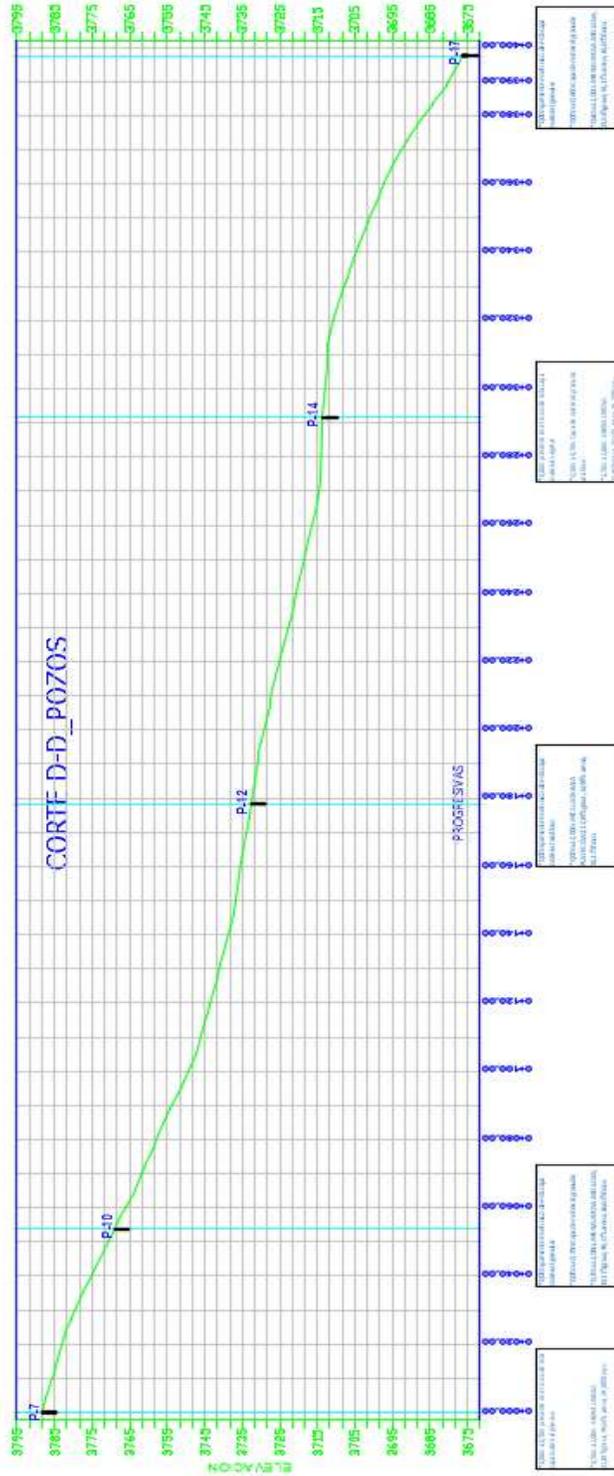


Figura 85: Perfil de estratos del Suelo.

Fuente: Elaboración propia

4.6. DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS DE RIESGO

4.6.1. PELIGROS NATURALES

No se evidenció peligros naturales en el Municipio, sin embargo, es importante tener en cuenta los peligros naturales más próximos a los que se encuentra expuesto el Municipio.

*Tabla 32: Fallas potencialmente activas de Bolivia
Fuente: Observatorio San Calixto*

Nombre de la Falla	Longitud km	Tipo de falla	Terremoto potencial Máximo
Achacachi	15	Normal	6.4
Huarina	15	Inversa	7.4
Cochabamba	31.8	Normal	6.8
Kenko	1.5	Normal	5.1
San Francisco	3	Normal	5.5
Quebrada Minasa	3.7	Normal	5.6
Tarija	43.5	Normal	7
Peñas	53.6	Normal	7.1
Llojeta	1	Normal	4.7
Escoma	26.6	Normal	6.7
Rio Beni	71.3	Normal	7.4
Ingavi	0.67	Normal	Mayor a 6,5 calculado con rechazo
Mandeyapecua	486	Inversa	8.1
Amachuma	40	Normal	7

De estas fallas, ninguna está presente dentro de la Zona: Ñacawi Callipampa Kitachuro.

4.6.2. PELIGROS PROVOCADOS

Las posibles modificaciones en la topografía, ya sea para habilitar nuevos lotes, apertura de calles y/o avenidas, de obras de alcantarillado, obras agua potable, servicio de gas, o áreas de equipamiento, provocan que el material que se excava se acumule en sectores no previstos para dicho cometido.

Sin embargo, en la Urbanización no se pudo evidenciar estos posibles peligros provocados, debido a que presenta una topografía regular, las calles y/o avenidas ya se encuentran demarcadas como se puede observar en los Anexos del presente proyecto.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- De acuerdo a observaciones y estudios realizados, así como el uso de material adicional complementario, la columna estratigráfica muestra que la Zona: Ñacawi Callipampa Kitachuro, presenta preponderantemente el tipo de depósito, esto es:
 - **Q_{fg}** Depósitos Fluvio Glacial (gravas arenas y arcillas)
- La topografía de la Zona: Ñacawi Callipampa Kitachuro, es regular, presentando sectores horizontales en la totalidad, esta se encuentra comprendido entre las cotas 3664 y 3814 m.s.n.m., presenta cubierta superficial de capa vegetal, salvo en pequeños lugares, estos habitualmente se emplean para la siembra de pequeñas hortalizas.
- En el terreno se evidencia también la presencia de una cubierta en la superficie de capa vegetal que oscila entre los 10 cm de espesor, en toda la urbanización, los mismos que no tendrán influencia cuando se tenga que construir alguna otra civil, en ciertos lugares de la urbanización.
- En función a la Clasificación Unificada de Suelos (S.U.C.S.), se ha determinado la presencia de materiales preponderantemente arena limosa arcillosa, en arena limoso y/o arcilloso, los tipos de suelos encontrados son:
 - CL** (Arcilla baja plasticidad) en un pozo.
 - CL-ML** (Arcilla limosa) en un pozo.
 - GW-GC** (Grava bien graduada con arcilla) en un pozo.
 - ML** (Limo de baja plasticidad) en un pozo.
 - SM** (Arena limosa) en siete pozos.
 - SM-SC** (Arena limosa arcillosa) en ocho pozos.

SW-SM (Arena bien graduada con limo) en un pozo.

Las características básicas de los suelos, luego de realizar una prospección a cielo abierto, realizando ensayos en situ y en laboratorio, pueden resumirse en los siguientes aspectos:

- No existe presencia de nivel freático a una profundidad aproximada de 2 [m] a partir del nivel de la rasante, sin embargo se pudo apreciar una notoria humedad mayor a los demás pozos, pero no lo suficiente para asegurar que el nivel freático se encontraba cercano al nivel excavado. El nivel alcanzado fue por medio de una retroexcavadora empleada con carácter previo a los ensayos in situ.
- El contenido de humedad a la profundidad de 2,00 [m] de los suelos prospectados está comprendido en el rango de 14.68 % a 3.06 %
- De acuerdo a los resultados de los ensayos granulométricos, de manera general y hasta la profundidades prospectadas, el suelo esta constituido por los siguientes intervalos de materiales:

Grava: 1.26 % a 58.48 %, Arena: 31.76 % a 79.29 % y Finos: 8.59 % a 55.87 %

- En el ensayo de plasticidad, se puede establecer que los materiales del subsuelo en la urbanización, están aglomerados mediante una matrix y/o arcilloso, cuyo índice de plasticidad esta incluido en el rango de NP (No Plastico) a 7.94 %, en cuanto a los limites liquido (LL) están en el rango del 18.74 % a 27.52 %, lo que indica que se trata de un suelo con finos de baja plasticidad.
- Considerando los ensayos en situ (S.P.T.), y las magnitudes determinadas para la capacidad portante de los pozos prospectados, se puede indicar que el suelo presenta tensiones admisibles variables, en general se pueden catalogar como irregulares. Un 25% del área total de estudio es regular, de 0.177 a 0.230 [Kg/cm²] y un 75% varia de 0.176 a 0.050 [Kg/cm²]. La tensión admisible de manera general varia en un rango de 0.3[Kg/cm²] a 1.30[Kg/cm²].
- El peso específico relativo está en un rango de 2.920 [g/cm³], a 2.620 [g/cm³], estos valores corresponden a suelos Arena limosa/Arena Limosa Arcillosa.

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

- Se ha obtenido una densidad del suelo húmedo en el rango de 1.82 a 2.23 (g/cm³), así mismo la densidad del suelo seco está en un rango 1.61 a 2.13 (g/cm³) estos valores indican que el suelo a la profundidad de 2.00 m en la Zona Ñacawi Callipampa Kitachuro en un suelo cuya densidad puede catalogarse como medio.
- La saturación en función al anterior rango de humedades, está comprendida en el intervalo de 20.71 % a 79.86 %.
- Los ángulos de fricción interna varían de 31.2° a 27.35°, el suelo en su gran mayoría es Arena limosa/Arena Limosa Arcillosa., este tipo de suelo es menos propenso a tener adherencia, en general son estables y El coeficiente de Cohesión varían de 0.42 a 0.60 (kg/cm³),
- Zona: Ñacawi Callipampa Kitachuro, presenta 7 zonas Geotécnicas que se clasificaron teniendo como base la Clasificación Unificada en correspondencia a los tipos de suelos presentes en el lugar.
- La zonificación propuesta no es definitiva y necesariamente debe complementarse con estudios posteriores, recomendando a las autoridades correspondientes, seguimientos y actualizaciones.
- Dado que se realizó el ensayo de compactación en 4 puntos específicos para caminos, y se obtuvo valores de Densidad seca máxima, los cuales varían de 2.218 a 2.299 (g/cm³) con su respectiva humedad óptima que varía de 5.4 % a 6.5 %, se puede indicar que en esos puntos existe poca variación de tales parámetros y se pueden catalogar como aceptable.
- Para el ensayo de CBR realizado en 4 puntos específicos para caminos, se obtuvo valores de expansión que varía de 2.63% a 9.64% esto indica que la expansión media y podría ser un material no apto para la construcción de caminos, dependiendo de otros valores calculado posteriormente.
- Para el mismo ensayo de CBR realizado en 4 puntos específicos para caminos, se obtuvo valores de CBR al 100% 2.9 % a 15.4 %, al 97% varían entre 1.6 % a 9.4 % y en correspondencia los valores de CBR al 95%, varían 1.1 % a 6.8% quedando demostrado

que el material de ensayo no es apto para la ejecución de vías y se puede catalogar como “regular-bueno” y “muy malo”.

CBR	Clasificación Cualitativa del suelo	Uso
0 - 5	Muy mala	Sub-rasante
5 - 10	Mala	Sub-rasante
10 - 20	Regular - Buena	Sub-rasante
20 - 30	Muy buena	Sub-rasante
30 - 50	Buena	Sub-base
50 - 80	Buena	Base
80 - 100	Muy buena	Base

- El estudio geotécnico y zonificación de la Zona: Ñacawi Callipampa Kitachuro, permitirá hacer un uso de los suelos que debe planearse, replantearse y reglamentarse, ayudando a la planificación del crecimiento urbano, en el diseño y construcción de calles, pavimentado de avenidas, alcantarillado sanitario y pluvial, así mismo a la construcción de viviendas de interés social, pensando en la protección de la vida de los pobladores y de las inversiones actuales y futuras.
- El presente proyecto es una aproximación a las condiciones geológico-geotécnicas de la zona de estudio en ninguna circunstancia podrá ser tomado como estudio geotécnico definitivo, por tal razón los resultados obtenidos pueden servir como orientación y no reemplazarán a estudios definitivos.
- La correcta realización de la metodología seguida es esencial para evitar posibles problemas que puedan surgir en el futuro, como la incompatibilidad entre el diseño y el terreno o el incumplimiento de las normativas vigentes o que puedan existir más adelante. Además, el levantamiento topográfico adquiere una importancia indiscutible justo antes de que se inicie cualquier obra civil.

5.2. RECOMENDACIONES

De acuerdo al análisis de los resultados del presente proyecto de grado, se sugiere tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Destacar que este tipo de estudio, generalmente se lleva a cabo antes de la realización del proyecto de cualquier edificación. Sus objetivos principales son determinar el tipo de cimentación necesaria, el nivel de apoyo, el modo de excavación en el terreno, la

contención de las paredes y la búsqueda de soluciones a posibles problemas surgidos, entre otros.

- Tener en cuenta en todo momento que, una zonificación geotécnica no se hace con el fin de no realizar estudios de suelos, lo que se busca con el presente proyecto es conocer el tipo de análisis geotécnico que se debe efectuar.
- Considerando las características geotécnicas, geológicas e hidrogeológicas del subsuelo del área de estudio, se sugiere adoptar como cota de fundación mínima de 2 [m] a 2.5 [m] de profundidad, con el respectivo cuidado de realizar ensayos de verificación de las cimentaciones por capacidad de carga, para tener una mayor seguridad.
- Para la construcción de edificaciones de mayor importancia se recomienda realizar el estudio geotécnico particular en función a la envergadura de la construcción, para garantizar la seguridad de la estructura.
- Hacer uso del mapa de tensiones admisibles generado en el este proyecto, tomando estos valores como referencia, pues estos deben someterse a una serie de controles y verificaciones posteriores a dicho estudio.
- Adoptar como tipología básica de cimentación en función del tipo de edificación y de las cargas transmitidas al suelo alguna(s) de las siguientes: a) fundación directa tipo zapata aislada, b) fundación directa tipo zapata aislada con vigas de arriostre ortogonales.
- Para fines constructivos y de estabilidad se recomienda descartar cimientos aislados con dimensiones menores a 1 [m], según normativa.
- Considerar la existencia de franjas de seguridad (retiros) en los trabajos de corte, de manera de proteger y dar seguridad a las construcciones colindantes. Además, incluir adecuados sistemas de drenaje que desemboquen en una zanja de drenaje, con la finalidad de captar los flujos de agua y evitar su circulación por el subsuelo del predio.
- Debido a que el material predominante es Arena limosa/Arena Limosa Arcillosa, para poder prever problemas de asentamiento, el proyectista puede hacer uso de los métodos empíricos para estimar asentamientos en suelos Arenos/limosa, mucho de los cuales toman como variable el número de golpes “N” del ensayo de S.P.T., entre ellos mencionamos a manera de referencia los propuestos por: Terzagui – Peck, Burland y Burbridge, etc.

- Prever la mitigación del riesgo por asentamientos diferenciales, provocadas por las aguas de lluvias que llegan al subsuelo, en lo posible recolectar estas aguas mediante la implantación del alcantarillado pluvial y emplazarlas junto al sistema de alcantarillado sanitario.
- No deberá descuidarse el buen mantenimiento de las redes de agua potable y alcantarillado de los sistemas de drenaje de las aguas superficiales, por lo que en la urbanización se dedican más al cultivo, a fin de evitar la saturación del suelo de fundación.
- Para caminos, si se desea utilizar el material del mismo suelo, se recomienda reemplazar por otro de acuerdo a las especificaciones del mismo, ya sea en la construcción y mantenimiento.
- Las áreas destinadas a la urbanización de equipamiento como plazas, Jardines y parques deberán incluir sistema adecuado de intercepción y drenajes de las aguas de riego.
- El presente documento puede ser utilizado por las autoridades locales del municipio de Achocalla como referencia, el mismo involucra un estudio a mayor detalle, y para una posterior planificación urbana.

BIBLIOGRAFÍA

- Crespo Villalaz Carlos, 2004, “Mecánica de suelos”, Ed Limusa
- Homero Pinto Caputo, 1988, “Mecánica dos solos”. Ed El Ateneo.
- Lambe, W., (1991), Mecánica de Suelos. Ed Limusa
- Juárez Badillo, Rico Rodríguez, 2005” Fundamentos de la Mecánica de suelos”, Tomo I. Ed Limusa
- Fernando M. Labad, 2004, Mecánica de Suelos Y Cimentaciones. Ed Limusa
- Gonzalo Duque Escobar – Carlos Escobar Potes, 2006, Mecánica De Suelos I. Ed Manizales
- Alfonso Rico – Hermilo del Castillo, 2001, La Ingeniería De Suelos, Volumen 1. Ed Limusa.
- Alfonso Rico – Hermilo del Castillo, 2001, La Ingeniería De Suelos, Volumen 2. Ed Limusa.
- Braja M. Das, 2001, Fundamentos de ingeniería geotécnica, Ed S.A de C.V.
- Braja M. Das, 2002, Principio de Ingeniería de cimentaciones, Ed S.A de C.V.
- Hugo Coral, 2011 Geotécnia I, Ed Limusa
- Orlando Mendieta P y José Ponce V. Geología y Geotecnia Aplicada A La Ingeniería Civil.
- Ensayos De Suelos Fundamentales Para La Construcción. Internacional Road Federation.
- Jacinto Meritano Arenas, 1979, Geología, Ed Nuevo Sol.
- Ramiah Chickanagappa, Mecánica de suelos e Ingeniería de fundaciones,
- Gregory Ptscheboturioff, 1958, Mecánica de suelos, Ed Aguilar
- K.Terzaghi y R.B. Peck. Ed. El Ateneo 1955, Mecánica de suelos en la ingeniera Práctica, Ed El Ateneo

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

- Jiménez Salazar, 1954, Mecánica de Suelos, Ed. Dossat,
- Norma de la Asociación Boliviana de Ingeniería Geotécnica (A.B.I.G.) del año 2007.
- Raúl Valle rodas, 1976, Carreteras, Calles y aeropistas, Ed El Ateneo
- Vallejo, ferrer, oteo, 2007, Ingeniería geológica. Ed Balkemma

ANEXO

A.1. PLANILLAS DE CALCULO DEL REPORTE GEOTECNICO

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

PROYECTO :
ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ

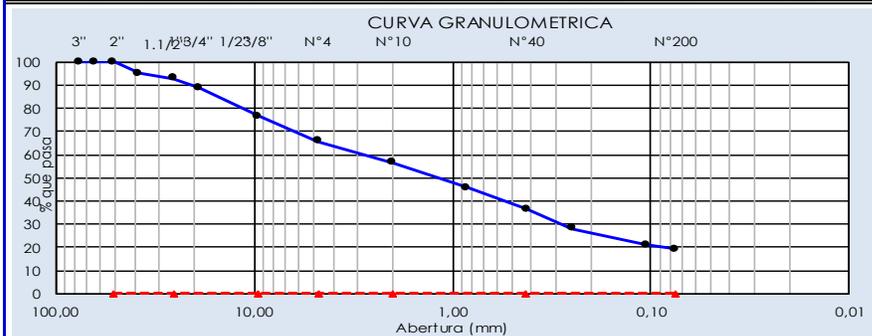
Procedencia (Km): Municipio de Achocalla	Registro: 01
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro	ID Muestra: M.-001
Material: SM-SC	Pozo N°: P-1
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)	Profundidad: -2.00 m

CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145

ANALISIS GRANULOMETRICO AASTHO T - 27 - 82			
HÚMEDAD	Natural	Higroscópica	PESO SECO DE LA MUESTRA TOTAL
Cápsula	25	44	Muestra total húmeda 9.300,20 gr
Suelo húmedo + Cápsula	1424,7	157,46	Agregado grueso (ret N°10) 4.025,68 gr
Suelo seco + Cápsula	1339,1	156,7	Pasa N° 10 húmedo 5.274,52 gr
Peso del agua	85,6	0,8	Pasa N° 10 seco 5.234,22 gr
Peso de la cápsula	214,0	57,46	Muestra total seca 9.259,90 gr
Peso del suelo seco	1125,1	99,2	Muestra < No 10 Húmeda 100,00 gr
Porciento de humedad	7,610	0,770	Muestra < N° 10 Seca 99,24 gr

GRANULOMETRIA FRACCION GRUESA					
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA DEL TOTAL
Pulgadas	mm		gr.	%	
3"	76,20	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,50	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,80	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,10	473,1	473,1	5,1	94,9
1"	25,40	177,2	650,3	7,0	93,0
3/4"	19,05	393,4	1043,7	11,3	88,7
3/8"	9,50	1121,7	2165,5	23,4	76,6
N° 4	4,75	1007,2	3172,7	34,3	65,7
N° 10	2,00	853,0	4025,7	43,5	56,5

GRANULOMETRIA FRACCION FINA						
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA MORTERO	% PASA TOTAL
Pulgadas	mm		gr.	%		
N° 10	2.000	0,00	0,00	0,00	100,00	56,53
N° 20	0,840	18,99	18,99	19,14	80,86	45,71
N° 40	0,420	16,36	35,35	35,62	64,38	36,39
N° 60	0,250	14,30	49,65	50,03	49,97	28,24
N° 140	0,105	12,86	62,51	62,99	37,01	20,92
N° 200	0,075	2,81	65,32	65,82	34,2	19,32

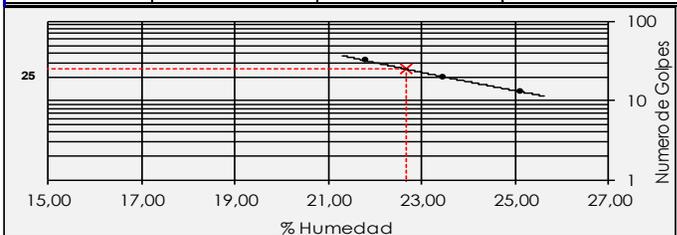


CARACTERISTICAS DE LA GRANULOMETRIA	
D ₆₀ =	2,77
D ₃₀ =	0,28
D ₁₀ =	0,03
CC=	1,05
CU=	102,76
GRAVA (%):	34,26
ARENA (%):	46,42
FINOS (%):	19,32
TOTAL (%):	100,00

LIMITES DE CONSISTENCIA AASTHO T-89, T-90 / CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145

Ensayado por: Mamani Mamani Rubén / Catacota Quisbert Raúl A. **Fecha de ensayo:** 11-marzo-2019

LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO			
Cápsula No	42x	10	14	Cápsula No	29	30
C + S + A (g)	41,89	37,91	47,96	C + S + A (g)	32,00	34,94
C + S (g)	36,69	33,18	41,09	C + S (g)	29,04	31,58
Agua (g)	5,20	4,73	6,87	Agua (g)	2,96	3,36
Cápsula (g)	12,83	13,01	13,73	Cápsula (g)	12,40	12,84
Suelo (g)	23,86	20,17	27,36	Suelo (g)	16,64	18,74
Humedad %	21,79	23,45	25,11	Humedad %	17,79	17,93
No de Golpes	32	20	13	Limite Plastico (%)	17,86	



RESULTADOS EN (%)		OBSERV.
Limite liquido	22,65	
Limite plastico	17,86	
Indice plastico	4,79	
CLASIFICACION DE SUELO		
Norma	AASHTO	S.U.C.S.
Símbolo	A-1-b (0)	SM-SC
Descripcion:	arena limo arcillosa con grava	

OBSEVACIONES

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

PROYECTO :
ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ

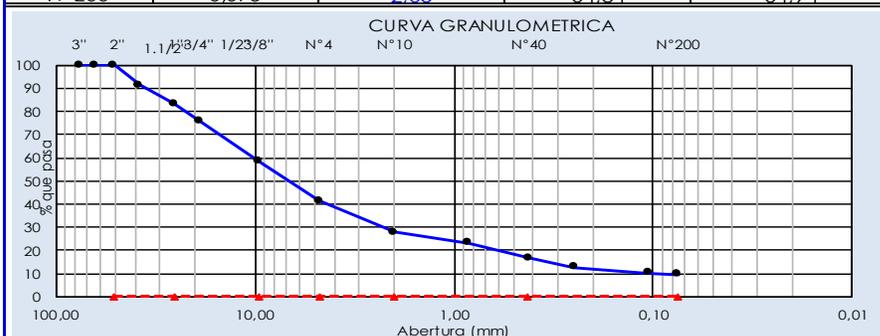
Procedencia (Km): Municipio de Achocalla	Registro: 02
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro	ID Muestra: M.-002
Material: GW-GC	Pozo N°: P-2
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)	Profundidad: -2,00 m

CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145

ANALISIS GRANULOMETRICO AASHTO T - 27 - 82			
HÚMEDAD	Natural	Higroscópica	PESO SECO DE LA MUESTRA TOTAL
Cápsula	35	17	Muestra total húmeda
Suelo húmedo + Cápsula	1595,6	160,54	Agregado grueso (ret N°10)
Suelo seco + Cápsula	1505,0	160,4	Pasa N° 10 húmedo
Peso del agua	90,6	0,2	Pasa N° 10 seco
Peso de la cápsula	220,0	60,54	Muestra total seca
Peso del suelo seco	1285,0	99,9	Muestra < No 10 Húmeda
Porcentaje de humedad	7,050	0,150	Muestra < N°10 Seca

GRANULOMETRIA FRACCION GRUESA					
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA DEL TOTAL
Pulgadas	mm		gr.	%	
3"	76,20	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,50	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,80	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,10	607,3	607,3	8,8	91,2
1"	25,40	544,3	1151,7	16,8	83,2
3/4"	19,05	495,2	1646,8	24,0	76,0
3/8"	9,50	1223,2	2870,0	41,8	58,2
N° 4	4,75	1148,6	4018,6	58,5	41,5
N° 10	2,00	940,5	4959,1	72,2	27,8

GRANULOMETRIA FRACCION FINA						
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA MORTERO	% PASA TOTAL
Pulgadas	mm		gr.	%		
N° 10	2,000	0,00	0,00	0,00	100,00	27,84
N° 20	0,840	16,57	16,57	16,59	83,41	23,22
N° 40	0,420	22,86	39,43	39,49	60,51	16,85
N° 60	0,250	14,43	53,86	53,94	46,06	12,82
N° 140	0,105	8,93	62,79	62,88	37,12	10,33
N° 200	0,075	2,05	64,84	64,94	35,1	9,76

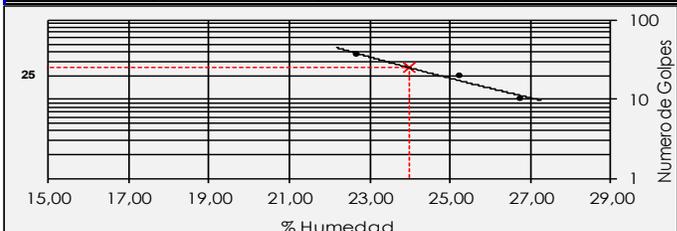


CARACTERISTICAS DE LA GRANULOMETRIA	
D ₆₀ =	10,18
D ₃₀ =	2,29
D ₁₀ =	0,09
CC=	5,98
CU=	117,88
GRAVA (%):	58,48
ARENA (%):	31,76
FINOS (%):	9,76
TOTAL (%):	100,00

LIMITES DE CONSISTENCIA AASHTO T-89, T-90 / CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145

Ensayado por: Mamani Mamani Rubén / Catacota Quisbert Raúl A. **Fecha de ensayo:** 11-marzo-2019

LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO			
Cápsula No	33	86	35	Cápsula No	25	32	
C + S + A (g)	51,66	45,45	40,90	C + S + A (g)	28,05	26,57	
C + S (g)	44,51	38,39	34,97	C + S (g)	25,67	24,46	
Agua (g)	7,15	7,06	5,93	Agua (g)	2,38	2,11	
Cápsula (g)	12,96	10,44	12,82	Cápsula (g)	12,53	12,62	
Suelo (g)	31,55	27,95	22,15	Suelo (g)	13,14	11,84	
Humedad %	22,66	25,26	26,77	Humedad %	18,11	17,82	
No de Golpes	36	20	10	Límite Plástico (%)	17,97		



RESUMEN		
RESULTADOS EN (%)		OBSERV.
Límite líquido	23,99	
Límite plástico	17,97	
Índice plástico	6,02	
CLASIFICACION DE SUELO		
Norma	AASHTO	S.U.C.S.
Símbolo	A-1-a (0)	GW-GC
Descripción:	grava bien graduada con arcilla y arena (o grava)	

OBSEVACIONES

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

PROYECTO : ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ						
Procedencia (Km): Municipio de Achocalla			Registro: 03			
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro			ID Muestra: M.-003			
Material: SM			Pozo N°: P-3			
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)			Profundidad: -2,00 m			
CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145						
ANALISIS GRANULOMETRICO AASHTO T - 27 - 82						
HÚMEDAD		Natural	Higroscópica	PESO SECO DE LA MUESTRA TOTAL		
Cápsula		33	36	Muestra total húmeda	5.667,96 gr	
Suelo húmedo + Cápsula	1.532,2	176,55		Agregado grueso (ret N°10)	793,40 gr	
Suelo seco + Cápsula	1.435,8	176,4		Pasa N° 10 húmedo	4.874,56 gr	
Peso del agua	96,4	0,1		Pasa N° 10 seco	4.869,20 gr	
Peso de la cápsula	218,7	76,55		Muestra total seca	5.662,60 gr	
Peso del suelo seco	1.217,1	99,9		Muestra < N° 10 Húmeda	100,00 gr	
Porcentaje de humedad	7,920	0,110		Muestra < N° 10 Seca	99,89 gr	
GRANULOMETRIA FRACCION GRUESA						
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA DEL TOTAL	
Pulgadas	mm		gr.	%		
3"	76,20	0,0	0,0	0,0	100,0	
2 1/2"	63,50	0,0	0,0	0,0	100,0	
2"	50,80	0,0	0,0	0,0	100,0	
1 1/2"	38,10	0,0	0,0	0,0	100,0	
1"	25,40	0,0	0,0	0,0	100,0	
3/4"	19,05	6,9	6,9	0,1	99,9	
3/8"	9,50	58,6	65,4	1,2	98,8	
N° 4	4,75	248,8	314,3	5,5	94,5	
N° 10	2,00	479,1	793,4	14,0	86,0	
GRANULOMETRIA FRACCION FINA						
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA MORTERO	% PASA TOTAL
Pulgadas	mm		gr.	%		
N° 10	2,000	0,00	0,00	0,00	100,00	85,99
N° 20	0,840	10,77	10,77	10,78	89,22	76,72
N° 40	0,420	21,80	32,57	32,61	67,39	57,95
N° 60	0,250	23,60	56,17	56,23	43,77	37,64
N° 140	0,105	18,04	74,21	74,29	25,71	22,11
N° 200	0,075	3,86	78,07	78,16	21,8	18,78
		CARACTERISTICAS DE LA GRANULOMETRIA				
		D ₆₀ =	0,45	D ₃₀ =	0,16	
		D ₁₀ =	0,03	CC=	2,11	
		CU=	16,28	GRAVA (%):	5,55	
				ARENA (%):	75,67	
				FINOS (%):	18,78	
				TOTAL (%):	100,00	
LIMITES DE CONSISTENCIA AASHTO T-89, T-90 / CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145						
Ensayado por: Mamani Mamani Rubén / Catacota Quisbert Raúl A.			Fecha de ensayo: 11-marzo-2019			
LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO			
Cápsula No	34	75	38A	Cápsula No	38A	32
C + S + A (g)	53,23	49,23	49,97	C + S + A (g)	NP	NP
C + S (g)	46,64	42,72	42,98	C + S (g)	NP	NP
Agua (g)	6,59	6,51	6,99	Agua (g)	13,50	12,65
Cápsula (g)	12,66	12,80	12,36	Cápsula (g)		
Suelo (g)	33,98	29,92	30,62	Suelo (g)		
Humedad %	19,39	21,76	22,83	Humedad %		
No de Golpes	32	18	12	Límite Plástico (%)	-	
		RESUMEN				
		RESULTADOS EN (%)		OBSERV.		
		Límite líquido	20,31			
		Límite plástico	-			
		Índice plástico	N.P.			
CLASIFICACION DE SUELO						
Norma	AASHTO	S.U.C.S.	SM			
Símbolo	A-2-4 (0)					
Descripción:	arena limosa					
OBSEVACIONES						

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

PROYECTO : ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ						
Procedencia (Km): Municipio de Achocalla			Registro: 04			
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro			ID Muestra: M.-004			
Material: ML			Pozo N°: P-4			
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)			Profundidad: -2,00 m			
CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145						
ANALISIS GRANULOMETRICO AASTHOT - 27 - 82						
HÚMEDAD		Natural	Higroscópica	PESO SECO DE LA MUESTRA TOTAL		
Cápsula		29	40	Muestra total húmeda	6.408,00 gr	
Suelo húmedo + Cápsula		1.584,4	173,64	Agregado grueso (ret N°10)	226,37 gr	
Suelo seco + Cápsula		1.452,7	173,4	Pasa N° 10 húmedo	6.181,63 gr	
Peso del agua		131,7	0,2	Pasa N° 10 seco	6.166,83 gr	
Peso de la cápsula		219,3	73,64	Muestra total seca	6.393,20 gr	
Peso del suelo seco		1.233,5	99,8	Muestra < No 10 Húmeda	100,00 gr	
Porcentaje de humedad		10,680	0,240	Muestra < N° 10 Seca	99,76 gr	
GRANULOMETRIA FRACCION GRUESA						
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA DEL TOTAL	
Pulgadas	mm		gr.	%		
3"	76,20	0,0	0,0	0,0	100,0	
2 1/2"	63,50	0,0	0,0	0,0	100,0	
2"	50,80	0,0	0,0	0,0	100,0	
1 1/2"	38,10	0,0	0,0	0,0	100,0	
1"	25,40	0,0	0,0	0,0	100,0	
3/4"	19,05	0,0	0,0	0,0	100,0	
3/8"	9,50	17,5	17,5	0,3	99,7	
N° 4	4,75	63,1	80,7	1,3	98,7	
N° 10	2,00	145,7	226,4	3,5	96,5	
GRANULOMETRIA FRACCION FINA						
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA MORTERO	% PASA TOTAL
Pulgadas	mm		gr.	%		
N° 10	2,000	0,00	0,00	0,00	100,00	96,46
N° 20	0,840	5,41	5,41	5,42	94,58	91,23
N° 40	0,420	8,58	13,99	14,02	85,98	82,93
N° 60	0,250	10,50	24,49	24,55	75,45	72,78
N° 140	0,105	16,11	40,60	40,70	59,30	57,20
N° 200	0,075	5,19	45,79	45,90	54,1	52,18
CARACTERISTICAS DE LA GRANULOMETRIA						
D ₆₀ =	0,12					
D ₃₀ =	0,03					
D ₁₀ =	0,01					
CC=	0,56					
CU=	9,08					
GRAVA (%)=	1,26					
ARENA (%)=	46,55					
FINOS (%)=	52,18					
TOTAL (%)=	100,00					
LIMITES DE CONSISTENCIA AASTHO T-89, T-90 / CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145						
Ensayado por: Mamani Mamani Rubén / Catacota Quisbert Raúl A.			Fecha de ensayo: 11-marzo-2019			
LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO			
Cápsula No	43	55	42	Cápsula No	60	41
C + S + A (g)	50,88	46,21	42,43	C + S + A (g)	NP	NP
C + S (g)	44,98	40,99	37,82	C + S (g)	NP	NP
Agua (g)	5,90	5,22	4,61	Agua (g)	18,21	18,43
Cápsula (g)	17,71	18,40	18,05	Cápsula (g)	-	-
Suelo (g)	27,27	22,59	19,77	Suelo (g)	-	-
Humedad %	21,64	23,11	23,32	Humedad %	-	-
No de Golpes	30	16	12	Límite Plástico (%)	-	-
			RESUMEN RESULTADOS EN (%) Limite liquido: 22,01 Limite plastico: - Indice plastico: N.P.			
CLASIFICACION DE SUELO						
Norma	AASHTO	S.U.C.S.				
Símbolo	A-4 (0)	ML				
Descripción:	limo arenosa					
OBSEVACIONES						

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

PROYECTO : ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ						
Procedencia (Km): Municipio de Achocalla			Registro: 05			
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro			ID Muestra: M.-005			
Material: CL-ML			Pozo N°: P-5			
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)			Profundidad: -2,00 m			
CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145						
ANALISIS GRANULOMETRICO AASTHO T - 27 - 82						
HÚMEDAD		Natural	Higroscópica	PESO SECO DE LA MUESTRA TOTAL		
Cápsula		20	11	Muestra total húmeda	5.811,65 gr	
Suelo húmedo + Cápsula	1188,4	161,70		Agregado grueso (ret N°10)	255,14 gr	
Suelo seco + Cápsula	1092,3	160,8		Pasa N° 10 húmedo	5.556,51 gr	
Peso del agua	96,1	0,9		Pasa N° 10 seco	5.504,77 gr	
Peso de la cápsula	202,2	61,70		Muestra total seca	5.759,91 gr	
Peso del suelo seco	890,1	99,1		Muestra < No 10 Húmeda	100,00 gr	
Porcentaje de humedad	10,800	0,940		Muestra < N°10 Secca	99,07 gr	
GRANULOMETRIA FRACCION GRUESA						
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA DEL TOTAL	
Pulgadas	mm		gr.	%		
3"	76,20	0,0	0,0	0,0	-	
2 1/2"	63,50	0,0	0,0	0,0	-	
2"	50,80	0,0	0,0	0,0	-	
1 1/2"	38,10	0,0	0,0	0,0	-	
1"	25,40	0,0	0,0	0,0	-	
3/4"	19,05	36,0	36,0	0,6	-	
3/8"	9,50	62,2	98,2	1,7	-	
N° 4	4,75	67,4	165,6	2,9	-	
N° 10	2,00	89,5	255,1	4,4	-	
GRANULOMETRIA FRACCION FINA						
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA MORTERO	% PASA TOTAL
Pulgadas	mm		gr.	%		
N° 10	2,000	0,00	0,00	0,00	95,57	-
N° 20	0,840	3,25	3,25	3,28	96,72	92,44
N° 40	0,420	6,46	9,71	9,80	90,20	86,20
N° 60	0,250	11,13	20,84	21,04	78,96	75,47
N° 140	0,105	15,78	36,62	36,96	63,04	60,24
N° 200	0,075	4,53	41,15	41,54	58,5	55,87
					GRAVA (%)	2,88
					ARENA (%)	41,25
					FINOS (%)	55,87
					TOTAL (%)	100,00
CURVA GRANULOMETRICA						
CARACTERISTICAS DE LA GRANULOMETRIA						
D ₆₀ = 0,10						
D ₃₀ = 0,03						
D ₁₀ = 0,01						
CC= 0,58						
CU= 7,83						
LIMITES DE CONSISTENCIA AASTHO T-89, T-90 / CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145						
Ensayado por: Mamani Mamani Rubén / Catacota Quisbert Raúl A.			Fecha de ensayo: 11-marzo-2019			
LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO			
Cápsula No	8	38	4	Cápsula No	36X	27
C + S + A (g)	40,29	39,98	40,04	C + S + A (g)	32,26	33,88
C + S (g)	34,79	34,52	34,06	C + S (g)	29,07	30,83
Agua (g)	5,50	5,46	5,98	Agua (g)	3,19	3,05
Cápsula (g)	12,65	13,50	12,79	Cápsula (g)	12,67	14,90
Suelo (g)	22,14	21,02	21,27	Suelo (g)	16,4	15,93
Humedad %	24,84	25,98	28,11	Humedad %	19,45	19,15
No de Golpes	39	19	9	Limite Plastico (%)	19,30	
			RESUMEN			
			RESULTADOS EN (%)		OBSERV.	
			Limite liquido	25,64		
			Limite plastico	19,30		
			Indice plastico	6,34		
CLASIFICACION DE SUELO						
Norma		AASHTO		S.U.C.S.		
Simbolo		A-4 (1)		CL-ML		
Descripcion:		arcilla limo arenosa				
OBSEVACIONES						

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

PROYECTO : ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ														
Procedencia (Km): Municipio de Achocalla			Registro: 06											
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro			ID Muestra: M.-006											
Material: SM-SC			Pozo N°: P-6											
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)			Profundidad: -2,00 m											
CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145														
ANALISIS GRANULOMETRICO AASHTO T - 27 - 82														
HÚMEDAD		Natural	Higroscópica	PESO SECO DE LA MUESTRA TOTAL										
Cápsula		19	3	Muestra total húmeda	4.810,28 gr									
Suelo húmedo + Cápsula	1507,7	169,46		Agregado grueso (ret N°10)	640,63 gr									
Suelo seco + Cápsula	1414,1	169,4		Pasa N° 10 húmedo	4.169,65 gr									
Peso del agua	93,6	0,1		Pasa N° 10 seco	4.167,57 gr									
Peso de la cápsula	216,5	69,46		Muestra total seca	4.808,20 gr									
Peso del suelo seco	1197,6	100,0		Muestra < No 10 Húmeda	100,00 gr									
Porcentaje de humedad	7,820	0,050		Muestra < N°10 Seca	99,95 gr									
GRANULOMETRIA FRACCION GRUESA														
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA DEL TOTAL									
Pulgadas	mm		gr.	%										
3"	76,20	0,0	0,0	0,0	100,0									
2 1/2"	63,50	0,0	0,0	0,0	100,0									
2"	50,80	0,0	0,0	0,0	100,0									
1 1/2"	38,10	0,0	0,0	0,0	100,0									
1"	25,40	0,0	0,0	0,0	100,0									
3/4"	19,05	119,1	119,1	2,5	97,5									
3/8"	9,50	169,2	288,4	6,0	94,0									
N° 4	4,75	169,3	457,6	9,5	90,5									
N° 10	2,00	183,0	640,6	13,3	86,7									
GRANULOMETRIA FRACCION FINA														
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA MORTERO	% PASA TOTAL								
Pulgadas	mm		gr.	%										
N° 10	2,000	0,00	0,00	0,00	100,00	86,68								
N° 20	0,840	4,99	4,99	4,99	95,01	82,35								
N° 40	0,420	8,56	13,55	13,56	86,44	74,93								
N° 60	0,250	11,27	24,82	24,83	75,17	65,15								
N° 140	0,105	14,84	39,66	39,68	60,32	52,28								
N° 200	0,075	4,96	44,62	44,64	55,4	47,98								
			CARACTERISTICAS DE LA GRANULOMETRIA D ₆₀ = 0,18 D ₃₀ = 0,03 D ₁₀ = 0,01 C _C = 0,46 C _U = 12,62 GRAVA (%): 9,52 ARENA (%): 47,98 FINOS (%): 47,98 TOTAL (%): 100,00											
LIMITES DE CONSISTENCIA AASHTO T-89, T-90 / CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145														
Ensayado por: Mamani Mamani Rubén / Catacota Quisbert Raúl A.			Fecha de ensayo: 11-marzo-2019											
LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO											
Cápsula No	85	2	39K	Cápsula No	77	74								
C + S + A (g)	42,35	50,79	50,48	C + S + A (g)	32,98	30,15								
C + S (g)	36,74	43,58	43,16	C + S (g)	29,51	27,45								
Agua (g)	5,61	7,21	7,32	Agua (g)	3,47	2,70								
Cápsula (g)	12,45	12,84	12,34	Cápsula (g)	11,12	12,54								
Suelo (g)	24,29	30,74	30,82	Suelo (g)	18,39	14,91								
Humedad %	23,10	23,45	23,75	Humedad %	18,87	18,11								
No de Golpes	38	19	14	Límite Plástico (%)	18,49									
			RESUMEN RESULTADOS EN (%) Límite líquido: 23,34 Límite plástico: 18,49 Índice plástico: 4,85 CLASIFICACION DE SUELO <table border="1"> <tr> <td>Norma</td> <td>AASHTO</td> <td>S.U.C.S.</td> </tr> <tr> <td>Símbolo</td> <td>A-4 (0)</td> <td>SM-SC</td> </tr> <tr> <td>Descripción:</td> <td colspan="2">arena limo arcillosa</td> </tr> </table>			Norma	AASHTO	S.U.C.S.	Símbolo	A-4 (0)	SM-SC	Descripción:	arena limo arcillosa	
Norma	AASHTO	S.U.C.S.												
Símbolo	A-4 (0)	SM-SC												
Descripción:	arena limo arcillosa													
OBSEVACIONES														

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

PROYECTO : ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ						
Procedencia (Km): Municipio de Achocalla			Registro: 07			
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro			ID Muestra: M.-007			
Material: SM			Pozo N°: P-7			
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)			Profundidad: -2,00 m			
CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145						
ANALISIS GRANULOMETRICO AASTHOT - 27 - 82						
HUMEDAD		Natural	Higroscópica	PESO SECO DE LA MUESTRA TOTAL		
Cápsula		23	53	Muestra total húmeda	7.012,55 gr	
Suelo húmedo + Cápsula	1.415,8	1.61,20		Agregado grueso (ret N°10)	1.926,31 gr	
Suelo seco + Cápsula	1.336,5	151,4		Pasa N° 10 húmedo	5.086,24 gr	
Peso del agua	79,3	9,8		Pasa N° 10 seco	4.585,09 gr	
Peso de la cápsula	215,3	61,20		Muestra total seca	6.511,40 gr	
Peso del suelo seco	1.121,2	90,2		Muestra < No 10 Húmeda	100,00 gr	
Porcentaje de humedad	7,070	10,930		Muestra < N°10 Seca	90,15 gr	
GRANULOMETRIA FRACCION GRUESA						
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA DEL TOTAL	
Pulgadas	mm		gr.	%		
3"	76,20	0,0	0,0	0,0	100,0	
2 1/2"	63,50	0,0	0,0	0,0	100,0	
2"	50,80	0,0	0,0	0,0	100,0	
1 1/2"	38,10	84,3	84,3	1,3	98,7	
1"	25,40	131,8	216,1	3,3	96,7	
3/4"	19,05	105,0	321,1	4,9	95,1	
3/8"	9,50	546,3	867,4	13,3	86,7	
N° 4	4,75	524,6	1391,9	21,4	78,6	
N° 10	2,00	534,4	1926,3	29,6	70,4	
GRANULOMETRIA FRACCION FINA						
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA MORTERO	% PASA TOTAL
Pulgadas	mm		gr.	%		
N° 10	2,000	0,00	0,00	0,00	100,00	70,42
N° 20	0,840	8,94	8,94	9,92	90,08	63,43
N° 40	0,420	12,54	21,48	23,83	76,17	53,64
N° 60	0,250	12,86	34,34	38,09	61,91	43,59
N° 140	0,105	14,13	48,47	53,77	46,23	32,56
N° 200	0,075	3,82	52,29	58,01	42,0	29,57
CARACTERISTICAS DE LA GRANULOMETRIA						
D ₆₀ =	0,66					
D ₃₀ =	0,08					
D ₁₀ =	0,02					
CC=	0,51					
CU=	35,74					
GRAVA (%)	21,38					
ARENA (%)	49,05					
FINOS (%)	29,57					
TOTAL (%)	100,00					
LIMITES DE CONSISTENCIA AASHTO T-89, T-90 / CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145						
Ensayado por: Mamani Mamani Rubén / Catacota Quisbert Raúl A.			Fecha de ensayo: 11-marzo-2019			
LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO			
Cápsula No	40	22	28	Cápsula No	80	1
C + S + A (g)	48,98	53,94	45,53	C + S + A (g)	37,35	31,07
C + S (g)	43,00	46,88	39,54	C + S (g)	33,68	28,50
Agua (g)	5,98	7,06	5,99	Agua (g)	3,67	2,57
Cápsula (g)	12,60	13,05	12,72	Cápsula (g)	12,43	12,84
Suelo (g)	30,4	33,83	26,82	Suelo (g)	21,25	15,66
Humedad %	19,67	20,87	22,33	Humedad %	17,27	16,41
No de Golpes	33	21	9	Limite Plastico (%)	16,84	
			RESUMEN			
			RESULTADOS EN (%)		OBSERV.	
			Limite liquido	20,32		
			Limite plastico	16,84		
			Indice plastico	3,48		
CLASIFICACION DE SUELO						
Norma		AASHTO		S.U.C.S.		
Símbolo		A-2-4 (0)		SM		
Descripción:		arena limosa con grava				
OBSEVACIONES						

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

PROYECTO : ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ																														
Procedencia (Km): Municipio de Achocalla			Registro: 08																											
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro			ID Muestra: M.-008																											
Material: SM			Pozo N°: P-8																											
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)			Profundidad: -2,00 m																											
CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145																														
ANALISIS GRANULOMETRICO AASHTO T - 27 - 82																														
HÚMEDAD		Natural	Higroscópica	PESO SECO DE LA MUESTRA TOTAL																										
Cápsula		27	25	Muestra total húmeda	6.921,21 gr																									
Suelo húmedo + Cápsula		1524,1	157,59	Agregado grueso (ret N°10)	2.144,79 gr																									
Suelo seco + Cápsula		1466,3	157,6	Pasa N° 10 húmedo	4.776,42 gr																									
Peso del agua		57,8	0,0	Pasa N° 10 seco	4.774,51 gr																									
Peso de la cápsula		214,2	57,59	Muestra total seca	6.919,30 gr																									
Peso del suelo seco		1252,1	100,0	Muestra < No 10 Húmeda	100,00 gr																									
Porcentaje de humedad		4,610	0,040	Muestra < N°10 Seca	99,96 gr																									
GRANULOMETRIA FRACCION GRUESA																														
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA DEL TOTAL																									
Pulgadas	mm		gr.	%																										
3"	76,20	0,0	0,0	0,0	100,0																									
2 1/2"	63,50	0,0	0,0	0,0	100,0																									
2"	50,80	205,4	205,4	3,0	97,0																									
1 1/2"	38,10	157,0	362,4	5,2	94,8																									
1"	25,40	155,0	517,3	7,5	92,5																									
3/4"	19,05	96,9	614,2	8,9	91,1																									
3/8"	9,50	482,7	1096,8	15,9	84,1																									
N° 4	4,75	502,9	1599,7	23,1	76,9																									
N° 10	2,00	545,1	2144,8	31,0	69,0																									
GRANULOMETRIA FRACCION FINA																														
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA MORTERO	% PASA TOTAL																								
Pulgadas	mm		gr.	%																										
N° 10	2,000	0,00	0,00	0,00	100,00	69,00																								
N° 20	0,840	9,55	9,55	9,55	90,45	62,41																								
N° 40	0,420	13,08	22,63	22,64	77,36	53,38																								
N° 60	0,250	12,65	35,28	35,29	64,71	44,65																								
N° 140	0,105	13,20	48,48	48,50	51,50	35,54																								
N° 200	0,075	3,05	51,53	51,55	48,4	33,43																								
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td align="center" colspan="2">CARACTERISTICAS DE LA GRANULOMETRIA</td> </tr> <tr> <td>D₆₀=</td> <td align="right">0,70</td> </tr> <tr> <td>D₃₀=</td> <td align="right">0,06</td> </tr> <tr> <td>D₁₀=</td> <td align="right">0,02</td> </tr> <tr> <td>CC=</td> <td align="right">0,31</td> </tr> <tr> <td>CU=</td> <td align="right">41,14</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> </td> </tr> <tr> <td>GRAVA (%):</td> <td align="right">23,12</td> </tr> <tr> <td>ARENA (%):</td> <td align="right">48,45</td> </tr> <tr> <td>FINOS (%):</td> <td align="right">33,43</td> </tr> <tr> <td>TOTAL (%):</td> <td align="right">100,00</td> </tr> </table>						CARACTERISTICAS DE LA GRANULOMETRIA		D ₆₀ =	0,70	D ₃₀ =	0,06	D ₁₀ =	0,02	CC=	0,31	CU=	41,14			GRAVA (%):	23,12	ARENA (%):	48,45	FINOS (%):	33,43	TOTAL (%):	100,00			
CARACTERISTICAS DE LA GRANULOMETRIA																														
D ₆₀ =	0,70																													
D ₃₀ =	0,06																													
D ₁₀ =	0,02																													
CC=	0,31																													
CU=	41,14																													
GRAVA (%):	23,12																													
ARENA (%):	48,45																													
FINOS (%):	33,43																													
TOTAL (%):	100,00																													
LIMITES DE CONSISTENCIA AASHTO T-89, T-90 / CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145																														
Ensayado por: Mamani Mamani Rubén / Catacota Quisbert Raúl A.			Fecha de ensayo: 11-marzo-2019																											
LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO																											
Cápsula No	7	20	5	Cápsula No	15	13																								
C + S + A (g)	40,53	41,50	52,36	C + S + A (g)	29,29	22,63																								
C + S (g)	36,08	36,37	44,93	C + S (g)	27,06	21,19																								
Agua (g)	4,45	5,13	7,43	Agua (g)	2,23	1,44																								
Cápsula (g)	14,16	12,50	12,81	Cápsula (g)	14,36	12,64																								
Suelo (g)	21,92	23,87	32,12	Suelo (g)	12,7	8,55																								
Humedad %	20,30	21,49	23,13	Humedad %	17,56	16,84																								
No de Golpes	30	19	7	Límite Plástico (%)	17,20																									
			<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td align="center" colspan="2">RESUMEN</td> <td rowspan="3">OBSERV.</td> </tr> <tr> <td align="center" colspan="2">RESULTADOS EN (%)</td> </tr> <tr> <td>Límite líquido</td> <td align="right">20,75</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico</td> <td align="right">17,20</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Índice plástico</td> <td align="right">3,55</td> <td></td> </tr> <tr> <td align="center" colspan="3">CLASIFICACION DE SUELO</td> </tr> <tr> <td>Norma</td> <td align="center">AASHTO</td> <td align="center">S.U.C.S.</td> </tr> <tr> <td>Símbolo</td> <td align="center">A-2-4 (0)</td> <td align="center">SM</td> </tr> <tr> <td>Descripción:</td> <td align="center" colspan="2">arena limosa con grava</td> </tr> </table>			RESUMEN		OBSERV.	RESULTADOS EN (%)		Límite líquido	20,75	Límite plástico	17,20		Índice plástico	3,55		CLASIFICACION DE SUELO			Norma	AASHTO	S.U.C.S.	Símbolo	A-2-4 (0)	SM	Descripción:	arena limosa con grava	
RESUMEN		OBSERV.																												
RESULTADOS EN (%)																														
Límite líquido	20,75																													
Límite plástico	17,20																													
Índice plástico	3,55																													
CLASIFICACION DE SUELO																														
Norma	AASHTO	S.U.C.S.																												
Símbolo	A-2-4 (0)	SM																												
Descripción:	arena limosa con grava																													
OBSEVACIONES																														

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

PROYECTO : ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ						
Procedencia (Km): Municipio de Achocalla			Registro: 09			
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro			ID Muestra: M.-009			
Material: SM-SC			Pozo N°: P-9			
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)			Profundidad: -2,00 m			
CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145						
ANALISIS GRANULOMETRICO AASHTO T - 27 - 82						
HÚMEDAD		Natural	Higroscópica	PESO SECO DE LA MUESTRA TOTAL		
Cápsula		30	4	Muestra total húmeda	3.690,42 gr	
Suelo húmedo + Cápsula		1585,5	172,20	Agregado grueso (ret N°10)	311,12 gr	
Suelo seco + Cápsula		1416,4	172,2	Pasa N° 10 húmedo	3.379,30 gr	
Peso del agua		169,1	0,0	Pasa N° 10 seco	3.378,62 gr	
Peso de la cápsula		222,7	72,20	Muestra total seca	3.689,74 gr	
Peso del suelo seco		1193,6	100,0	Muestra < No 10 Húmeda	100,00 gr	
Porcentaje de humedad		14,170	0,020	Muestra < N°10 Seca	99,98 gr	
GRANULOMETRIA FRACCION GRUESA						
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA DEL TOTAL	
Pulgadas	mm		gr.	%		
3"	76,20	0,0	0,0	0,0	100,0	
2 1/2"	63,50	0,0	0,0	0,0	100,0	
2"	50,80	0,0	0,0	0,0	100,0	
1 1/2"	38,10	0,0	0,0	0,0	100,0	
1"	25,40	0,0	0,0	0,0	100,0	
3/4"	19,05	15,0	15,0	0,4	99,6	
3/8"	9,50	64,6	79,5	2,2	97,8	
N° 4	4,75	93,6	173,2	4,7	95,3	
N° 10	2,00	138,0	311,1	8,4	91,6	
GRANULOMETRIA FRACCION FINA						
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA MORTERO	% PASA TOTAL
Pulgadas	mm		gr.	%		
N° 10	2,000	0,00	0,00	0,00	100,00	91,57
N° 20	0,840	7,01	7,01	7,01	92,99	85,15
N° 40	0,420	13,67	20,68	20,68	79,32	72,63
N° 60	0,250	12,82	33,50	33,51	66,49	60,89
N° 140	0,105	12,24	45,74	45,75	54,25	49,68
N° 200	0,075	2,88	48,62	48,63	51,4	47,04
CARACTERISTICAS DE LA GRANULOMETRIA						
D ₆₀ =	0,23					
D ₃₀ =	0,03					
D ₁₀ =	0,01					
CC=	0,37					
CU=	16,53					
GRAVA (%)	4,69					
ARENA (%)	48,27					
FINOS (%)	47,04					
TOTAL (%)	100,00					
LIMITES DE CONSISTENCIA AASHTO T-89, T-90 / CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145						
Ensayado por: Mamani Mamani Rubén / Catacota Quisbert Raúl A.			Fecha de ensayo: 11-marzo-2019			
LIMITE LIQUIDO						
Cápsula No	31	6	12			
C + S + A (g)	52,35	39,08	40,11			
C + S (g)	45,38	34,26	34,76			
Agua (g)	6,97	4,82	5,35			
Cápsula (g)	12,38	12,69	12,39			
Suelo (g)	33	21,57	22,37			
Humedad %	21,12	22,35	23,92			
No de Golpes	30	15	9			
LIMITE PLASTICO						
Cápsula No	16	26				
C + S + A (g)	32,14	28,56				
C + S (g)	29,41	26,31				
Agua (g)	2,73	2,25				
Cápsula (g)	13,49	12,98				
Suelo (g)	15,92	13,33				
Humedad %	17,15	16,88				
Limite Plástico (%)	17,01					
RESUMEN						
RESULTADOS EN (%)						
Limite liquido	21,41				OBSERV.	
Limite plastico	17,01					
Indice plastico	4,39					
CLASIFICACION DE SUELO						
Norma	AASHTO		S.U.C.S.			
Símbolo	A-4 (0)		SM-SC			
Descripcion:	arena limo arcillosa					
OBSEVACIONES						

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

PROYECTO : ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ																									
Procedencia (Km): Municipio de Achocalla			Registro: 10																						
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro			ID Muestra: M-010																						
Material: SM-SC			Pozo N°: P-10																						
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)			Profundidad: -2,00 m																						
CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145																									
ANALISIS GRANULOMETRICO AASHTO T - 27 - 82																									
HÚMEDAD		Natural	Higroscópica	PESO SECO DE LA MUESTRA TOTAL																					
Cápsula		18	46	Muestra total húmeda	4.489,91 gr																				
Suelo húmedo + Cápsula	1165,8	159,79		Agregado grueso (ret N°10)	934,24 gr																				
Suelo seco + Cápsula	1096,1	159,8		Pasa N° 10 húmedo	3.555,67 gr																				
Peso del agua	69,7	0,0		Pasa N° 10 seco	3.554,96 gr																				
Peso de la cápsula	209,2	59,79		Muestra total seca	4.489,20 gr																				
Peso del suelo seco	887,0	100,0		Muestra < No 10 Húmeda	100,00 gr																				
Porcentaje de humedad	7,850	0,020		Muestra < N°10 Seca	99,98 gr																				
GRANULOMETRIA FRACCION GRUESA																									
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA DEL TOTAL																				
Pulgadas	mm		gr.	%																					
3"	76,20	0,0	0,0	0,0	100,0																				
2 1/2"	63,50	0,0	0,0	0,0	100,0																				
2"	50,80	0,0	0,0	0,0	100,0																				
1 1/2"	38,10	0,0	0,0	0,0	100,0																				
1"	25,40	22,5	22,5	0,5	99,5																				
3/4"	19,05	78,5	101,0	2,2	97,8																				
3/8"	9,50	267,5	368,4	8,2	91,8																				
N° 4	4,75	265,0	633,4	14,1	85,9																				
N° 10	2,00	300,9	934,2	20,8	79,2																				
GRANULOMETRIA FRACCION FINA																									
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA MORTERO	% PASA TOTAL																			
Pulgadas	mm		gr.	%																					
N° 10	2,000	0,00	0,00	0,00	100,00	79,19																			
N° 20	0,840	6,94	6,94	6,94	93,06	73,69																			
N° 40	0,420	13,57	20,51	20,51	79,49	62,94																			
N° 60	0,250	14,35	34,86	34,87	65,13	51,58																			
N° 140	0,105	15,13	49,99	50,00	50,00	39,59																			
N° 200	0,075	3,76	53,75	53,76	46,2	36,62																			
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">CARACTERISTICAS DE LA GRANULOMETRIA</td> </tr> <tr> <td>D₆₀=</td> <td>0,37</td> </tr> <tr> <td>D₃₀=</td> <td>0,05</td> </tr> <tr> <td>D₁₀=</td> <td>0,02</td> </tr> <tr> <td>CC=</td> <td>0,44</td> </tr> <tr> <td>CU=</td> <td>22,86</td> </tr> <tr> <td colspan="2">GRAVA (%): 14,11</td> </tr> <tr> <td colspan="2">ARENA (%): 49,27</td> </tr> <tr> <td colspan="2">FINOS (%): 36,62</td> </tr> <tr> <td colspan="2">TOTAL (%): 100,00</td> </tr> </table>						CARACTERISTICAS DE LA GRANULOMETRIA		D ₆₀ =	0,37	D ₃₀ =	0,05	D ₁₀ =	0,02	CC=	0,44	CU=	22,86	GRAVA (%): 14,11		ARENA (%): 49,27		FINOS (%): 36,62		TOTAL (%): 100,00	
CARACTERISTICAS DE LA GRANULOMETRIA																									
D ₆₀ =	0,37																								
D ₃₀ =	0,05																								
D ₁₀ =	0,02																								
CC=	0,44																								
CU=	22,86																								
GRAVA (%): 14,11																									
ARENA (%): 49,27																									
FINOS (%): 36,62																									
TOTAL (%): 100,00																									
LIMITES DE CONSISTENCIA AASHTO T-89, T-90 / CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145																									
Ensayado por: Mamani Mamani Rubén / Catacota Quisbert Raúl A.			Fecha de ensayo: 11-marzo-2019																						
LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO																						
Cápsula No	83	18	19	Cápsula No	87	50																			
C + S + A (g)	47,73	39,63	44,40	C + S + A (g)	32,48	30,76																			
C + S (g)	41,91	34,87	38,53	C + S (g)	29,60	28,22																			
Agua (g)	5,82	4,76	5,87	Agua (g)	2,88	2,54																			
Cápsula (g)	13,12	13,00	12,48	Cápsula (g)	12,53	12,79																			
Suelo (g)	28,79	21,87	26,05	Suelo (g)	17,07	15,43																			
Humedad %	20,22	21,76	22,53	Humedad %	16,87	16,46																			
No de Golpes	37	20	11	Límite Plástico (%)	16,67																				
			<table border="1"> <tr> <td colspan="2">RESUEMEN</td> </tr> <tr> <td colspan="2">RESULTADOS EN (%)</td> </tr> <tr> <td>Límite líquido</td> <td>21,05</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico</td> <td>16,67</td> </tr> <tr> <td>Índice plástico</td> <td>4,39</td> </tr> <tr> <td colspan="2">CLASIFICACION DE SUELO</td> </tr> <tr> <td>Norma</td> <td>AASHTO</td> </tr> <tr> <td>Símbolo</td> <td>A-4 (0)</td> </tr> <tr> <td>S.U.C.S.</td> <td>SM-SC</td> </tr> <tr> <td>Descripción:</td> <td>arena limo arcillosa con grava</td> </tr> </table>			RESUEMEN		RESULTADOS EN (%)		Límite líquido	21,05	Límite plástico	16,67	Índice plástico	4,39	CLASIFICACION DE SUELO		Norma	AASHTO	Símbolo	A-4 (0)	S.U.C.S.	SM-SC	Descripción:	arena limo arcillosa con grava
RESUEMEN																									
RESULTADOS EN (%)																									
Límite líquido	21,05																								
Límite plástico	16,67																								
Índice plástico	4,39																								
CLASIFICACION DE SUELO																									
Norma	AASHTO																								
Símbolo	A-4 (0)																								
S.U.C.S.	SM-SC																								
Descripción:	arena limo arcillosa con grava																								
OBSEVACIONES																									

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

PROYECTO : ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ																						
Procedencia (Km): Municipio de Achocalla			Registro: 11																			
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro			ID Muestra: M-011																			
Material: SM-SC			Pozo N°: P-11																			
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)			Profundidad: -2,00 m																			
CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145																						
ANALISIS GRANULOMETRICO AASHTO T - 27 - 82																						
HÚMEDAD		Natural	Higroscópica	PESO SECO DE LA MUESTRA TOTAL																		
Cápsula		18	1	Muestra total húmeda	7.402,48 gr																	
Suelo húmedo + Cápsula	1777,7	174,86		Agregado grueso (ret N°10)	1.452,29 gr																	
Suelo seco + Cápsula	1576,2	172,8		Pasa N° 10 húmedo	5.950,19 gr																	
Peso del agua	201,5	2,1		Pasa N° 10 seco	5.827,81 gr																	
Peso de la cápsula	209,2	74,86		Muestra total seca	7.280,10 gr																	
Peso del suelo seco	1367,1	97,9		Muestra < No 10 Húmeda	100,00 gr																	
Porcentaje de humedad	14,740	2,100		Muestra < N°10 Seca	97,94 gr																	
GRANULOMETRIA FRACCION GRUESA																						
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA DEL TOTAL																	
Pulgadas	mm		gr.	%																		
3"	76,20	0,0	0,0	0,0	100,0																	
2 1/2"	63,50	0,0	0,0	0,0	100,0																	
2"	50,80	0,0	0,0	0,0	100,0																	
1 1/2"	38,10	90,7	90,7	1,2	98,8																	
1"	25,40	237,8	328,5	4,5	95,5																	
3/4"	19,05	239,0	567,5	7,8	92,2																	
3/8"	9,50	357,7	925,2	12,7	87,3																	
N° 4	4,75	280,1	1205,3	16,6	83,4																	
N° 10	2,00	247,0	1452,3	19,9	80,1																	
GRANULOMETRIA FRACCION FINA																						
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA																	
Pulgadas	mm		gr.	%	MORTERO																	
N° 10	2,000	0,00	0,00	0,00	100,00																	
N° 20	0,840	5,97	5,97	6,10	93,90																	
N° 40	0,420	13,64	19,61	20,02	79,98																	
N° 60	0,250	7,18	26,79	27,35	72,65																	
N° 140	0,105	8,35	35,14	35,88	64,12																	
N° 200	0,075	2,71	37,85	38,64	61,4																	
					% PASA TOTAL																	
					80,05																	
					75,17																	
					64,02																	
					58,16																	
					51,33																	
					49,12																	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 60%;"> <p align="center">CURVA GRANULOMETRICA</p> </div> <div style="width: 35%;"> <p>CARACTERISTICAS DE LA GRANULOMETRIA</p> <p>D₆₀= 0,29 D₃₀= 0,03 D₁₀= 0,01 C_C= 0,26 C_U= 21,23</p> <p>GRAVA (%): 16,56 ARENA (%): 34,33 FINOS (%): 49,12 TOTAL (%): 100,00</p> </div> </div>																						
LIMITES DE CONSISTENCIA AASHTO T-89, T-90 / CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145																						
Ensayado por: Mamani Mamani Rubén / Catacota Quisbert Raúl A.			Fecha de ensayo: 11-marzo-2019																			
LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO																			
Cápsula No	52	57	48	Cápsula No	51																	
C + S + A (g)	43,25	39,80	44,42	C + S + A (g)	29,54																	
C + S (g)	38,26	35,44	39,03	C + S (g)	27,77																	
Agua (g)	4,99	4,36	5,39	Agua (g)	1,77																	
Cápsula (g)	17,19	18,14	18,59	Cápsula (g)	18,55																	
Suelo (g)	21,07	17,3	20,44	Suelo (g)	9,22																	
Humedad %	23,68	25,20	26,37	Humedad %	19,20																	
No de Golpes	36	18	10	Límite Plástico (%)	19,40																	
			<p align="center">RESUMEN</p> <table border="1"> <tr> <th>RESULTADOS EN (%)</th> <th>OBSERV.</th> </tr> <tr> <td>Límite líquido</td> <td>24,45</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico</td> <td>19,40</td> </tr> <tr> <td>Índice plástico</td> <td>5,05</td> </tr> </table> <p align="center">CLASIFICACION DE SUELO</p> <table border="1"> <tr> <td>Norma</td> <td>AASHTO</td> <td>S.U.C.S.</td> </tr> <tr> <td>Símbolo</td> <td>A-4 (0)</td> <td>SM-SC</td> </tr> <tr> <td>Descripción:</td> <td colspan="2">arena limo arcillosa con grava</td> </tr> </table>			RESULTADOS EN (%)	OBSERV.	Límite líquido	24,45	Límite plástico	19,40	Índice plástico	5,05	Norma	AASHTO	S.U.C.S.	Símbolo	A-4 (0)	SM-SC	Descripción:	arena limo arcillosa con grava	
RESULTADOS EN (%)	OBSERV.																					
Límite líquido	24,45																					
Límite plástico	19,40																					
Índice plástico	5,05																					
Norma	AASHTO	S.U.C.S.																				
Símbolo	A-4 (0)	SM-SC																				
Descripción:	arena limo arcillosa con grava																					
OBSEVACIONES																						

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

PROYECTO : ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ																								
Procedencia (Km): Municipio de Achocalla			Registro: 12																					
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro			ID Muestra: M.-012																					
Material: CL			Pozo N°: P-12																					
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)			Profundidad: -2,00 m																					
CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145																								
ANALISIS GRANULOMETRICO AASTHO T - 27 - 82																								
HÚMEDAD		Natural	Higroscópica	PESO SECO DE LA MUESTRA TOTAL																				
Cápsula		30	59	Muestra total húmeda	7.663,39 gr																			
Suelo húmedo + Cápsula	1712,3	173,05		Agregado grueso (ret N°10)	1.075,77 gr																			
Suelo seco + Cápsula	1514,9	170,3		Pasa N° 10 húmedo	6.587,62 gr																			
Peso del agua	197,4	2,8		Pasa N° 10 seco	6.403,83 gr																			
Peso de la cápsula	222,7	73,05		Muestra total seca	7.479,60 gr																			
Peso del suelo seco	1292,2	97,2		Muestra < No 10 Húmeda	100,00 gr																			
Porcentaje de humedad	15,270	2,870		Muestra < N°10 Seca	97,21 gr																			
GRANULOMETRIA FRACCION GRUESA																								
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA DEL TOTAL																			
Pulgadas	mm		gr.	%																				
3"	76,20	0,0	0,0	0,0	-																			
2 1/2"	63,50	0,0	0,0	0,0	-																			
2"	50,80	0,0	0,0	0,0	-																			
1 1/2"	38,10	261,7	261,7	3,5	-																			
1"	25,40	184,0	445,7	6,0	-																			
3/4"	19,05	106,9	552,6	7,4	-																			
3/8"	9,50	187,9	740,5	9,9	-																			
N° 4	4,75	182,3	922,8	12,3	-																			
N° 10	2,00	153,0	1075,8	14,4	-																			
GRANULOMETRIA FRACCION FINA																								
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA MORTERO	% PASA TOTAL																		
Pulgadas	mm		gr.	%																				
N° 10	2,000	0,00	0,00	0,00	100,00	-																		
N° 20	0,840	7,75	7,75	7,97	92,03	-																		
N° 40	0,420	7,98	15,73	16,18	83,82	-																		
N° 60	0,250	6,93	22,66	23,31	76,69	-																		
N° 140	0,105	8,84	31,50	32,40	67,60	-																		
N° 200	0,075	3,04	34,54	35,53	64,5	-																		
					12,34	-																		
					32,47	-																		
					55,20	-																		
					100,00	-																		
<table border="1"> <caption>CARACTERISTICAS DE LA GRANULOMETRIA</caption> <tr> <td>D₆₀=</td> <td align="right">0,13</td> </tr> <tr> <td>D₃₀=</td> <td align="right">0,03</td> </tr> <tr> <td>D₁₀=</td> <td align="right">0,01</td> </tr> <tr> <td>CC=</td> <td align="right">0,46</td> </tr> <tr> <td>CU=</td> <td align="right">10,07</td> </tr> <tr> <td colspan="2">GRAVA (%): 12,34</td> </tr> <tr> <td colspan="2">ARENA (%): 32,47</td> </tr> <tr> <td colspan="2">FINOS (%): 55,20</td> </tr> <tr> <td colspan="2">TOTAL (%): 100,00</td> </tr> </table>						D ₆₀ =	0,13	D ₃₀ =	0,03	D ₁₀ =	0,01	CC=	0,46	CU=	10,07	GRAVA (%): 12,34		ARENA (%): 32,47		FINOS (%): 55,20		TOTAL (%): 100,00		
D ₆₀ =	0,13																							
D ₃₀ =	0,03																							
D ₁₀ =	0,01																							
CC=	0,46																							
CU=	10,07																							
GRAVA (%): 12,34																								
ARENA (%): 32,47																								
FINOS (%): 55,20																								
TOTAL (%): 100,00																								
LIMITES DE CONSISTENCIA AASHTO T-89, T-90 / CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145																								
Ensayado por: Mamani Mamani Rubén / Catacota Quisbert Raúl A.			Fecha de ensayo: 11-marzo-2019																					
LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO																					
Cápsula No	88	132	72	Cápsula No	131	65																		
C + S + A (g)	37,72	30,37	39,66	C + S + A (g)	23,98	22,11																		
C + S (g)	31,42	25,26	31,77	C + S (g)	21,30	19,71																		
Agua (g)	6,30	5,11	7,89	Agua (g)	2,68	2,40																		
Cápsula (g)	7,54	7,46	7,35	Cápsula (g)	7,49	7,56																		
Suelo (g)	23,88	17,8	24,42	Suelo (g)	13,81	12,15																		
Humedad %	26,38	28,71	32,31	Humedad %	19,41	19,75																		
No de Golpes	37	16	8	Limite Plastico (%)	19,58																			
			<table border="1"> <caption>RESUMEN RESULTADOS EN (%)</caption> <tr> <td>Limite liquido</td> <td align="right">27,52</td> <td rowspan="3">OBSERV.</td> </tr> <tr> <td>Limite plastico</td> <td align="right">19,58</td> </tr> <tr> <td>Indice plastico</td> <td align="right">7,94</td> </tr> <tr> <td align="center" colspan="3">CLASIFICACION DE SUELO</td> </tr> <tr> <td>Norma</td> <td align="center">AASHTO</td> <td align="center">S.U.C.S.</td> </tr> <tr> <td>Símbolo</td> <td align="center">A-4 (2)</td> <td align="center">CL</td> </tr> <tr> <td>Descripción:</td> <td align="center" colspan="2">arcilla arenosa</td> </tr> </table>			Limite liquido	27,52	OBSERV.	Limite plastico	19,58	Indice plastico	7,94	CLASIFICACION DE SUELO			Norma	AASHTO	S.U.C.S.	Símbolo	A-4 (2)	CL	Descripción:	arcilla arenosa	
Limite liquido	27,52	OBSERV.																						
Limite plastico	19,58																							
Indice plastico	7,94																							
CLASIFICACION DE SUELO																								
Norma	AASHTO	S.U.C.S.																						
Símbolo	A-4 (2)	CL																						
Descripción:	arcilla arenosa																							
OBSEVACIONES																								

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

PROYECTO: ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ																																													
Procedencia (Km): Municipio de Achocalla			Registro: 13																																										
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro			ID Muestra: M-013																																										
Material: SM			Pozo N°: P-13																																										
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)			Profundidad: -2,00 m																																										
CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145																																													
ANALISIS GRANULOMETRICO AASHTO T - 27 - 82																																													
HÚMEDAD		Natural	Higroscópica	PESO SECO DE LA MUESTRA TOTAL																																									
Cápsula		27	77	Muestra total húmeda	7.191,56 gr																																								
Suelo húmedo + Cápsula	1376,8	159,27		Agregado grueso (ret N°10)	587,53 gr																																								
Suelo seco + Cápsula	1289,5	158,5		Pasa N° 10 húmedo	6.604,03 gr																																								
Peso del agua	87,3	0,7		Pasa N° 10 seco	6.555,52 gr																																								
Peso de la cápsula	214,2	59,27		Muestra total seca	7.143,05 gr																																								
Peso del suelo seco	1075,3	99,3		Muestra < No 10 Húmeda	100,00 gr																																								
Porcentaje de humedad	8,120	0,740		Muestra < N° 10 Seca	99,27 gr																																								
GRANULOMETRIA FRACCION GRUESA																																													
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA DEL TOTAL																																								
Pulgadas	mm		gr.	%																																									
3"	76,20	0,0	0,0	0,0	100,0																																								
2 1/2"	63,50	0,0	0,0	0,0	100,0																																								
2"	50,80	0,0	0,0	0,0	100,0																																								
1 1/2"	38,10	0,0	0,0	0,0	100,0																																								
1"	25,40	0,0	0,0	0,0	100,0																																								
3/4"	19,05	0,0	0,0	0,0	100,0																																								
3/8"	9,50	86,2	86,2	1,2	98,8																																								
N° 4	4,75	162,8	249,0	3,5	96,5																																								
N° 10	2,00	338,6	587,5	8,2	91,8																																								
GRANULOMETRIA FRACCION FINA																																													
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA MORTERO	% PASA TOTAL																																							
Pulgadas	mm		gr.	%																																									
N° 10	2,000	0,00	0,00	0,00	100,00	91,77																																							
N° 20	0,840	11,72	11,72	11,81	88,19	80,94																																							
N° 40	0,420	22,58	34,30	34,55	65,45	60,06																																							
N° 60	0,250	20,49	54,79	55,20	44,80	41,12																																							
N° 140	0,105	19,88	74,67	75,22	24,78	22,74																																							
N° 200	0,075	5,96	80,63	81,23	18,8	17,23																																							
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td align="center" colspan="2">CURVA GRANULOMETRICA</td> </tr> <tr> <td align="center"> </td> <td align="center"> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td align="center" colspan="2">CARACTERISTICAS DE LA GRANULOMETRIA</td> </tr> <tr> <td>D₆₀=</td> <td align="right">0,42</td> </tr> <tr> <td>D₃₀=</td> <td align="right">0,15</td> </tr> <tr> <td>D₁₀=</td> <td align="right">0,03</td> </tr> <tr> <td>CC=</td> <td align="right">1,89</td> </tr> <tr> <td>CU=</td> <td align="right">13,61</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> </td> </tr> <tr> <td>GRAVA (%):</td> <td align="right">3,49</td> </tr> <tr> <td>ARENA (%):</td> <td align="right">78,29</td> </tr> <tr> <td>FINOS (%):</td> <td align="right">17,23</td> </tr> <tr> <td>TOTAL (%):</td> <td align="right">100,00</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>						CURVA GRANULOMETRICA			<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td align="center" colspan="2">CARACTERISTICAS DE LA GRANULOMETRIA</td> </tr> <tr> <td>D₆₀=</td> <td align="right">0,42</td> </tr> <tr> <td>D₃₀=</td> <td align="right">0,15</td> </tr> <tr> <td>D₁₀=</td> <td align="right">0,03</td> </tr> <tr> <td>CC=</td> <td align="right">1,89</td> </tr> <tr> <td>CU=</td> <td align="right">13,61</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> </td> </tr> <tr> <td>GRAVA (%):</td> <td align="right">3,49</td> </tr> <tr> <td>ARENA (%):</td> <td align="right">78,29</td> </tr> <tr> <td>FINOS (%):</td> <td align="right">17,23</td> </tr> <tr> <td>TOTAL (%):</td> <td align="right">100,00</td> </tr> </table>	CARACTERISTICAS DE LA GRANULOMETRIA		D ₆₀ =	0,42	D ₃₀ =	0,15	D ₁₀ =	0,03	CC=	1,89	CU=	13,61			GRAVA (%):	3,49	ARENA (%):	78,29	FINOS (%):	17,23	TOTAL (%):	100,00														
CURVA GRANULOMETRICA																																													
	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td align="center" colspan="2">CARACTERISTICAS DE LA GRANULOMETRIA</td> </tr> <tr> <td>D₆₀=</td> <td align="right">0,42</td> </tr> <tr> <td>D₃₀=</td> <td align="right">0,15</td> </tr> <tr> <td>D₁₀=</td> <td align="right">0,03</td> </tr> <tr> <td>CC=</td> <td align="right">1,89</td> </tr> <tr> <td>CU=</td> <td align="right">13,61</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> </td> </tr> <tr> <td>GRAVA (%):</td> <td align="right">3,49</td> </tr> <tr> <td>ARENA (%):</td> <td align="right">78,29</td> </tr> <tr> <td>FINOS (%):</td> <td align="right">17,23</td> </tr> <tr> <td>TOTAL (%):</td> <td align="right">100,00</td> </tr> </table>	CARACTERISTICAS DE LA GRANULOMETRIA		D ₆₀ =	0,42	D ₃₀ =	0,15	D ₁₀ =	0,03	CC=	1,89	CU=	13,61			GRAVA (%):	3,49	ARENA (%):	78,29	FINOS (%):	17,23	TOTAL (%):	100,00																						
CARACTERISTICAS DE LA GRANULOMETRIA																																													
D ₆₀ =	0,42																																												
D ₃₀ =	0,15																																												
D ₁₀ =	0,03																																												
CC=	1,89																																												
CU=	13,61																																												
GRAVA (%):	3,49																																												
ARENA (%):	78,29																																												
FINOS (%):	17,23																																												
TOTAL (%):	100,00																																												
LIMITES DE CONSISTENCIA AASHTO T-89, T-90 / CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145																																													
Ensayado por: Mamani Mamani Rubén / Catacota Quisbert Raúl A.			Fecha de ensayo: 11-marzo-2019																																										
LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO																																										
Cápsula No	19X	39X	4A	Cápsula No	54A	43A																																							
C + S + A (g)	44,10	48,64	39,23	C + S + A (g)	NP	NP																																							
C + S (g)	39,09	42,82	34,06	C + S (g)	NP	NP																																							
Agua (g)	5,01	5,82	5,17	Agua (g)																																									
Cápsula (g)	13,27	13,18	11,79	Cápsula (g)	7,49	7,56																																							
Suelo (g)	25,82	29,64	22,27	Suelo (g)																																									
Humedad %	19,40	19,64	23,22	Humedad %																																									
No de Golpes	32	20	11	Limite Plastico (%)	-																																								
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td align="center" colspan="2">RESUMEN</td> </tr> <tr> <td align="center" colspan="2">RESULTADOS EN (%)</td> </tr> <tr> <td>Limite liquido</td> <td align="right">19,59</td> </tr> <tr> <td>Limite plastico</td> <td align="center">-</td> </tr> <tr> <td>Indice plastico</td> <td align="center">N.P.</td> </tr> <tr> <td align="center" colspan="2">CLASIFICACION DE SUELO</td> </tr> <tr> <td>Norma</td> <td align="center">AASHTO</td> </tr> <tr> <td>Símbolo</td> <td align="center">A-2-4 (0)</td> </tr> <tr> <td>S.U.C.S.</td> <td align="center">SM</td> </tr> <tr> <td>Descripción:</td> <td align="center">arena limosa</td> </tr> </table>			RESUMEN		RESULTADOS EN (%)		Limite liquido	19,59	Limite plastico	-	Indice plastico	N.P.	CLASIFICACION DE SUELO		Norma	AASHTO	Símbolo	A-2-4 (0)	S.U.C.S.	SM	Descripción:	arena limosa	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td align="center" colspan="2">RESUMEN</td> </tr> <tr> <td align="center" colspan="2">RESULTADOS EN (%)</td> </tr> <tr> <td>Limite liquido</td> <td align="right">19,59</td> </tr> <tr> <td>Limite plastico</td> <td align="center">-</td> </tr> <tr> <td>Indice plastico</td> <td align="center">N.P.</td> </tr> <tr> <td align="center" colspan="2">CLASIFICACION DE SUELO</td> </tr> <tr> <td>Norma</td> <td align="center">AASHTO</td> </tr> <tr> <td>Símbolo</td> <td align="center">A-2-4 (0)</td> </tr> <tr> <td>S.U.C.S.</td> <td align="center">SM</td> </tr> <tr> <td>Descripción:</td> <td align="center">arena limosa</td> </tr> </table>			RESUMEN		RESULTADOS EN (%)		Limite liquido	19,59	Limite plastico	-	Indice plastico	N.P.	CLASIFICACION DE SUELO		Norma	AASHTO	Símbolo	A-2-4 (0)	S.U.C.S.	SM	Descripción:	arena limosa
RESUMEN																																													
RESULTADOS EN (%)																																													
Limite liquido	19,59																																												
Limite plastico	-																																												
Indice plastico	N.P.																																												
CLASIFICACION DE SUELO																																													
Norma	AASHTO																																												
Símbolo	A-2-4 (0)																																												
S.U.C.S.	SM																																												
Descripción:	arena limosa																																												
RESUMEN																																													
RESULTADOS EN (%)																																													
Limite liquido	19,59																																												
Limite plastico	-																																												
Indice plastico	N.P.																																												
CLASIFICACION DE SUELO																																													
Norma	AASHTO																																												
Símbolo	A-2-4 (0)																																												
S.U.C.S.	SM																																												
Descripción:	arena limosa																																												
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td align="center"> </td> <td align="center"> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td align="center" colspan="2">RESUMEN</td> </tr> <tr> <td align="center" colspan="2">RESULTADOS EN (%)</td> </tr> <tr> <td>Limite liquido</td> <td align="right">19,59</td> </tr> <tr> <td>Limite plastico</td> <td align="center">-</td> </tr> <tr> <td>Indice plastico</td> <td align="center">N.P.</td> </tr> <tr> <td align="center" colspan="2">CLASIFICACION DE SUELO</td> </tr> <tr> <td>Norma</td> <td align="center">AASHTO</td> </tr> <tr> <td>Símbolo</td> <td align="center">A-2-4 (0)</td> </tr> <tr> <td>S.U.C.S.</td> <td align="center">SM</td> </tr> <tr> <td>Descripción:</td> <td align="center">arena limosa</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>							<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td align="center" colspan="2">RESUMEN</td> </tr> <tr> <td align="center" colspan="2">RESULTADOS EN (%)</td> </tr> <tr> <td>Limite liquido</td> <td align="right">19,59</td> </tr> <tr> <td>Limite plastico</td> <td align="center">-</td> </tr> <tr> <td>Indice plastico</td> <td align="center">N.P.</td> </tr> <tr> <td align="center" colspan="2">CLASIFICACION DE SUELO</td> </tr> <tr> <td>Norma</td> <td align="center">AASHTO</td> </tr> <tr> <td>Símbolo</td> <td align="center">A-2-4 (0)</td> </tr> <tr> <td>S.U.C.S.</td> <td align="center">SM</td> </tr> <tr> <td>Descripción:</td> <td align="center">arena limosa</td> </tr> </table>	RESUMEN		RESULTADOS EN (%)		Limite liquido	19,59	Limite plastico	-	Indice plastico	N.P.	CLASIFICACION DE SUELO		Norma	AASHTO	Símbolo	A-2-4 (0)	S.U.C.S.	SM	Descripción:	arena limosa																		
	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td align="center" colspan="2">RESUMEN</td> </tr> <tr> <td align="center" colspan="2">RESULTADOS EN (%)</td> </tr> <tr> <td>Limite liquido</td> <td align="right">19,59</td> </tr> <tr> <td>Limite plastico</td> <td align="center">-</td> </tr> <tr> <td>Indice plastico</td> <td align="center">N.P.</td> </tr> <tr> <td align="center" colspan="2">CLASIFICACION DE SUELO</td> </tr> <tr> <td>Norma</td> <td align="center">AASHTO</td> </tr> <tr> <td>Símbolo</td> <td align="center">A-2-4 (0)</td> </tr> <tr> <td>S.U.C.S.</td> <td align="center">SM</td> </tr> <tr> <td>Descripción:</td> <td align="center">arena limosa</td> </tr> </table>	RESUMEN		RESULTADOS EN (%)		Limite liquido	19,59	Limite plastico	-	Indice plastico	N.P.	CLASIFICACION DE SUELO		Norma	AASHTO	Símbolo	A-2-4 (0)	S.U.C.S.	SM	Descripción:	arena limosa																								
RESUMEN																																													
RESULTADOS EN (%)																																													
Limite liquido	19,59																																												
Limite plastico	-																																												
Indice plastico	N.P.																																												
CLASIFICACION DE SUELO																																													
Norma	AASHTO																																												
Símbolo	A-2-4 (0)																																												
S.U.C.S.	SM																																												
Descripción:	arena limosa																																												
OBSEVACIONES																																													

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

PROYECTO :
ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ

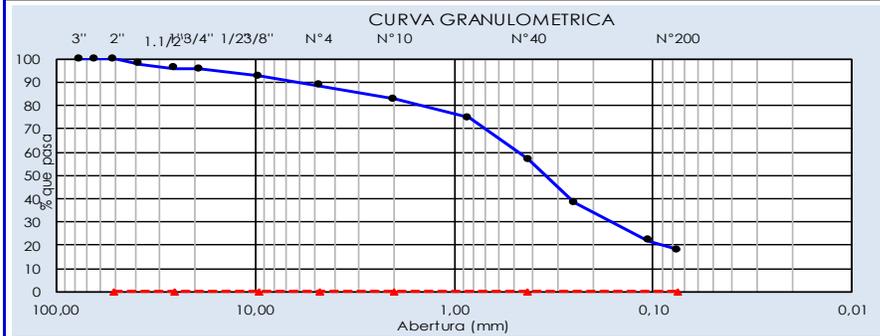
Procedencia (Km): Municipio de Achocalla	Registro: 14
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro	ID Muestra: M.-014
Material: SM	Pozo N°: P-14
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)	Profundidad: -2,00 m

CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145

ANALISIS GRANULOMETRICO AASTHO T - 27 - 82			
HUMEDAD	Natural	Higroscópica	PESO SECO DE LA MUESTRA TOTAL
Cápsula	23	7	Muestra total húmeda 8.040,93 gr
Suelo húmedo + Cápsula	1.537,7	159,52	Agregado grueso (ret N°10) 1.387,02 gr
Suelo seco + Cápsula	1.458,8	158,9	Pasa N° 10 húmedo 6.653,91 gr
Peso del agua	78,9	0,6	Pasa N° 10 seco 6.614,88 gr
Peso de la cápsula	215,3	59,52	Muestra total seca 8.001,90 gr
Peso del suelo seco	1.243,5	99,4	Muestra < No 10 Húmeda 100,00 gr
Porcentaje de humedad	6,350	0,590	Muestra > N°10 Seca 99,41 gr

GRANULOMETRIA FRACCION GRUESA					
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA DEL TOTAL
Pulgadas	mm		gr.	%	
3"	76,20	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,50	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,80	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,10	190,7	190,7	2,4	97,6
1"	25,40	142,9	333,6	4,2	95,8
3/4"	19,05	11,5	345,0	4,3	95,7
3/8"	9,50	259,7	604,8	7,6	92,4
N° 4	4,75	306,3	911,1	11,4	88,6
N° 10	2,00	475,9	1387,0	17,3	82,7

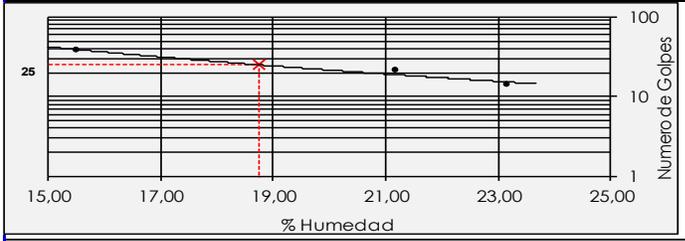
GRANULOMETRIA FRACCION FINA						
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA MORTERO	% PASA TOTAL
Pulgadas	mm		gr.	%		
N° 10	2,000	0,00	0,00	0,00	100,00	82,67
N° 20	0,840	9,66	9,66	9,72	90,28	74,63
N° 40	0,420	21,55	31,21	31,39	68,61	56,71
N° 60	0,250	22,03	53,24	53,55	46,45	38,40
N° 140	0,105	19,90	73,14	73,57	26,43	21,85
N° 200	0,075	4,50	77,64	78,10	21,9	18,11



CARACTERISTICAS DE LA GRANULOMETRIA	
D ₆₀ =	0,48
D ₃₀ =	0,16
D ₁₀ =	0,03
CC=	1,87
CU=	16,43
GRAVA (%):	11,39
ARENA (%):	70,51
FINOS (%):	18,11
TOTAL (%):	100,00

LIMITES DE CONSISTENCIA AASHTO T-89, T-90 / CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145

Ensayado por: Mamani Mamani Rubén / Catacota Quisbert Raúl A.	Fecha de ensayo: 11-marzo-2019					
LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO			
Cápsula No	27A	43	54A	Cápsula No	47	133
C + S + A (g)	42,06	44,57	43,06	C + S + A (g)	NP	NP
C + S (g)	37,00	37,66	35,88	C + S (g)	NP	NP
Agua (g)	5,06	6,91	7,18	Agua (g)		
Cápsula (g)	4,35	5,04	4,87	Cápsula (g)	17,97	7,46
Suelo (g)	32,65	32,62	31,01	Suelo (g)		
Humedad %	15,50	21,18	23,15	Humedad %		
No de Golpes	38	21	14	Límite Plástico (%)	-	



RESUMEN RESULTADOS EN (%)			OBSERV.
Límite líquido	18,74		
Límite plástico	-		
Índice plástico	N.P.		
CLASIFICACION DE SUELO			
Norma	AASHTO	S.U.C.S.	
Símbolo	A-2-4 (0)	SM	
Descripción:	arena limosa con grava		

OBSEVACIONES

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

PROYECTO :
ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ

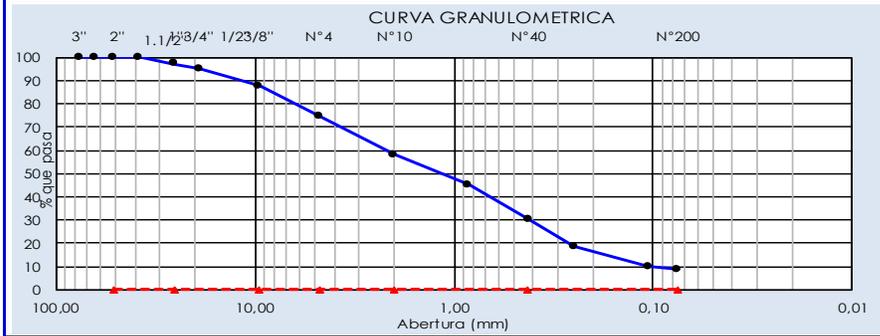
Procedencia (Km): Municipio de Achocalla	Registro: 15
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro	ID Muestra: M-015
Material: SW-SM	Pozo N°: P-15
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)	Profundidad: -2,00 m

CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145

ANALISIS GRANULOMETRICO AASTHOT - 27 - 82			
HUMEDAD	Natural	Higroscópica	PESO SECO DE LA MUESTRA TOTAL
Cápsula	19	28	Muestra total húmeda
Suelo húmedo + Cápsula	1524,6	158,28	Agregado grueso (ret N°10)
Suelo seco + Cápsula	1523,9	157,5	Pasa N° 10 húmedo
Peso del agua	70,8	0,8	Pasa N° 10 seco
Peso de la cápsula	216,5	58,28	Muestra total seca
Peso del suelo seco	1307,4	99,2	Muestra < No 10 Húmeda
Porcentaje de humedad	5,410	0,840	Muestra < N° 10 Seca

GRANULOMETRIA FRACCION GRUESA					
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA DEL TOTAL
Pulgadas	mm		gr.	%	
3"	76,20	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,50	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,80	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,10	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,40	176,5	176,5	2,7	97,3
3/4"	19,05	146,4	322,9	5,0	95,0
3/8"	9,50	476,3	799,2	12,3	87,7
N° 4	4,75	849,6	1648,8	25,4	74,6
N° 10	2,00	1072,4	2721,2	42,0	58,0

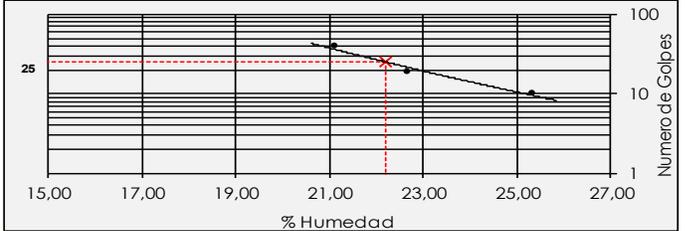
GRANULOMETRIA FRACCION FINA						
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA MORTERO	% PASA TOTAL
Pulgadas	mm		gr.	%		
N° 10	2,000	0,00	0,00	0,00	100,00	58,00
N° 20	0,840	22,30	22,30	22,49	77,51	44,96
N° 40	0,420	25,15	47,45	47,85	52,15	30,25
N° 60	0,250	19,72	67,17	67,73	32,27	18,71
N° 140	0,105	15,02	82,19	82,88	17,12	9,93
N° 200	0,075	2,29	84,48	85,19	14,8	8,59



CARACTERISTICAS DE LA GRANULOMETRIA	
D ₆₀ =	2,22
D ₃₀ =	0,42
D ₁₀ =	0,11
CC=	0,73
CU=	21,00
GRAVA (%):	25,45
ARENA (%):	65,96
FINOS (%):	8,59
TOTAL (%):	100,00

LIMITES DE CONSISTENCIA AASTHO T-89, T-90 / CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145

Ensayado por: Mamani Mamani Rubén / Catacota Quisbert Raúl A.	Fecha de ensayo: 11-marzo-2019					
LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO			
Cápsula No	56	58	62	Cápsula No	49	45
C + S + A (g)	46,22	36,04	48,77	C + S + A (g)	NP	NP
C + S (g)	41,42	32,83	42,69	C + S (g)	NP	NP
Agua (g)	4,80	3,21	6,08	Agua (g)	18,45	18,07
Cápsula (g)	18,67	18,67	18,69	Cápsula (g)		
Suelo (g)	22,75	14,16	24	Suelo (g)		
Humedad %	21,10	22,67	25,33	Humedad %		
No de Golpes	39	19	10	Límite Plástico (%)		



RESUMEN		
RESULTADOS EN (%)		OBSERV.
Límite líquido	22,20	
Límite plástico	-	
Índice plástico	N.P.	
CLASIFICACION DE SUELO		
Norma	AASHTO	S.U.C.S.
Símbolo	A-1-b (0)	SW-SM
Descripción:	arena bien graduada con limo y grava	

OBSEVACIONES

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

PROYECTO : ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ						
Procedencia (Km): Municipio de Achocalla			Registro: 16			
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro			ID Muestra: M.-016			
Material: SM			Pozo N°: P-16			
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)			Profundidad: -2,00 m			
CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145						
ANALISIS GRANULOMETRICO AASHTO T - 27 - 82						
HÚMEDAD		Natural	Higroscópica	PESO SECO DE LA MUESTRA TOTAL		
Cápsula	20	25	Muestra total húmeda	6.873,73	gr	
Suelo húmedo + Cápsula	1589,6	161,29	Agregado grueso (ret N°10)	3.106,82	gr	
Suelo seco + Cápsula	1516,4	160,4	Pasa N° 10 húmedo	3.766,91	gr	
Peso del agua	73,2	0,9	Pasa N° 10 seco	3.733,68	gr	
Peso de la cápsula	202,2	61,29	Muestra total seca	6.840,50	gr	
Peso del suelo seco	1314,2	99,1	Muestra < No 10 Húmeda	100,00	gr	
Porcentaje de humedad	5,570	0,890	Muestra < N°10 Seca	99,12	gr	
GRANULOMETRIA FRACCION GRUESA						
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA DEL TOTAL	
Pulgadas	mm		gr.	%		
3"	76,20	0,0	0,0	0,0	-	
2 1/2"	63,50	0,0	0,0	0,0	-	
2"	50,80	0,0	0,0	0,0	-	
1 1/2"	38,10	0,0	0,0	0,0	-	
1"	25,40	0,0	0,0	0,0	-	
3/4"	19,05	84,1	84,1	1,2	-	
3/8"	9,50	889,3	973,4	14,2	-	
N° 4	4,75	1111,6	2085,0	30,5	-	
N° 10	2,00	1021,8	3106,8	45,4	-	
GRANULOMETRIA FRACCION FINA						
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA MORTERO	% PASA TOTAL
Pulgadas	mm		gr.	%		
N° 10	2,000	0,00	0,00	0,00	100,00	54,58
N° 20	0,840	22,49	22,49	22,69	77,31	42,20
N° 40	0,420	20,77	43,26	43,65	56,35	30,76
N° 60	0,250	12,41	55,67	56,17	43,83	23,93
N° 140	0,105	14,40	70,07	70,69	29,31	16,00
N° 200	0,075	3,75	73,82	74,48	25,5	13,93
CARACTERISTICAS DE LA GRANULOMETRIA						
D ₆₀ =	2,74					
D ₃₀ =	0,40					
D ₁₀ =	0,04					
CC=	1,39					
CU=	66,38					
GRAVA (%)	30,48					
ARENA (%)	55,59					
FINOS (%)	13,93					
TOTAL (%)	100,00					
LIMITES DE CONSISTENCIA AASHTO T-89, T-90 / CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145						
Ensayado por: Mamani Mamani Rubén / Catacota Quisbert Raúl A.			Fecha de ensayo: 11-marzo-2019			
LIMITE LIQUIDO						
Cápsula No	49	45	59	LIMITE PLASTICO		
C + S + A (g)	48,39	44,28	42,94	Cápsula No	49	
C + S (g)	42,82	38,94	37,46	C + S + A (g)	NP	
Agua (g)	5,57	5,34	5,48	C + S (g)	NP	
Cápsula (g)	18,45	18,07	18,42	Agua (g)		
Suelo (g)	24,37	20,87	19,04	Cápsula (g)	18,45	
Humedad %	22,86	25,59	28,78	Suelo (g)	18,07	
No de Golpes	32	17	7	Humedad %		
				Limite Plastico (%)	-	
RESUMEN						
RESULTADOS EN (%)			OBSERV.			
Limite liquido	23,86					
Limite plastico	-					
Indice plastico	N.P.					
CLASIFICACION DE SUELO						
Norma	AASHTO		S.U.C.S.			
Simbolo	A-1-b (0)		SM			
Descripcion:	arena limosa con grava					
OBSEVACIONES						

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

PROYECTO : ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ						
Procedencia (Km): Municipio de Achocalla			Registro: 17			
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro			ID Muestra: M-017			
Material: SM-SC			Pozo N°: P-17			
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)			Profundidad: -2,00 m			
CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145						
ANALISIS GRANULOMETRICO AASHTO T - 27 - 82						
HÚMEDAD		Natural	Higroscópica	PESO SECO DE LA MUESTRA TOTAL		
Cápsula		20	31	Muestra total húmeda	7.741,22 gr	
Suelo húmedo + Cápsula	1.683,3	1.63,91		Agregado grueso (ret N°10)	2.151,71 gr	
Suelo seco + Cápsula	1.544,5	1.62,3		Pasa N° 10 húmedo	5.589,51 gr	
Peso del agua	138,8	1,6		Pasa N° 10 seco	5.501,49 gr	
Peso de la cápsula	219,3	63,91		Muestra total seca	7.653,20 gr	
Peso del suelo seco	1.325,2	98,4		Muestra < No 10 Húmeda	100,00 gr	
Porcentaje de humedad	10,470	1,600		Muestra < N° 10 Seca	98,43 gr	
GRANULOMETRIA FRACCION GRUESA						
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA DEL TOTAL	
Pulgadas	mm		gr.	%		
3"	76,20	0,0	0,0	0,0	100,0	
2 1/2"	63,50	0,0	0,0	0,0	100,0	
2"	50,80	0,0	0,0	0,0	100,0	
1 1/2"	38,10	96,8	96,8	1,3	98,7	
1"	25,40	268,8	365,6	4,8	95,2	
3/4"	19,05	160,6	526,1	6,9	93,1	
3/8"	9,50	558,5	1084,7	14,2	85,8	
N° 4	4,75	563,0	1647,6	21,5	78,5	
N° 10	2,00	504,1	2151,7	28,1	71,9	
GRANULOMETRIA FRACCION FINA						
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA MORTERO	% PASA TOTAL
Pulgadas	mm		gr.	%		
N° 10	2,000	0,00	0,00	0,00	100,00	71,88
N° 20	0,840	8,89	8,89	9,03	90,97	65,39
N° 40	0,420	12,79	21,68	22,03	77,97	56,05
N° 60	0,250	10,50	32,18	32,69	67,31	48,38
N° 140	0,105	13,90	46,08	46,82	53,18	38,23
N° 200	0,075	4,00	50,08	50,88	49,1	35,31
CARACTERISTICAS DE LA GRANULOMETRIA						
D ₆₀ =		0,56				
D ₃₀ =		0,05				
D ₁₀ =		0,02				
CC=		0,32				
CU=		34,31				
GRAVA (%):		21,53				
ARENA (%):		43,16				
FINOS (%):		35,31				
TOTAL (%):		100,00				
LIMITES DE CONSISTENCIA AASHTO T-89, T-90 / CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145						
Ensayado por: Mamani Mamani Rubén / Catacota Quisbert Raúl A.			Fecha de ensayo: 11-marzo-2019			
LIMITE LIQUIDO						
Cápsula No	42X	10	14	Cápsula No	29	30
C + S + A (g)	37,15	39,45	37,88	C + S + A (g)	28,64	34,32
C + S (g)	32,99	34,59	33,09	C + S (g)	26,51	31,49
Agua (g)	4,16	4,86	4,79	Agua (g)	2,13	2,83
Cápsula (g)	12,84	13,01	13,72	Cápsula (g)	12,40	12,84
Suelo (g)	20,15	21,58	19,37	Suelo (g)	14,11	18,65
Humedad %	20,65	22,52	24,73	Humedad %	15,10	15,17
No de Golpes	38	18	11	Limite Plastico (%)	15,13	
LIMITE PLASTICO						
RESUMEN						
RESULTADOS EN (%)				OBSERV.		
Limite liquido	21,78					
Limite plastico	15,13					
Indice plastico	6,65					
CLASIFICACION DE SUELO						
Norma	AASHTO		S.U.C.S.			
Símbolo	A-4 (0)		SM-SC			
Descripción:	arena limo arcillosa con grava					
OBSEVACIONES						

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

PROYECTO : ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ						
Procedencia (Km): Municipio de Achocalla			Registro: 18			
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro			ID Muestra: M.-018			
Material: SM-SC			Pozo N°: P-18			
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)			Profundidad: -2,00 m			
CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145						
ANALISIS GRANULOMETRICO AASHTO T - 27 - 82						
HÚMEDAD		Natural	Higroscópica	PESO SECO DE LA MUESTRA TOTAL		
Cápsula		33	8	Muestra total húmeda	8.337,39 gr	
Suelo húmedo + Cápsula		1803,0	160,58	Agregado grueso (ret N°10)	1.952,80 gr	
Suelo seco + Cápsula		1653,6	159,5	Pasa N° 10 húmedo	6.384,59 gr	
Peso del agua		149,4	1,1	Pasa N° 10 seco	6.317,00 gr	
Peso de la cápsula		218,7	60,58	Muestra total seca	8.269,80 gr	
Peso del suelo seco		1434,9	98,9	Muestra < No 10 Húmeda	100,00 gr	
Porcentaje de humedad		10,410	1,070	Muestra < N°10 Seca	98,94 gr	
GRANULOMETRIA FRACCION GRUESA						
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA DEL TOTAL	
Pulgadas	mm		gr.	%		
3"	76,20	0,0	0,0	0,0	100,0	
2 1/2"	63,50	0,0	0,0	0,0	100,0	
2"	50,80	0,0	0,0	0,0	100,0	
1 1/2"	38,10	0,0	0,0	0,0	100,0	
1"	25,40	168,6	168,6	2,0	98,0	
3/4"	19,05	300,7	469,3	5,7	94,3	
3/8"	9,50	448,2	917,4	11,1	88,9	
N° 4	4,75	538,9	1456,3	17,6	82,4	
N° 10	2,00	496,5	1952,8	23,6	76,4	
GRANULOMETRIA FRACCION FINA						
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA MORTERO	% PASA TOTAL
Pulgadas	mm		gr.	%		
N° 10	2,000	0,00	0,00	0,00	100,00	76,39
N° 20	0,840	7,69	7,69	7,77	92,23	70,45
N° 40	0,420	9,74	17,43	17,62	82,38	62,93
N° 60	0,250	9,54	26,97	27,26	72,74	55,56
N° 140	0,105	13,53	40,50	40,93	59,07	45,12
N° 200	0,075	4,37	44,87	45,35	54,6	41,75
CARACTERISTICAS DE LA GRANULOMETRIA						
D ₆₀ =	0,34					
D ₃₀ =	0,04					
D ₁₀ =	0,01					
CC=	0,33					
CU=	22,85					
GRAVA (%)	17,61					
ARENA (%)	40,65					
FINOS (%)	41,75					
TOTAL (%)	100,00					
LIMITES DE CONSISTENCIA AASHTO T-89, T-90 / CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145						
Ensayado por: Mamani Mamani Rubén / Catacota Quisbert Raúl A.			Fecha de ensayo: 11-marzo-2019			
LIMITE LIQUIDO						
Cápsula No	60	41	61	LIMITE PLASTICO		
C + S + A (g)	40,41	53,73	47,27	Cápsula No	53	
C + S (g)	36,12	46,72	41,31	C + S + A (g)	38,89	
Agua (g)	4,29	7,01	5,96	C + S (g)	35,51	
Cápsula (g)	18,22	18,45	18,37	Agua (g)	3,38	
Suelo (g)	17,9	28,27	22,94	Cápsula (g)	18,55	
Humedad %	23,97	24,80	25,98	Suelo (g)	16,96	
No de Golpes	36	21	9	Humedad %	19,93	
				Límite Plástico (%)	19,93	
RESUMEN						
RESULTADOS EN (%)						
Límite líquido	24,50	OBSERV.				
Límite plástico	19,93					
Índice plástico	4,57					
CLASIFICACION DE SUELO						
Norma	AASHTO	S.U.C.S.				
Símbolo	A-4 (0)	SM-SC				
Descripción:	arena limo arcillosa con grava					
OBSEVACIONES						

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

PROYECTO : ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ						
Procedencia (Km): Municipio de Achocalla			Registro: 19			
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro			ID Muestra: M.-019			
Material: SM-SC			Pozo N°: P-19			
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)			Profundidad: -2,00 m			
CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145						
ANALISIS GRANULOMETRICO AASHTO T - 27 - 82						
HÚMEDAD		Natural	Higroscópica	PESO SECO DE LA MUESTRA TOTAL		
Cápsula		35	51	Muestra total húmeda	8.486,76 gr	
Suelo húmedo + Cápsula	1.571,9	1.572,4		Agregado grueso (ret N°10)	1.758,67 gr	
Suelo seco + Cápsula	1.470,4	1.55,8		Pasa N° 10 húmedo	6.728,09 gr	
Peso del agua	101,4	1,5		Pasa N° 10 seco	6.629,97 gr	
Peso de la cápsula	220,0	57,24		Muestra total seca	8.388,64 gr	
Peso del suelo seco	1.250,4	98,5		Muestra < No 10 Húmeda	100,00 gr	
Porcentaje de humedad	8,110	1,480		Muestra < N° 10 Secca	98,54 gr	
GRANULOMETRIA FRACCION GRUESA						
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA DEL TOTAL	
Pulgadas	mm		gr.	%		
3"	76,20	0,0	0,0	0,0	100,0	
2 1/2"	63,50	0,0	0,0	0,0	100,0	
2"	50,80	904,0	904,0	10,8	89,2	
1 1/2"	38,10	376,0	1280,0	15,3	84,7	
1"	25,40	94,5	1374,4	16,4	83,6	
3/4"	19,05	91,3	1465,7	17,5	82,5	
3/8"	9,50	86,2	1552,0	18,5	81,5	
N° 4	4,75	80,0	1632,0	19,5	80,5	
N° 10	2,00	126,7	1758,7	21,0	79,0	
GRANULOMETRIA FRACCION FINA						
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA MORTERO	% PASA TOTAL
Pulgadas	mm		gr.	%		
N° 10	2,000	0,00	0,00	0,00	100,00	79,04
N° 20	0,840	4,87	4,87	4,94	95,06	75,13
N° 40	0,420	7,67	12,54	12,73	87,27	68,98
N° 60	0,250	8,81	21,35	21,67	78,33	61,91
N° 140	0,105	13,75	35,10	35,62	64,38	50,88
N° 200	0,075	5,60	40,70	41,30	58,7	46,39
						CARACTERISTICAS DE LA GRANULOMETRIA D ₆₀ = 0,22 D ₃₀ = 0,04 D ₁₀ = 0,01 CC= 0,41 CU= 15,13 GRAVA (%): 19,45 ARENA (%): 34,15 FINOS (%): 46,39 TOTAL (%): 100,00
LIMITES DE CONSISTENCIA AASHTO T-89, T-90 / CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145						
Ensayado por: Mamani Mamani Rubén / Catacota Quisbert Raúl A.			Fecha de ensayo: 11-marzo-2019			
LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO			
Cápsula No	84	79	81	Cápsula No	69	76
C + S + A (g)	56,11	46,83	52,10	C + S + A (g)	27,78	31,26
C + S (g)	48,14	40,48	44,60	C + S (g)	24,68	28,31
Agua (g)	7,97	6,35	7,50	Agua (g)	3,10	2,95
Cápsula (g)	12,34	12,60	12,74	Cápsula (g)	7,45	11,76
Suelo (g)	35,8	27,88	31,86	Suelo (g)	17,23	16,55
Humedad %	22,26	22,78	23,54	Humedad %	17,99	17,82
No de Golpes	33	19	13	Limite Plastico (%)	17,91	
			RESUMEN RESULTADOS EN (%) Limite liquido: 22,55 Limite plastico: 17,91 indice plastico: 4,64 OBSERV.			
15,00 17,00 19,00 21,00 23,00 25,00 % Humedad			CLASIFICACION DE SUELO Norma: AASHTO Símbolo: A-4 (0) Descripción: arena limo arcillosa con grava S.U.C.S.: SM-SC			
OBSEVACIONES						

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

PROYECTO : ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ						
Procedencia (Km): Municipio de Achocalla			Registro: 20			
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro			ID Muestra: M.-020			
Material: SM			Pozo N°: P-20			
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)			Profundidad: -2,00 m			
CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145						
ANALISIS GRANULOMETRICO AASHTO T - 27 - 82						
HÚMEDAD		Natural	Higroscópica	PESO SECO DE LA MUESTRA TOTAL		
Cápsula		25	83	Muestra total húmeda	6.313,65 gr	
Suelo húmedo + Cápsula	1.684,5	178,41		Agregado grueso (ret N°10)	447,66 gr	
Suelo seco + Cápsula	1.559,2	177,4		Pasa N° 10 húmedo	5.865,99 gr	
Peso del agua	125,3	1,0		Pasa N° 10 seco	5.807,34 gr	
Peso de la cápsula	214,0	78,41		Muestra total seca	6.255,00 gr	
Peso del suelo seco	1.345,2	99,0		Muestra < No 10 Húmeda	100,00 gr	
Porcentaje de humedad	9,320	1,010		Muestra < N°10 Seca	99,00 gr	
GRANULOMETRIA FRACCION GRUESA						
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA DEL TOTAL	
Pulgadas	mm		gr.	%		
3"	76,20	0,0	0,0	0,0	100,0	
2 1/2"	63,50	0,0	0,0	0,0	100,0	
2"	50,80	341,4	341,4	5,5	94,5	
1 1/2"	38,10	0,0	0,0	0,0	100,0	
1"	25,40	0,0	0,0	0,0	100,0	
3/4"	19,05	69,6	69,6	1,1	98,9	
3/8"	9,50	80,4	150,0	2,4	97,6	
N° 4	4,75	111,1	261,0	4,2	95,8	
N° 10	2,00	186,7	447,7	7,2	92,8	
GRANULOMETRIA FRACCION FINA						
TAMIZ		Peso Retenido gr.	RETENIDO ACUMULADO		% PASA	
Pulgadas	mm		gr.	%	MORTERO TOTAL	
N° 10	2,000	0,00	0,00	0,00	100,00 92,84	
N° 20	0,840	9,99	9,99	10,09	89,91 83,47	
N° 40	0,420	11,82	21,81	22,03	77,97 72,39	
N° 60	0,250	10,20	32,01	32,33	67,67 62,82	
N° 140	0,105	15,29	47,30	47,78	52,22 48,48	
N° 200	0,075	4,51	51,81	52,33	47,7 44,26	
			CARACTERISTICAS DE LA GRANULOMETRIA			
			D ₆₀ =	0,21		
D ₃₀ =	0,04					
D ₁₀ =	0,01					
CC=	0,47					
CU=	14,50					
			GRAVA (%): 4,17			
			ARENA (%): 51,57			
			FINOS (%): 44,26			
			TOTAL (%): 100,00			
LIMITES DE CONSISTENCIA AASHTO T-89, T-90 / CLASIFICACION DE SUELOS AASHTO M-145						
Ensayado por: Mamani Mamani Rubén / Catacota Quisbert Raúl A.			Fecha de ensayo: 11-marzo-2019			
LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO			
Cápsula No	78	37	11	Cápsula No	74	77
C + S + A (g)	47,10	59,20	49,38	C + S + A (g)	NP	NP
C + S (g)	41,42	50,92	42,62	C + S (g)	NP	NP
Agua (g)	5,68	8,28	6,76	Agua (g)		
Cápsula (g)	12,56	12,70	12,95	Cápsula (g)	12,54	11,12
Suelo (g)	28,86	38,22	29,67	Suelo (g)		
Humedad %	19,68	21,66	22,78	Humedad %		
No de Golpes	37	19	11	Límite Plástico (%)	-	
			RESUEMEN			
			RESULTADOS EN (%)			OBSERV.
			Límite líquido	20,73		
			Límite plástico	-		
Índice plástico	N.P.					
CLASIFICACION DE SUELO						
Norma	AASHTO	S.U.C.S.				
Símbolo	A-4 (0)	SM				
Descripción:	arena limosa					
OBSEVACIONES						

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

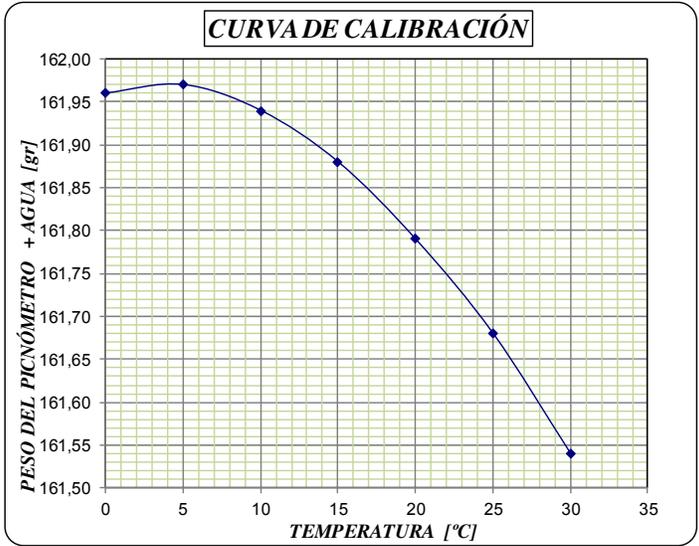
PROYECTO :

ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ

Procedencia (Km): Municipio de Achocalla	Registro: 01
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro	ID Muestra: M-001
Material: SM-SC	Pozo N°: P-1
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)	Profundidad: -02 m

ENSAYOS DE PESO ESPECÍFICO RELATIVO G_s

Picnómetro N°	1
Peso del picnómetro W_B [gr] =	61,87



$$W_{2i} = \frac{\gamma_{wT_i}}{\gamma_{wT}} [W_2 - W_B] + W_B$$

W_{2i} = (Peso del picnómetro + agua) a la temperatura "i" correspondiente

Temp. [°C]	g _{wT}	W _{2i}
0	0,9999	161,96
5	1,0000	161,97
10	0,9997	161,94
15	0,9991	161,88
20	0,9982	161,79
25	0,9971	161,68
30	0,9957	161,54

$$G_{s_{20^{\circ}C}} = \frac{K_T \cdot W_s}{W_s - W_1 + W_2}$$

			Para el agua :	
Picnómetro N°		1	Temp T [°C]	G _T [gr/cm ³]
Peso picnómetro + agua + suelo :	W ₁ [gr] =	187,04	10	0,9997
Temperatura :	(T) [°C] =	17	11	0,9996
Peso picnómetro + agua :	W ₂ [gr] =	161,85	12	0,9995
Recipiente de evaporación :	N° =	39	13	0,9994
Peso del recipiente + suelo seco :	W _{rs} [gr] =	109,72	14	0,9993
Peso del recipiente :	W _r [gr] =	70,10	15	0,9991
Peso del suelo seco = W _{rs} - W _r :	W _s [gr] =	39,62	16	0,9990
Peso específico del agua a Temp (T):	g _{wT} [gr/cm ³] =	0,9988	17	0,9988
Relación entre densidades del agua :	K _T =	1,0006	18	0,9986
Peso específico del suelo (G _s) _{20°C} :	(G _s) _{20°C} [gr/cm ³] =	2,747	19	0,9984
Peso específico del suelo parte fina :	(G_s) =	2,747	20	0,9982
W ₂ = Se obtiene de la curva de calibración para la temperatura de ensayo			21	0,9980
W ₂ = 161,850			22	0,9978

Observaciones. -

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

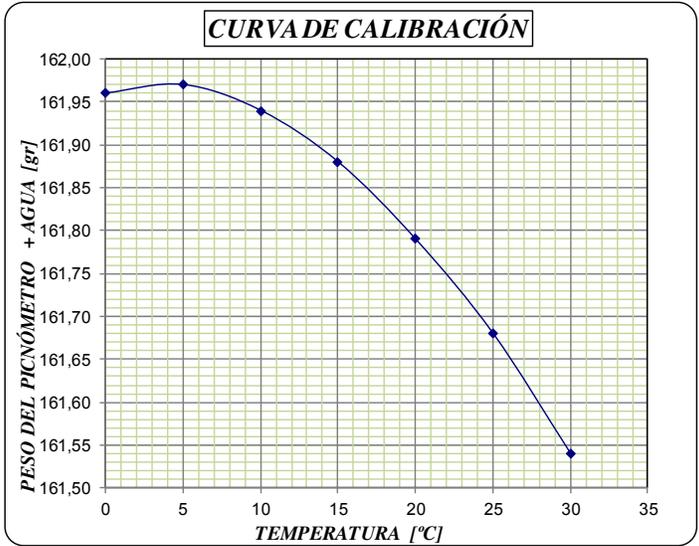
PROYECTO :

ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ

Procedencia (Km): Municipio de Achocalla	Registro: 02
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro	ID Muestra: M-002
Material: GW-GC	Pozo N°: P-2
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)	Profundidad: -02 m

ENSAYOS DE PESO ESPECÍFICO RELATIVO G_s

Picnómetro N°	1
Peso del picnómetro W_B [gr] =	61,87



$$W_{2i} = \frac{\gamma_{wT}}{\gamma_{wT}} [W_2 - W_B] + W_B$$

W_{2i} = (Peso del picnómetro + agua) a la temperatura "i" correspondiente

Temp. [°C]	g _{wT}	W _{2i}
0	0,9999	161,96
5	1,0000	161,97
10	0,9997	161,94
15	0,9991	161,88
20	0,9982	161,79
25	0,9971	161,68
30	0,9957	161,54

$$G_{s_{20^{\circ}C}} = \frac{K_T \cdot W_s}{W_s - W_1 + W_2}$$

Picnómetro N°		1	Temp T [°C]	G _T [gr/cm ³]
Peso picnómetro + agua + suelo :	W ₁ [gr] =	187,84	10	0,9997
Temperatura :	(T) [°C] =	17	11	0,9996
Peso picnómetro + agua :	W ₂ [gr] =	161,85	12	0,9995
Recipiente de evaporación :	N° =	9	13	0,9994
Peso del recipiente + suelo seco :	W _{rs} [gr] =	103,94	14	0,9993
Peso del recipiente :	W _r [gr] =	64,37	15	0,9991
Peso del suelo seco = W _{rs} - W _r :	W _s [gr] =	39,57	16	0,9990
Peso específico del agua a Temp (T):	g _{wT} [gr/cm ³] =	0,9988	17	0,9988
Relación entre densidades del agua :	K _T =	1,0006	18	0,9986
Peso específico del suelo (G _s) _{20°C} :	(G _s) _{20°C} [gr/cm ³] =	2,916	19	0,9984
Peso específico del suelo parte fina :	(G_s) =	2,916	20	0,9982
W ₂ = Se obtiene de la curva de calibración para la temperatura de ensayo			21	0,9980
W ₂ = 161,850			22	0,9978

Observaciones. -

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

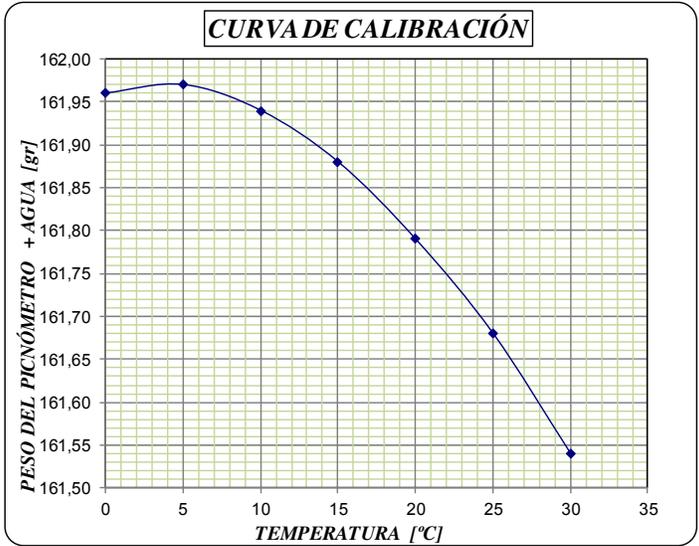
PROYECTO :

ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ

Procedencia (Km): Municipio de Achocalla	Registro: 03
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro	ID Muestra: M-003
Material: SM	Pozo N°: P-3
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)	Profundidad: -02 m

ENSAYOS DE PESO ESPECÍFICO RELATIVO G_s

Picnómetro N°	1
Peso del picnómetro W_B [gr] =	61,87



$$W_{2i} = \frac{\gamma_{wT}}{\gamma_{wT}} [W_2 - W_B] + W_B$$

W_{2i} = (Peso del picnómetro + agua) a la temperatura "i" correspondiente

Temp. [°C]	g _{wT}	W _{2i}
0	0,9999	161,96
5	1,0000	161,97
10	0,9997	161,94
15	0,9991	161,88
20	0,9982	161,79
25	0,9971	161,68
30	0,9957	161,54

$$G_{s_{20^{\circ}C}} = \frac{K_T \cdot W_s}{W_s - W_1 + W_2}$$

Para el agua :

Picnómetro N°		1	Temp T [°C]	G _T [gr/cm ³]	
Peso picnómetro + agua + suelo :	W ₁ [gr] =	186,6	10	0,9997	
Temperatura :	(T) [°C] =	17	11	0,9996	
Peso picnómetro + agua :	W ₂ [gr] =	161,85	12	0,9995	
Recipiente de evaporación :	N° =	5	13	0,9994	
Peso del recipiente + suelo seco :	W _{rs} [gr] =	117,17	14	0,9993	
Peso del recipiente :	W _r [gr] =	77,57	15	0,9991	
Peso del suelo seco = W _{rs} - W _r :	W _s [gr] =	39,60	16	0,9990	
Peso específico del agua a Temp (T):	g _{wT} [gr/cm ³] =	0,9988	17	0,9988	
Relación entre densidades del agua :	K _T =	1,0006	18	0,9986	
Peso específico del suelo (G _s) _{20°C} :	(G _s) _{20°C} [gr/cm ³] =	2,668	19	0,9984	
Peso específico del suelo parte fina :	(G_s) =	2,668	20	0,9982	
W ₂ = Se obtiene de la curva de calibración para la temperatura de ensayo				21	0,9980
W ₂ = 161,850				22	0,9978

Observaciones. -

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

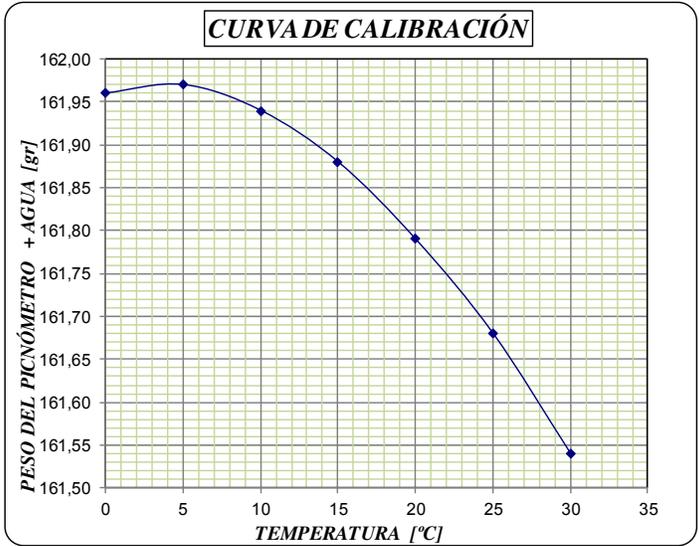
PROYECTO :

ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ

Procedencia (Km): Municipio de Achocalla	Registro: 04
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro	ID Muestra: M-004
Material: ML	Pozo N°: P-4
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)	Profundidad: -02 m

ENSAYOS DE PESO ESPECÍFICO RELATIVO G_s

Picnómetro N°	1
Peso del picnómetro W_B [gr] =	61,87



$$W_{2i} = \frac{\gamma_{wT}}{\gamma_{wT}} [W_2 - W_B] + W_B$$

W_{2i} = (Peso del picnómetro + agua) a la temperatura "i" correspondiente

Temp. [°C]	g _{wT}	W _{2i}
0	0,9999	161,96
5	1,0000	161,97
10	0,9997	161,94
15	0,9991	161,88
20	0,9982	161,79
25	0,9971	161,68
30	0,9957	161,54

$$G_{s_{20^{\circ}C}} = \frac{K_T \cdot W_s}{W_s - W_1 + W_2}$$

Picnómetro N°		1	Temp T [°C]	G _T [gr/cm ³]	
Peso picnómetro + agua + suelo :	W ₁ [gr] =	186,73	10	0,9997	
Temperatura :	(T) [°C] =	17	11	0,9996	
Peso picnómetro + agua :	W ₂ [gr] =	161,85	12	0,9995	
Recipiente de evaporación :	N° =	48	13	0,9994	
Peso del recipiente + suelo seco :	W _{rs} [gr] =	103,57	14	0,9993	
Peso del recipiente :	W _r [gr] =	64,03	15	0,9991	
Peso del suelo seco = W _{rs} - W _r :	W _s [gr] =	39,54	16	0,9990	
Peso específico del agua a Temp (T):	g _{wT} [gr/cm ³] =	0,9988	17	0,9988	
Relación entre densidades del agua :	K _T =	1,0006	18	0,9986	
Peso específico del suelo (G _s) _{20°C} :	(G _s) _{20°C} [gr/cm ³] =	2,699	19	0,9984	
Peso específico del suelo parte fina :	(G_s) =	2,699	20	0,9982	
W ₂ = Se obtiene de la curva de calibración para la temperatura de ensayo				21	0,9980
W ₂ = 161,850				22	0,9978

Observaciones. -

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

PROYECTO :

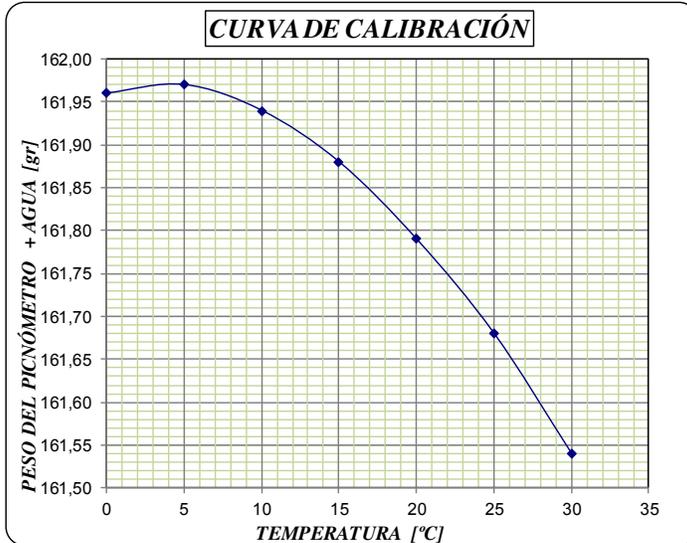
ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ

Procedencia (Km): Municipio de Achocalla
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro
Material: CL-ML
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)

Registro: 05
ID Muestra: M-005
Pozo N°: P-5
Profundidad: -02 m

ENSAYOS DE PESO ESPECÍFICO RELATIVO G_s

Picnómetro N°	1
Peso del picnómetro W_B [gr] =	61,87



$$W_{2i} = \frac{\gamma_{wT_i}}{\gamma_{wT}} [W_2 - W_B] + W_B$$

W_{2i} = (Peso del picnómetro + agua) a la temperatura "i" correspondiente

Temp. [°C]	γ_{wT}	W_{2i}
0	0,9999	161,96
5	1,0000	161,97
10	0,9997	161,94
15	0,9991	161,88
20	0,9982	161,79
25	0,9971	161,68
30	0,9957	161,54

$$G_{s_{20^\circ C}} = \frac{K_T \cdot W_s}{W_s - W_1 + W_2}$$

Para el agua :

Picnómetro N°		1	Temp T [°C]	G _T [gr/cm ³]
Peso picnómetro + agua + suelo :	W ₁ [gr] =	186,33	10	0,9997
Temperatura :	(T) [°C] =	17	11	0,9996
Peso picnómetro + agua :	W ₂ [gr] =	161,85	12	0,9995
Recipiente de evaporación :	N° =	57	13	0,9994
Peso del recipiente + suelo seco :	W _{rs} [gr] =	112,78	14	0,9993
Peso del recipiente :	W _r [gr] =	73,64	15	0,9991
Peso del suelo seco = W _{rs} - W _r :	W _s [gr] =	39,14	16	0,9990
Peso específico del agua a Temp (T):	g _{wT} [gr/cm ³] =	0,9988	17	0,9988
Relación entre densidades del agua :	K _T =	1,0006	18	0,9986
Peso específico del suelo (G _s) _{20°C} :	(G _s) _{20°C} [gr/cm ³] =	2,671	19	0,9984
Peso específico del suelo parte fina :	(G_s) =	2,671	20	0,9982
W ₂ = Se obtiene de la curva de calibración para la temperatura de ensayo			21	0,9980
W ₂ = 161,850			22	0,9978

Observaciones. -

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

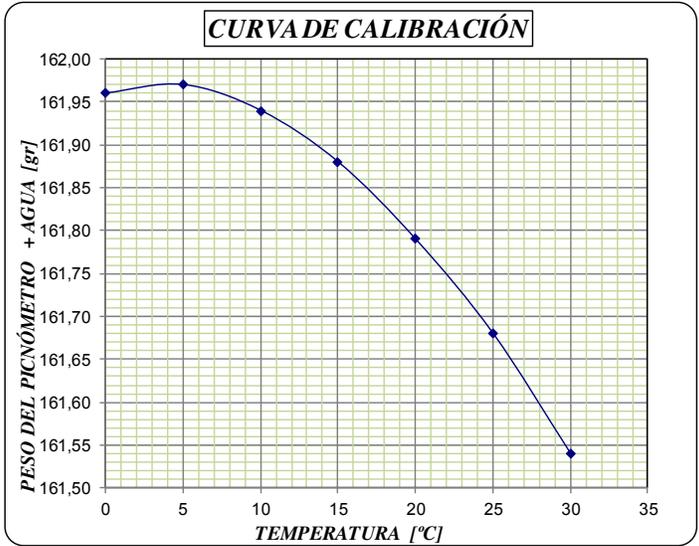
PROYECTO :

ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ

Procedencia (Km): Municipio de Achocalla	Registro: 06
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro	ID Muestra: M-006
Material: SM-SC	Pozo N°: P-6
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)	Profundidad: -02 m

ENSAYOS DE PESO ESPECÍFICO RELATIVO G_s

Picnómetro N°	1
Peso del picnómetro W_B [gr] =	61,87



$$W_{2i} = \frac{\gamma_{wT}}{\gamma_{wT}} [W_2 - W_B] + W_B$$

W_{2i} = (Peso del picnómetro + agua) a la temperatura "i" correspondiente

Temp. [°C]	γ_{wT}	W_{2i}
0	0,9999	161,96
5	1,0000	161,97
10	0,9997	161,94
15	0,9991	161,88
20	0,9982	161,79
25	0,9971	161,68
30	0,9957	161,54

$$G_{s_{20^{\circ}C}} = \frac{K_T \cdot W_s}{W_s - W_1 + W_2}$$

Picnómetro N°		1	Temp T [°C]	G _T [gr/cm ³]	
Peso picnómetro + agua + suelo :	W ₁ [gr] =	186,19	10	0,9997	
Temperatura :	(T) [°C] =	17	11	0,9996	
Peso picnómetro + agua :	W ₂ [gr] =	161,85	12	0,9995	
Recipiente de evaporación :	N° =	1	13	0,9994	
Peso del recipiente + suelo seco :	W _{rs} [gr] =	112,11	14	0,9993	
Peso del recipiente :	W _r [gr] =	72,74	15	0,9991	
Peso del suelo seco = W _{rs} - W _r :	W _s [gr] =	39,37	16	0,9990	
Peso específico del agua a Temp (T):	g _{wT} [gr/cm ³] =	0,9988	17	0,9988	
Relación entre densidades del agua :	K _T =	1,0006	18	0,9986	
Peso específico del suelo (G _s) _{20°C} :	(G _s) _{20°C} [gr/cm ³] =	2,621	19	0,9984	
Peso específico del suelo parte fina :	(G_s) =	2,621	20	0,9982	
W ₂ = Se obtiene de la curva de calibración para la temperatura de ensayo				21	0,9980
W ₂ = 161,850				22	0,9978

Observaciones. -

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

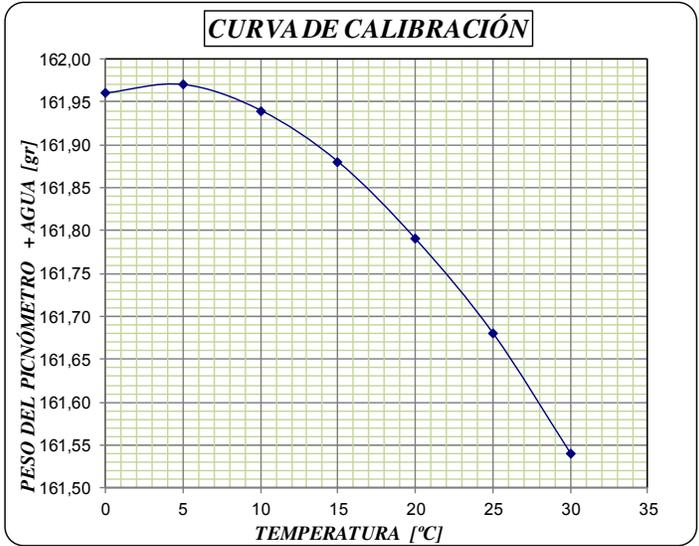
PROYECTO :

ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ

Procedencia (Km): Municipio de Achocalla	Registro: 07
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro	ID Muestra: M-007
Material: SM	Pozo N°: P-7
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)	Profundidad: -02 m

ENSAYOS DE PESO ESPECÍFICO RELATIVO G_s

Picnómetro N°	1
Peso del picnómetro W_B [gr] =	61,87



$$W_{2i} = \frac{\gamma_{wT}}{\gamma_{wT}} [W_2 - W_B] + W_B$$

W_{2i} = (Peso del picnómetro + agua) a la temperatura "i" correspondiente

Temp. [°C]	g _{wT}	W _{2i}
0	0,9999	161,96
5	1,0000	161,97
10	0,9997	161,94
15	0,9991	161,88
20	0,9982	161,79
25	0,9971	161,68
30	0,9957	161,54

$$G_{s_{20^{\circ}C}} = \frac{K_T \cdot W_s}{W_s - W_1 + W_2}$$

Picnómetro N°		1	Temp T [°C]	G _T [gr/cm ³]	
Peso picnómetro + agua + suelo :	W ₁ [gr] =	186,47	10	0,9997	
Temperatura :	(T) [°C] =	17	11	0,9996	
Peso picnómetro + agua :	W ₂ [gr] =	161,85	12	0,9995	
Recipiente de evaporación :	N° =	26	13	0,9994	
Peso del recipiente + suelo seco :	W _{rs} [gr] =	111,25	14	0,9993	
Peso del recipiente :	W _r [gr] =	71,79	15	0,9991	
Peso del suelo seco = W _{rs} - W _r :	W _s [gr] =	39,46	16	0,9990	
Peso específico del agua a Temp (T):	g _{wT} [gr/cm ³] =	0,9988	17	0,9988	
Relación entre densidades del agua :	K _T =	1,0006	18	0,9986	
Peso específico del suelo (G _s) _{20°C} :	(G _s) _{20°C} [gr/cm ³] =	2,661	19	0,9984	
Peso específico del suelo parte fina :	(G_s) =	2,661	20	0,9982	
W ₂ = Se obtiene de la curva de calibración para la temperatura de ensayo				21	0,9980
W ₂ = 161,850				22	0,9978

Observaciones. -

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

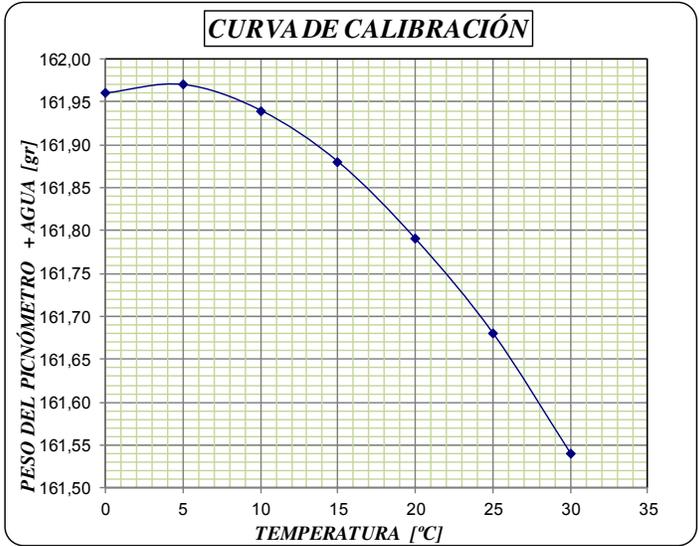
PROYECTO :

ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ

Procedencia (Km): Municipio de Achocalla	Registro: 08
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro	ID Muestra: M-008
Material: SM	Pozo N°: P-8
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)	Profundidad: -02 m

ENSAYOS DE PESO ESPECÍFICO RELATIVO G_s

Picnómetro N°	1
Peso del picnómetro W_B [gr] =	61,87



$$W_{2i} = \frac{\gamma_{wT}}{\gamma_{wT}} [W_2 - W_B] + W_B$$

W_{2i} = (Peso del picnómetro + agua) a la temperatura "i" correspondiente

Temp. [°C]	g _{wT}	W _{2i}
0	0,9999	161,96
5	1,0000	161,97
10	0,9997	161,94
15	0,9991	161,88
20	0,9982	161,79
25	0,9971	161,68
30	0,9957	161,54

$$G_{s_{20^{\circ}C}} = \frac{K_T \cdot W_s}{W_s - W_1 + W_2}$$

			Para el agua :	
Picnómetro N°		1	Temp T [°C]	G _T [gr/cm ³]
Peso picnómetro + agua + suelo :	W ₁ [gr] =	186,41	10	0,9997
Temperatura :	(T) [°C] =	17	11	0,9996
Peso picnómetro + agua :	W ₂ [gr] =	161,85	12	0,9995
Recipiente de evaporación :	N° =	15	13	0,9994
Peso del recipiente + suelo seco :	W _{rs} [gr] =	102,82	14	0,9993
Peso del recipiente :	W _r [gr] =	63,30	15	0,9991
Peso del suelo seco = W _{rs} - W _r :	W _s [gr] =	39,52	16	0,9990
Peso específico del agua a Temp (T):	g _{wT} [gr/cm ³] =	0,9988	17	0,9988
Relación entre densidades del agua :	K _T =	1,0006	18	0,9986
Peso específico del suelo (G _s) _{20°C} :	(G _s) _{20°C} [gr/cm ³] =	2,643	19	0,9984
Peso específico del suelo parte fina :	(G_s) =	2,643	20	0,9982
W ₂ = Se obtiene de la curva de calibración para la temperatura de ensayo			21	0,9980
W ₂ = 161,850			22	0,9978

Observaciones. -

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

PROYECTO :

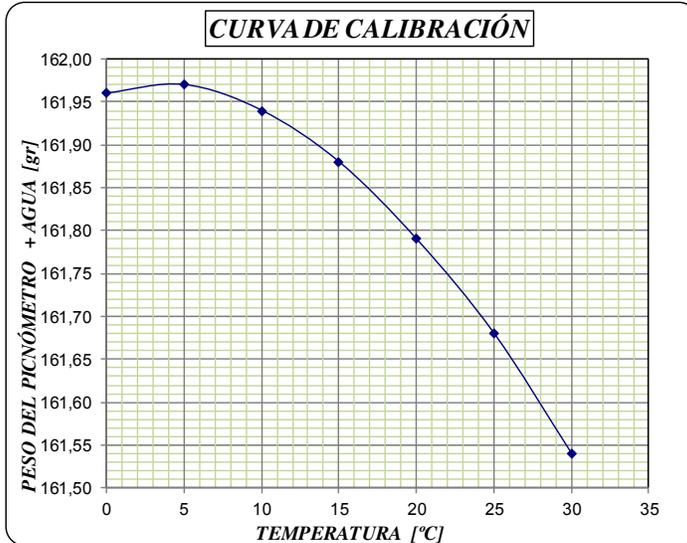
ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ

Procedencia (Km): Municipio de Achocalla
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro
Material: SM-SC
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)

Registro: 09
ID Muestra: M-009
Pozo N°: P-9
Profundidad: -02 m

ENSAYOS DE PESO ESPECÍFICO RELATIVO G_s

Picnómetro N°	1
Peso del picnómetro W _B [gr] =	61,87



$$W_{2i} = \frac{\gamma_{wT}}{\gamma_{wT}} [W_2 - W_B] + W_B$$

W_{2i} = (Peso del picnómetro + agua) a la temperatura "i" correspondiente

Temp. [°C]	g _{wT}	W _{2i}
0	0,9999	161,96
5	1,0000	161,97
10	0,9997	161,94
15	0,9991	161,88
20	0,9982	161,79
25	0,9971	161,68
30	0,9957	161,54

$$G_{s_{20^{\circ}C}} = \frac{K_T \cdot W_s}{W_s - W_1 + W_2}$$

Para el agua :

Picnómetro N°		1	Temp T [°C]	G _T [gr/cm ³]	
Peso picnómetro + agua + suelo :	W ₁ [gr] =	186,73	10	0,9997	
Temperatura :	(T) [°C] =	17	11	0,9996	
Peso picnómetro + agua :	W ₂ [gr] =	161,85	12	0,9995	
Recipiente de evaporación :	N° =	62	13	0,9994	
Peso del recipiente + suelo seco :	W _{rs} [gr] =	112,69	14	0,9993	
Peso del recipiente :	W _r [gr] =	73,19	15	0,9991	
Peso del suelo seco = W _{rs} - W _r :	W _s [gr] =	39,50	16	0,9990	
Peso específico del agua a Temp (T):	g _{wT} [gr/cm ³] =	0,9988	17	0,9988	
Relación entre densidades del agua :	K _T =	1,0006	18	0,9986	
Peso específico del suelo (G _s) _{20°C} :	(G _s) _{20°C} [gr/cm ³] =	2,703	19	0,9984	
Peso específico del suelo parte fina :	(G_s) =	2,703	20	0,9982	
W ₂ = Se obtiene de la curva de calibración para la temperatura de ensayo				21	0,9980
W ₂ = 161,850				22	0,9978

Observaciones. -

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

PROYECTO :

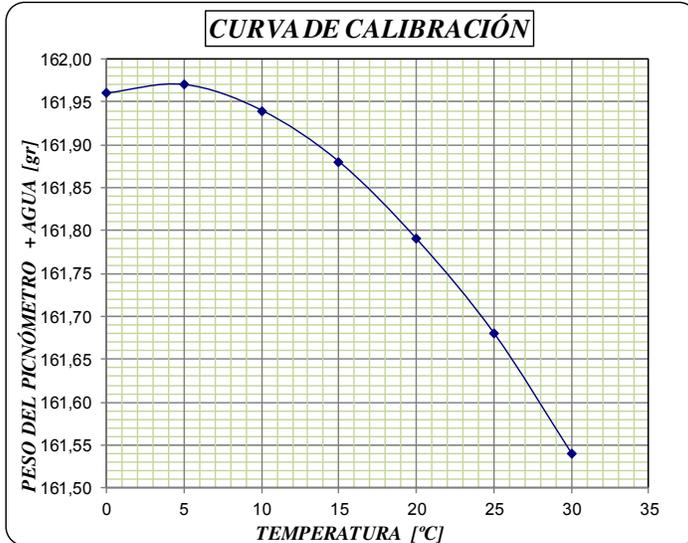
ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ

Procedencia (Km): Municipio de Achocalla
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro
Material: SM-SC
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)

Registro: 10
ID Muestra: M-010
Pozo N°: P-10
Profundidad: -02 m

ENSAYOS DE PESO ESPECÍFICO RELATIVO G_s

Picnómetro N°	1
Peso del picnómetro W _B [gr] =	61,87



$$W_{2i} = \frac{\gamma_{wT_i}}{\gamma_{wT}} [W_2 - W_B] + W_B$$

W_{2i} = (Peso del picnómetro + agua) a la temperatura "i" correspondiente

Temp. [°C]	g _{wT}	W _{2i}
0	0,9999	161,96
5	1,0000	161,97
10	0,9997	161,94
15	0,9991	161,88
20	0,9982	161,79
25	0,9971	161,68
30	0,9957	161,54

$$G_{s_{20^{\circ}C}} = \frac{K_T \cdot W_s}{W_s - W_1 + W_2}$$

Para el agua :

Picnómetro N°		1	Temp T [°C]	G _T [gr/cm ³]	
Peso picnómetro + agua + suelo :	W ₁ [gr] =	186,61	10	0,9997	
Temperatura :	(T) [°C] =	17	11	0,9996	
Peso picnómetro + agua :	W ₂ [gr] =	161,85	12	0,9995	
Recipiente de evaporación :	N° =	38	13	0,9994	
Peso del recipiente + suelo seco :	W _{rs} [gr] =	119,15	14	0,9993	
Peso del recipiente :	W _r [gr] =	79,63	15	0,9991	
Peso del suelo seco = W _{rs} - W _r :	W _s [gr] =	39,52	16	0,9990	
Peso específico del agua a Temp (T):	g _{wT} [gr/cm ³] =	0,9988	17	0,9988	
Relación entre densidades del agua :	K _T =	1,0006	18	0,9986	
Peso específico del suelo (G _s) _{20°C} :	(G _s) _{20°C} [gr/cm ³] =	2,679	19	0,9984	
Peso específico del suelo parte fina :	(G_s) =	2,679	20	0,9982	
W ₂ = Se obtiene de la curva de calibración para la temperatura de ensayo				21	0,9980
W ₂ = 161,850				22	0,9978

Observaciones.-

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

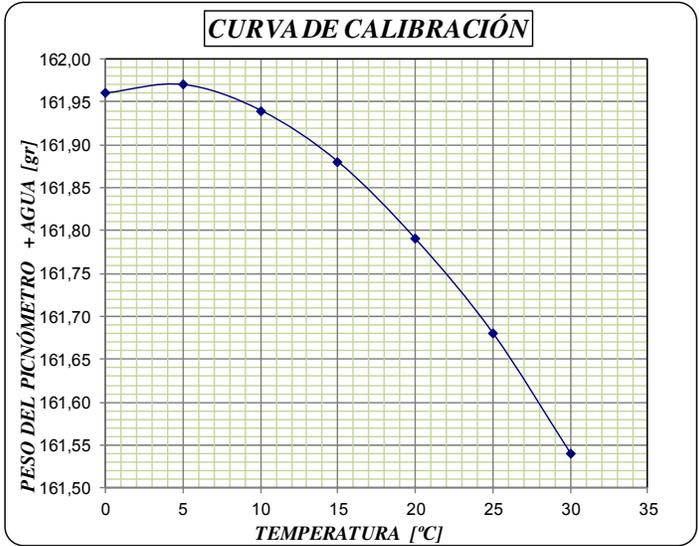
PROYECTO :

ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ

Procedencia (Km): Municipio de Achocalla	Registro: 11
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro	ID Muestra: M-011
Material: SM-SC	Pozo N°: P-11
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)	Profundidad: -02 m

ENSAYOS DE PESO ESPECÍFICO RELATIVO G_s

Picnómetro N°	1
Peso del picnómetro W_B [gr] =	61,87



$$W_{2i} = \frac{\gamma_{wT}}{\gamma_{wT}} [W_2 - W_B] + W_B$$

W_{2i} = (Peso del picnómetro + agua) a la temperatura "i" correspondiente

Temp. [°C]	g _{wT}	W _{2i}
0	0,9999	161,96
5	1,0000	161,97
10	0,9997	161,94
15	0,9991	161,88
20	0,9982	161,79
25	0,9971	161,68
30	0,9957	161,54

$$G_{s_{20^{\circ}C}} = \frac{K_T \cdot W_s}{W_s - W_1 + W_2}$$

Picnómetro N°		1	Temp T [°C]	G _T [gr/cm ³]	
Peso picnómetro + agua + suelo :	W ₁ [gr] =	186,79	10	0,9997	
Temperatura :	(T) [°C] =	17	11	0,9996	
Peso picnómetro + agua :	W ₂ [gr] =	161,85	12	0,9995	
Recipiente de evaporación :	N° =	42	13	0,9994	
Peso del recipiente + suelo seco :	W _{rs} [gr] =	115,44	14	0,9993	
Peso del recipiente :	W _r [gr] =	75,97	15	0,9991	
Peso del suelo seco = W _{rs} - W _r :	W _s [gr] =	39,47	16	0,9990	
Peso específico del agua a Temp (T):	g _{wT} [gr/cm ³] =	0,9988	17	0,9988	
Relación entre densidades del agua :	K _T =	1,0006	18	0,9986	
Peso específico del suelo (G _s) _{20°C} :	(G _s) _{20°C} [gr/cm ³] =	2,718	19	0,9984	
Peso específico del suelo parte fina :	(G_s) =	2,718	20	0,9982	
W ₂ = Se obtiene de la curva de calibración para la temperatura de ensayo				21	0,9980
W ₂ = 161,850				22	0,9978

Observaciones. -

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

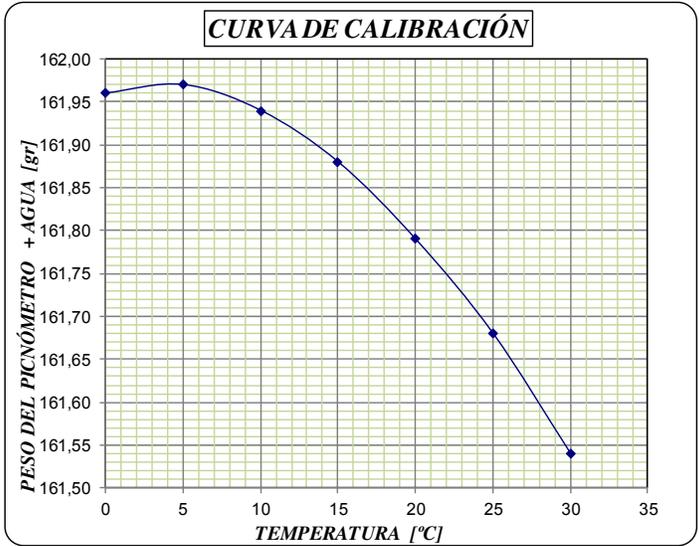
PROYECTO :

ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ

Procedencia (Km): Municipio de Achocalla	Registro: 12
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro	ID Muestra: M-012
Material: CL	Pozo N°: P-12
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)	Profundidad: -02 m

ENSAYOS DE PESO ESPECÍFICO RELATIVO G_s

Picnómetro N°	1
Peso del picnómetro W_B [gr] =	61,87



$$W_{2i} = \frac{\gamma_{wT_i}}{\gamma_{wT}} [W_2 - W_B] + W_B$$

W_{2i} = (Peso del picnómetro + agua) a la temperatura "i" correspondiente

Temp. [°C]	g _{wT}	W _{2i}
0	0,9999	161,96
5	1,0000	161,97
10	0,9997	161,94
15	0,9991	161,88
20	0,9982	161,79
25	0,9971	161,68
30	0,9957	161,54

$$G_{s_{20^\circ C}} = \frac{K_T \cdot W_s}{W_s - W_1 + W_2}$$

Para el agua :

Picnómetro N°		1	Temp T [°C]	G _T [gr/cm ³]	
Peso picnómetro + agua + suelo :	W ₁ [gr] =	186,8	10	0,9997	
Temperatura :	(T) [°C] =	17	11	0,9996	
Peso picnómetro + agua :	W ₂ [gr] =	161,85	12	0,9995	
Recipiente de evaporación :	N° =	31	13	0,9994	
Peso del recipiente + suelo seco :	W _{rs} [gr] =	101,34	14	0,9993	
Peso del recipiente :	W _r [gr] =	61,80	15	0,9991	
Peso del suelo seco = W _{rs} - W _r :	W _s [gr] =	39,54	16	0,9990	
Peso específico del agua a Temp (T):	g _{wT} [gr/cm ³] =	0,9988	17	0,9988	
Relación entre densidades del agua :	K _T =	1,0006	18	0,9986	
Peso específico del suelo (G _s) _{20°C} :	(G _s) _{20°C} [gr/cm ³] =	2,712	19	0,9984	
Peso específico del suelo parte fina :	(G_s) =	2,712	20	0,9982	
W ₂ = Se obtiene de la curva de calibración para la temperatura de ensayo				21	0,9980
W ₂ = 161,850				22	0,9978

Observaciones. -

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

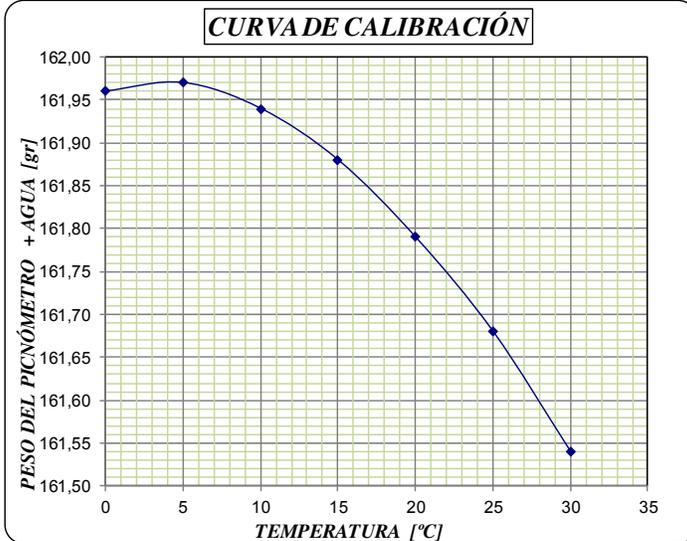
PROYECTO :

ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ

Procedencia (Km): Municipio de Achocalla	Registro: 13
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro	ID Muestra: M-013
Material: SM	Pozo N°: P-13
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)	Profundidad: -02 m

ENSAYOS DE PESO ESPECÍFICO RELATIVO G_s

Picnómetro N°	1
Peso del picnómetro W_B [gr] =	61,87



$$W_{2i} = \frac{\gamma_{wT}}{\gamma_{wT}} [W_2 - W_B] + W_B$$

W_{2i} = (Peso del picnómetro + agua) a la temperatura "i" correspondiente

Temp. [°C]	g _{wT}	W _{2i}
0	0,9999	161,96
5	1,0000	161,97
10	0,9997	161,94
15	0,9991	161,88
20	0,9982	161,79
25	0,9971	161,68
30	0,9957	161,54

$$G_{s_{20^{\circ}C}} = \frac{K_T \cdot W_s}{W_s - W_1 + W_2}$$

Para el agua :

Picnómetro N°		1	Temp T [°C]	G _T [gr/cm ³]	
Peso picnómetro + agua + suelo :	W ₁ [gr] =	186,51	10	0,9997	
Temperatura :	(T) [°C] =	17	11	0,9996	
Peso picnómetro + agua :	W ₂ [gr] =	161,85	12	0,9995	
Recipiente de evaporación :	N° =	20	13	0,9994	
Peso del recipiente + suelo seco :	W _{rs} [gr] =	99,82	14	0,9993	
Peso del recipiente :	W _r [gr] =	60,03	15	0,9991	
Peso del suelo seco = W _{rs} - W _r :	W _s [gr] =	39,79	16	0,9990	
Peso específico del agua a Temp (T):	g _{wT} [gr/cm ³] =	0,9988	17	0,9988	
Relación entre densidades del agua :	K _T =	1,0006	18	0,9986	
Peso específico del suelo (G _s) _{20°C} :	(G _s) _{20°C} [gr/cm ³] =	2,631	19	0,9984	
Peso específico del suelo parte fina :	(G_s) =	2,631	20	0,9982	
W ₂ = Se obtiene de la curva de calibración para la temperatura de ensayo				21	0,9980
W ₂ = 161,850				22	0,9978

Observaciones. -

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

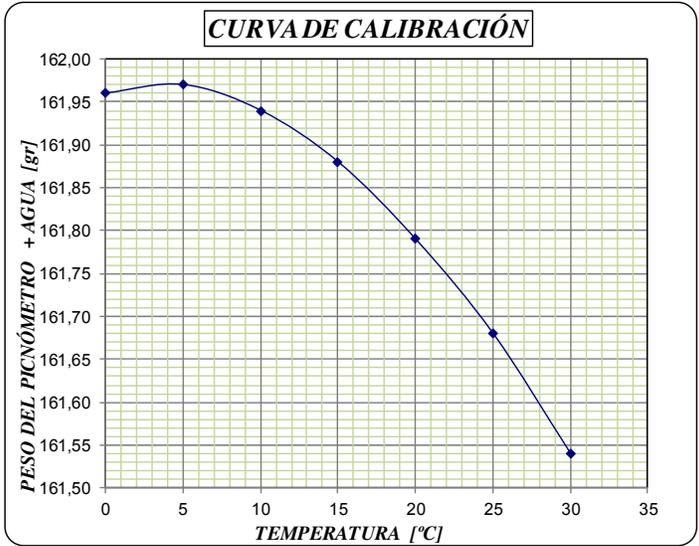
PROYECTO :

ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ

Procedencia (Km): Municipio de Achocalla	Registro: 14
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro	ID Muestra: M-014
Material: SM	Pozo N°: P-14
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)	Profundidad: -02 m

ENSAYOS DE PESO ESPECÍFICO RELATIVO G_s

Picnómetro N°	1
Peso del picnómetro W_B [gr] =	61,87



$$W_{2i} = \frac{\gamma_{wT}}{\gamma_{wT}} [W_2 - W_B] + W_B$$

W_{2i} = (Peso del picnómetro + agua) a la temperatura "i" correspondiente

Temp. [°C]	g _{wT}	W _{2i}
0	0,9999	161,96
5	1,0000	161,97
10	0,9997	161,94
15	0,9991	161,88
20	0,9982	161,79
25	0,9971	161,68
30	0,9957	161,54

$$G_{s_{20^{\circ}C}} = \frac{K_T \cdot W_s}{W_s - W_1 + W_2}$$

			Para el agua :	
Picnómetro N°		1	Temp T [°C]	G _T [gr/cm ³]
Peso picnómetro + agua + suelo :	W ₁ [gr] =	186,69	10	0,9997
Temperatura :	(T) [°C] =	17	11	0,9996
Peso picnómetro + agua :	W ₂ [gr] =	161,85	12	0,9995
Recipiente de evaporación :	N° =	50	13	0,9994
Peso del recipiente + suelo seco :	W _{rs} [gr] =	106,57	14	0,9993
Peso del recipiente :	W _r [gr] =	66,88	15	0,9991
Peso del suelo seco = W _{rs} - W _r :	W _s [gr] =	39,69	16	0,9990
Peso específico del agua a Temp (T):	g _{wT} [gr/cm ³] =	0,9988	17	0,9988
Relación entre densidades del agua :	K _T =	1,0006	18	0,9986
Peso específico del suelo (G _s) _{20°C} :	(G _s) _{20°C} [gr/cm ³] =	2,674	19	0,9984
Peso específico del suelo parte fina :	(G_s) =	2,674	20	0,9982
W ₂ = Se obtiene de la curva de calibración para la temperatura de ensayo			21	0,9980
W ₂ = 161,850			22	0,9978

Observaciones. -

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

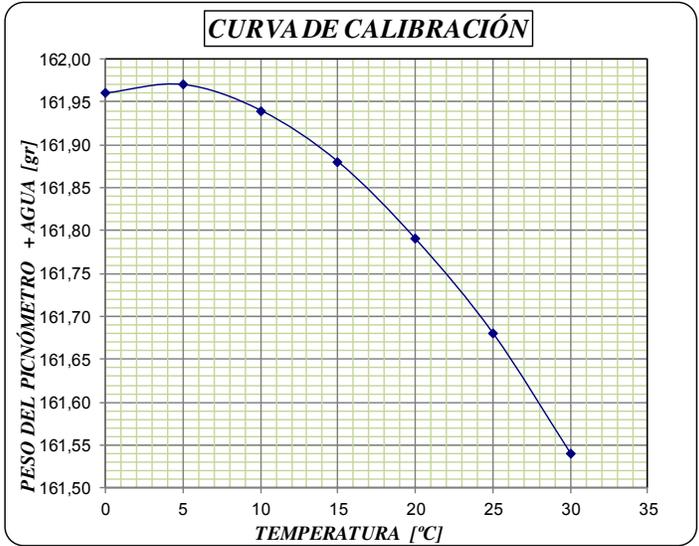
PROYECTO :

ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ

Procedencia (Km): Municipio de Achocalla	Registro: 15
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro	ID Muestra: M-015
Material: SW-SM	Pozo N°: P-15
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)	Profundidad: -02 m

ENSAYOS DE PESO ESPECÍFICO RELATIVO G_s

Picnómetro N°	1
Peso del picnómetro W_B [gr] =	61,87



$$W_{2i} = \frac{\gamma_{wT}}{\gamma_{wT}} [W_2 - W_B] + W_B$$

W_{2i} = (Peso del picnómetro + agua) a la temperatura "i" correspondiente

Temp. [°C]	g _{wT}	W _{2i}
0	0,9999	161,96
5	1,0000	161,97
10	0,9997	161,94
15	0,9991	161,88
20	0,9982	161,79
25	0,9971	161,68
30	0,9957	161,54

$$G_{s_{20^{\circ}C}} = \frac{K_T \cdot W_s}{W_s - W_1 + W_2}$$

Picnómetro N°		1	Temp T [°C]	G _T [gr/cm ³]	
Peso picnómetro + agua + suelo :	W ₁ [gr] =	186,93	10	0,9997	
Temperatura :	(T) [°C] =	17	11	0,9996	
Peso picnómetro + agua :	W ₂ [gr] =	161,85	12	0,9995	
Recipiente de evaporación :	N° =	33	13	0,9994	
Peso del recipiente + suelo seco :	W _{rs} [gr] =	102,82	14	0,9993	
Peso del recipiente :	W _r [gr] =	63,10	15	0,9991	
Peso del suelo seco = W _{rs} - W _r :	W _s [gr] =	39,72	16	0,9990	
Peso específico del agua a Temp (T):	g _{wT} [gr/cm ³] =	0,9988	17	0,9988	
Relación entre densidades del agua :	K _T =	1,0006	18	0,9986	
Peso específico del suelo (G _s) _{20°C} :	(G _s) _{20°C} [gr/cm ³] =	2,715	19	0,9984	
Peso específico del suelo parte fina :	(G_s) =	2,715	20	0,9982	
W ₂ = Se obtiene de la curva de calibración para la temperatura de ensayo				21	0,9980
W ₂ = 161,850				22	0,9978

Observaciones.-

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

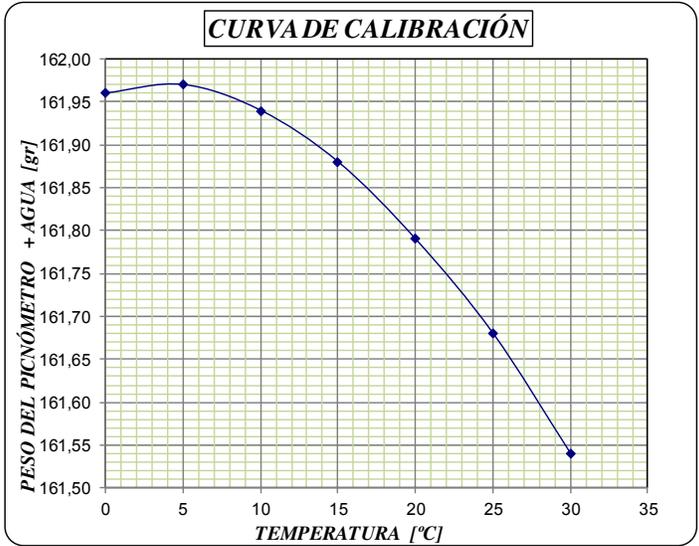
PROYECTO :

ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ

Procedencia (Km): Municipio de Achocalla	Registro: 16
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro	ID Muestra: M-016
Material: SM	Pozo N°: P-16
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)	Profundidad: -02 m

ENSAYOS DE PESO ESPECÍFICO RELATIVO G_s

Picnómetro N°	1
Peso del picnómetro W_B [gr] =	61,87



$$W_{2i} = \frac{\gamma_{wT}}{\gamma_{wT}} [W_2 - W_B] + W_B$$

W_{2i} = (Peso del picnómetro + agua) a la temperatura "i" correspondiente

Temp. [°C]	g _{wT}	W _{2i}
0	0,9999	161,96
5	1,0000	161,97
10	0,9997	161,94
15	0,9991	161,88
20	0,9982	161,79
25	0,9971	161,68
30	0,9957	161,54

$$G_{s_{20^{\circ}C}} = \frac{K_T \cdot W_s}{W_s - W_1 + W_2}$$

Para el agua :

Picnómetro N°		1	Temp T [°C]	G _T [gr/cm ³]	
Peso picnómetro + agua + suelo :	W ₁ [gr] =	186,8	10	0,9997	
Temperatura :	(T) [°C] =	17	11	0,9996	
Peso picnómetro + agua :	W ₂ [gr] =	161,85	12	0,9995	
Recipiente de evaporación :	N° =	58	13	0,9994	
Peso del recipiente + suelo seco :	W _{rs} [gr] =	118,60	14	0,9993	
Peso del recipiente :	W _r [gr] =	78,98	15	0,9991	
Peso del suelo seco = W _{rs} - W _r :	W _s [gr] =	39,62	16	0,9990	
Peso específico del agua a Temp (T):	g _{wT} [gr/cm ³] =	0,9988	17	0,9988	
Relación entre densidades del agua :	K _T =	1,0006	18	0,9986	
Peso específico del suelo (G _s) _{20°C} :	(G _s) _{20°C} [gr/cm ³] =	2,702	19	0,9984	
Peso específico del suelo parte fina :	(G_s) =	2,702	20	0,9982	
W ₂ = Se obtiene de la curva de calibración para la temperatura de ensayo				21	0,9980
W ₂ = 161,850				22	0,9978

Observaciones.-

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

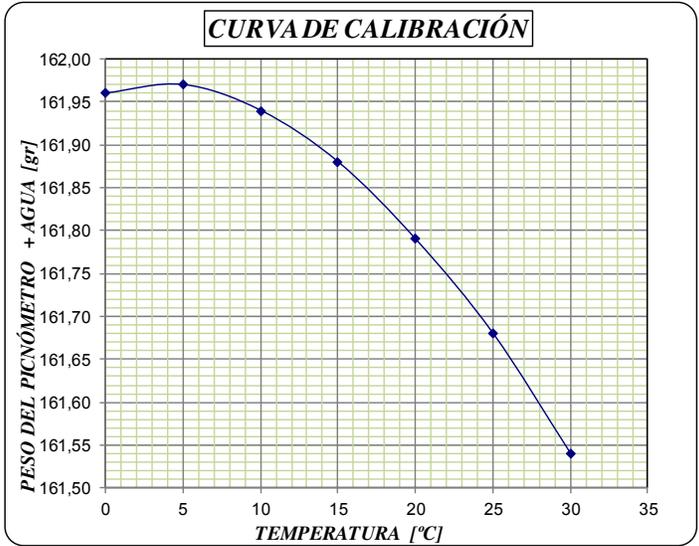
PROYECTO :

ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ

Procedencia (Km): Municipio de Achocalla	Registro: 17
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro	ID Muestra: M-017
Material: SM-SC	Pozo N°: P-17
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)	Profundidad: -02 m

ENSAYOS DE PESO ESPECÍFICO RELATIVO G_s

Picnómetro N°	1
Peso del picnómetro W_B [gr] =	61,87



$$W_{2i} = \frac{\gamma_{wT}}{\gamma_{wT}} [W_2 - W_B] + W_B$$

W_{2i} = (Peso del picnómetro + agua) a la temperatura "i" correspondiente

Temp. [°C]	g _{wT}	W _{2i}
0	0,9999	161,96
5	1,0000	161,97
10	0,9997	161,94
15	0,9991	161,88
20	0,9982	161,79
25	0,9971	161,68
30	0,9957	161,54

$$G_{s_{20^{\circ}C}} = \frac{K_T \cdot W_s}{W_s - W_1 + W_2}$$

Picnómetro N°		1	Temp T [°C]	G _T [gr/cm ³]	
Peso picnómetro + agua + suelo :	W ₁ [gr] =	186,63	10	0,9997	
Temperatura :	(T) [°C] =	17	11	0,9996	
Peso picnómetro + agua :	W ₂ [gr] =	161,85	12	0,9995	
Recipiente de evaporación :	N° =	12	13	0,9994	
Peso del recipiente + suelo seco :	W _{rs} [gr] =	102,20	14	0,9993	
Peso del recipiente :	W _r [gr] =	62,84	15	0,9991	
Peso del suelo seco = W _{rs} - W _r :	W _s [gr] =	39,36	16	0,9990	
Peso específico del agua a Temp (T):	g _{wT} [gr/cm ³] =	0,9988	17	0,9988	
Relación entre densidades del agua :	K _T =	1,0006	18	0,9986	
Peso específico del suelo (G _s) _{20°C} :	(G _s) _{20°C} [gr/cm ³] =	2,701	19	0,9984	
Peso específico del suelo parte fina :	(G_s) =	2,701	20	0,9982	
W ₂ = Se obtiene de la curva de calibración para la temperatura de ensayo				21	0,9980
W ₂ = 161,850				22	0,9978

Observaciones. -

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

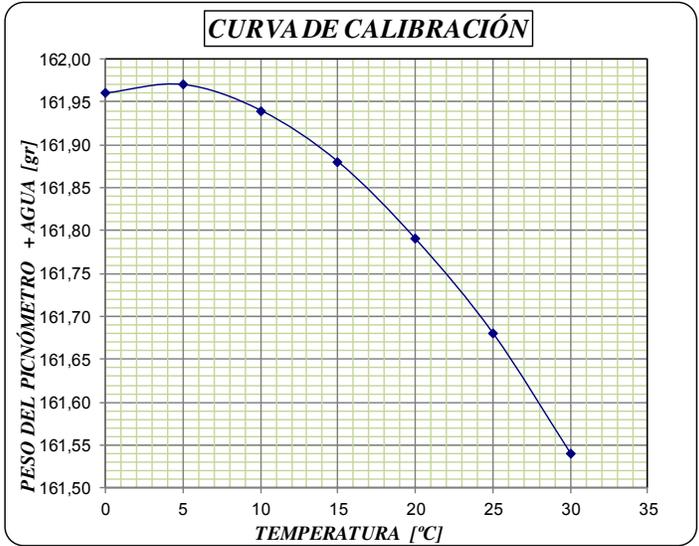
PROYECTO :

ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ

Procedencia (Km): Municipio de Achocalla	Registro: 18
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro	ID Muestra: M-018
Material: SM-SC	Pozo N°: P-18
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)	Profundidad: -02 m

ENSAYOS DE PESO ESPECÍFICO RELATIVO G_s

Picnómetro N°	1
Peso del picnómetro W_B [gr] =	61,87



$$W_{2i} = \frac{\gamma_{wT}}{\gamma_{wT}} [W_2 - W_B] + W_B$$

W_{2i} = (Peso del picnómetro + agua) a la temperatura "i" correspondiente

Temp. [°C]	g _{wT}	W _{2i}
0	0,9999	161,96
5	1,0000	161,97
10	0,9997	161,94
15	0,9991	161,88
20	0,9982	161,79
25	0,9971	161,68
30	0,9957	161,54

$$G_{s_{20^{\circ}C}} = \frac{K_T \cdot W_s}{W_s - W_1 + W_2}$$

Picnómetro N°		1	Temp T [°C]	G _T [gr/cm ³]
Peso picnómetro + agua + suelo :	W ₁ [gr] =	186,78	10	0,9997
Temperatura :	(T) [°C] =	17	11	0,9996
Peso picnómetro + agua :	W ₂ [gr] =	161,85	12	0,9995
Recipiente de evaporación :	N° =	61	13	0,9994
Peso del recipiente + suelo seco :	W _{rs} [gr] =	112,44	14	0,9993
Peso del recipiente :	W _r [gr] =	72,83	15	0,9991
Peso del suelo seco = W _{rs} - W _r :	W _s [gr] =	39,61	16	0,9990
Peso específico del agua a Temp (T):	g _{wT} [gr/cm ³] =	0,9988	17	0,9988
Relación entre densidades del agua :	K _T =	1,0006	18	0,9986
Peso específico del suelo (G _s) _{20°C} :	(G _s) _{20°C} [gr/cm ³] =	2,700	19	0,9984
Peso específico del suelo parte fina :	(G_s) =	2,700	20	0,9982
W ₂ = Se obtiene de la curva de calibración para la temperatura de ensayo			21	0,9980
W ₂ = 161,850			22	0,9978

Observaciones. -

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

PROYECTO :

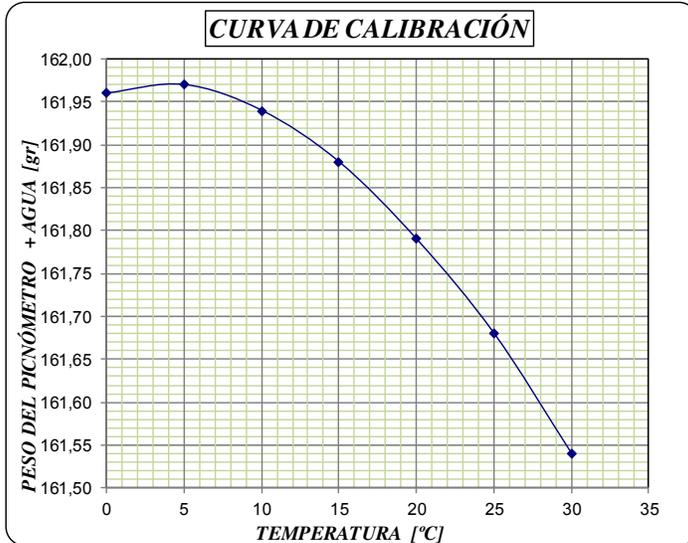
ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ

Procedencia (Km): Municipio de Achocalla
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro
Material: SM-SC
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)

Registro: 19
ID Muestra: M-019
Pozo N°: P-19
Profundidad: -02 m

ENSAYOS DE PESO ESPECÍFICO RELATIVO G_s

Picnómetro N°	1
Peso del picnómetro W _B [gr] =	61,87



$$W_{2i} = \frac{\gamma_{wT_i}}{\gamma_{wT}} [W_2 - W_B] + W_B$$

W_{2i} = (Peso del picnómetro + agua) a la temperatura "i" correspondiente

Temp. [°C]	g _{wT}	W _{2i}
0	0,9999	161,96
5	1,0000	161,97
10	0,9997	161,94
15	0,9991	161,88
20	0,9982	161,79
25	0,9971	161,68
30	0,9957	161,54

$$G_{s_{20^\circ C}} = \frac{K_T \cdot W_s}{W_s - W_1 + W_2}$$

Para el agua :

Picnómetro N°		1	Temp T [°C]	G _T [gr/cm ³]	
Peso picnómetro + agua + suelo :	W ₁ [gr] =	186,55	10	0,9997	
Temperatura :	(T) [°C] =	17	11	0,9996	
Peso picnómetro + agua :	W ₂ [gr] =	161,85	12	0,9995	
Recipiente de evaporación :	N° =	49	13	0,9994	
Peso del recipiente + suelo seco :	W _{rs} [gr] =	97,69	14	0,9993	
Peso del recipiente :	W _r [gr] =	58,09	15	0,9991	
Peso del suelo seco = W _{rs} - W _r :	W _s [gr] =	39,60	16	0,9990	
Peso específico del agua a Temp (T):	g _{wT} [gr/cm ³] =	0,9988	17	0,9988	
Relación entre densidades del agua :	K _T =	1,0006	18	0,9986	
Peso específico del suelo (G _s) _{20°C} :	(G _s) _{20°C} [gr/cm ³] =	2,659	19	0,9984	
Peso específico del suelo parte fina :	(G_s) =	2,659	20	0,9982	
W ₂ = Se obtiene de la curva de calibración para la temperatura de ensayo				21	0,9980
W ₂ = 161,850				22	0,9978

Observaciones. -

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

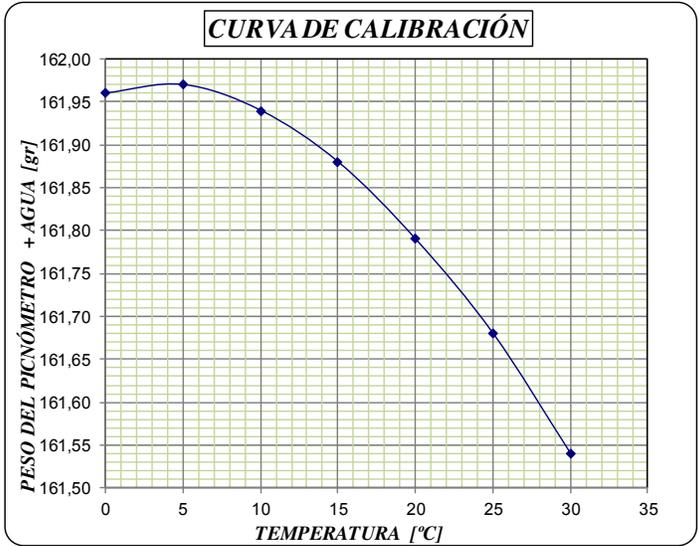
PROYECTO :

ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ

Procedencia (Km): Municipio de Achocalla	Registro: 20
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro	ID Muestra: M-020
Material: SM	Pozo N°: P-20
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)	Profundidad: -02 m

ENSAYOS DE PESO ESPECÍFICO RELATIVO G_s

Picnómetro N°	1
Peso del picnómetro W_B [gr] =	61,87



$$W_{2i} = \frac{\gamma_{wT}}{\gamma_{wT}} [W_2 - W_B] + W_B$$

W_{2i} = (Peso del picnómetro + agua) a la temperatura "i" correspondiente

Temp. [°C]	g _{wT}	W _{2i}
0	0,9999	161,96
5	1,0000	161,97
10	0,9997	161,94
15	0,9991	161,88
20	0,9982	161,79
25	0,9971	161,68
30	0,9957	161,54

$$G_{s_{20^{\circ}C}} = \frac{K_T \cdot W_s}{W_s - W_1 + W_2}$$

Picnómetro N°		1	Temp T [°C]	G _T [gr/cm ³]	
Peso picnómetro + agua + suelo :	W ₁ [gr] =	186,73	10	0,9997	
Temperatura :	(T) [°C] =	17	11	0,9996	
Peso picnómetro + agua :	W ₂ [gr] =	161,85	12	0,9995	
Recipiente de evaporación :	N° =	85	13	0,9994	
Peso del recipiente + suelo seco :	W _{rs} [gr] =	98,07	14	0,9993	
Peso del recipiente :	W _r [gr] =	58,35	15	0,9991	
Peso del suelo seco = W _{rs} - W _r :	W _s [gr] =	39,72	16	0,9990	
Peso específico del agua a Temp (T):	g _{wT} [gr/cm ³] =	0,9988	17	0,9988	
Relación entre densidades del agua :	K _T =	1,0006	18	0,9986	
Peso específico del suelo (G _s) _{20°C} :	(G _s) _{20°C} [gr/cm ³] =	2,678	19	0,9984	
Peso específico del suelo parte fina :	(G_s) =	2,678	20	0,9982	
W ₂ = Se obtiene de la curva de calibración para la temperatura de ensayo				21	0,9980
W ₂ = 161,850				22	0,9978

Observaciones. -

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

PROYECTO :

ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ

Procedencia (Km): Municipio de Achocalla

Registro: P-1, P-2, P-3, P-4, P-5

Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro

ID Muestra: M.- 1 AL M.- 5

Material: SM-SC

Pozo N°: P-1, P-2, P-3, P-4, P-5

Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)

Profundidad: -02 m

ENSAYO DENSIDAD DE TROZOS INALTERADOS

TROZO N° ó IDENTIFICACION MUESTRA	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5
Profundidad (Toma de muestra) [m]	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Suelo húmedo mas parafina, Pmp en grs	983.64	708.91	766.88	948.24	671.58
Peso del suelo húmedo, Ph, en grs	943.12	669.96	744.63	924.46	645.36
Peso parafina para cubrir la muestra Pp, [g]	40.52	38.95	22.25	23.78	26.22
Densidad de la parafina, Dp en [g/cm³]	0.912	0.912	0.912	0.912	0.912
Volumen parafina para cubrir suelo, Vp=Pp/Dp, [cm³]	44.43	42.71	24.40	26.07	28.75
(Cesto + suelo cubierto con parafina) sumergido, [g]	630.30	475.60	493.30	591.40	426.60
Peso del cesto sumergido en agua, en [g]	115.70	115.70	115.70	115.70	115.70
Suelo cubierto con parafina sumergido en agua, en [g]	514.60	359.90	377.60	475.70	310.90
Volumen del suelo húmedo cubierto con parafina [cm³]	469.04	349.01	389.28	472.54	360.68
Volumen del suelo húmedo, Vh en [cm³]	424.61	306.30	364.88	446.47	331.93
Densidad del suelo húmedo, Dh = Ph / Vh, [g/cm³]	2.22	2.19	2.04	2.07	1.94
Lata ó tara N°	113	135	117	102	130
Suelo húmedo mas tara [g]	530.48	693.41	477.15	406.20	481.32
Suelo seco mas tara [g]	497.68	643.27	430.75	367.24	433.44
Peso del agua [g]	32.80	50.14	46.40	38.96	47.88
Peso de la tara [g]	70.51	78.73	72.01	67.48	69.09
Peso del suelo seco [g]	427.17	564.54	358.74	299.76	364.35
Porcentaje de humedad, %h	7.68	8.88	12.93	13.00	13.14
Densidad del suelo seco, Ds = (Dh x 100) / (100+%h)	2.063	2.009	1.807	1.832	1.718
Peso específico, Gs	2.747	2.916	2.668	2.699	2.671
Relación de vacíos, e	0.33	0.45	0.48	0.47	0.55
Saturación, S	63.56	57.37	72.41	74.19	63.30
Porosidad, n	0.25	0.31	0.32	0.32	0.36

OBSERVACIONES:

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

PROYECTO :

ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ

Procedencia (Km): Municipio de Achocalla **Registro:** P-6, P-7, P-8, P-9, P-10

Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro **D Muestra:** M.- 6 AL M.- 10

Material: SM-SC **Pozo N°:** P-6, P-7, P-8, P-9, P-10

Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA) **Profundidad:** -02 m

ENSAYO DENSIDAD DE TROZOS INALTERADOS

TROZO N° ó IDENTIFICACION MUESTRA	P-6	P-7	P-8	P-9	P-10
Profundidad (Toma de muestra) [m]	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Suelo húmedo mas parafina, Pmp en grs	750.30	753.27	696.46	962.31	701.35
Peso del suelo húmedo, Ph, en grs	732.21	731.57	675.88	935.98	673.70
Peso parafina para cubrir la muestra Pp, [g]	18.09	21.70	20.58	26.33	27.65
Densidad de la parafina, Dp en [g/cm³]	0.912	0.912	0.912	0.912	0.912
Volumen parafina para cubrir suelo, Vp=Pp/Dp, [cm³]	19.84	23.79	22.57	28.87	30.32
(Cesto + suelo cubierto con parafina) sumergido, [g]	444.90	475.80	444.60	602.00	470.10
Peso del cesto sumergido en agua, en [g]	115.70	115.70	115.70	115.70	115.70
Suelo cubierto con parafina sumergido en agua, en [g]	329.20	360.10	328.90	486.30	354.40
Volumen del suelo húmedo cubierto con parafina [cm³]	421.10	393.17	367.56	476.01	346.95
Volumen del suelo húmedo, Vh en [cm³]	401.26	369.38	344.99	447.14	316.63
Densidad del suelo húmedo, Dh = Ph / Vh, [g/cm³]	1.82	1.98	1.96	2.09	2.13
Lata ó tara N°	102	133	107	110	136
Suelo húmedo mas tara [g]	481.23	310.65	539.15	525.28	429.57
Suelo seco mas tara [g]	432.95	302.24	525.08	493.57	405.55
Peso del agua [g]	48.28	8.41	14.07	31.71	24.02
Peso de la tara [g]	67.48	69.39	65.28	64.75	82.19
Peso del suelo seco [g]	365.47	232.85	459.80	428.82	323.36
Porcentaje de humedad, %h	13.21	3.61	3.06	7.39	7.43
Densidad del suelo seco, Ds = (Dh x 100) / (100+%h)	1.612	1.912	1.901	1.949	1.981
Peso específico, Gs	2.621	2.661	2.643	2.703	2.679
Relación de vacíos, e	0.63	0.39	0.39	0.39	0.35
Saturación, S	55.30	24.52	20.71	51.66	56.43
Porosidad, n	0.39	0.28	0.28	0.28	0.26

OBSERVACIONES:

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

PROYECTO :

ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ

Procedencia (Km): Municipio de Achocalla **Registro:** P-11, P-12, P-13, P-14, P-15

Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro **D Muestra:** M.- 1 AL M.- 15

Material: SM-SC

Pozo N°: P-11, P-12, P-13, P-14, P-15

Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA) **Profundidad:** -02 m

ENSAYO DENSIDAD DE TROZOS INALTERADOS

TROZO N° ó IDENTIFICACION MUESTRA	P-11	P-12	P-13	P-14	P-15
Profundidad (Toma de muestra) [m]	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Suelo húmedo mas parafina, Pmp en grs	1065.18	1102.22	894.86	861.95	842.68
Peso del suelo húmedo, Ph, en grs	1038.82	1068.30	869.60	841.44	815.58
Peso parafina para cubrir la muestra Pp, [g]	26.36	33.92	25.26	20.51	27.10
Densidad de la parafina, Dp en [g/cm³]	0.912	0.912	0.912	0.912	0.912
Volumen parafina para cubrir suelo, Vp=Pp/Dp, [cm³]	28.90	37.19	27.70	22.49	29.71
(Cesto + suelo cubierto con parafina) sumergido, [g]	674.70	701.00	562.80	550.90	562.30
Peso del cesto sumergido en agua, en [g]	115.70	115.70	115.70	115.70	115.70
Suelo cubierto con parafina sumergido en agua, en [g]	559.00	585.30	447.10	435.20	446.60
Volumen del suelo húmedo cubierto con parafina [cm³]	506.18	516.92	447.76	426.75	396.08
Volumen del suelo húmedo, Vh en [cm³]	477.28	479.73	420.06	404.26	366.37
Densidad del suelo húmedo, Dh = Ph / Vh, [g/cm³]	2.18	2.23	2.07	2.08	2.23
Lata ó tara N°	120	124	139	131	134
Suelo húmedo mas tara [g]	530.86	553.13	418.55	409.33	420.54
Suelo seco mas tara [g]	494.49	516.55	384.52	375.87	405.25
Peso del agua [g]	36.37	36.58	34.03	33.46	15.29
Peso de la tara [g]	71.30	64.16	65.90	68.94	68.31
Peso del suelo seco [g]	423.19	452.39	318.62	306.93	336.94
Porciento de humedad, %h	8.59	8.09	10.68	10.90	4.54
Densidad del suelo seco, Ds = (Dh x 100) / (100+%h)	2.004	2.060	1.870	1.877	2.130
Peso específico, Gs	2.718	2.712	2.631	2.674	2.715
Relación de vacíos, e	0.36	0.32	0.41	0.42	0.27
Saturación, S	65.59	69.35	69.07	68.61	44.83
Porosidad, n	0.26	0.24	0.29	0.30	0.22

OBSERVACIONES:

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

PROYECTO :

ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ

Procedencia (Km): Municipio de Achocalla **Registro:** P-16, P-17, P-18, P-19, P-20

Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro **D Muestra:** M.- 1 AL M.- 20

Material: SM-SC

Pozo N°: P-16, P-17, P-18, P-19, P-20

Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA) **Profundidad:** -02 m

ENSAYO DENSIDAD DE TROZOS INALTERADOS

TROZO N° ó IDENTIFICACION MUESTRA	P-16	P-17	P-18	P-19	P-20
Profundidad (Toma de muestra) [m]	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Suelo húmedo mas parafina, Pmp en grs	745.19	894.10	1019.18	749.54	736.23
Peso del suelo húmedo, Ph, en grs	717.99	870.03	992.37	719.80	713.13
Peso parafina para cubrir la muestra Pp, [g]	27.20	24.07	26.81	29.74	23.10
Densidad de la parafina, Dp en [g/cm³]	0.912	0.912	0.912	0.912	0.912
Volumen parafina para cubrir suelo, Vp=Pp/Dp, [cm³]	29.82	26.39	29.40	32.61	25.33
(Cesto + suelo cubierto con parafina) sumergido, [g]	489.40	571.10	657.90	485.70	480.10
Peso del cesto sumergido en agua, en [g]	115.70	115.70	115.70	115.70	115.70
Suelo cubierto con parafina sumergido en agua, en [g]	373.70	455.40	542.20	370.00	364.40
Volumen del suelo húmedo cubierto con parafina [cm³]	371.49	438.70	476.98	379.54	371.83
Volumen del suelo húmedo, Vh en [cm³]	341.67	412.31	447.58	346.93	346.50
Densidad del suelo húmedo, Dh = Ph / Vh, [g/cm³]	2.10	2.11	2.22	2.07	2.06
Lata ó tara N°	101	109	116	123	129
Suelo húmedo mas tara [g]	441.12	467.97	389.03	596.38	495.75
Suelo seco mas tara [g]	418.35	422.24	359.62	542.88	440.93
Peso del agua [g]	22.77	45.73	29.41	53.50	54.82
Peso de la tara [g]	68.76	67.80	65.70	68.40	67.47
Peso del suelo seco [g]	349.59	354.44	293.92	474.48	373.46
Porcentaje de humedad, %h	6.51	12.90	10.01	11.28	14.68
Densidad del suelo seco, Ds = (Dh x 100) / (100+%h)	1.973	1.869	2.016	1.865	1.795
Peso específico, Gs	2.702	2.701	2.700	2.659	2.678
Relación de vacíos, e	0.37	0.45	0.34	0.43	0.49
Saturación, S	47.61	78.27	79.56	70.34	79.86
Porosidad, n	0.27	0.31	0.25	0.30	0.33

OBSERVACIONES:

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

PROYECTO :
 ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ

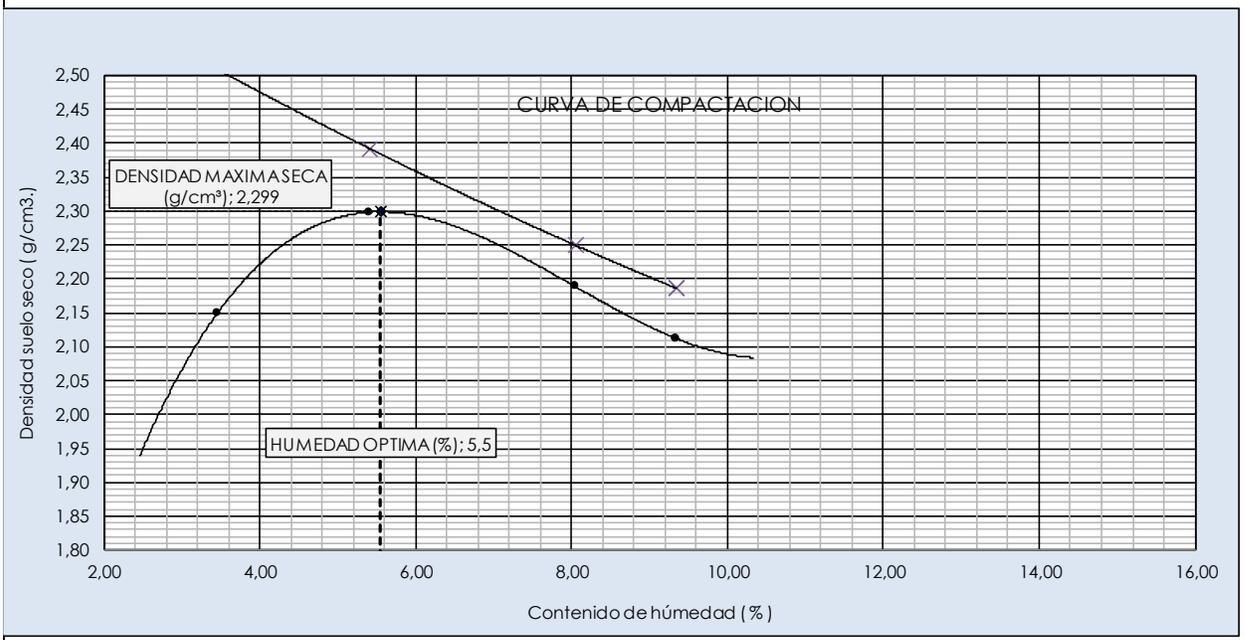
Procedencia (Km): Municipio de Achocalla	Registro: 01
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro	ID Muestra: M.-001
Material: SM-SC	Pozo N°: P-1
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)	Profundidad: -2 m

ENSAYO DE COMPACTACION AASHTO T - 180 - D

Molde N°: 1	Vol [cm³]: 2126	Peso. [g]: 6513
--------------------	--------------------------	--------------------------

Pe= 2,75

No. de capas	5	5	5	5	5
No. de golpes/capa	56	56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde (g.)	11242,0	11663,2	11540,3	11423,2	11423,2
Peso del molde (g.)	6513	6513	6513	6513	6513
Peso suelo húmedo (g.)	4729	5150	5027	4910	4910
Volumen de la muestra (cm3.)	2126	2126	2126	2126	2126
Densidad suelo húmedo (g/cm3.)	2,224	2,422	2,365	2,310	2,310
Cápsula No.	102	124	131	129	129
Peso suelo húmedo + cápsula (g.)	587,0	532,0	553,9	562,8	562,8
Peso suelo seco + cápsula (g.)	569,7	508,1	517,8	520,5	520,5
Peso del agua (g.)	17,4	23,9	36,1	42,3	42,3
Peso de la cápsula (g.)	67,5	64,9	68,9	67,5	67,5
Peso suelo seco (g.)	502,2	443,1	448,9	453,0	453,0
Contenido de humedad (%)	3,46	5,40	8,05	9,34	9,34
Densidad suelo seco (g/cm3.)	2,15	2,30	2,19	2,11	2,11
Saturacion	2,509	2,392	2,250	2,186	2,186



RESULTADOS	
DENSIDAD MAXIMA SECA (g/cm³)	2,299
HUMEDAD OPTIMA (%)	5,54

OBSERVACIONES:

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

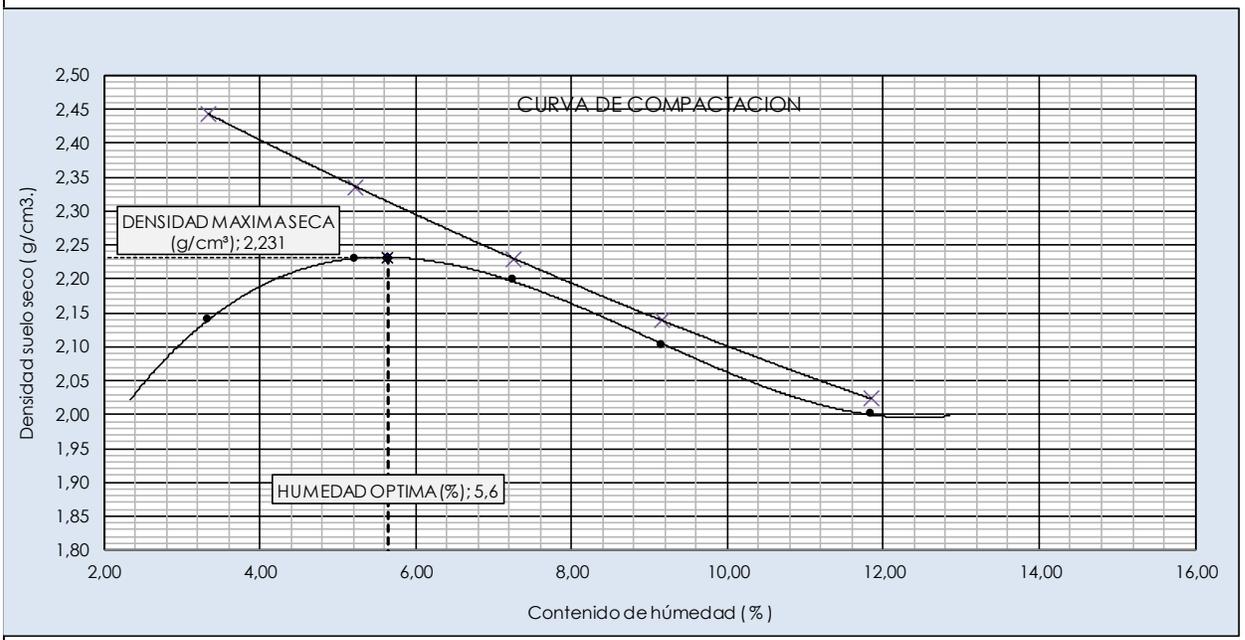
PROYECTO :
 ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ

Procedencia (Km): Municipio de Achocalla	Registro: 07
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro	ID Muestra: M.-007
Material: SM	Pozo N°: P-7
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)	Profundidad: -2 m

ENSAYO DE COMPACTACION AASHTO T - 180 - D

Molde N°: 1	Vol [cm³]: 2126	Peso. [g]: 6513	Pe= 2,66
--------------------	--------------------------	--------------------------	----------

No. de capas	5	5	5	5	5
No. de golpes/capa	56	56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde (g.)	11215,2	11497,5	11527,3	11393,0	11267,9
Peso del molde (g.)	6513	6513	6513	6513	6513
Peso suelo húmedo (g.)	4702	4985	5014	4880	4755
Volumen de la muestra (cm3.)	2126	2126	2126	2126	2126
Densidad suelo húmedo (g/cm3.)	2,212	2,345	2,359	2,295	2,237
Cápsula No.	105	117	137	109	135
Peso suelo húmedo + cápsula (g.)	591,4	686,4	545,9	535,5	828,2
Peso suelo seco + cápsula (g.)	574,5	655,9	514,6	496,3	747,7
Peso del agua (g.)	16,9	30,5	31,4	39,2	80,4
Peso de la cápsula (g.)	68,4	72,0	82,2	67,8	68,7
Peso suelo seco (g.)	506,1	583,9	432,4	428,5	679,0
Contenido de humedad (%)	3,34	5,23	7,26	9,16	11,84
Densidad suelo seco (g/cm3.)	2,14	2,23	2,20	2,10	2,00
Saturacion	2,444	2,336	2,230	2,139	2,023



RESULTADOS	
DENSIDAD MAXIMA SECA (g/cm³)	2,231
HUMEDAD OPTIMA (%)	5,63

OBSERVACIONES: _____

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

PROYECTO :
 ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ

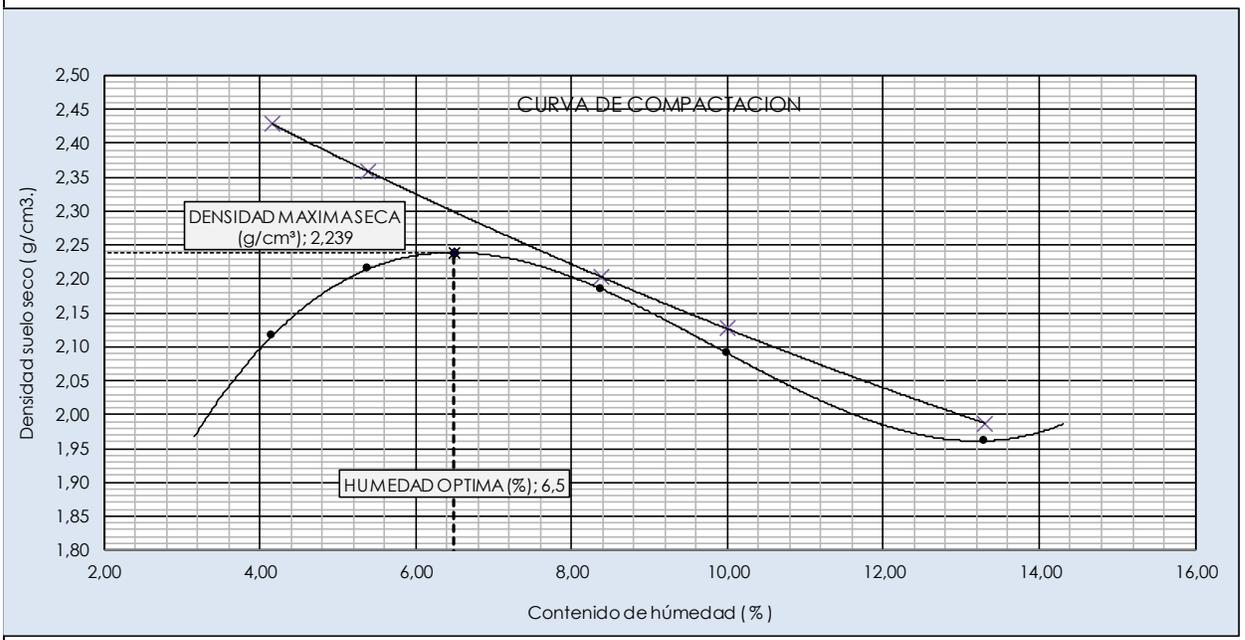
Procedencia (Km): Municipio de Achocalla	Registro: 17
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro	ID Muestra: M.-017
Material: SM-SC	Pozo N°: P-17
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)	Profundidad: -2 m

ENSAYO DE COMPACTACION AASHTO T - 180 - D

Molde N°: 1	Vol [cm³]: 2126	Peso. [g]: 6513
--------------------	--------------------------	--------------------------

Pe= 2,70

No. de capas	5	5	5	5	5
No. de golpes/capa	56	56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde (g.)	11199,1	11473,7	11548,5	11400,6	11236,9
Peso del molde (g.)	6513	6513	6513	6513	6513
Peso suelo húmedo (g.)	4686	4961	5036	4888	4724
Volumen de la muestra (cm3.)	2126	2126	2126	2126	2126
Densidad suelo húmedo (g/cm3.)	2,204	2,333	2,369	2,299	2,222
Cápsula No.	125	122	134	106	138
Peso suelo húmedo + cápsula (g.)	498,8	538,6	643,8	535,9	542,4
Peso suelo seco + cápsula (g.)	481,7	514,7	599,3	493,1	487,0
Peso del agua (g.)	17,1	23,9	44,5	42,8	55,4
Peso de la cápsula (g.)	70,5	71,7	68,4	64,9	70,7
Peso suelo seco (g.)	411,2	443,0	530,9	428,2	416,3
Contenido de humedad (%)	4,16	5,39	8,39	10,00	13,30
Densidad suelo seco (g/cm3.)	2,12	2,21	2,19	2,09	1,96
Saturacion	2,429	2,358	2,202	2,127	1,987



RESULTADOS	
DENSIDAD MAXIMA SECA (g/cm³)	2,239
HUMEDAD OPTIMA (%)	6,49

OBSERVACIONES:

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

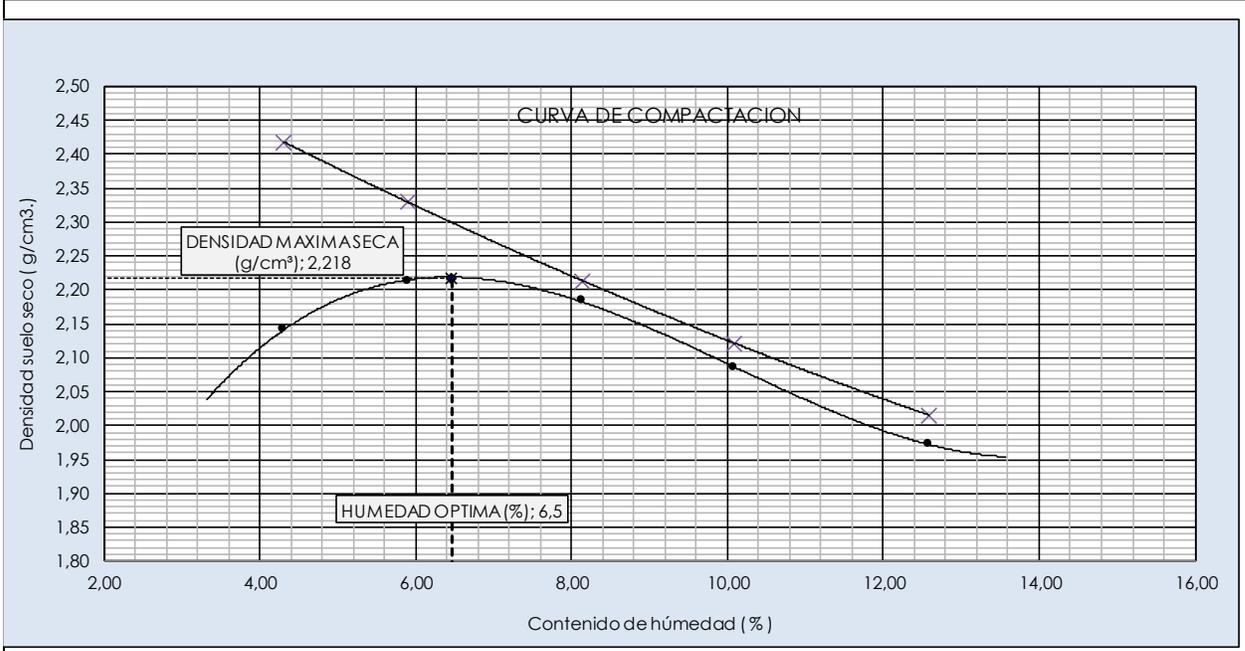
PROYECTO :
 ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ

Procedencia (Km): Municipio de Achocalla	Registro: 18
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro	ID Muestra: M.-018
Material: SM-SC	Pozo N°: P-18
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)	Profundidad: -2 m

ENSAYO DE COMPACTACION AASHTO T - 180 - D

Molde N°: 1	Vol [cm³]: 2126	Peso. [g]: 6513	Pe= 2,70
--------------------	--------------------------	--------------------------	----------

No. de capas	5	5	5	5	5
No. de golpes/capa	56	56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde (g.)	11263,0	11495,3	11534,8	11393,2	11233,8
Peso del molde (g.)	6513	6513	6513	6513	6513
Peso suelo húmedo (g.)	4750	4982	5022	4880	4721
Volumen de la muestra (cm3.)	2126	2126	2126	2126	2126
Densidad suelo húmedo (g/cm3.)	2,234	2,344	2,362	2,295	2,221
Cápsula No.	25	31	8	51	28
Peso suelo húmedo + cápsula (g.)	512,3	514,2	508,5	729,4	683,8
Peso suelo seco + cápsula (g.)	493,6	489,1	474,8	667,8	613,9
Peso del agua (g.)	18,6	25,1	33,7	61,6	69,9
Peso de la cápsula (g.)	61,3	63,9	60,6	57,3	58,3
Peso suelo seco (g.)	432,3	425,2	414,2	610,6	555,6
Contenido de humedad (%)	4,31	5,89	8,13	10,09	12,58
Densidad suelo seco (g/cm3.)	2,14	2,21	2,18	2,09	1,97
Saturacion	2,418	2,329	2,214	2,122	2,015



RESULTADOS	
DENSIDAD MAXIMA SECA (g/cm³)	2,218
HUMEDAD OPTIMA (%)	6,46

OBSERVACIONES:

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

PROYECTO :															
ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ															
RELACION SOPORTE CALIFORNIA C. B. R. AASHTO T - 180															
Procedencia (Km): Municipio de Achocalla			Registro: 01												
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro			ID Muestra: M.-001												
Material: SM-SC			Pozo N°: P-1												
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)			10/05/2019			Profundidad: -2 m									
Tamiz	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200	PRÓCTOR MODIFICADO										
Pasa %	65,7	56,5	36,4	19,3	Método	ens. Máx. (gr/cm)	Húmedad óptima (%)								
LL	22,7	I.P.	4,8	Clasif. : A-1-b (0)	SM-SC	ASTM D 1557 - T180 D	2,299	5,54							
Compactacion de la Muestra															
Muestra en Molde N°	1			2			3								
Molde N°	1X			5X			4X								
N° de capas	5			5			5								
N° de golpes por capa	56			25			12								
Condición de la muestra	Antes embeb.	Después embeb.	Antes embeb.	Después embeb.	Antes embeb.	Después embeb.	Antes embeb.	Después embeb.							
Peso hum. Muestra + molde (gr)	12,627	12,761	12,521	12,713	12,086	12,312									
Peso el molde (gr)	7,289	7,289	7,076	7,076	7,348	7,348									
Peso húmedo de la muestra (gr)	5,338	5,472	5,445	5,637	4,738	4,964									
Volúmen de la muestra (cm ³)	2,342	2,342	2,292	2,292	2,353	2,353									
Densidad húmeda muestra (gr/cm ³)	2,279	2,336	2,376	2,459	2,014	2,110									
Humedades de Compactacion y Embebimiento															
HUMEDAD	Fondo	Superf.	2" Superf.	Fondo	Superf.	2" Superf.	Fondo	Superf.	2" Superf.						
Recipiente N°	101	120	106	127	113	120	134	131	137						
Peso recipiente + suelo húm. (gr)	561,0	712,5	830,3	475,7	531,9	655,4	469,4	434,9	603,2						
Peso recipiente + suelo seco (gr)	540,4	686,4	772,1	457,8	509,5	604,2	450,5	418,7	555,0						
Peso del agua (gr)	20,7	26,2	58,2	17,9	22,4	51,2	19,0	16,2	48,2						
Peso del recipiente (gr)	68,8	71,3	64,9	68,7	70,5	71,3	68,3	68,9	70,4						
Peso del suelo seco (gr)	471,6	615,1	707,1	389,1	439,0	532,9	382,2	349,8	484,6						
% Húmedad	4,38	4,25	8,23	4,61	5,10	9,61	4,96	4,64	9,94						
Densidad seca probeta (gr/cm ³)	2,183	2,186	2,159	2,271	2,260	2,244	1,918	1,924	1,919						
Densidad máxima lab. (gr/cm ³)	2,299	2,299	2,299	2,299	2,299	2,299	2,299	2,299	2,299						
% Densidad Máxima	95,0	95,1	93,9	98,8	98,3	97,6	83,5	83,7	83,5						
Determinacion de la Expansion															
Fecha	Tiempo transcurrido en días	Molde N°1			Molde N°2			Molde N°3							
		Lectura del extensómetro	Expansión (cm) (%)		Lectura del extensómetro	Expansión (cm) (%)		Lectura del extensómetro	Expansión (cm) (%)						
10-may-19	0	48,0	0,12	2,44	55,0	0,14	2,79	57,0	0,14	2,90					
11-may-19	1	68,0	0,17	3,45	67,0	0,17	3,40	64,0	0,16	3,25					
12-may-19	2	75,0	0,19	3,81	68,0	0,17	3,45	65,0	0,17	3,30					
13-may-19	3	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00					
14-may-19	4	75,0	0,19	3,81	68,0	0,17	3,45	65,0	0,17	3,30					
Anillo de Carga serie: 3632 PR-100															
C.B.R. Factor de deformación del anillo															
PENETRACIÓN			Carga Estándar (kgf)	Molde N°1				Molde N°2				Molde N°3			
Tiempo en min.	Pulg.	mm		Lectura Dial	Carga (kgf/cm ²)		CBR (%)	Lectura Dial	Carga (kgf/cm ²)		CBR (%)	Lectura Dial	Carga (kgf/cm ²)		CBR (%)
0,00	0,000	0,00	0	3,9			0	3,9			0	3,9			
0,30	0,025	0,63	13	60,1			5	25,5			2	12,5			
1,00	0,050	1,27	21	94,7			9	42,8			3	16,8			
1,30	0,075	1,90	29	129,3			11	51,4			4	21,2			
2,00	0,100	2,54	35	155,2	155,2	11,4	13	60,1	60,1	4,4	5	23,3	23,3	1,7	
4,00	0,200	5,08	57	250,4	250,4	12,3	20	90,4	90,4	4,4	8	38,5	38,5	1,9	
6,00	0,300	7,62	74	323,9			30	133,6			10	47,1			
8,00	0,400	10,16	89	388,8			38	168,2			12	55,8			
10,00	0,500	12,70	98	427,7			45	198,5			15	68,7			

OBSERVACIONES:

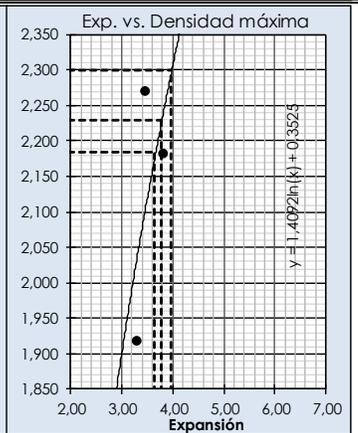
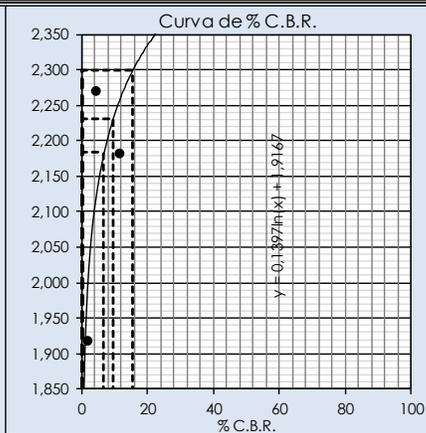
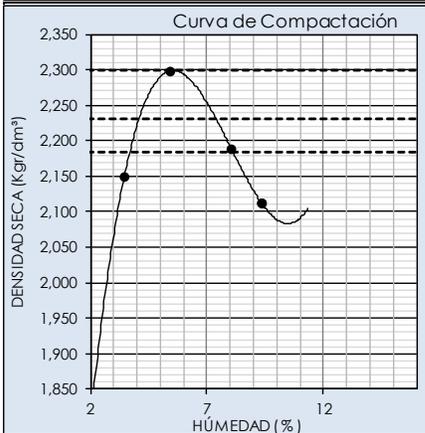
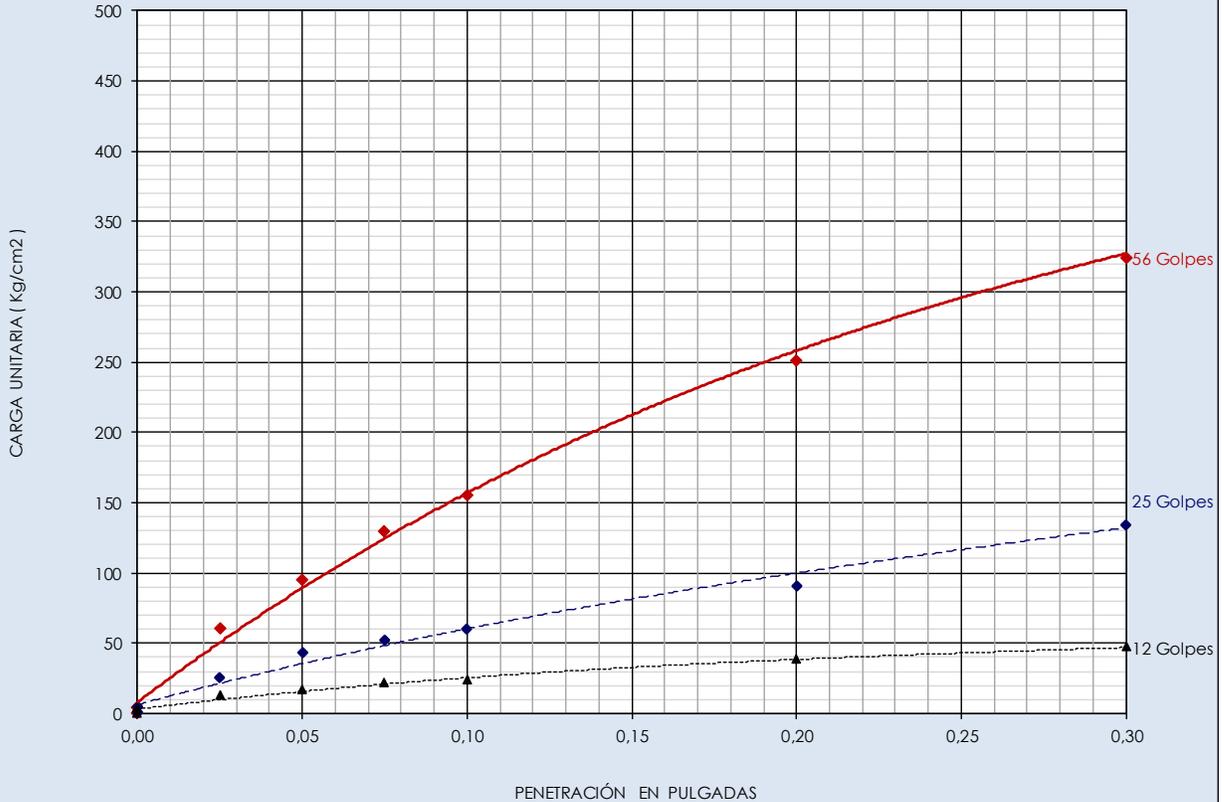
“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

PROYECTO :
ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ
C. B. R. AASHTO T-180 / GRAFICAS

Procedencia (Km): Municipio de Achocalla	Registro: 01
Material: SM-SC	ID Muestra: M-001
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)	Pozo N°: P-1
14-mayo-2019	Profundidad: -2 m

C. B. R. AASHTO T-180 / GRAFICAS

CURVA : CARGA - PENETRACIÓN



DENSIDAD MAX.	g/cm³
Dens Max 100%	2,299
Dens Max 97%	2,230
Dens Max 95%	2,184

C.B.R. (%)	0.1"	
Dens Max 100%	15,4	-
Dens Max 97%	9,4	-
Dens Max 95%	6,8	-

EXPANSION	%
Expansión 100	3,96
Expansión 97%	3,77
Expansión 95%	3,65

OBSERVACIONES:

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

PROYECTO :															
ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ															
RELACION SOPORTE CALIFORNIA C. B. R. AASHTO T - 180															
Procedencia (Km): Municipio de Achocalla				Registro: 07											
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro				ID Muestra: M.-007											
Material: SM				Pozo N°: P-7											
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)				10/05/2019				Profundidad: -2 m							
Tariz	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200	PRÓCTOR MODIFICADO										
Pasa %	78,6	70,4	53,6	29,6	Método	ens. Máx. (gr/cm)	Húmedad óptima (%)								
L.L.	20,3	I.P.	3,5	Clasif. : A-2-4 (0)	SM	ASTM D 1557 - T180 D	2,231	5,63							
Compactacion de la Muestra															
Muestra en Molde N°	1			2			3								
Molde N°	3X			2X			1X								
N° de capas	5			5			5								
N° de golpes por capa	56			25			12								
Condición de la muestra	Antes embeb.	Después embeb.	Antes embeb.	Después embeb.	Antes embeb.	Después embeb.	Antes embeb.	Después embeb.							
Peso hum. Muestra + molde (gr)	12,683	12,773	12,621	12,730	12,029	12,238									
Peso el molde (gr)	7,074	7,074	7,363	7,363	7,289	7,289									
Peso húmedo de la muestra (gr)	5,609	5,699	5,258	5,367	4,740	4,949									
Volúmen de la muestra (cm³)	2,340	2,340	2,302	2,302	2,342	2,342									
Densidad húmeda muestra (gr/cm)	2,397	2,435	2,284	2,331	2,024	2,113									
Humedades de Compactacion y Embebimiento															
HUMEDAD	Fondo	Superf.	2" Superf.	Fondo	Superf.	2" Superf.	Fondo	Superf.	2" Superf.						
Recipiente N°	121	128	117	117	136	1,001	110	107	81						
Peso recipiente + suelo húm. (gr)	427,4	434,4	496,8	392,5	359,2	489,3	376,3	389,8	400,7						
Peso recipiente + suelo seco (gr)	407,8	410,5	462,6	376,9	343,0	454,6	358,6	374,0	366,7						
Peso del agua (gr)	19,7	23,9	34,2	15,6	16,2	34,7	17,7	15,8	34,1						
Peso del recipiente (gr)	66,6	65,3	72,0	72,0	82,2	87,8	64,8	65,3	80,4						
Peso del suelo seco (gr)	341,2	345,2	390,6	304,9	260,8	366,8	293,8	308,7	286,3						
% Húmedad	5,76	6,93	8,76	5,12	6,21	9,46	6,02	5,12	11,89						
Densidad seca probeta (gr/cm³)	2,266	2,242	2,239	2,173	2,151	2,130	1,909	1,925	1,889						
Densidad máxima lab. (gr/cm³)	2,231	2,231	2,231	2,231	2,231	2,231	2,231	2,231	2,231						
% Densidad Máxima	101,6	100,5	100,4	97,4	96,4	95,5	85,6	86,3	84,7						
Determinacion de la Expansion															
Fecha	Tiempo transcurrido en días	Molde N°1			Molde N°2			Molde N°3							
		Lectura del extensómetro	Expansión		Lectura del extensómetro	Expansión		Lectura del extensómetro	Expansión						
		(cm)	(%)	(cm)	(%)	(cm)	(%)	(cm)	(%)						
10-may-19	0	38,0	0,10	1,93	37,0	0,09	1,88	15,0	0,04	0,76					
11-may-19	1	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00					
12-may-19	2	50,0	0,13	2,54	56,0	0,14	2,84	48,0	0,12	2,44					
13-may-19	3	55,0	0,14	2,79	56,0	0,14	2,84	0,0	0,00	0,00					
14-may-19	4	50,0	0,13	2,54	56,0	0,14	2,84	49,0	0,12	2,49					
Anillo de Carga serie: 3632 PR-100															
C.B.R. Factor de deformación del anillo															
PENETRACIÓN			Carga	Molde N°1			Molde N°2			Molde N°3					
Tiempo en min.	Pulg.	mm	Estándar (kgf)	Lectura Dial	Carga (kgf/cm²)		CBR (%)	Lectura Dial	Carga (kgf/cm²)		CBR (%)	Lectura Dial	Carga (kgf/cm²)		CBR (%)
					Calculada	Corregida			Calculada	Corregida			Calculada	Corregida	
0,00	0,000	0,00		0	3,9			0	3,9			0	3,9		
0,30	0,025	0,63		5	25,5			4	21,2			2	12,5		
1,00	0,050	1,27		9	42,8			7	34,1			3	16,8		
1,30	0,075	1,90		14	64,4			10	47,1			4	19,0		
2,00	0,100	2,54	1361	19	86,0	86,0	6,3	13	60,1	60,1	4,4	5	25,5	25,5	1,9
4,00	0,200	5,08	2041	37	163,9	163,9	8,0	21	94,7	94,7	4,6	8	38,5	38,5	1,9
6,00	0,300	7,62	2585	49	215,8			28	125,0			9	42,8		
8,00	0,400	10,16	3130	59	259,0			35	155,2			12	55,8		
10,00	0,500	12,70	3538	68	298,0			42	185,5			13	60,1		

OBSERVACIONES:

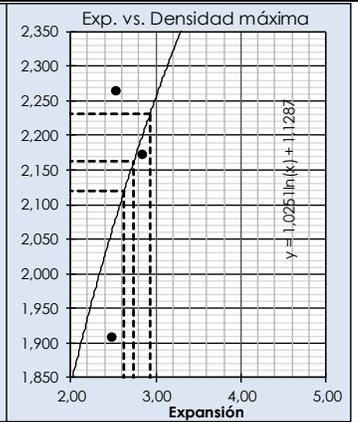
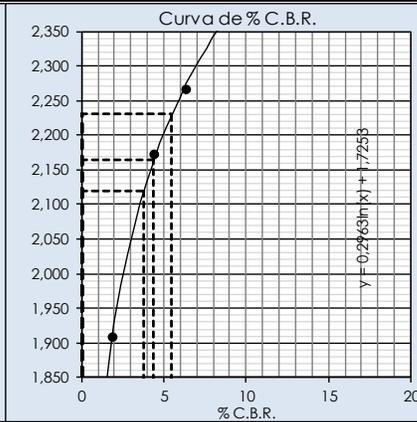
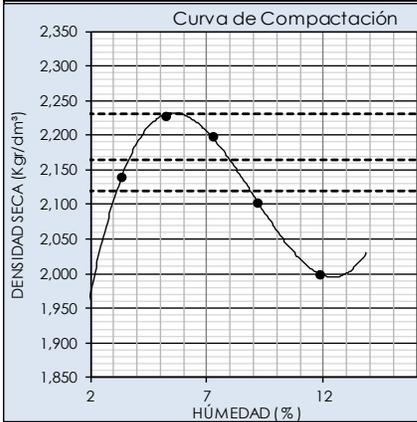
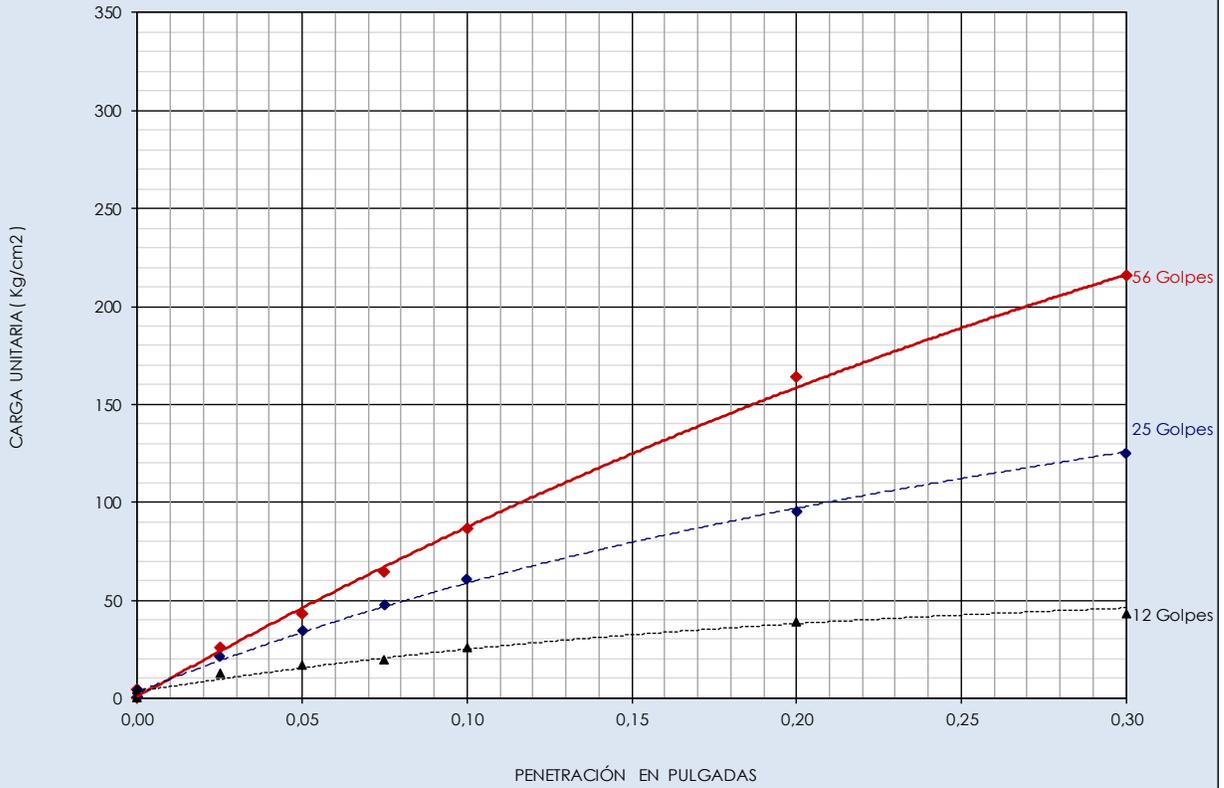
“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

PROYECTO :
ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ
C. B. R. AASHTO T-180 / GRAFICAS

Procedencia (Km): Municipio de Achocalla	Registro: 07
Material: SM	ID Muestra: M-007
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)	Pozo N°: P-7
14-mayo-2019	Profundidad: -2 m

C. B. R. AASHTO T-180 / GRAFICAS

CURVA : CARGA - PENETRACIÓN



DENSIDAD MAX.	g/cm ³
Dens Max 100%	2,231
Dens Max 97%	2,164
Dens Max 95%	2,119

C.B.R. (%)	0.1"	
Dens Max 100%	5,5	-
Dens Max 97%	4,4	-
Dens Max 95%	3,8	-

EXPANSION	%
Expansión 100	2,93
Expansión 97%	2,74
Expansión 95%	2,63

OBSERVACIONES:

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

PROYECTO :															
ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ															
RELACION SOPORTE CALIFORNIA C. B. R. AASHTO T - 180															
Procedencia (Km): Municipio de Achocalla				Registro: 17											
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro				ID Muestra: M-017											
Material: SM-SC				Pozo N°: P-17											
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)				10/05/2019				Profundidad: -2 m							
Tamiz	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200	PRÓCTOR MODIFICADO										
Pasa %	78,5	71,9	56,1	35,3	Método	ens. Máx. (gr/cm)	Húmedad óptima (%)								
LL	21,8	I.P.	6,6	Clasif. : A-4 (0)	SM-SC	ASTM D 1557 - T180 D	2,239	6,49							
Compactacion de la Muestra															
Muestra en Molde N°	1			2			3								
Molde N°	9X			8X			7X								
N° de capas	5			5			5								
N° de golpes por capa	56			25			12								
Condición de la muestra	Antes embeb.	Después embeb.	Antes embeb.	Después embeb.	Antes embeb.	Después embeb.	Antes embeb.	Después embeb.	Antes embeb.	Después embeb.					
Peso hum. Muestra + molde (gr)	13.587	13.791	13.559	13.766	12.509	12.794									
Peso el molde (gr)	8.167	8.167	8.307	8.307	7.584	7.584									
Peso húmedo de la muestra (gr)	5.420	5.624	5.252	5.459	4.925	5.210									
Volúmen de la muestra (cm³)	2.349	2.349	2.338	2.338	2.350	2.350									
Densidad húmeda muestra (gr/cm³)	2,308	2,394	2,246	2,335	2,096	2,217									
Humedades de Compactacion y Embebimiento															
HUMEDAD	Fondo	Superf.	2" Superf.	Fondo	Superf.	2" Superf.	Fondo	Superf.	2" Superf.						
Recipiente N°	108	109	101	135	105	109	102	124	131						
Peso recipiente + suelo húm. (gr)	497,9	593,0	482,5	448,8	396,3	500,2	473,8	494,3	479,5						
Peso recipiente + suelo seco (gr)	475,4	566,7	437,1	428,8	377,6	450,5	449,9	470,9	429,8						
Peso del agua (gr)	22,6	26,3	45,4	20,0	18,8	49,7	23,9	23,4	49,7						
Peso del recipiente (gr)	66,2	67,7	68,8	68,7	68,3	67,8	67,5	64,1	68,9						
Peso del suelo seco (gr)	409,2	499,0	368,3	360,1	309,3	382,8	382,4	406,8	360,9						
% Húmedad	5,51	5,27	12,33	5,54	6,07	12,99	6,24	5,75	13,78						
Densidad seca probeta (gr/cm³)	2,187	2,192	2,131	2,128	2,118	2,066	1,973	1,982	1,949						
Densidad máxima lab. (gr/cm³)	2,239	2,239	2,239	2,239	2,239	2,239	2,239	2,239	2,239						
% Densidad Máxima	97,7	97,9	95,2	95,1	94,6	92,3	88,1	88,5	87,0						
Determinacion de la Expansion															
Fecha	Tiempo transcurrido en días	Molde N°1			Molde N°2			Molde N°3							
		Lectura del extensómetro	Expansión (cm) (%)		Lectura del extensómetro	Expansión (cm) (%)		Lectura del extensómetro	Expansión (cm) (%)						
10-may-19	0	61,0	0,15	3,10	51,0	0,13	2,59	28,0	0,07	1,42					
11-may-19	1	128,0	0,33	6,50	114,0	0,29	5,79	92,0	0,23	4,67					
12-may-19	2	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00					
13-may-19	3	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00					
14-may-19	4	163,0	0,41	8,28	145,0	0,37	7,37	94,0	0,24	4,78					
Anillo de Carga serie: 3632 PR-100															
C.B.R. Factor de deformación del anillo															
PENETRACIÓN			Carga Estándar (kgf)	Molde N°1				Molde N°2				Molde N°3			
Tiempo en min.	Pulg.	mm		Lectura Dial	Carga (kgf/cm²) Calculada	Corregida	CBR (%)	Lectura Dial	Carga (kgf/cm²) Calculada	Corregida	CBR (%)	Lectura Dial	Carga (kgf/cm²) Calculada	Corregida	CBR (%)
0,00	0,000	0,00	0	3,9			0	3,9			0	3,9			
0,30	0,025	0,63	2	12,5			2	10,3			0	3,9			
1,00	0,050	1,27	3	16,8			3	16,8			1	6,0			
1,30	0,075	1,90	5	23,3			4	21,2			1	6,0			
2,00	0,100	2,54	5	25,5	25,5	1,9	5	25,5	25,5	1,9	1	8,2	8,2	0,6	
4,00	0,200	5,08	9	42,8	42,8	2,1	6	29,8	29,8	1,5	2	10,3	10,3	0,5	
6,00	0,300	7,62	13	60,1			8	38,5			2	10,3			
8,00	0,400	10,16	16	73,1			9	42,8			3	14,7			
10,00	0,500	12,70	18	81,7			11	51,4			3	16,8			

OBSERVACIONES:

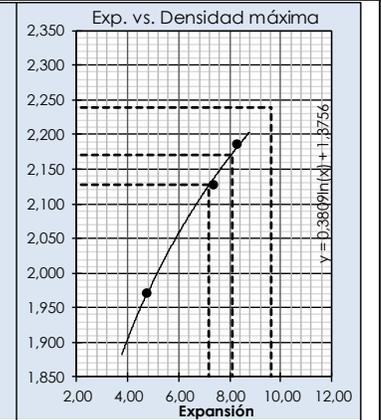
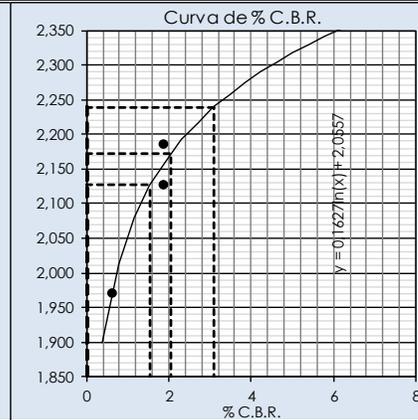
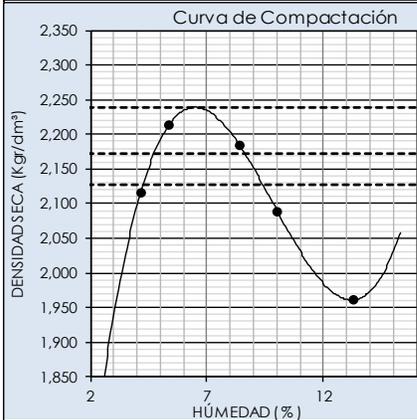
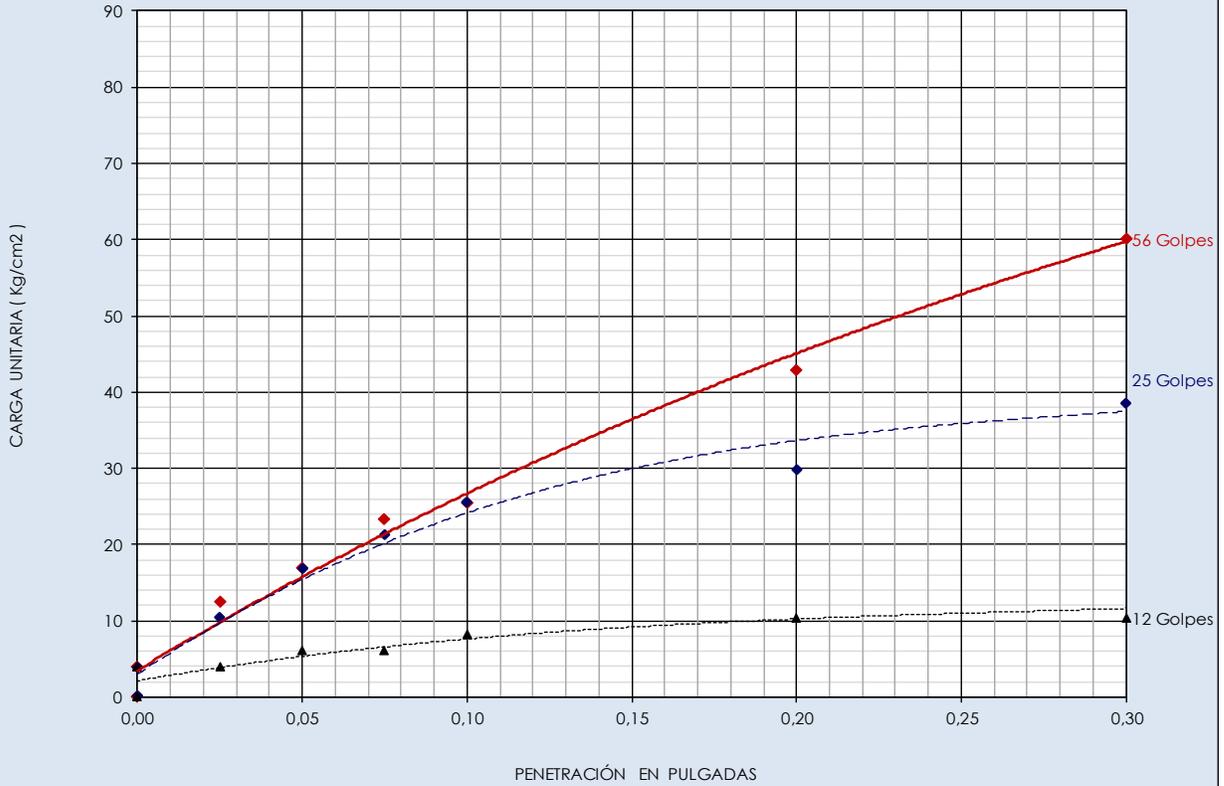
“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

PROYECTO :
ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ
C. B. R. AASHTO T-180 / GRAFICAS

Procedencia (Km): Municipio de Achocalla	Registro: 17
Material: SM-SC	ID Muestra: M-017
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)	Pozo N°: P-17
14-mayo-2019	Profundidad: -2 m

C. B. R. AASHTO T-180 / GRAFICAS

CURVA : CARGA - PENETRACIÓN



DENSIDAD MAX.	g/cm²
Dens Max 100%	2,239
Dens Max 97%	2,172
Dens Max 95%	2,127

C.B.R. (%)	0.1"	
Dens Max 100%	3,1	-
Dens Max 97%	2,0	-
Dens Max 95%	1,5	-

EXPANSION	%
Expansión 100	9,64
Expansión 97%	8,08
Expansión 95%	7,19

OBSERVACIONES:

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

PROYECTO :															
ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ															
RELACION SOPORTE CALIFORNIA C. B. R. AASHTO T - 180															
Procedencia (Km): Municipio de Achocalla			Registro: 18												
Ubicacion: Ñacawi Callipampa Kitachuro			ID Muestra: M-018												
Material: SM-SC			Pozo N°: P-18												
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)			10/05/2019			Profundidad: -2 m									
Tamiz	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200	PRÓCTOR MODIFICADO										
Pasa %	82,4	76,4	62,9	41,7	Método	ens. Máx. (gr/cm)	Húmedad óptima (%)								
LL	24,5	I.P.	4,6	Clasif. : A-4 (0)	SM-SC	ASTM D 1557 - T180 D	2,218	6,46							
Compactacion de la Muestra															
Muestra en Molde N°	1			2			3								
Molde N°	12X			11X			10X								
N° de capas	5			5			5								
N° de golpes por capa	56			25			12								
Condición de la muestra	Antes embeb.	Después embeb.	Antes embeb.	Después embeb.	Antes embeb.	Después embeb.	Antes embeb.	Después embeb.							
Peso hum. Muestra + molde (gr)	12.837	12.964	12.372	12.577	11.782	12.007									
Peso el molde (gr)	7.320	7.320	7.117	7.117	6.728	6.728									
Peso húmedo de la muestra (gr)	5.517	5.644	5.255	5.460	5.054	5.279									
Volúmen de la muestra (cm³)	2.360	2.360	2.345	2.345	2.325	2.325									
Densidad húmeda muestra (gr/cm)	2,338	2,392	2,241	2,328	2,174	2,271									
Humedades de Compactacion y Embebimiento															
HUMEDAD	Fondo	Superf.	2" Superf.	Fondo	Superf.	2" Superf.	Fondo	Superf.	2" Superf.						
Recipiente N°	114	118	108	137	126	126	129	106	129						
Peso recipiente + suelo húm. (gr)	470,0	435,6	492,3	464,3	538,5	548,7	469,7	518,0	594,3						
Peso recipiente + suelo seco (gr)	448,6	416,5	458,4	441,5	516,9	505,4	445,1	492,2	538,0						
Peso del agua (gr)	21,4	19,1	33,9	22,7	21,6	43,3	24,6	25,8	56,2						
Peso del recipiente (gr)	66,5	63,4	66,2	70,5	67,5	67,5	67,5	64,9	67,5						
Peso del suelo seco (gr)	382,1	353,1	392,2	371,0	449,4	437,9	377,6	427,3	470,6						
% Húmedad	5,61	5,40	8,65	6,13	4,81	9,89	6,51	6,03	11,95						
Densidad seca probeta (gr/cm³)	2,214	2,218	2,201	2,112	2,138	2,119	2,041	2,050	2,028						
Densidad máxima lab. (gr/cm³)	2,218	2,218	2,218	2,218	2,218	2,218	2,218	2,218	2,218						
% Densidad Máxima	99,8	100,0	99,2	95,2	96,4	95,5	92,0	92,4	91,5						
Determinacion de la Expansion															
Fecha	Tiempo transcurrido en días	Molde N°1			Molde N°2			Molde N°3							
		Lectura del extensómetro	Expansión (cm) (%)		Lectura del extensómetro	Expansión (cm) (%)		Lectura del extensómetro	Expansión (cm) (%)						
10-may-19	0	42,0	0,11	2,13	31,0	0,08	1,57	58,0	0,15	2,95					
11-may-19	1	85,0	0,22	4,32	116,0	0,29	5,89	150,0	0,38	7,62					
12-may-19	2	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00					
13-may-19	3	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00					
14-may-19	4	122,0	0,31	6,20	127,0	0,32	6,45	153,0	0,39	7,77					
Anillo de Carga serie: 3632 PR-100															
C.B.R. Factor de deformación del anillo															
PENETRACIÓN			Carga Estándar (kgf)	Molde N°1				Molde N°2				Molde N°3			
Tiempo en min.	Pulg.	mm		Lectura Dial	Carga (kgf/cm²)		CBR (%)	Lectura Dial	Carga (kgf/cm²)		CBR (%)	Lectura Dial	Carga (kgf/cm²)		CBR (%)
0,00	0,000	0,00	0	3,9			0	3,9			0	3,9			
0,30	0,025	0,63	2	12,5			2	10,3			0	3,9			
1,00	0,050	1,27	4	21,2			2	12,5			1	6,0			
1,30	0,075	1,90	7	34,1			3	14,7			1	8,2			
2,00	0,100	2,54	8	38,5	38,5	2,8	3	14,7	14,7	1,1	1	8,2	8,2	0,6	
4,00	0,200	5,08	13	60,1	60,1	2,9	5	25,5	25,5	1,2	2	10,3	10,3	0,5	
6,00	0,300	7,62	19	86,0			8	38,5			3	14,7			
8,00	0,400	10,16	21	94,7			12	55,8			4	21,2			
10,00	0,500	12,70	26	116,3			15	66,6			5	23,3			

OBSERVACIONES:

"ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ"

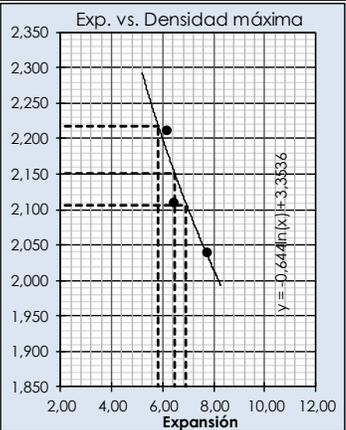
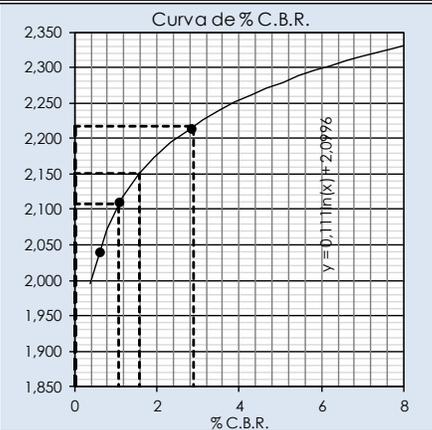
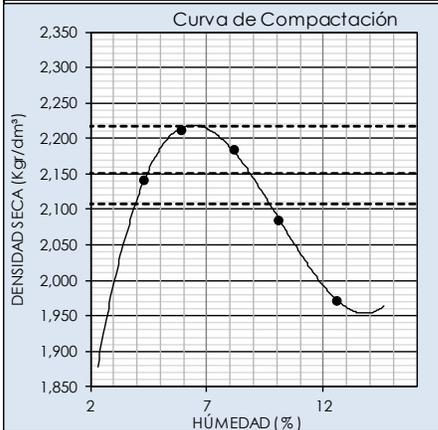
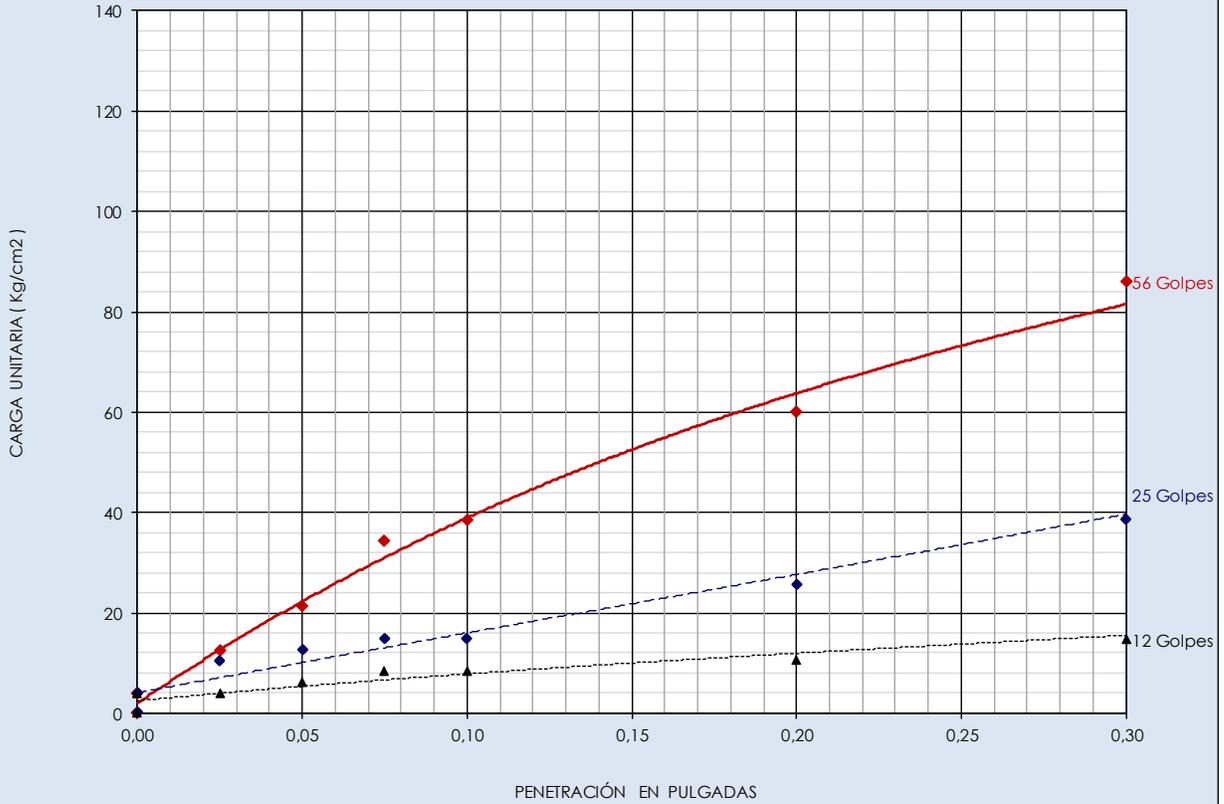
ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ
C. B. R. AASHTO T-180 / GRAFICAS

Procedencia (Km): Municipio de Achocalla Material: SM-SC Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)	Registro: 18 ID Muestra: M.-018 Pozo N°: P-18 Profundidad: -2 m
--	--

14-mayo-2019

C. B. R. AASHTO T-180 / GRAFICAS

CURVA : CARGA - PENETRACIÓN



<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>DENSIDAD MAX.</th> <th>g/cm²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Dens Max 100%</td><td>2,218</td></tr> <tr><td>Dens Max 97%</td><td>2,151</td></tr> <tr><td>Dens Max 95%</td><td>2,107</td></tr> </tbody> </table>	DENSIDAD MAX.	g/cm²	Dens Max 100%	2,218	Dens Max 97%	2,151	Dens Max 95%	2,107	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>C.B.R. (%)</th> <th>0,1"</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Dens Max 100%</td><td>2,9</td><td>-</td></tr> <tr><td>Dens Max 97%</td><td>1,6</td><td>-</td></tr> <tr><td>Dens Max 95%</td><td>1,1</td><td>-</td></tr> </tbody> </table>	C.B.R. (%)	0,1"		Dens Max 100%	2,9	-	Dens Max 97%	1,6	-	Dens Max 95%	1,1	-	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>EXPANSION</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Expansión 100</td><td>5,83</td></tr> <tr><td>Expansión 97%</td><td>6,47</td></tr> <tr><td>Expansión 95%</td><td>6,93</td></tr> </tbody> </table>	EXPANSION	%	Expansión 100	5,83	Expansión 97%	6,47	Expansión 95%	6,93
DENSIDAD MAX.	g/cm²																													
Dens Max 100%	2,218																													
Dens Max 97%	2,151																													
Dens Max 95%	2,107																													
C.B.R. (%)	0,1"																													
Dens Max 100%	2,9	-																												
Dens Max 97%	1,6	-																												
Dens Max 95%	1,1	-																												
EXPANSION	%																													
Expansión 100	5,83																													
Expansión 97%	6,47																													
Expansión 95%	6,93																													

OBSERVACIONES:

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

UBICACIÓN: Municipio de Achocalla
 POZO N°: 13
 MUESTRA N°: P-13
 PROFUNDIDAD: 2.00 m

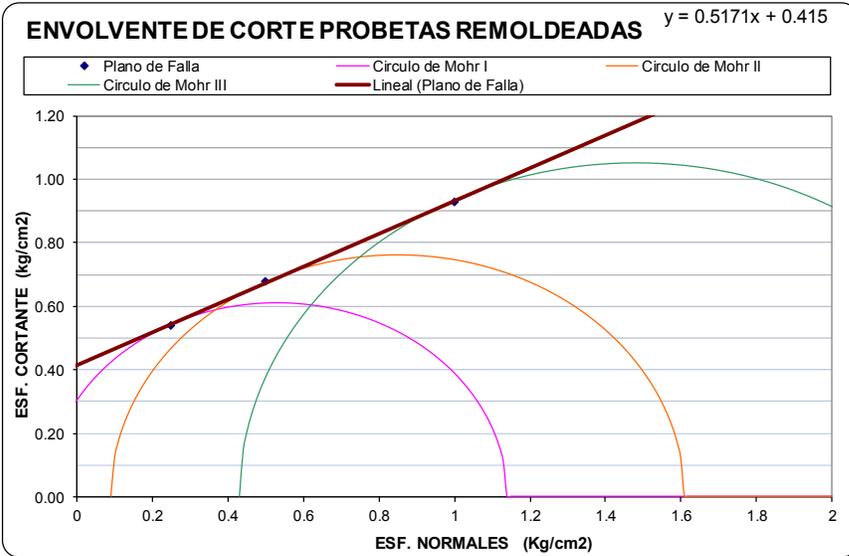
Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)

DATOS DE LA PROBETA	
Diámetro (cm)	6.37
Espesor (cm)	2.50
Area (cm ²)	31.87

Probeta Remoldeada		MUESTRA :	P-13
Anillo de Carga No.	1		
Factor de Calibración	0.227		
Presión Aplicada [kg/cm ²]	0.25	0.50	1.00
Ext. Vtcal. [pulg]:	0.001	Ext. Hztal : 0.01 mm	

ENSAYO DE CORTE DIRECTO RAPIDO

TIEMPO	LECTURAS				DESPLAZAMIENTO				LECTURA			FUERZA DE CORTE			TENSION DE CORTE			
	EXTENSOMETRO				HOZTAL.	VERTICAL			ANILLO DE CARGA			[Kg]			[Kg/cm ²]			
	[min]	HOZTAL.	VERTICAL		[cm]	[cm]			0.25	0.50	1.0	0.25	0.50	1.00	0.25	0.50	1.00	
0	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.12	12	3	1	-4	0.012	0.008	0.003	-0.010	19	21	43	4.31	4.77	9.76	0.14	0.15	0.31	
0.25	25	4	4	-3	0.025	0.010	0.010	-0.008	35	58	75	7.95	13.17	17.03	0.25	0.41	0.53	
0.50	50	7	6	0	0.050	0.018	0.015	0.000	63	88	118	14.30	19.98	26.79	0.45	0.63	0.84	
0.75	75	11	10	3	0.075	0.028	0.025	0.008	74	96	129	16.80	21.79	29.28	0.53	0.68	0.92	
1	100	14	14	6	0.100	0.036	0.036	0.015	76	93	131	17.25	21.11	29.74	0.54	0.66	0.93	
2	200	22	24	13	0.200	0.056	0.061	0.033	30	78	120	6.81	17.71	27.24	0.21	0.56	0.85	
3	300	25	30	19	0.300	0.064	0.076	0.048	22	72	119	4.99	16.34	27.01	0.16	0.51	0.85	
4	400	25	35	23	0.400	0.064	0.089	0.058	20	69	113	4.54	15.66	25.65	0.14	0.49	0.80	
5	500	26	40	24	0.500	0.066	0.102	0.061	18	64	97	4.09	14.53	22.02	0.13	0.46	0.69	
6	600	26	44	25	0.600	0.066	0.112	0.064	17	60	91	3.86	13.62	20.66	0.12	0.43	0.65	
	Probeta	I	II	III		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	

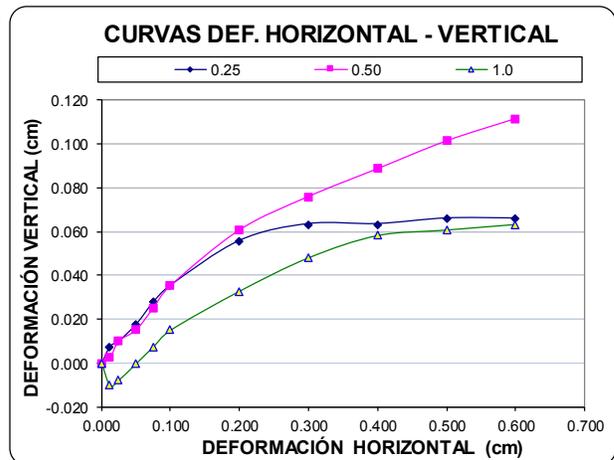
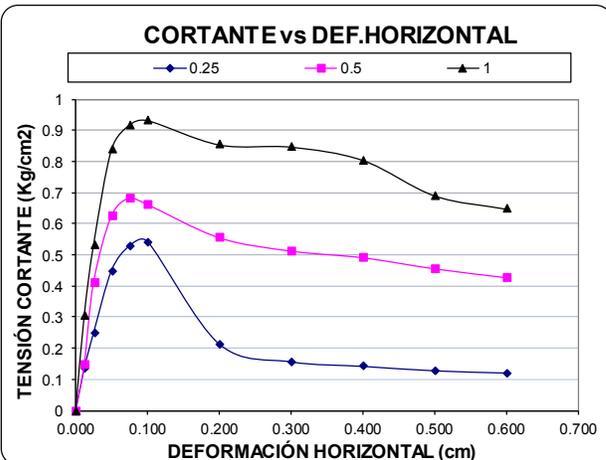


ESFUERZOS DE CORTE DEL SUELO			
σ (kg/cm ²)	0.25	0.50	1.0
T (kg/cm ²)	0.54	0.68	0.93

PARÁMETROS DE CORTE DEL SUELO	
COHESIÓN C (kg/cm ²)	0.42
PENDIENTE	0.52
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA ϕ (°)	27.35

HUMEDAD DE ENSAYO	10.68
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.87
PESO ESPECÍFICO RELATIVO G _s	2.63
RELACIÓN DE VACIOS	0.41
GRADO DE SATURACIÓN (%)	69.07

Ensayo de Contenido de Humedad	
Recipiente No.	125
Suelo húmedo + cápsula (g)	234.39
Suelo seco + cápsula (g)	219.69
Peso del agua (g)	14.7
Peso de la cápsula (g)	70.5
Peso del suelo seco (g)	149.19
Humedad %H	9.85



Nota:-

“ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL DEPARTAMENTO LA PAZ”

UBICACIÓN: Municipio de Achocalla
 POZO N°: 18
 MUESTRA N°: P-18
 PROFUNDIDAD: 2.00 m

Lugar del Ensayo: Laboratorio del IEM (UMSA)

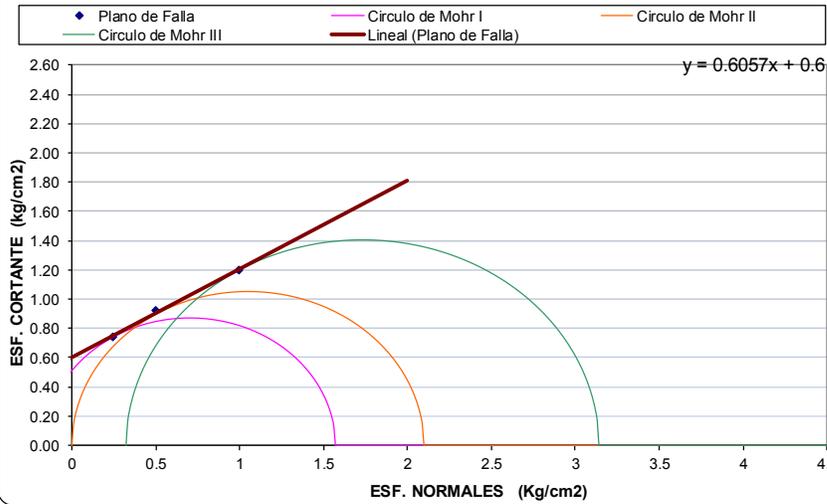
DATOS DE LA PROBETA	
Diámetro (cm)	6.37
Espesor (cm)	2.50
Area (cm ²)	31.87

Probeta Remoldeada		MUESTRA : P-18		
Anillo de Carga No.	1	0.25	0.50	1.00
Factor de Calibración	0.227			
Presión Aplicada [kg/cm ²]				
Ext. Vtcal. [pulg]	0.001	Ext. Hztal : 0.01 mm		

ENSAYO DE CORTE DIRECTO RAPIDO

TIEMPO	LECTURAS				DESPLAZAMIENTO				LECTURA			FUERZA DE CORTE			TENSION DE CORTE			
	EXTENSOMETRO				HOZTAL.	VERTICAL			ANILLO DE CARGA			[Kg]			[Kg/cm ²]			
	[min]	HOZTAL.	VERTICAL		[cm]	[cm]			0.25	0.50	1.0	0.25	0.50	1.00	0.25	0.50	1.00	
0	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.12	12	2	0.5	1	0.012	0.005	0.001	0.003	18	22	82	4.09	4.99	18.61	0.13	0.16	0.58	
0.25	25	2.5	1	3	0.025	0.006	0.003	0.008	36	54	126	8.17	12.26	28.60	0.26	0.38	0.90	
0.50	50	7	4	5	0.050	0.018	0.010	0.013	64	94	159	14.53	21.34	36.09	0.46	0.67	1.13	
0.75	75	10	6	9	0.075	0.025	0.015	0.023	83	117	168	18.84	26.56	38.14	0.59	0.83	1.20	
1	100	15	9	12	0.100	0.038	0.023	0.030	98	129	165	22.25	29.28	37.46	0.70	0.92	1.18	
2	200	29	22	21	0.200	0.074	0.056	0.053	104	90	117	23.61	20.43	26.56	0.74	0.64	0.83	
3	300	40	28	27	0.300	0.102	0.071	0.069	38	68	106	8.63	15.44	24.06	0.27	0.48	0.76	
4	400	45	32	28	0.400	0.114	0.081	0.071	30	58	101	6.81	13.17	22.93	0.21	0.41	0.72	
5	500	49	34	29	0.500	0.124	0.086	0.074	27	54	99	6.13	12.26	22.47	0.19	0.38	0.71	
6	600	52	37	31	0.600	0.132	0.094	0.079	27	49	96	6.13	11.12	21.79	0.19	0.35	0.68	
	Probeta	I	II	III		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	

ENVOLVENTE DE CORTE PROBETAS REMOLDEADAS



ESFUERZOS DE CORTE DEL SUELO

σ (kg/cm ²)	0.25	0.50	1.0
τ (kg/cm ²)	0.74	0.92	1.2

PARÁMETROS DE CORTE DEL SUELO

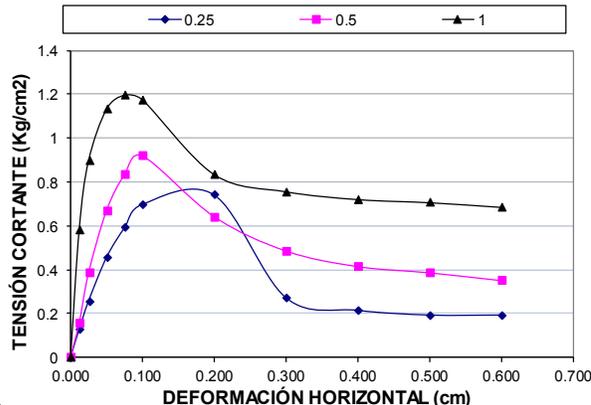
COHESIÓN C (kg/cm ²)	0.60
PENDIENTE	0.61
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA φ (°)	31.20

HUMEDAD DE ENSAYO	10.01
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	2.02
PESO ESPECÍFICO RELATIVO G _s	2.70
RELACIÓN DE VACIOS	0.34
GRADO DE SATURACIÓN (%)	79.56

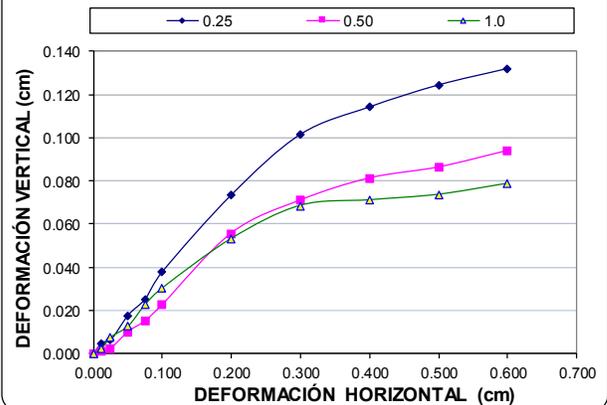
Ensayo de Contenido de Humedad

Recipiente No.	127
Suelo húmedo + cápsula (g)	241.34
Suelo seco + cápsula (g)	225.25
Peso del agua (g)	16.09
Peso de la cápsula (g)	65.74
Peso del suelo seco (g)	159.51
Humedad %H	10.09

CORTANTE vs DEF. HORIZONTAL



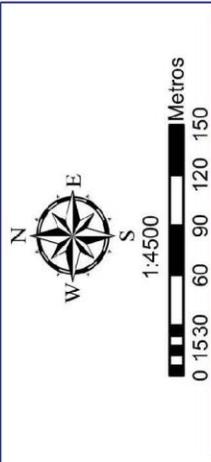
CURVAS DEF. HORIZONTAL - VERTICAL



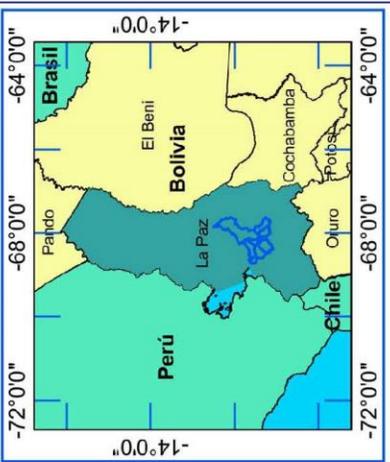
Nota:-

ANEXO

A.2. MAPAS



Proyección: Universal Transversa de Mercator
 Zona: 19 Sur
 Datum: World Geodetic System 1984 (WGS84)



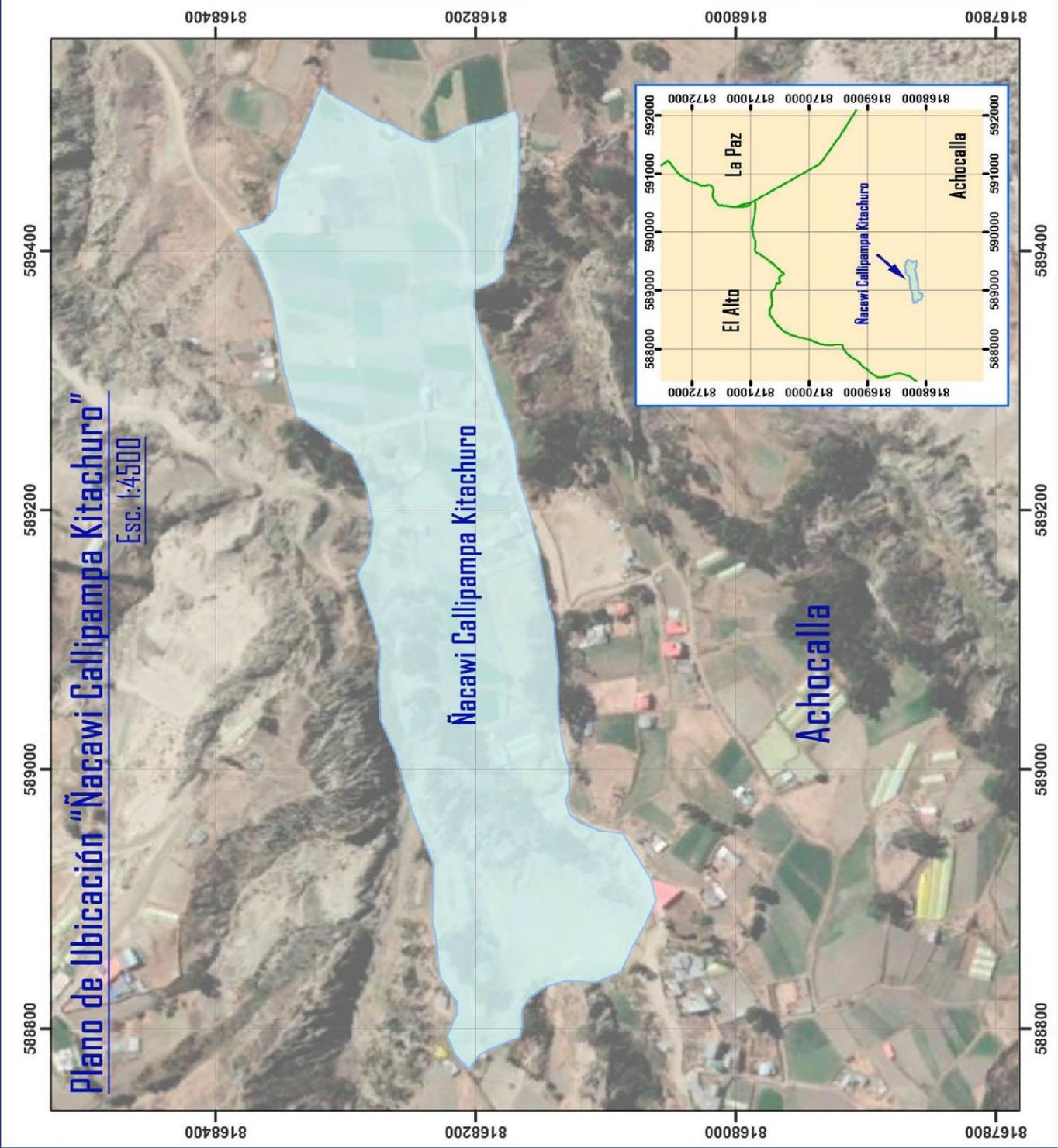
Simbología
 Urbanización

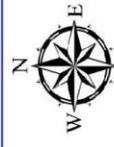

 Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ingeniería
 Carrera de Ingeniería Civil

ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DE ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA
 KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL
 DEPARTAMENTO DE LA PAZ

Tutor: Msc. Ing. Víctor Bermejo Franco
 Postulantes: Univ. Ruben Mamani Mamani
 Univ. Raúl Alberto Catacura Quisbert

Descripción: **Plano de Ubicación**
 Escala: Indicada Lamina: I





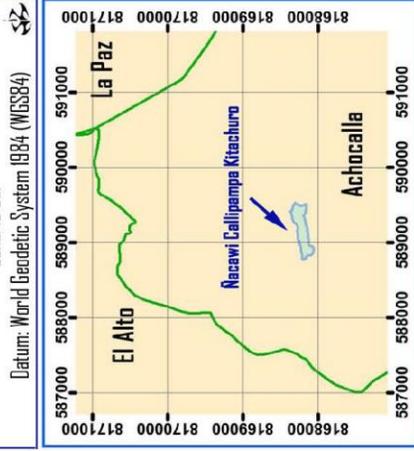
1:4500



Proyección: Universal Transversa de Mercator

Zona: 19 Sur

Datum: World Geodetic System 1984 (WGS84)



Simbología

- Urbanización
- Curvas de Nivel
- Curvas cada 1m
- Curvas cada 5m



Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Civil

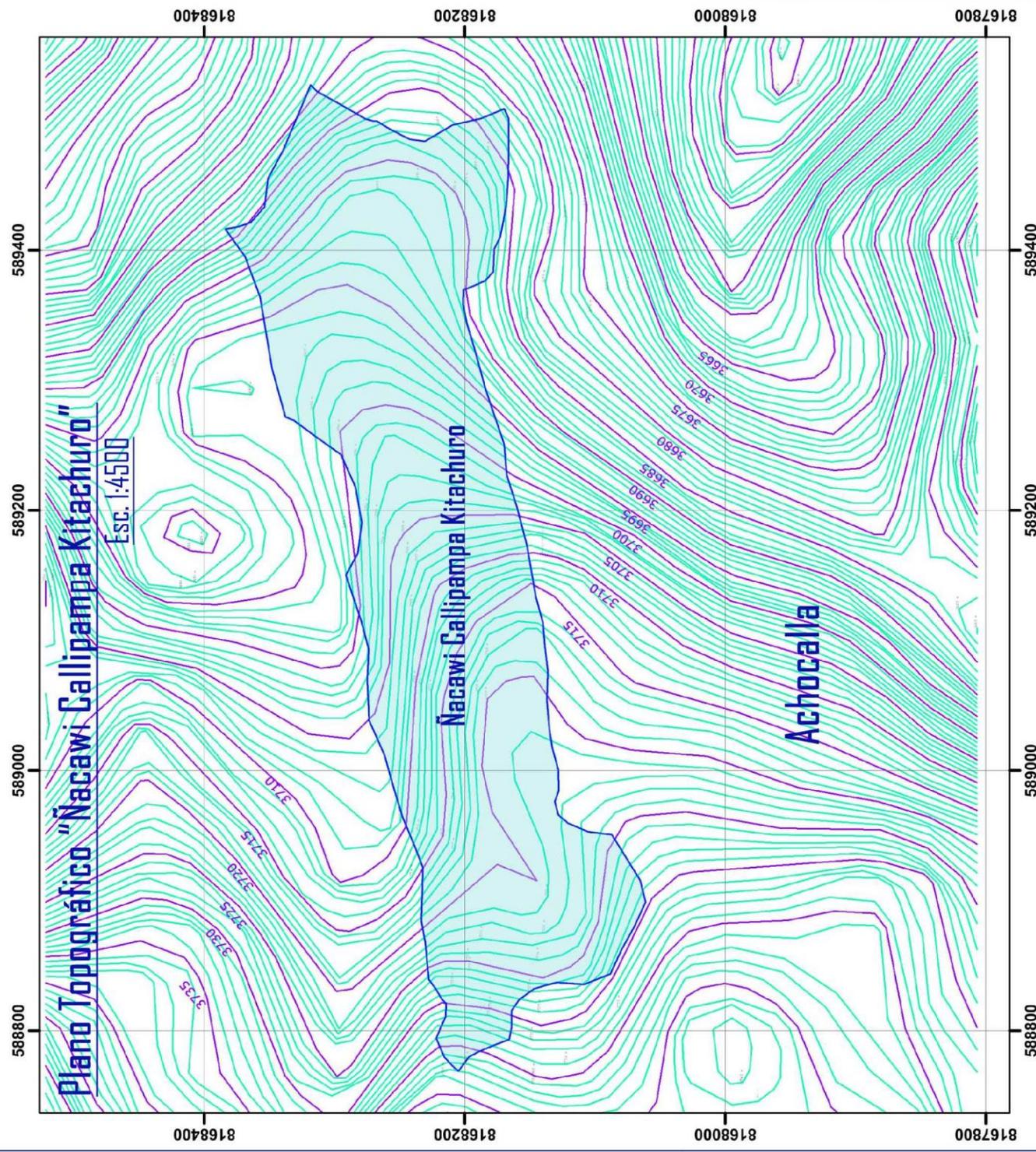
ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DE ZONA: NACAWI CALLIPAMPA
KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL
DEPARTAMENTO DE LA PAZ

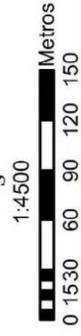
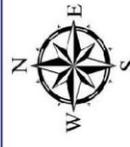
Tutor: Msc. Ing. Victor Bermejo Franco

Postulantes: Univ. Ruben Mamani Mamani
Univ. Raul Alberto Catacura Quisbert

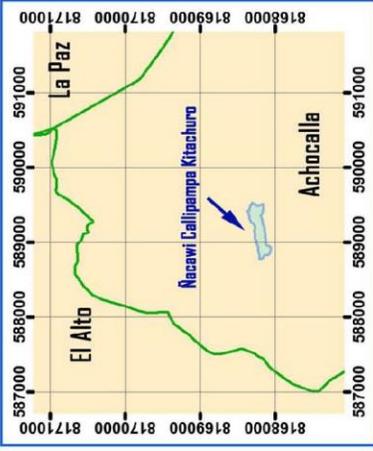
Descripción: Plano Topográfico

Escala: Indicada Lamina: 2





Proyección: Universal Transversa de Mercator
 Zona: 19 Sur
 Datum: World Geodetic System 1984 (WGS84)



Simbología

- Pozos
- Urbanización
- Curvas de Nivel**
 - Curvas cada 1m
 - Curvas cada 5m

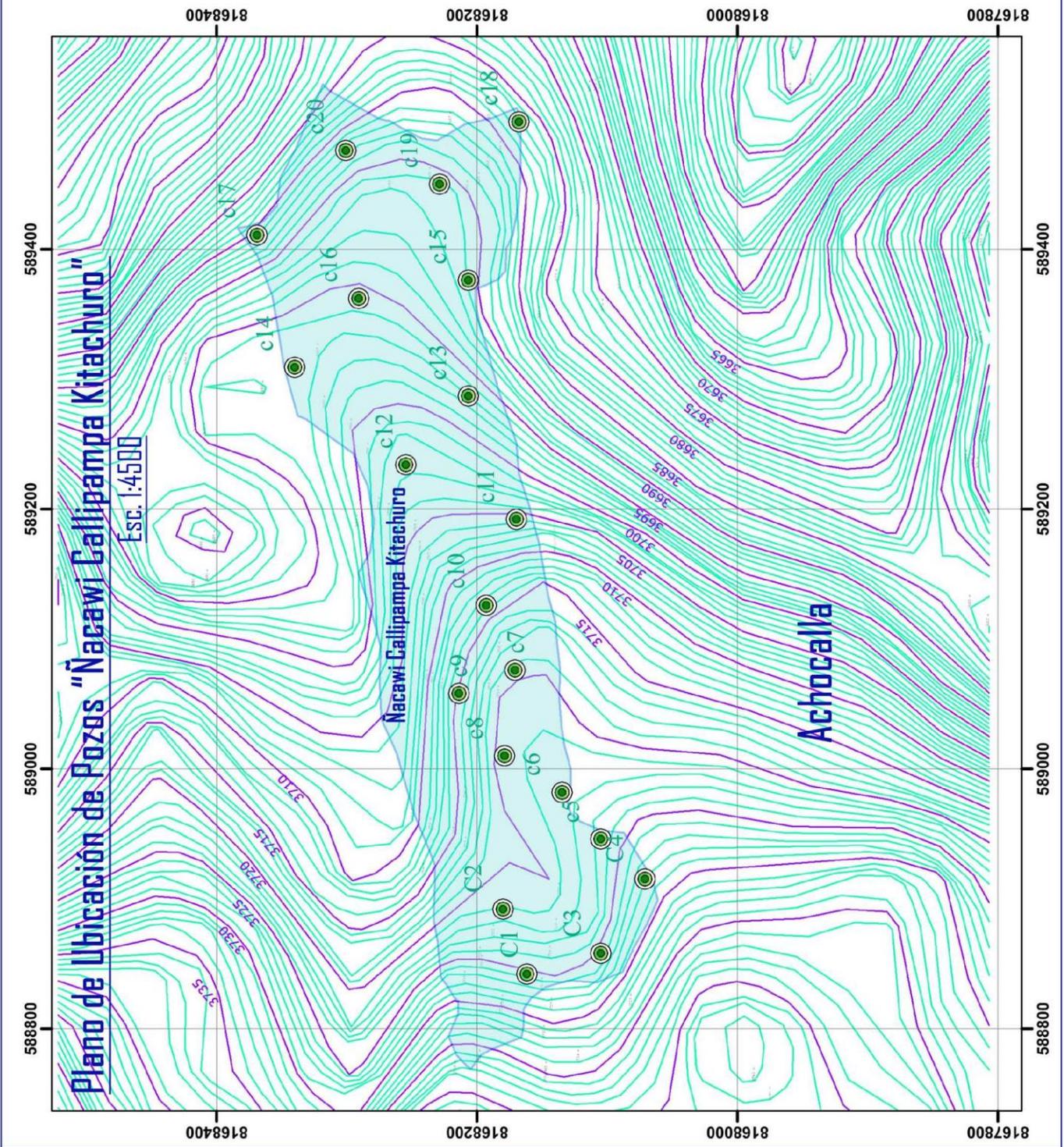


Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ingeniería
 Carrera de Ingeniería Civil

ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DE ZONA: NACAWI CALLIPAMPA
 KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL
 DEPARTAMENTO DE LA PAZ

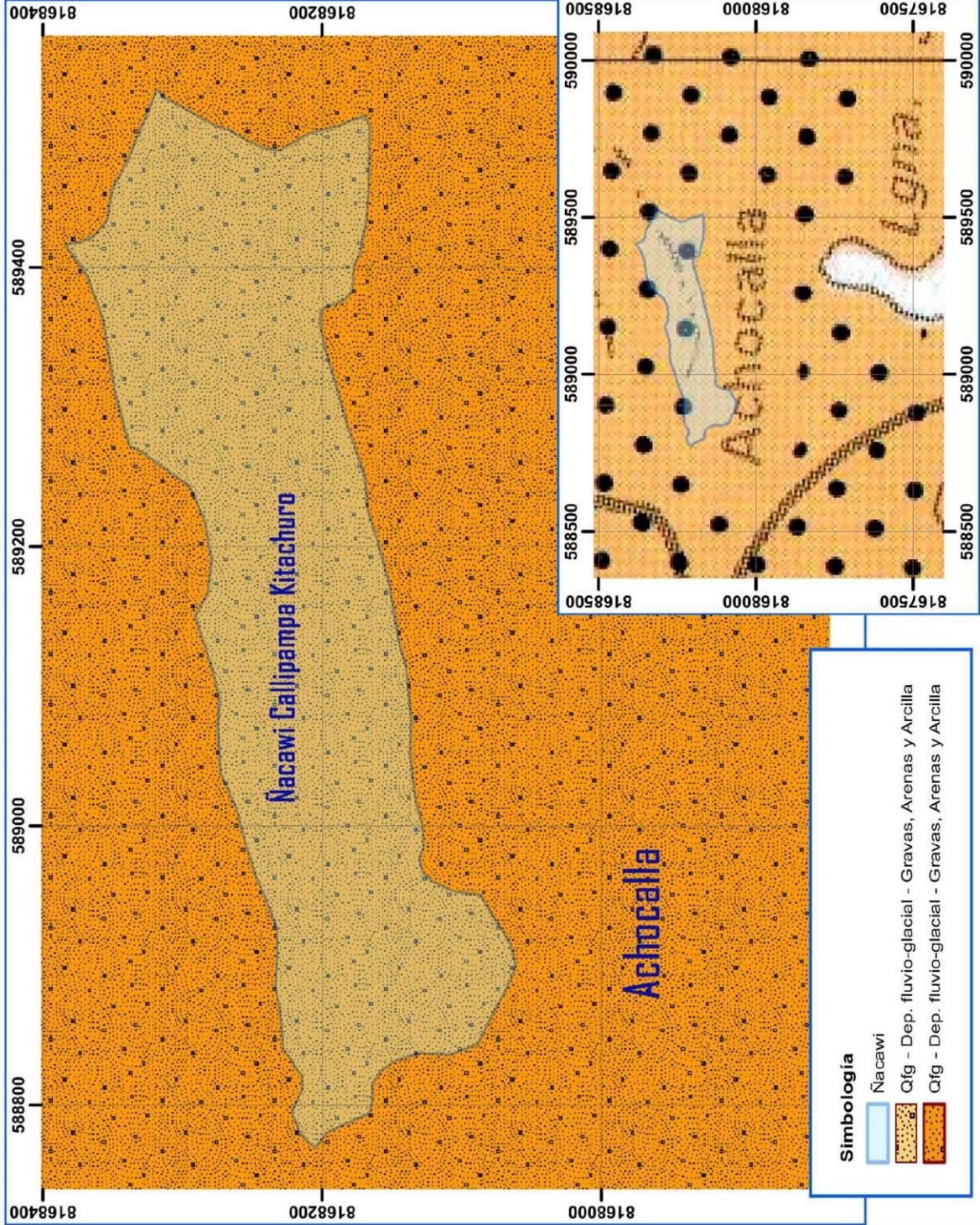
Tutor: Msc. Ing. Víctor Bermúdez Franco
 Postulantes: Univ. Rubén Mamani Mamani
 Univ. Raúl Alberto Catacora Quisbert

Descripción: Plano de Ubicación de Pozos
 Escala: Indicada
 Laminas: 3



Plano Geológico "Nacawi Callipampa Kitachuro"

Esc. 1:4500



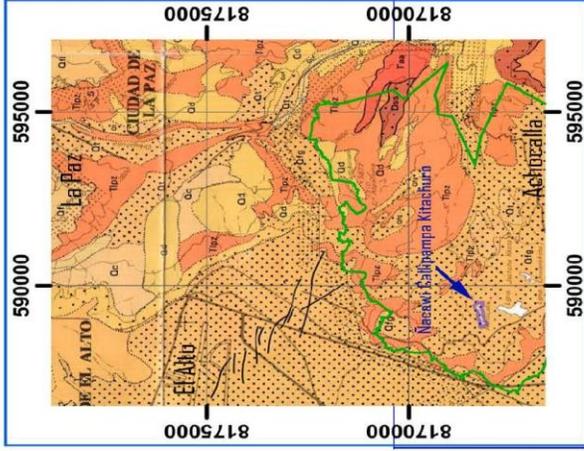
1:4500



Proyección: Universal Transversa de Mercator

Zona: 19 Sur

Datum: World Geodetic System 1984 (WGS84)



Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Civil

ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DE ZONA: NACAWI CALLIPAMPA
KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL
DEPARTAMENTO DE LA PAZ

Tutor: Msc. Ing. Víctor Bermejo Franco

Postulantes: Univ. Ruben Mamani Mamani

Univ. Raúl Alberto Catacora Quisbert

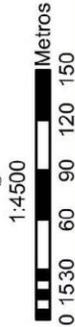
Descripción: Plano de Geológico

Escala: Indicada

Lamina: 4

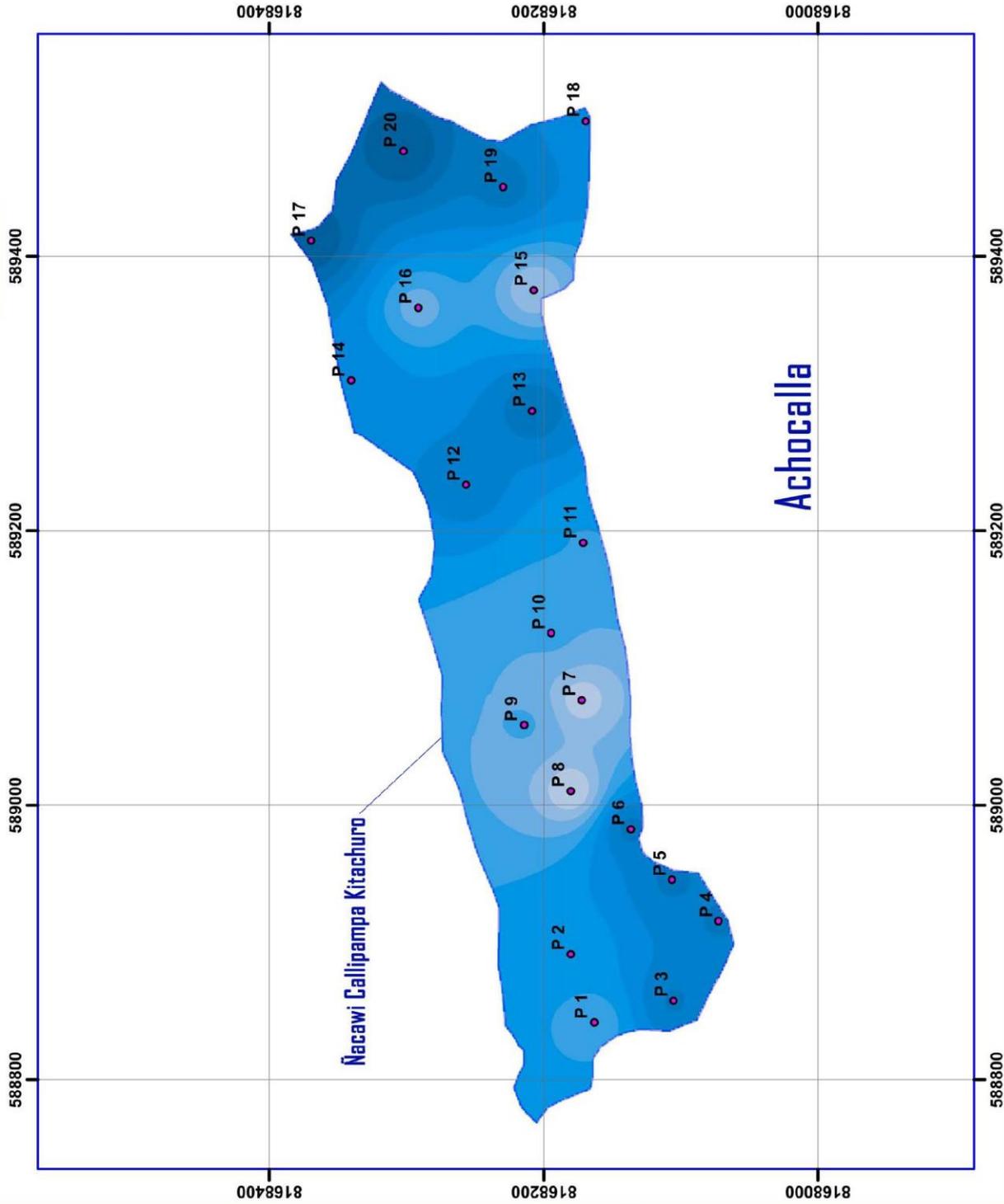
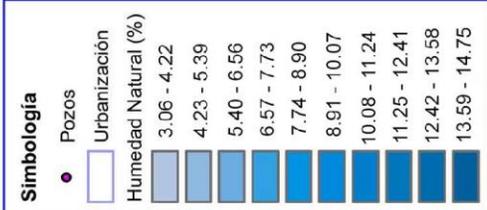
Plano de Variación de Humedad Natural

Esc. 1:4500



Proyección: Universal Transversa de Mercator
 Zona: 19 Sur
 Datum: World Geodetic System 1984 (WGS84)

Pozo	Humedad Natural (%)
P 1	7.68
P 2	8.88
P 3	12.93
P 4	13.00
P 5	13.14
P 6	13.21
P 7	3.61
P 8	3.06
P 9	7.39
P 10	7.43
P 11	8.59
P 12	8.09
P 13	10.68
P 14	10.90
P 15	4.54
P 16	6.51
P 17	12.90
P 18	10.01
P 19	11.28
P 20	14.68



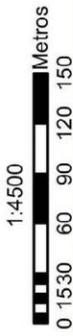
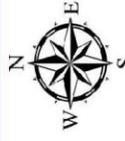
Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ingeniería
 Carrera de Ingeniería Civil

ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DE ZONA: NACAWI CALLIPAMPA
 KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL
 DEPARTAMENTO DE LA PAZ

Tutor:	Msc. Ing. Victor Bermejo Franco
Postulantes:	Univ. Ruben Mamani Mamani Univ. Raúl Alberto Catacora Quisbert
Descripción:	Humedad Natural
Escala:	Indicada
Lámina:	5

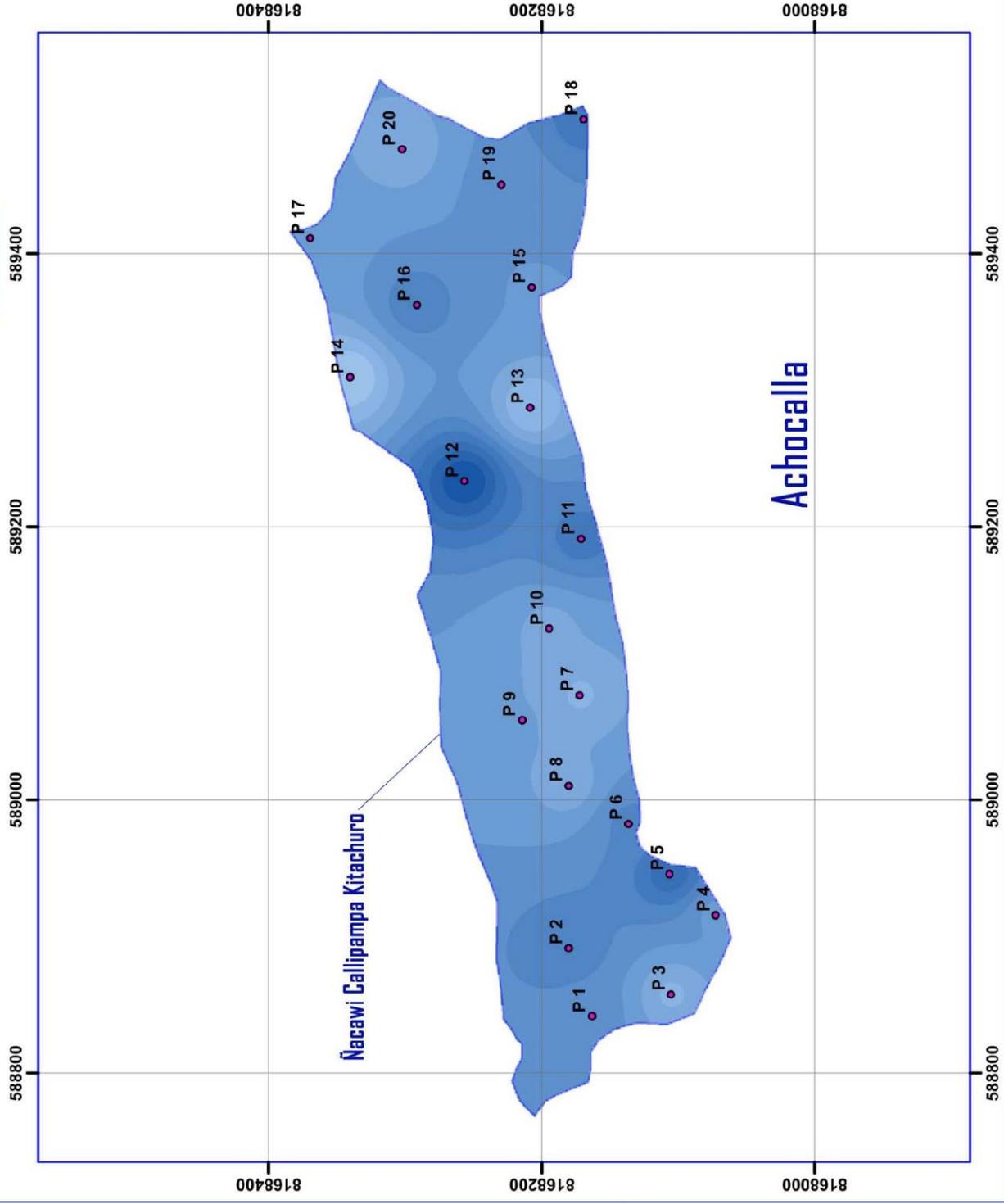
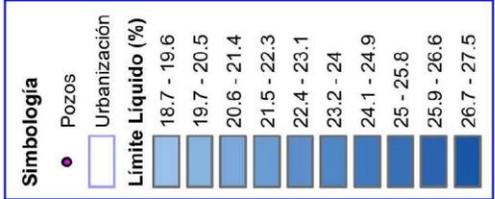
Plano de Variación de Límite Líquido

Esc. 1:4500



Proyección: Universal Transversa de Mercator
 Zona: 19 Sur
 Datum: World Geodetic System 1984 (WGS84)

Pozo	Límite Líquido (%)
P 1	22.65
P 2	23.99
P 3	20.31
P 4	22.01
P 5	25.64
P 6	23.34
P 7	20.32
P 8	20.75
P 9	21.41
P 10	21.05
P 11	24.45
P 12	27.52
P 13	19.59
P 14	18.74
P 15	22.20
P 16	23.86
P 17	21.78
P 18	24.50
P 19	22.55
P 20	20.73



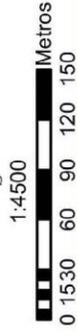
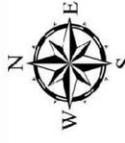
Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ingeniería
 Carrera de Ingeniería Civil

ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DE ZONA: NACAWI CALLIPAMPA
 KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL
 DEPARTAMENTO DE LA PAZ

Tutor:	Msc. Ing. Víctor Bermejo Franco
Postulantes:	Univ. Ruben Mamani Mamani Univ. Raul Alberto Catacora Quisbert
Descripción:	Límite Líquido
Escala:	Indicada
Lámina:	6

Plano de Variación de Límite Plástico

Esc. 1:4500



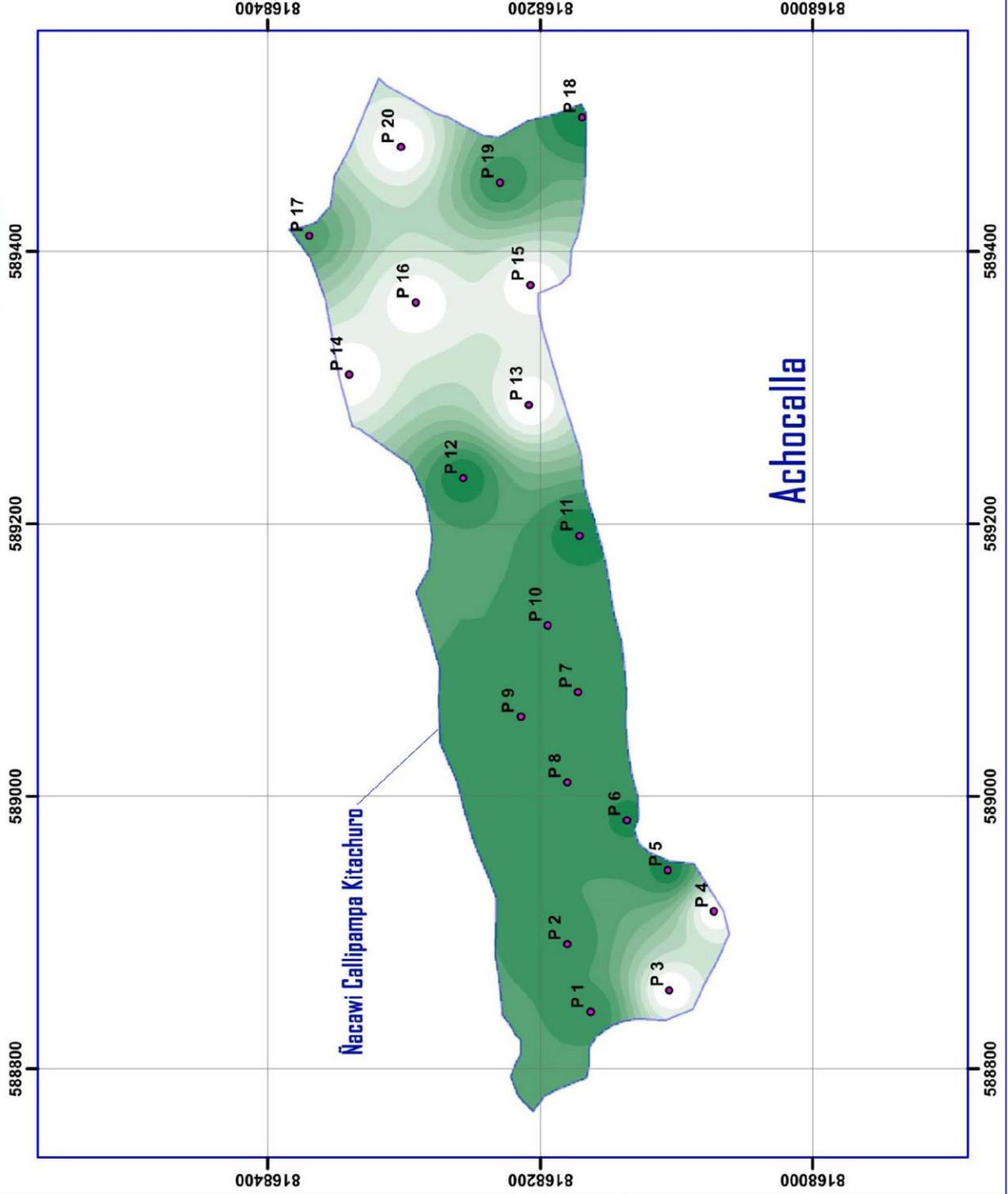
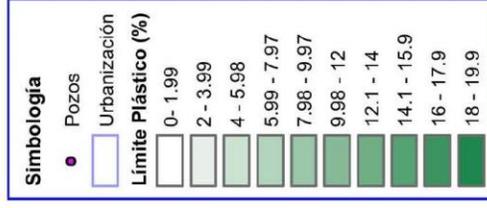
Proyección: Universal Transversa de Mercator

Zona: 19 Sur

Datum: World Geodetic System 1984 (WGS84)



Pozo	Límite Plástico (%)
P 1	17.86
P 2	17.97
P 3	NP
P 4	NP
P 5	19.30
P 6	18.49
P 7	16.84
P 8	17.20
P 9	17.01
P 10	16.67
P 11	19.40
P 12	19.58
P 13	NP
P 14	NP
P 15	NP
P 16	NP
P 17	15.13
P 18	19.93
P 19	17.91
P 20	NP



Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Civil

ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DE ZONA: NACAWI CALLIPAMPA
KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL
DEPARTAMENTO DE LA PAZ

Tutor: Msc. Ing. Victor Bermejo Franco

Postulantes: Univ. Ruben Mamani Mamani

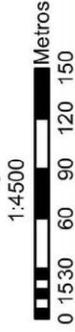
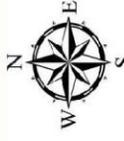
Univ. Raúl Alberto Catacura Quisbert

Descripción: Límite Plástico

Escala: Indicada Lámina: 7

Plano de Variación de Índice de Plasticidad

Esc. 1:4500



Proyección: Universal Transversa de Mercator

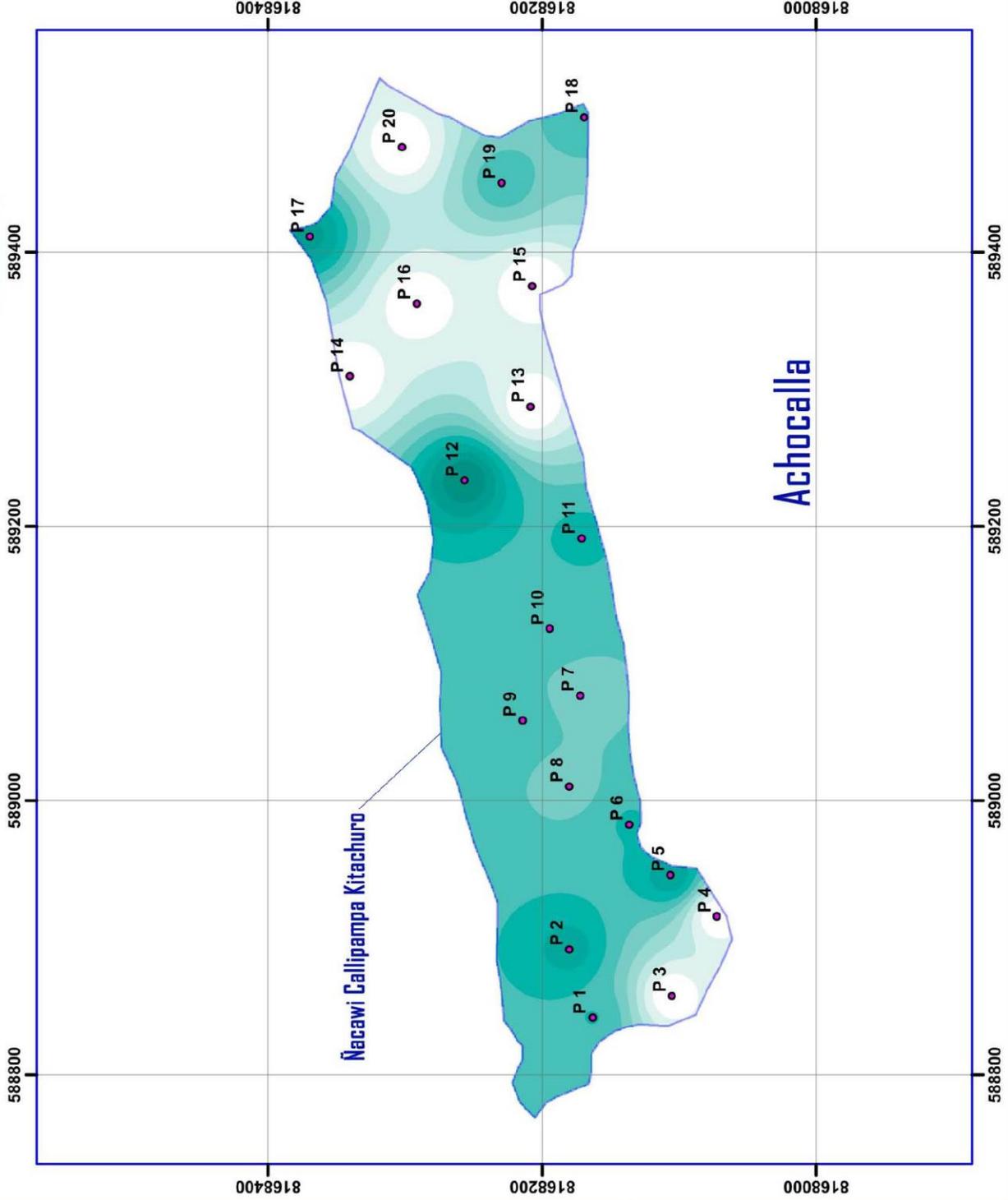
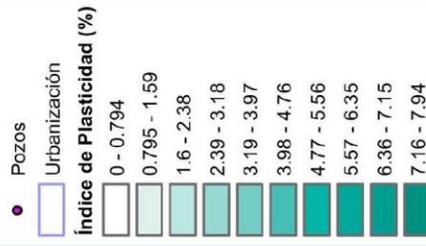
Zona: 19 Sur

Datum: World Geodetic System 1984 (WGS84)



Pozo	Índice de Plasticidad (%)
P 1	4.79
P 2	6.02
P 3	NP
P 4	NP
P 5	6.34
P 6	4.85
P 7	3.48
P 8	3.55
P 9	4.39
P 10	4.39
P 11	5.05
P 12	7.94
P 13	NP
P 14	NP
P 15	NP
P 16	NP
P 17	6.65
P 18	4.57
P 19	4.64
P 20	NP

Simbología



Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Civil

ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DE ZONA: NACAWI CALLIPAMPA
KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL
DEPARTAMENTO DE LA PAZ

Tutor: Msc. Ing. Víctor Bermejo Franco

Postulantes: Univ. Ruben Mamani Mamani

Univ. Raúl Alberto Catacora Quisbert

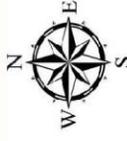
Descripción: Índice de Plasticidad

Escala: Indicada

Lámina: 8

Plano de Variación de Densidad Húmeda

Esc. 1:4500



1:4500



Proyección: Universal Transversa de Mercator

Zona: 19 Sur

Datum: World Geodetic System 1984 (WGS84)



Pozo	Densidad Húmeda (g/cm ³)
P 1	2.22
P 2	2.19
P 3	2.04
P 4	2.07
P 5	1.94
P 6	1.82
P 7	1.98
P 8	1.96
P 9	2.09
P 10	2.13
P 11	2.18
P 12	2.23
P 13	2.07
P 14	2.08
P 15	2.23
P 16	2.10
P 17	2.11
P 18	2.22
P 19	2.07
P 20	2.06

Simbología

● Pozos

□ Urbanización

Desidad Húmeda (g/cm³)

1.82 - 1.87

1.88 - 1.91

1.92 - 1.95

1.96 - 1.99

2 - 2.03

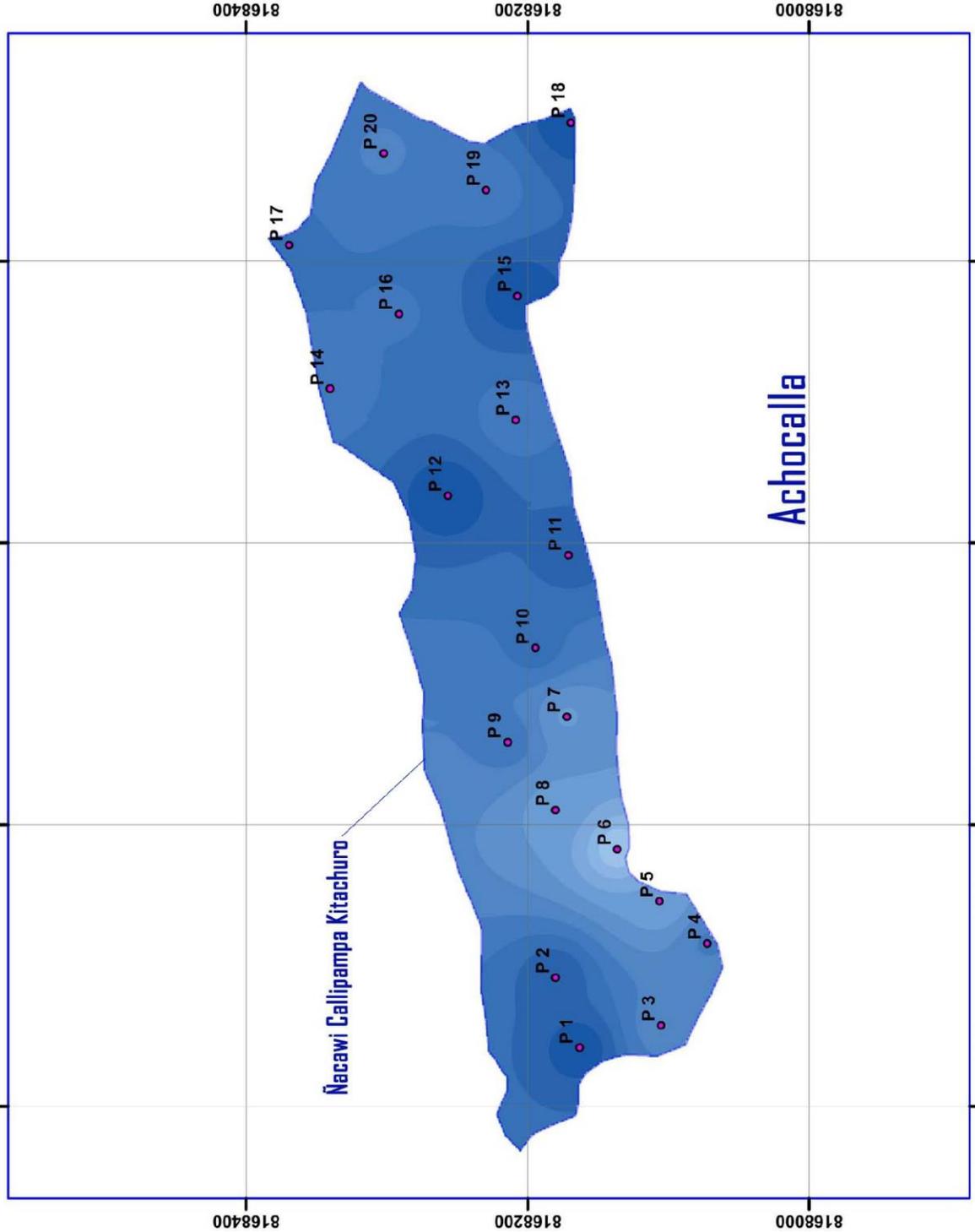
2.04 - 2.07

2.08 - 2.11

2.12 - 2.15

2.16 - 2.19

2.2 - 2.23



Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Civil

ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DE ZONA: NACAWI CALLIPAMPA
KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL
DEPARTAMENTO DE LA PAZ

Tutor: Msc. Ing. Victor Bermejo Franco

Postulantes: Univ. Ruben Mamani Mamani

Univ. Raúl Alberto Catacora Quisbert

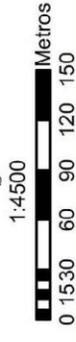
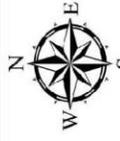
Descripción: Densidad Húmeda

Escala: Indicada

Lámina: 9

Plano de Variación de Densidad Seca

Esc. 1:4500



Proyección: Universal Transversa de Mercator
 Zona: 19 Sur
 Datum: World Geodetic System 1984 (WGS84)

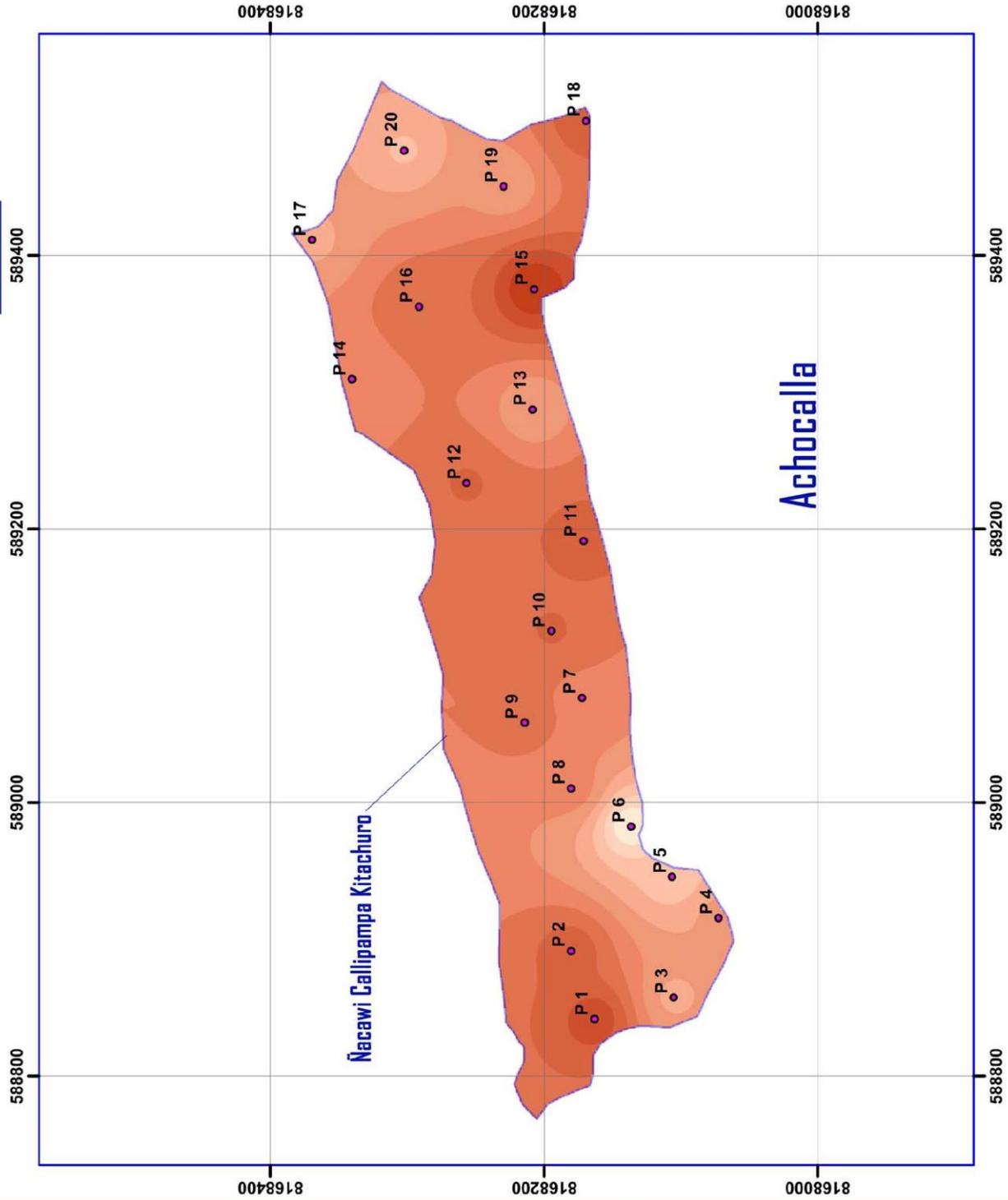
Pozo	Densidad Seca (g/cm ³)
P 1	2.06
P 2	2.01
P 3	1.81
P 4	1.83
P 5	1.72
P 6	1.61
P 7	1.91
P 8	1.90
P 9	1.95
P 10	1.98
P 11	2.00
P 12	1.98
P 13	1.82
P 14	1.88
P 15	2.13
P 16	1.97
P 17	1.81
P 18	2.01
P 19	1.83
P 20	1.76

Simbología

- Pozos
- Urbanización

Densidad Seca (g/cm³)

- 1.61 - 1.66
- 1.67 - 1.72
- 1.73 - 1.77
- 1.78 - 1.82
- 1.83 - 1.87
- 1.88 - 1.92
- 1.93 - 1.97
- 1.98 - 2.03
- 2.04 - 2.08
- 2.09 - 2.13



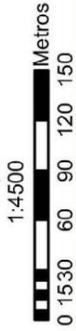
Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ingeniería
 Carrera de Ingeniería Civil

ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DE ZONA: NACAWI CALLIPAMPA
 KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL
 DEPARTAMENTO DE LA PAZ

Tutor:	Msc. Ing. Victor Bermejo Franco
Postulantes:	Univ. Ruben Mamani Mamani Univ. Raúl Alberto Catacora Quisbert
Descripción:	Densidad Seca
Escala:	Indicada
Lámina:	10

Plano de Variación de Peso Específico

Esc. 1:4500



Proyección: Universal Transversa de Mercator
 Zona: 19 Sur
 Datum: World Geodetic System 1984 (WGS84)

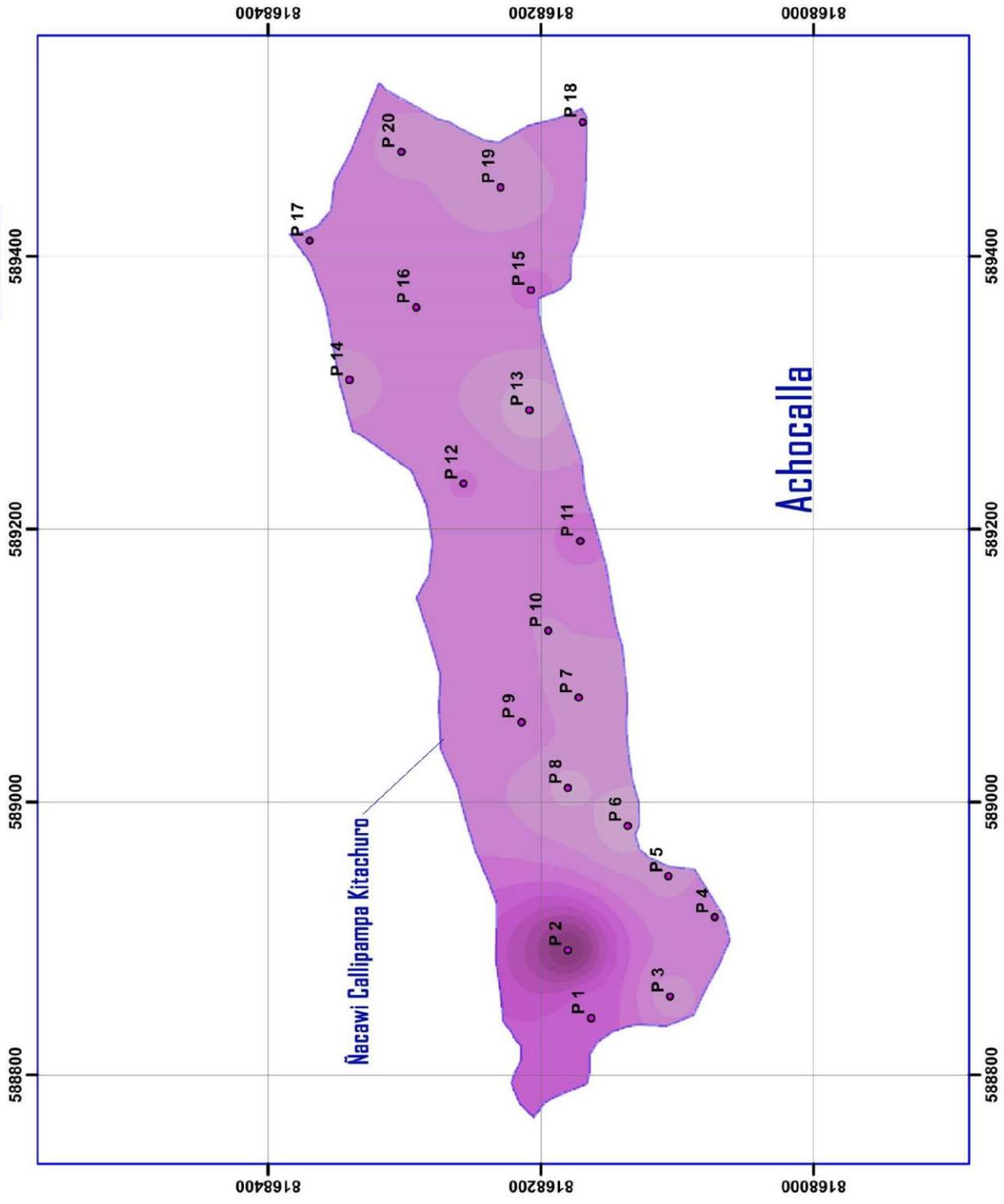
Pozo	Peso Específico (g/cm3)
P 1	2.75
P 2	2.92
P 3	2.67
P 4	2.70
P 5	2.67
P 6	2.62
P 7	2.66
P 8	2.64
P 9	2.70
P 10	2.68
P 11	2.72
P 12	2.71
P 13	2.63
P 14	2.67
P 15	2.71
P 16	2.70
P 17	2.70
P 18	2.70
P 19	2.66
P 20	2.68

Simbología

- Pozos
- Urbanización

Peso Específico (g/cm3)

- 2.62 - 2.65
- 2.66 - 2.68
- 2.69 - 2.71
- 2.72 - 2.74
- 2.75 - 2.77
- 2.78 - 2.8
- 2.81 - 2.83
- 2.84 - 2.86
- 2.87 - 2.89
- 2.9 - 2.92



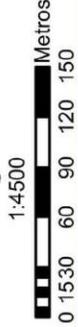
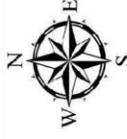
Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ingeniería
 Carrera de Ingeniería Civil

ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DE ZONA: NACAWI CALLIPAMPA
 KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL
 DEPARTAMENTO DE LA PAZ

Tutor:	Msc. Ing. Victor Bermejo Franco
Postulantes:	Univ. Ruben Mamani Mamani Univ. Raúl Alberto Gatacora Guisbert
Descripción:	Peso Específico
Escala:	Indicada
Lámina:	II

Plano de Variación de Saturación

Esc. 1:4500



Proyección: Universal Transversa de Mercator
 Zona: 19 Sur
 Datum: World Geodetic System 1984 (WGS84)

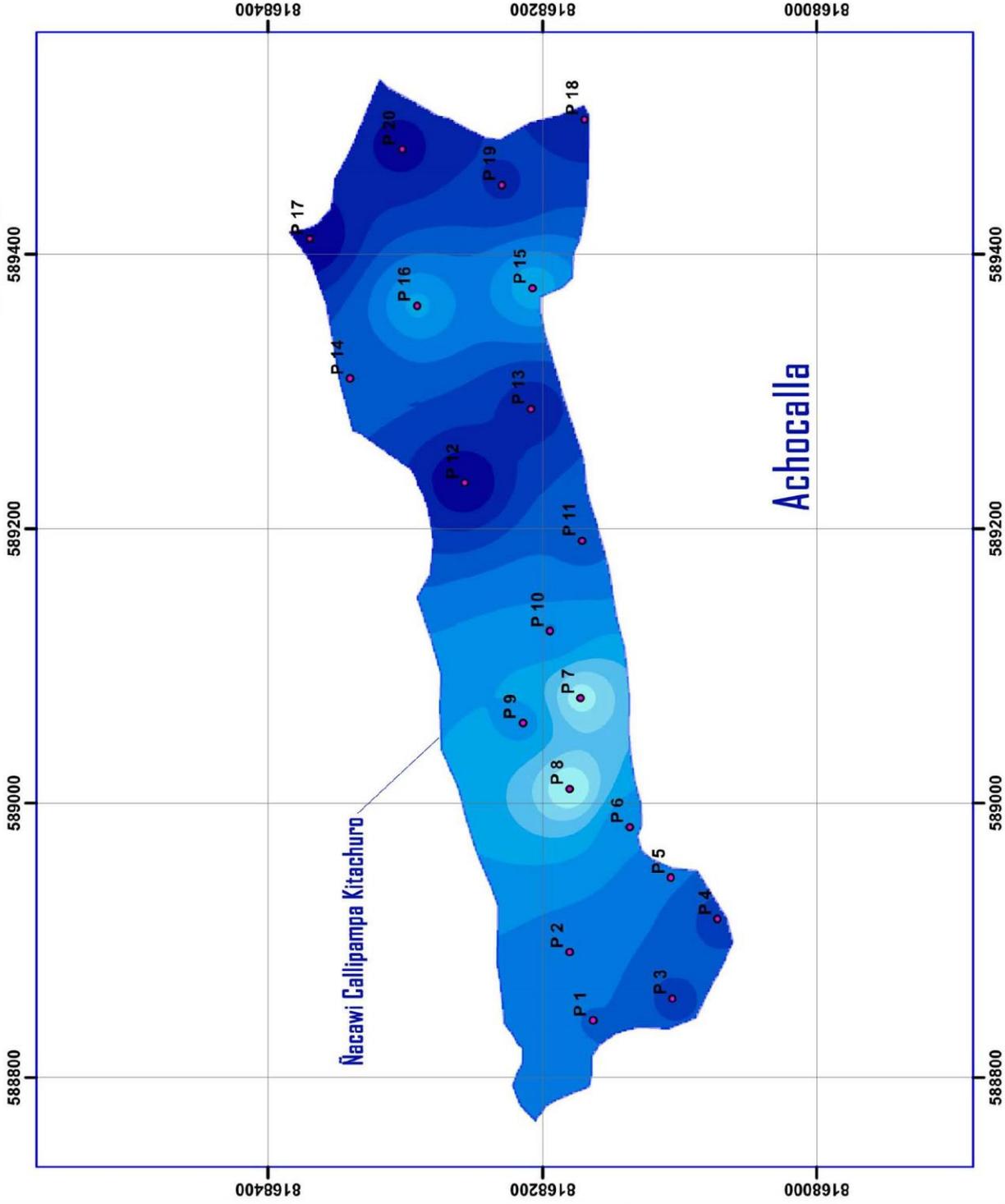
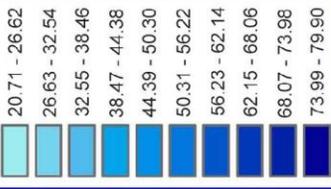


Pozo	Saturación (%)
P 1	63.56
P 2	57.37
P 3	72.41
P 4	74.19
P 5	63.30
P 6	55.30
P 7	24.52
P 8	20.71
P 9	51.66
P 10	56.43
P 11	65.59
P 12	69.35
P 13	69.07
P 14	68.61
P 15	44.83
P 16	47.61
P 17	78.27
P 18	79.56
P 19	70.34
P 20	79.86

Simbología

- Pozos
- Urbanización

Saturación (%)



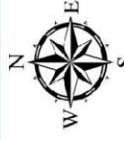
Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ingeniería
 Carrera de Ingeniería Civil

ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DE ZONA: NACAWI CALLIPAMPA
 KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL
 DEPARTAMENTO DE LA PAZ

Tutor:	Msc. Ing. Víctor Bermejo Franco
Postulantes:	Univ. Ruben Mamani Mamani Univ. Raul Alberto Catacora Quisbert
Descripción:	Saturación
Escala:	Indicada
Lámina:	12

Plano de Variación de Porosidad

Esc. 1:4500



Proyección: Universal Transversa de Mercator
 Zona: 19 Sur
 Datum: World Geodetic System 1984 (WGS84)

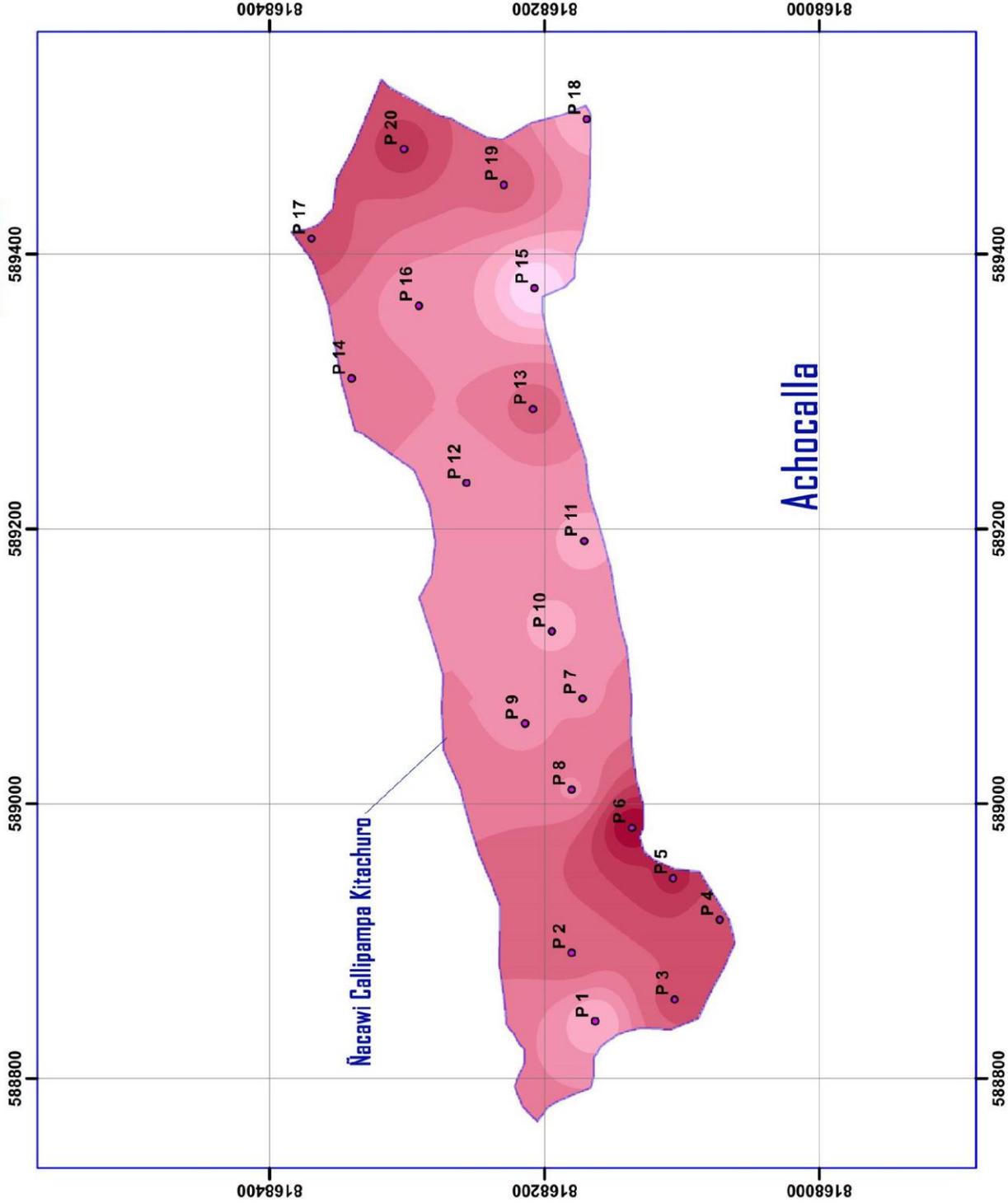
Pozo	Porosidad
P 1	0.25
P 2	0.31
P 3	0.32
P 4	0.32
P 5	0.36
P 6	0.39
P 7	0.28
P 8	0.28
P 9	0.28
P 10	0.26
P 11	0.26
P 12	0.24
P 13	0.29
P 14	0.30
P 15	0.22
P 16	0.27
P 17	0.31
P 18	0.25
P 19	0.30
P 20	0.33

Simbología

- Pozos (represented by a small circle icon)
- Urbanización (represented by a light blue shaded area icon)

Porosidad

- 0.216 - 0.233
- 0.234 - 0.249
- 0.25 - 0.266
- 0.267 - 0.283
- 0.284 - 0.3
- 0.301 - 0.317
- 0.318 - 0.334
- 0.335 - 0.351
- 0.352 - 0.368
- 0.369 - 0.385



Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ingeniería
 Carrera de Ingeniería Civil

ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DE ZONA: ÑACAWI CALLIPAMPA
 KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL
 DEPARTAMENTO DE LA PAZ

Tutor:	Msc. Ing. Victor Bermejo Franco
Postulantes:	Univ. Ruben Mamani Mamani Univ. Raul Alberto Catacora Quisbert
Descripción:	Porosidad
Escala:	Indicada
Lámina:	13

Plano de Clasificación de suelo S.U.C.S.

Esc. 1:4500



1:4500



Proyección: Universal Transversa de Mercator

Zona: 19 Sur

Datum: World Geodetic System 1984 (WGS84)



Simbología

- Pozos
- Urbanización

Clasificación SUCS

SW-SM
SM-SC
SM
ML
GW-GC
CL-ML
CL

Tipo de Suelo	Clasificación SUCS
Arena bien graduada con limo	SW-SM
Arena limosa arcillosa	SM-SC
Arena limosa	SM
Limo de baja plasticidad	ML
Grava bien graduada con arcilla	GW-GC
Arcilla limosa	CL-ML
Arcilla de baja plasticidad	CL



Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Civil

ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DE ZONA: NACAWI CALLIPAMPA
KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL
DEPARTAMENTO DE LA PAZ

Tutor: Msc. Ing. Victor Bermejo Franco

Postulantes:

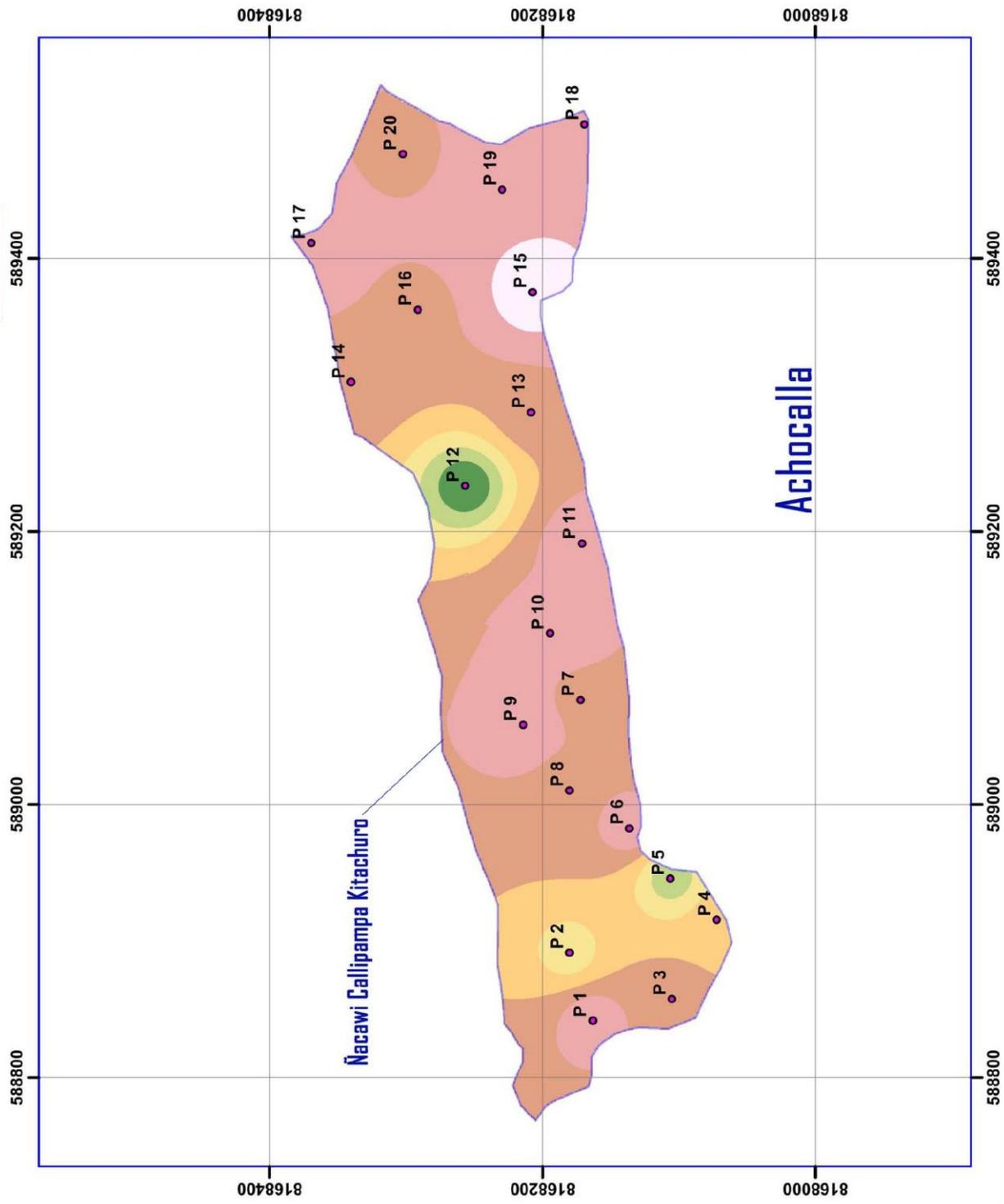
Univ. Ruben Mamani Mamani

Univ. Raúl Alberto Gatacora Guisbert

Descripción: Clasificación SUCS

Escala: Indicada

Lámina: 14

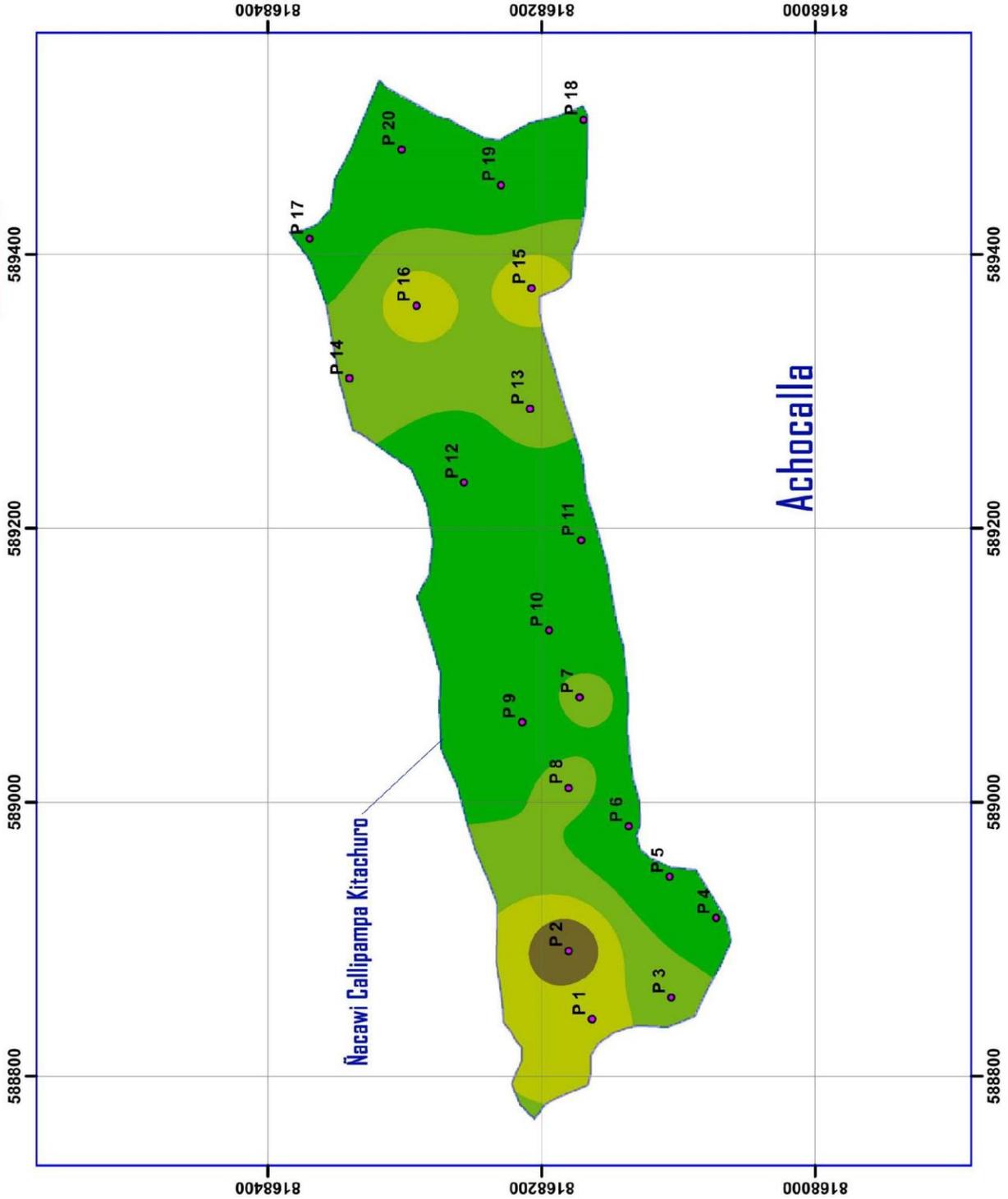


Nacawi Callipampa Kitachuro

Achocalla

Plano de Clasificación de suelo AASHTO

Esc. 1:4500



1:4500



Proyección: Universal Transversa de Mercator

Zona: 19 Sur

Datum: World Geodetic System 1984 (WGS84)



Simbología

● Pozos

□ Urbanización

Clasificación AASHTO

A-1-a

A-1-b

A-2-4

A-4

Tipo de Suelo	Clasificación AASHTO
Fragmentos de roca, grava y arena	A-1-a
Fragmentos de roca, grava y arena	A-1-b
Grava y arena arcillosa o limosa	A-2-4
Suelos limosos	A-4



Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Civil

ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DE ZONA: NACAWI CALLIPAMPA
KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL
DEPARTAMENTO DE LA PAZ

Tutor: Msc. Ing. Victor Bermejo Franco

Postulantes: Univ. Ruben Mamani Mamani

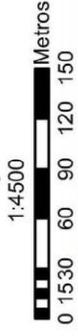
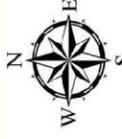
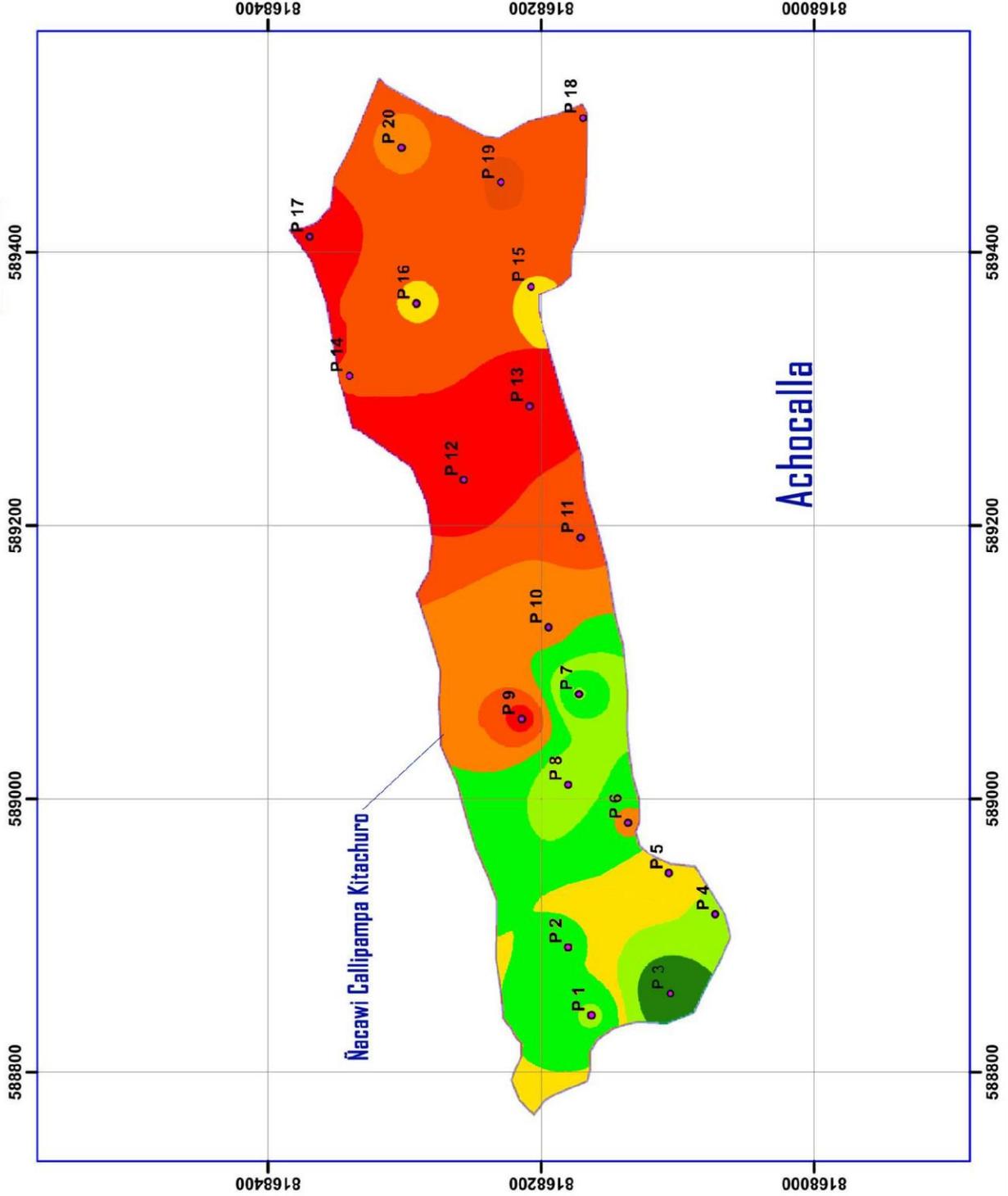
Univ. Raul Alberto Catacora Guisbert

Descripción: Clasificación AASHTO

Escala: Indicada Lámina: 15

Plano de Variación de Capacidad Portante del Suelo

Esc. 1:4500



Proyección: Universal Transversa de Mercator

Zona: 19 Sur

Datum: World Geodetic System 1984 (WGS84)



Simbología	
●	Pozos
	Urbanización
Capacidad Portante (Kg/cm2)	
	0.30 - 0.40
	0.41 - 0.51
	0.52 - 0.62
	0.63 - 0.73
	0.74 - 0.84
	0.85 - 0.95
	0.96 - 1.06
	1.07 - 1.17
	1.18 - 1.28
	1.29 - 1.39

Pozo	Capacidad Portante (Kg/cm2)
P.1	0.90
P.2	1.10
P.3	1.30
P.4	0.85
P.5	0.75
P.6	0.70
P.7	1.08
P.8	0.95
P.9	0.38
P.10	0.70
P.11	0.55
P.12	0.30
P.13	0.38
P.14	0.50
P.15	0.75
P.16	0.80
P.17	0.38
P.18	0.45
P.19	0.55
P.20	0.65



Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Civil

ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DE ZONA: NACAWI CALLIPAMPA
KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL
DEPARTAMENTO DE LA PAZ

Tutor: Msc. Ing. Victor Bermejo Franco

Postulantes: Univ. Ruben Mamani Mamani

Univ. Raul Alberto Catacora Quisbert

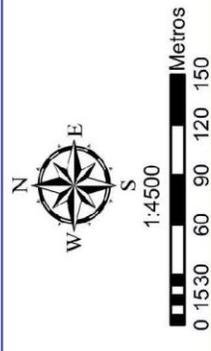
Descripción: Capacidad Portante del Suelo

Escala: Indicada

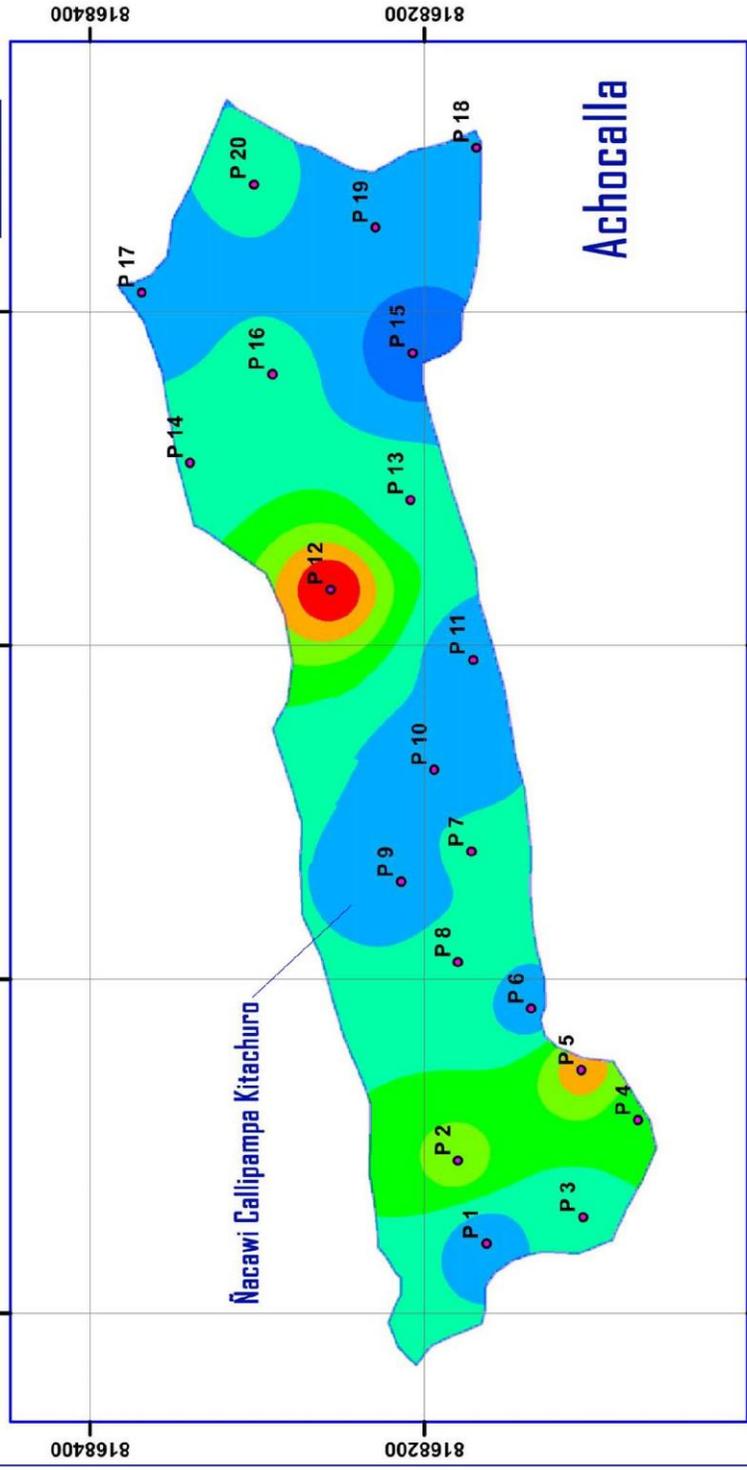
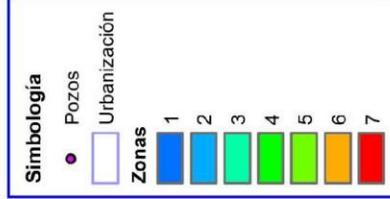
Lámina: 16

Plano de Zonificación Geotécnica

Esc. 1:4500



Proyección: Universal Transversa de Mercator
Zona: 19 Sur
Datum: World Geodetic System 1984 (WGS84)



Zona	Profundidad Media (m)	Clasificación Unificada		Tensión Admisible (Kg/cm ²)	Características Físicas del Suelo			Parámetros de Corte del Suelo			Compactación		CBR		Permeabilidad en estado Compactado	Resistencia al Corte en estado Compactado	Compresibilidad en estado Compactado		
		Signa	Descripción		Densidad del suelo húmedo, Dh	Densidad del suelo seco, Ds	Peso Específico, Gs	Cohesión, C (kg/cm ²)	Ángulo de fricción interna, φ (°)	Humedad (%)	Humedad Optima (%)	Densidad de suelo max (g/cm ³)	T1000 CBR (%)	T100 CBR (%)				T1000 CBR (%)	T100 CBR (%)
1	2,00	SN-SM	Arena bien graduada con limo	0,75	2,23	2,13	2,71	0,6	31,2	5,4	6,5	2,23	2,3	2,90%	15,40%	1,10%	6,80%	Buena	Meda
2	2,00	SM-SC	Arena limosa arcillosa	0,38	1,82	2,22	2,62	2,75	0,6	31,2	5,4	2,23	2,3	2,90%	15,40%	1,10%	6,80%	Mala a Regular	Meda
3	2,00	SM	Arena limosa	0,38	1,96	2,10	2,63	2,70	0,42	27,4	5,15	2,23	2,23	5,50%	3,80%		3,80%	Mala a Regular	Meda
4	2,00	ML	Limo de baja plasticidad	0,85	2,07	1,83	2,70											Regular	Meda
5	2,00	GM-GC	Grava bien graduada con arcilla	1,10	2,19	2,01	2,92											Buena Regular	Meda
6	2,00	CL-ML	Arcilla limosa	0,75	1,94	1,72	2,67											Regular	Meda
7	2,00	CL	Arcilla de baja plasticidad	0,30	2,23	2,00	2,71											Regular	Meda



Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Civil

ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DE ZONA: NACAWI CALLIPAMPA
KITACHURO DEL MUNICIPIO DE ACHOCALLA DEL
DEPARTAMENTO DE LA PAZ

Tutor: Msc. Ing. Victor Bermejo Franco

Postulantes: Univ. Ruben Mamani Mamani
Univ. Raul Alberto Catacora Quisbert

Descripción: Zonificación Geotécnica

Escala: Indicada Lámina: 17