

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Tesis

Efectos de los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial en el dimensionamiento de cimiento superficial para una edificación proyectada en Molinopata - Abancay

Presentado por:

Aldair Cesar Hilares Alvarez
Yohel Yohan Serrano Espinoza

Para optar el título de Ingeniero Civil

Abancay, Perú
2025



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**Efectos de los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial
en el dimensionamiento de cimiento superficial para una edificación proyectada en
Molinopata – Abancay**

Presentado por **Aldair Cesar Hilares Alvarez y Yohel Yohan Serrano Espinoza**,
para optar el título de Ingeniero Civil

Sustentado y aprobado el 04 de julio del 2025, ante el jurado evaluador:

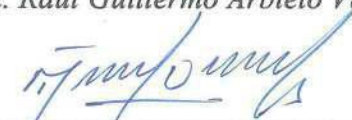
Presidente:


Ing. Darwin Duhamel Loayza Encalada

Primer miembro:


Mgt. Raul Guillermo Arbieto Valle

Segundo miembro:


MSc. Jinmer Bravo Apaza

Asesor:


Ph.D. Lucy Marisol Guanuchi Orellana



"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N° 140-2025

La Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, a través de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería declara que, la Tesis intitulada: **Efectos de los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial en el dimensionamiento de cimiento superficial para una edificación proyectada en Molinopata - Abancay**, presentado por los Bachrs: **Aldair Cesar Hilares Alvarez y Yohel Yohan Serrano Espinoza**, Para optar el Título de **Ingeniero Civil**; ha sido sometido a un mecanismo de evaluación y verificación de similitud, a través del Software Turnitin, siendo el índice de similitud **ACEPTABLE de (17%)** por lo que, cumple con los criterios de originalidad establecidos por la Universidad.

Abancay, 27 de junio del 2025

Atentamente,


Dra. Hesmeryda Rojas Barrios
DIRECTORA DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA

C. c.
Archivo
REG. N° 448

Agradecimiento

Queremos expresar nuestro agradecimiento a todas las personas que nos han respaldado y contribuido al éxito de este trabajo, especialmente a aquellos que nos han brindado su apoyo, nos han dado la oportunidad de aprender de ellos y nos han facilitado el camino para alcanzar nuestros objetivos.

A la universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac por darnos la oportunidad de fôrmanos profesionalmente y a la Ph.D. Ing. Lucy Marisol Guanuchi Orellana por asesoría de tesis.

Aldair Cesar Hilares Alvarez
Yohel Yohan Serrano Espinoza



Dedicatoria

Esta tesis está dedicada principalmente a Dios, quien nos inspira y nos brinda la fuerza necesaria para perseverar en la búsqueda de uno de nuestros mayores deseos.

A nuestros padres por su amor incondicional, su dedicación y sacrificio a lo largo de nuestras vidas; gracias a ellos, hemos podido desarrollarnos como personas íntegras.

Aldair Cesar Hilares Alvarez

Yohel Yohan Serrano Espinoza



Efectos de los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial en el dimensionamiento de cimiento superficial para una edificación proyectada en

Molinopata - Abancay

Línea de investigación: Ingeniería de construcción

Esta publicación está bajo una licencia Creative Commons.



ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	3
ABSTRACT	5
CAPÍTULO I	7
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
1.1 Descripción del problema	7
1.2 Enunciado del problema	9
1.2.1 Problema general	9
1.2.2 Problemas específicos	9
1.3 Justificación de la investigación	9
CAPÍTULO II	12
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	12
2.1 Objetivos de la investigación	12
2.2.1 Objetivo general	12
2.2.2 Objetivos específicos	12
2.2 Hipótesis de la investigación	13
2.2.3 Hipótesis general	13
2.2.4 Hipótesis específicas	13
2.3 Operacionalización de variables	13
2.3.1 Variables independientes	13
2.3.2 Variables dependientes	14
CAPÍTULO III	16
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	16
3.1 Antecedentes	16
3.1.1 Nivel internacional	16
3.1.2 Nivel nacional	20
3.1.3 Nivel local	26
3.2 Marco teórico	28
3.2.1 Definición del suelo	28
3.2.2 Clasificación de suelos	28
3.2.3 Perfil estratigráfico del suelo	30
3.2.4 Sistemas de clasificación de suelos	31



3.2.5	Obtención de muestras de suelos	36
3.2.6	Técnicas de reconocimiento del suelo	36
3.2.7	Análisis granulométrico del suelo	36
3.2.8	Ensayo de contenido de humedad	37
3.2.9	Límites de Atterberg	38
3.2.10	Densidad y peso unitario del suelo INSITU0 (ASTM D1556)	40
3.2.11	Resistencia de los suelos al esfuerzo de corte	41
3.2.12	Ensayo de corte directo	42
3.2.13	Ensayo de compresión triaxial	44
3.2.14	Capacidad de carga de suelos	49
3.2.15	Cimentaciones superficiales	51
3.2.16	Análisis de las condiciones de cimentación	52
3.2.16.1	Cargas a utilizar	52
3.2.16.2	Asentamiento tolerable	53
3.2.16.3	Factor de seguridad frente a una falla por corte	54
3.2.16.4	Profundidad de cimentación	54
3.2.16.5	Coeficientes de balasto	56
3.2.17	Análisis y diseño estructural	57
3.2.17.1	Elementos del diseño de estructuras	57
3.2.17.2	Principios del diseño de estructura	58
3.2.17.3	Análisis estático y dinámico de la estructura	59
3.2.17.4	Software ETABS	61
3.2.17.5	Software SAFE	61
3.3	Marco conceptual	62
CAPÍTULO IV		64
METODOLOGÍA		64
4.1	Tipo y nivel de investigación	64
4.1.1	Tipo de investigación	64
4.1.2	Nivel de investigación	64
4.2	Diseño de la investigación	65
4.3	Descripción ética de la investigación	65
4.4	Población y muestra	65
4.4.1	Población	65
4.4.2	Muestra	66
4.4.3	Muestreo	66
4.5	Procedimiento	67
4.5.1	Fase 1: Reconocimiento del área de estudio	69
4.5.2	Fase 2: Investigación en campo	70

4.5.2.1	Perfil estratigráfico	71
4.5.2.2	Ensayo de densidad y peso unitario del suelo in-situ, norma ASTM D 2216	71
4.5.3	Fase 3: Ensayos de laboratorio de mecánica de suelos	74
4.5.3.1	Ensayo de análisis granulométrico, norma NTP 339.128	74
4.5.3.2	Ensayo de límites de consistencia, norma NTP 339.129	75
4.5.3.3	Ensayo de Contenido de humedad, norma NTP 339.127	76
4.5.3.4	Método para la clasificación de suelos mediante AASHTO Y SUCS, norma NTP 339.134 y ASTM D-3282	77
4.5.3.5	Ensayo de corte directo, norma NTP 339.171	78
4.5.3.6	Ensayo triaxial, norma NTP 339.164	81
4.5.3.7	Ensayo de densidad relativa del suelo NTP 339.141 ASTM D 2049	82
4.5.4	Fase 4: Determinación de la capacidad carga en las cimentaciones superficiales	85
4.5.4.1	Determinación del tipo de falla bajo la cimentación	86
4.5.4.2	Capacidad de carga según la Norma E.050 Suelos y Cimentaciones	88
4.5.4.3	Capacidad de carga por la Ecuación general (Meyerhof)	89
4.5.5	Fase 5: Determinación de la capacidad portante admisible	90
4.5.5.1	Determinación del módulo de balasto	91
4.5.6	Fase 6: Diseño de la edificación	93
4.5.6.1	Generalidades del diseño	93
4.5.6.2	Propiedades de los materiales	94
4.5.6.3	Estructuración y predimensionamiento	95
4.5.6.4	Sistema estructural y datos del modelo	97
4.5.6.5	Cargas estructurales	100
4.5.6.6	Modelamiento y diseño estructural en el software ETABS v21	100
4.5.6.7	Masas para el análisis dinámico modal y sísmico	101
4.5.6.8	Análisis sísmico	101
4.5.6.9	Elaboración de Espectro de pseudo-aceleraciones según Norma E.030-2018	102
4.5.6.10	Análisis sísmico lineal estático	103
4.5.6.11	Análisis Sísmico-Dinámico	104
4.5.6.12	Fuerza cortante mínima	105
4.5.6.13	Combinaciones y Resultados del análisis estructural	106
4.5.7	Fase 7: Diseño de cimentación	106
4.6	Técnica e instrumento	117
4.6.1	Técnicas	117
4.6.2	Instrumentos	117
4.6.3	Validación	124
4.7	Análisis estadístico	125

4.7.1	Prueba de hipótesis	126
4.7.2	Diseño estadístico	126
4.7.3	Pasos para el análisis estadístico inferencial	127
CAPÍTULO V		134
RESULTADOS Y DISCUSIONES		134
5.1	Análisis de resultado	134
5.1.1	Análisis de resultado del objetivo general	134
5.1.2	Análisis de resultado del objetivo específico 1	140
5.1.2.1	Descripción de la ubicación de las calicatas.	140
5.1.2.2	Densidad de campo in-situ NTP 339.127.	140
5.1.2.3	Contenido de humedad del suelo NTP 339.129.	141
5.1.2.4	Análisis granulométrico de los suelos por tamizado NTP 339.128.	141
5.1.2.5	Límites de consistencia de Atterberg NTP 339.129.	141
5.1.2.6	Clasificación de los suelos mediante S.U.C.S. Y A.A.S.T.H.O.	142
5.1.2.7	Densidad relativa del suelo.	142
5.1.3	Análisis de resultado del objetivo específico 2	142
5.1.3.1	Corte directo de los suelos NTP 339.171 ASTM D 3080.	142
5.1.3.2	Ensayo triaxial UU de los suelos NTP 339.164 ASTM T D 2850	143
5.1.3.3	Determinación del tipo de falla por corte del suelo.	143
5.1.4	Análisis de resultado del objetivo específico 3	144
5.1.4.1	Determinación de la capacidad admisible	144
5.1.4.2	Capacidad admisible por ensayo de corte directo.	145
5.1.4.3	Capacidad admisible por el ensayo de compresión triaxial	145
5.1.4.4	Variación de la capacidad admisible del suelo por los métodos de la norma E.050(suelos y cimentaciones) y ecuación general (Meyerhof).	146
5.1.5	Análisis de resultado del objetivo específico 4	148
5.2	Contrastación de hipótesis	154
5.2.1	Contrastación de la hipótesis general	154
5.2.2	Contrastación de hipótesis específicas	155
5.3	Discusión	159
5.3.1	Discusión de resultados del objetivo general	159
5.3.2	Discusión de resultados del objetivo específico 1	159
5.3.3	Discusión de resultados del objetivo específico 2	160
5.3.4	Discusión de resultados del objetivo específico 3	161
5.3.5	Discusión de resultados del objetivo específico 4	162
CAPÍTULO VI		163
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		163
6.1	Conclusiones	163

6.2 Recomendación	165
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	166
ANEXOS	171

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 — Matriz de operacionalización de variables	15
Tabla 2 — Simbología para la identificación de suelos según SUCS	32
Tabla 3 — Sistema de clasificación de suelos según SUCS	34
Tabla 4 — Masa mínima representativa en caso de que la muestra sea extensa	38
Tabla 5 — Volúmenes mínimos del hoyo de ensayo basados en el tamaño máximo de la partícula.	41
Tabla 6 — Distorsión angular	54
Tabla 7 — Valores del coeficiente de balasto	57
Tabla 8 — Número de puntos de exploración por m ²	70
Tabla 9 — Ubicación de calicatas	71
Tabla 10 — Símbolos de identificación del suelo mediante SUCS	78
Tabla 11 — Datos del espécimen con el ensayo corte directo	80
Tabla 12 — Datos del espécimen con el ensayo triaxial	82
Tabla 13 — Clasificación del estado del suelo de acuerdo a su densidad relativa según Terzagui	85
Tabla 14 — Módulo de balasto	92
Tabla 15 — Factores de irregularidad según Norma E.030	100
Tabla 16 — Pesos volumétricos de los materiales.	100
Tabla 17 — Carga muerta en losas por metro cuadrado.	100
Tabla 18 — Parámetros para el cálculo del espectro de respuesta.	101
Tabla 19 — Factor de masa participativa de la edificación	104
Tabla 20 — Cálculo de fuerzas cortantes en X e Y	104
Tabla 21 — Cortantes según tipo de análisis y factores de escala	105
Tabla 22 — Resumen de armado y cantidad de varillas de la cimentación aislada para un $Q_{adm}=1.30 \text{ kg/cm}^2$ del ensayo de corte directo	111
Tabla 23 — Resumen de armado y cantidad de varillas de la cimentación aislada para un $Q_{adm}=1.56 \text{ kg/cm}^2$ del ensayo de compresión triaxial	116
Tabla 24 — Resultados de coeficiente de Alfa de Cronbach para validación de instrumentos.	124
Tabla 25 — Interpretaciones del alfa	125
Tabla 26 — Dimensión resultante de la cimentación	129
Tabla 27 — Prueba U de Mann Whitney	132
Tabla 28 — Valores de capacidad portante admisible obtenidos mediante los ensayos de corte directo y compresión triaxial	134
Tabla 29 — Dimensión resultante de la cimentación	136
Tabla 30 — Resultados de la prueba U de Mann Whitney	139
Tabla 31 — Ubicación de calicatas en el sector Villa Unión de Molinopata	140
Tabla 32 — Resultados del ensayo de densidad de campo (cono de arena)	140
Tabla 33 — Resultados del ensayo de humedad	141
Tabla 34 — Resultados de los ensayos por granulometría	141
Tabla 35 — Resultados de los ensayos de límite líquido y plástico	142
Tabla 36 — Resumen de clasificación de suelos por SUCS Y AASTHO	142
Tabla 37 — Resultado de densidad relativa del suelo	142
Tabla 38 — Resultados obtenidos del ensayo de corte directo	143

Tabla 39 — Resultados obtenidos del ensayo de compresión triaxial	143
Tabla 40 — Tipo de falla del suelo según Vesic	144
Tabla 41 — Datos para el cálculo de la capacidad admisible del	145
Tabla 42 — Datos para el cálculo de la capacidad admisible del suelo por el ensayo de compresión triaxial	145
Tabla 43 — Resultados de datos obtenidos de capacidad portante admisible	146
Tabla 44 — Porcentaje de variación Q_{adm} por los métodos de Norma E.050 y Meyerhof	146
Tabla 45 — Carga muerta en columna del primer nivel	150
Tabla 46 — Carga viva en columna del primer nivel	150
Tabla 47 — Sismo dinámico dirección X	151
Tabla 48 — Sismo dinámico dirección Y	151
Tabla 49 — Resultados de la dimensión de zapatas	154
Tabla 50 — Resultado de parámetros geotécnicos de los	157
Tabla 51 — Resultado de capacidad admisible	158
Tabla 52 — Matriz de consistencia	172
Tabla 53 — Validación de instrumento -Alfa de Cronbach	272
Tabla 54 — Resultados del Alfa de Cronbach	272

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 — Simbología para la representación de suelos	30
Figura 2 — Perfil estratigráfico del suelo	31
Figura 3 — Gráfica de plasticidad según SUCS	33
Figura 4 — Clasificación del suelo según AASHTO	35
Figura 5 — Tamaño de mallas estandarizado con respectiva abertura	37
Figura 6 — Definición de los límites de Atterberg	39
Figura 7 — Equipo utilizado para el ensayo de cono de arena	41
Figura 8 — Dispositivo para el ensayo de corte directo	43
Figura 9 — Diagrama de la resistencia al corte	44
Figura 10 — Equipo utilizado en la prueba de compresión triaxial	45
Figura 11 — Prueba consolidada drenada	47
Figura 12 — Diagrama de la prueba consolidada no drenada	48
Figura 13 — Diagrama de la prueba no consolidada no drenada	49
Figura 14 — Diagrama de deformaciones producido por la falla de capacidad de carga	51
Figura 15 — Principales tipos de cimentación superficial	52
Figura 16 — Asentamiento diferencial	53
Figura 17 — Flujograma del procedimiento para el desarrollo de la investigación	68
Figura 18 — Ubicación del terreno en el sector de Villa Unión del CP. Molinopata-Abancay-Apurímac	69
Figura 19 — Falla por corte general	86
Figura 20 — Falla por corte de punzonamiento	87
Figura 21 — Falla por corte local	87
Figura 22 — Modos de falla bajo una cimentación	88
Figura 23 — Planta del primer nivel de la edificación en proyección	93
Figura 24 — Planta típica del 2do al 4to nivel de la edificación en proyección	94
Figura 25 — Luz más crítica entre columnas eje “4” entre ejes “C” y “D”	95
Figura 26 — Área tributaria ocupada por la columna más crítica	96
Figura 27 — Diseño de la estructura típica del modelo en planta	99
Figura 28 — parámetros del diseño sismorresistente según la norma E.030	102
Figura 29 — Modos de vibraciones de la edificación	103
Figura 30 — Calculo de factores de escala en dirección X e Y	104
Figura 31 — Vista 3D de la cimentación $Q_{adm}=1.30 \text{ kg/cm}^2$ del ensayo de corte directo	107
Figura 32 — Vista en planta de la cimentación $Q_{adm}=1.30 \text{ kg/cm}^2$ del ensayo de corte directo	107
Figura 33 — Verificación por punzonamiento $<1 \text{ und. } Q_{adm}=1.30 \text{ kg/cm}^2$	108
Figura 34 — Verificación de presiones del suelo (carga viva + carga muerta) menores al $Q_{adm}=1.30 \text{ kg/cm}^2$ del ensayo de corte directo	108
Figura 35 — Verificación de presiones del suelo (envolvente considerando cargas sísmicas, menores a $1.3 \times Q_{adm}=1.30 \times 1.3=1.69 \text{ kg/cm}^2$ del ensayo de corte directo)	109
Figura 36 — Verificación de asentamiento permisible menores a 1 cm ($Q_{adm}=1.30 \text{ kg/cm}^2$)	109
Figura 37 — Diseño por flexión $Q_{adm}=1.30 \text{ kg/cm}^2$ y numero de varillas de 5/8” del ensayo de corte directo	110

Figura 38 — Vista 3D de la cimentación $Q_{adm}=1.56 \text{ kg/cm}^2$ del ensayo compresión triaxial	112
Figura 39 — Vista en planta de la cimentación $Q_{adm}=1.56 \text{ kg/cm}^2$	112
Figura 40 — Verificación de presiones del suelo (carga viva + carga muerta menores a $Q_{adm}=1.56 \text{ kg/cm}^2$)	113
Figura 41 — Verificación de presiones del suelo (envolvente considerando sismo menor a $1.56 \times Q_{adm}=1.56 \times 1.3=2.03 \text{ kg/cm}^2$)	113
Figura 42 — Verificación de asentamiento menores a 1 cm. ($Q_{adm}=1.56 \text{ kg/cm}^2$)	114
Figura 43 — Verificación por punzonamiento $<1 \text{ und.}$ $Q_{adm}=1.56 \text{ kg/cm}^2$	114
Figura 44 — Diseño por flexión $Q_{adm}=1.56 \text{ kg/cm}^2$ y varillas de 5/8" del ensayo compresión triaxial	115
Figura 45 — Ficha de observación descripción e identificación del suelo en campo	118
Figura 46 — Ficha de recolección de datos de contenido de humedad y densidad de campo in- situ	119
Figura 47 — Ficha de recolección de datos de análisis granulométrico por tamizado	120
Figura 48 — Ficha de recolección de datos de límites de consistencia	121
Figura 49 — Ficha de recolección de datos de corte directo	122
Figura 50 — Ficha de recolección de datos de corte directo	123
Figura 51 — Diagrama de normalidad de los datos de corte directo	130
Figura 52 — Diagrama de normalidad de los datos de compresión triaxial	130
Figura 53 — Dimensiones de cimentación para un $Q_{adm}=1.30 \text{ kg/cm}^2$, $D_f=1.5 \text{ m}$ (Ensayo corte directo)	134
Figura 54 — Dimensiones de cimentación para un $Q_{adm}=1.56 \text{ kg/cm}^2$, $D_f=1.5 \text{ m}$ (Ensayo triaxial)	135
Figura 55 — Comparación de dimensión de cimiento de la edificación (m^2)	136
Figura 56 — Diagrama de normalidad de los datos de corte directo	137
Figura 57 — Diagrama de normalidad de los datos de compresión triaxial	137
Figura 58 — Determinación de falla por corte del suelo	144
Figura 59 — Variación de Q_{adm} por la ecuación norma E.050 suelos y cimentaciones de los ensayos de corte directo y compresión triaxial	147
Figura 60 — Variación de Q_{adm} por la E. General de Meyerhof de los ensayos de corte directo y compresión triaxial	147
Figura 61 — Modelado 3D en ETABS de la edificación	148
Figura 62 — Modelado en planta de la edificación	148
Figura 63 — Diseño del aligerado típico de la edificación	149
Figura 64 — Diseño de cimentación con zapatas aisladas para la edificación con	152
Figura 65 — Diseño de cimentación con losa de cimentación para la edificación con $Q_{adm}=1.56 \text{ kg/cm}^2$	153
Figura 66 — Diseño de cimentación con zapatas conectadas y combinadas para la edificación con $Q_{adm}=1.56 \text{ kg/cm}^2$	153
Figura 67 — Plano de ubicación de calicatas en el sector de Villa Unión-Molinopata	174
Figura 68 — Estudio de mecánica de suelos con fines de cimentación	175
Figura 69 — Estudio de mecánica de suelos de la calicata 01	176
Figura 70 — Análisis granulométrico ASTM D 422 de la calicata 01	177
Figura 71 — Límite de consistencia ASTM D 4318 de la calicata 01.	178
Figura 72 — Clasificación del suelo mediante AASHTO y SUCS de la calicata 01.	179
Figura 73 — Contenido de humedad ASTM D 2216 y determinación de densidad de campo ASTM D 1556 de la calicata 01	180
Figura 74 — Perfil estratigráfico de la calicata 01	181
Figura 75 — Estudio de mecánica de suelos de la calicata 02	182
Figura 76 — Análisis granulométrico ASTM D 422 de la calicata 02.	183

Figura 77 — Límite de consistencia ASTM D 4318 de la calicata 02	184
Figura 78 — Clasificación del suelo mediante AASHTO y SUCS de la calicata 02.	185
Figura 79 — Contenido de humedad ASTM D 2216 y determinación de densidad de campo ASTM D 1556 de la calicata 02	186
Figura 80 — Perfil estratigráfico de la calicata 02	187
Figura 81 — Estudio de mecánica de suelos de la calicata 03	188
Figura 82 — Análisis granulométrico ASTM D 422 de la calicata 03	189
Figura 83 — Límite de consistencia ASTM D 4318 de la calicata 03	190
Figura 84 — Clasificación del suelo mediante AASHTO y SUCS de la calicata 03	191
Figura 85 — Contenido de humedad ASTM D 2216 y determinación de densidad de campo ASTM D 1556 de la calicata 03.	192
Figura 86 — Perfil estratigráfico de la calicata 03	193
Figura 87 — Estudio de mecánica de suelos de la calicata 04	194
Figura 88 — Análisis granulométrico ASTM D 422 de la calicata 04.	195
Figura 89 — Límite de consistencia ASTM D 4318 de la calicata 04.	196
Figura 90 — Clasificación del suelo mediante AASHTO y SUCS de la calicata 04.	197
Figura 91 — Contenido de humedad ASTM D 2216 y determinación de densidad de campo ASTM D 1556 de la calicata 04	198
Figura 92 — Perfil estratigráfico de la calicata 04	199
Figura 93 — Densidad relativa del suelo	200
Figura 94 — Proctor estándar del suelo ASTM D 1557 y determinación de la densidad máxima	201
Figura 95 — Determinación de la densidad mínima del suelo ASTM D 1557	202
Figura 96 — Determinación de la densidad relativa (DR%) del suelo	203
Figura 97 — Ensayo de compresión triaxial y corte directo.	204
Figura 98 — Ensayo de compresión triaxial ASTM D 2850 para $\sigma = 10$ psi de la calicata 01	205
Figura 99 — Ensayo de compresión triaxial ASTM D 2850 para $\sigma = 20$ psi de la calicata 01	206
Figura 100 — Ensayo de compresión triaxial ASTM D 2850 para $\sigma = 30$ psi de la calicata 01	207
Figura 101 — Esfuerzos totales y efectivos del ensayo de compresión triaxial ASTM D 2850 de la calicata 01	208
Figura 102 — Circulo de Mohr en condiciones totales del ensayo de compresión triaxial ASTM D 2850 de la calicata 01	209
Figura 103 — Circulo de Mohr en condiciones efectivas del ensayo de compresión triaxial ASTM D 2850 de la calicata 01	210
Figura 104 — Ensayo de corte directo ASTM D 3080 de la calicata 01 para una carga de 4 kg.	211
Figura 105 — Ensayo de corte directo ASTM D 3080 de la calicata 01 para una carga de	212
Figura 106 — Ensayo de corte directo ASTM D 3080 de la calicata 01 para una carga de	213
Figura 107 — Puntos máximos del esfuerzo normal y esfuerzo cortante del ensayo de corte directo ASTM D 3080 de la calicata 01	214
Figura 108 — Resultado de cohesión y ángulo de fricción del ensayo de corte directo para la calicata 01	215
Figura 109 — Ensayo de compresión triaxial ASTM D 2850 para $\sigma = 10$ psi de la calicata 02	216
Figura 110 — Ensayo de compresión triaxial ASTM D 2850 para $\sigma = 20$ psi de la calicata 02	217
Figura 111 — Ensayo de compresión triaxial ASTM D 2850 para $\sigma = 30$ psi de la calicata 02	218

Figura 112 — Esfuerzos totales y efectivos del ensayo de compresión triaxial de la calicata 02	219
Figura 113 — Circulo de Mohr en condiciones totales del ensayo de compresión triaxial de la calicata 02	220
Figura 114 — Circulo de Mohr en condiciones efectivas del ensayo de compresión triaxial de la calicata 02	221
Figura 115 — Ensayo de corte directo ASTM D 3080 de la calicata 02 para una carga de	222
Figura 116 — Ensayo de corte directo ASTM D 3080 de la calicata 02 para una carga de	223
Figura 117 — Ensayo de corte directo ASTM D 3080 de la calicata 02 para una carga de 12 kg.	224
Figura 118 — Puntos máximos del esfuerzo normal y esfuerzo cortante del ensayo de corte directo ASTM D 3080 de la calicata 02	225
Figura 119 — Resultado de cohesión y ángulo de fricción del ensayo de corte directo para la calicata 02	226
Figura 120 — Ensayo de compresión triaxial ASTM D 2850 para $\sigma = 10$ psi de la calicata 03	227
Figura 121 — Ensayo de compresión triaxial ASTM D 2850 para $\sigma = 20$ psi de la calicata 03	228
Figura 122 — Ensayo de compresión triaxial ASTM D 2850 para $\sigma = 30$ psi de la calicata 03	229
Figura 123 — Esfuerzos totales y efectivos del ensayo de compresión triaxial de la calicata 03	230
Figura 124 — Circulo de Mohr en condiciones totales del ensayo de compresión triaxial de la calicata 03	231
Figura 125 — Circulo de Mohr en condiciones efectivas del ensayo de compresión triaxial de la calicata 03	232
Figura 126 — Ensayo de corte directo ASTM D 3080 de la calicata 03 para una carga de	233
Figura 127 — Ensayo de corte directo ASTM D 3080 de la calicata 03 para una carga de	234
Figura 128 — Ensayo de corte directo ASTM D 3080 de la calicata 03 para una carga de 12 kg.	235
Figura 129 — Puntos máximos del esfuerzo normal y esfuerzo cortante del ensayo de corte directo ASTM D 3080 de la calicata 03	236
Figura 130 — Resultado de cohesión y ángulo de fricción del ensayo de corte directo para la calicata 03	237
Figura 131 — Ensayo de compresión triaxial ASTM D 2850 para $\sigma = 10$ psi de la calicata 04	238
Figura 132 — Ensayo de compresión triaxial ASTM D 2850 para $\sigma = 20$ psi de la calicata 04	239
Figura 133 — Ensayo de compresión triaxial ASTM D 2850 para $\sigma = 30$ psi de la calicata 04	240
Figura 134 — Esfuerzos totales y efectivos del ensayo de compresión triaxial de la calicata 04	241
Figura 135 — Circulo de Mohr en condiciones totales del ensayo de compresión triaxial de la calicata 04	242
Figura 136 — Circulo de Mohr en condiciones efectivas del ensayo de compresión triaxial de la calicata 04	243
Figura 137 — Ensayo de corte directo ASTM D 3080 de la calicata 04 para una carga de	244
Figura 138 — Ensayo de corte directo ASTM D 3080 de la calicata 04 para una carga de 8 kg.	245
Figura 139 — Ensayo de corte directo ASTM D 3080 de la calicata 04 para una carga de 12 kg.	246

Figura 140 — Puntos máximos del esfuerzo normal y esfuerzo cortante del ensayo de corte directo ASTM D 3080 de la calicata 04	247
Figura 141 — Resultado de cohesión y ángulo de fricción del ensayo de corte directo para la calicata 04	248
Figura 142 — Resumen de los resultados de los parámetros geotécnicos de los ensayos de corte directo y compresión triaxial de 4 calicatas.	249
Figura 143 — Determinación del tipo de falla por corte del suelo	250
Figura 144 — Corrección por falla local del resultado de los parámetros geotécnicos de corte directo y compresión triaxial	251
Figura 145 — Determinación de capacidad portante del ensayo corte directo por la norma E.050	252
Figura 146 — Determinación de capacidad portante del ensayo corte directo por la ecuación general de Meyerhof	253
Figura 147 — Determinación de capacidad admisible del ensayo corte directo por la norma E.050 y la ecuación general de Meyerhof	254
Figura 148 — Determinación de capacidad portante del ensayo compresión triaxial por la norma E. 050	255
Figura 149 — Determinación de capacidad portante del ensayo compresión triaxial por la ecuación general de Meyerhof	256
Figura 150 — Determinación de capacidad admisible del ensayo compresión triaxial por la norma E. 050 y la ecuación general de Meyerhof	257
Figura 151 — Certificado de calibración del equipo de corte directo digital	258
Figura 152 — Certificado de calibración del equipo de compresión triaxial	259
Figura 153 — Primera parte del certificado de calibración del equipo topográfico estación total M3 TRIMBLE 2"	260
Figura 154 — Segundo parte del certificado de calibración del equipo topográfico estación total	261
Figura 155 — Primera parte de la validación de instrumento Ing. Rosbel Antero Quispe Merino	262
Figura 156 — Segunda parte de la validación de instrumento Ing. Rosbel Antero Quispe Merino	263
Figura 157 — Primera parte de la validación de instrumento Ing. Cesar Raúl Chumpitaz Cari	264
Figura 158 — Segunda parte de la validación de instrumento Ing. Cesar Raúl Chumpitaz Cari	265
Figura 159 — Primera parte de la validación de instrumento Ing. Marco Antonio Galvez Quintana	266
Figura 160 — Segunda parte de la validación de instrumento Ing. Marco Antonio Galvez Quintana	267
Figura 161 — Primera parte de la validación de instrumento Ing. Thalya Nikol Ilasaca Colque	268
Figura 162 — Segunda parte de la validación de instrumento Ing. Thalya Nikol Ilasaca Colque	269
Figura 163 — Primera parte de la Validación de instrumento Ing. Mijael Carbajal Cespedes	270
Figura 164 — Segunda parte de la validación de instrumento Ing. Mijael Carbajal Cespedes	271
Figura 165 — Formula de coeficiente de alfa de Cronbach	272
Figura 166 — Levantamiento topográfico del terreno de estudio	273
Figura 167 — Levantamiento topográfico del terreno de estudio con estación total en el sector de Molinopata	273
Figura 168 — Excavación y muestreo de la calicata 01	274

Figura 169 — Estratigrafía de la calicata 01	274
Figura 170 — Excavación y muestreo de la calicata 02	275
Figura 171 — Perfil estratigráfico de la calicata 02	275
Figura 172 — Excavación y muestreo de la calicata 03	276
Figura 173 — Perfil estratigráfico de la calicata 03	276
Figura 174 — Excavación y muestreo de la calicata 04	277
Figura 175 — Perfil estratigráfico de la calicata 04 y ubicación	277
Figura 176 — Realización del ensayo de densidad in-situ de la calicata 01	278
Figura 177 — Densidad de campo in-situ en la calicata 01	278
Figura 178 — Realización del ensayo de densidad in-situ	279
Figura 179 — Densidad de campo in-situ en la calicata 03	279
Figura 180 — Realización del ensayo de densidad in-situ de la calicata 04	280
Figura 181 — Densidad de campo in-situ en la calicata 04	280
Figura 182 — Realización del Cuarteo manual de la calicata 01	281
Figura 183 — Realización del Cuarteo manual de la calicata 02	281
Figura 184 — Realización del Cuarteo manual de la calicata 03.	282
Figura 185 — Realización del Cuarteo manual de la calicata 04.	282
Figura 186 — Realización del ensayo granulométrico por tamizado de la calicata 01	283
Figura 187 — Ensayo granulométrico de la calicata 01	283
Figura 188 — Realización del ensayo granulométrico por tamizado de la calicata 02	284
Figura 189 — Ensayo granulométrico de la calicata 02	284
Figura 190 — Realización del ensayo granulométrico por tamizado de la calicata 03	285
Figura 191 — Ensayo granulométrico de la calicata 03	285
Figura 192 — Realización del ensayo granulométrico por tamizado de la calicata 04	286
Figura 193 — Ensayo granulométrico de la calicata 04	286
Figura 194 — Realización del ensayo limite liquido de la calicata 01	287
Figura 195 — Realización del ensayo limite liquido de la calicata 01	287
Figura 196 — Realización del del ensayo limite liquido de la calicata 02	288
Figura 197 — Realización del del ensayo limite liquido de la calicata 02	288
Figura 198 — Realización del del ensayo limite liquido de la calicata 03	289
Figura 199 — Realización del del ensayo limite liquido de la calicata 04	289
Figura 200 — Realización del del ensayo de limite plástico de la calicata 01	290
Figura 201 — Realización del ensayo de limite plástico de la calicata 01.	290
Figura 202 — Realización del ensayo de limite plástico de la calicata 02	291
Figura 203 — Realización del ensayo limite plástico de la calicata 02	291
Figura 204 — Realización del ensayo de limite plástico de la calicata 03	292
Figura 205 — Realización del ensayo limite plástico de la calicata 03	292
Figura 206 — Realización del ensayo de limite plástico de la calicata 04	293
Figura 207 — Realización del ensayo limite plástico de la calicata 04	293
Figura 208 — Realización del ensayo de contenido de humedad de la calicata 01	294
Figura 209 — Realización del ensayo de contenido de humedad de la calicata 02	294
Figura 210 — Realización del ensayo de contenido de humedad de la calicata 03	295
Figura 211 — Realización del ensayo de contenido de humedad de la calicata 04	295
Figura 212 — Realización del ensayo de compresión triaxial, preparación de muestra	296
Figura 213 — Preparación y moldeamiento de la muestra 01 del ensayo de compresión triaxial	296
Figura 214 — Realización del ensayo de compresión triaxial muestra moldeado para realizar el ensayo	297
Figura 215 — Preparación y moldeamiento de la calicata 01 muestra 01 del ensayo de compresión triaxial	297
Figura 216 — Realización del ensayo de compresión triaxial, preparación de calicata 01 muestra 01	298

Figura 217 — Realización del ensayo de compresión triaxial, preparación de calicata 01 muestra 02	298
Figura 218 — Ejecución del ensayo de compresión triaxial, preparación de calicata 01 muestra 02	299
Figura 219 — Realización del ensayo de compresión triaxial, preparación del espécimen de calicata 01 muestra 03	299
Figura 220 — Realización del ensayo de compresión triaxial, preparación del espécimen de calicata 02 muestra 01	300
Figura 221 — Realización del ensayo de compresión triaxial, preparación del espécimen de calicata 02 muestra 02	300
Figura 222 — Realización del ensayo de compresión triaxial, preparación del espécimen de calicata 02 muestra 03	301
Figura 223 — Realización del ensayo de compresión triaxial, preparación del espécimen de calicata 03 muestra 01	301
Figura 224 — Realización del ensayo de compresión triaxial, preparación del espécimen de calicata 03 muestra 02	302
Figura 225 — Realización del ensayo de compresión triaxial, preparación del espécimen de calicata 03 muestra 03	302
Figura 226 — Realización del ensayo de compresión triaxial, preparación del espécimen de calicata 04 muestra 01	303
Figura 227 — Realización del ensayo de compresión triaxial, preparación del espécimen de calicata 04 muestra 02	303
Figura 228 — Realización del ensayo de compresión triaxial, preparación del espécimen de calicata 04 muestra 03	304
Figura 229 — Especímenes del ensayo triaxial de las muestras 01,02 y 03 de la calicata 01	304
Figura 230 — Especímenes del ensayo triaxial de las muestras 01,02 y 03 de la calicata 02	305
Figura 231 — Especímenes del ensayo triaxial de las muestras 01,02 y 03 de la calicata 03	305
Figura 232 — Especímenes del ensayo triaxial de las muestras 01,02 y 03 de la calicata 04	306
Figura 233 — Realización del ensayo de corte directo de la calicata 01 muestra 01	306
Figura 234 — Realización del ensayo de corte directo de la calicata 01 muestra 02	307
Figura 235 — Realización del ensayo de corte directo de la calicata 01 muestra 03	307
Figura 236 — Especímenes del ensayo corte directo de las muestras 01,02 y 03 de la calicata 01	308
Figura 237 — Realización del ensayo de corte directo de la calicata 02 muestra 01	308
Figura 238 — Realización del ensayo de corte directo de la calicata 02 muestra 02	309
Figura 239 — Realización del ensayo de corte directo de la calicata 02 muestra 03	309
Figura 240 — Especímenes del ensayo corte directo de las muestras 01,02 y 03 de la calicata 02	310
Figura 241 — Realización del ensayo de corte directo de la calicata 03 muestra 01	310
Figura 242 — Realización del ensayo de corte directo de la calicata 03 muestra 02	311
Figura 243 — Realización del ensayo de corte directo de la calicata 03 muestra 03	311
Figura 244 — Especímenes del ensayo corte directo de las muestras 01,02 y 03 de la calicata 03	312
Figura 245 — Realización del ensayo de corte directo de la calicata 04 muestra 01	312
Figura 246 — Realización del ensayo de corte directo de la calicata 04 muestra 02	313
Figura 247 — Realización del ensayo de corte directo de la calicata 04 muestra 03	313
Figura 248 — Especímenes del ensayo corte directo de las muestras 01,02 y 03 de la calicata 04	314

Figura 249 — Realización del ensayo de compresión triaxial	314
Figura 250 — Informe geotécnico de Indeci	315
Figura 251 — Descripción del estudio geotécnico	316
Figura 252 — Mapa de tipo de suelos	317
Figura 253 — Estudio geotécnicos recopilados	318
Figura 254 — Descripción estandarizadas de suelos	319
Figura 255 — Ensayos de laboratorio	320
Figura 256 — Mapa de tipos de suelos	321
Figura 257 — Capacidad portante	322
Figura 258 — Mapa temático de curvas de esfuerzo admisible	323
Figura 259 — Mapa temático de capacidad admisible	324
Figura 260 — Carta INDECI	325
Figura 261 — Plano de arquitectura 1er nivel	326
Figura 262 — Plano de arquitectura 2º, 3º y 4º nivel	327
Figura 263 — Plano de aligerados típico	328
Figura 264 — Plano de escalera	329
Figura 265 — Plano de cimentación (ensayo de corte directo)	330
Figura 266 — Plano de cimentación (ensayo triaxial)	331
Figura 267 — Ubicación de puntos de exploración por INDECI en la ciudad de Abancay	332
Figura 268 — Zonificación de tipo de suelos en la ciudad de Abancay – INDECI	333

INTRODUCCIÓN

La determinación de las propiedades mecánicas del suelo se realiza mediante varios procedimientos según las normativas existentes, pero no hay un consenso claro sobre cuál de las pruebas es más eficiente o cuáles serán las variaciones en los resultados de cada ensayo. Estas variaciones, influidas por las características físicas del suelo, pueden generar problemas de seguridad y economía al diseñar y construir cimentaciones, principal objetivo de dichos ensayos. Esta investigación evalúa las diferencias en los resultados de los ensayos de compresión triaxial y corte directo, y cómo afectan al dimensionamiento de cimientos superficiales en una edificación proyectada en Molinopata, Abancay.

A nivel mundial, nacional y local, se observa un crecimiento acelerado de la población, lo que conlleva la construcción de diferentes tipos de edificaciones, especialmente multifamiliares, en diversos tipos de suelos. Para evaluar la resistencia del terreno, se utilizan varios métodos de ensayo, siendo el ensayo de corte directo el más común a nivel local y, recientemente, el ensayo de compresión triaxial. Esto genera incertidumbre en la elección del ensayo, ya que inciden directamente en el dimensionamiento de las cimentaciones, afectando tanto la economía como el tiempo de construcción. Además, es crucial que las subestructuras resistan eventos sísmicos, soporten el peso de la superestructura y perduren durante la vida útil del edificio, de acuerdo con las normas nacionales e internacionales.

La investigación se fundamenta en un estudio geotécnico del área de Molinopata, comparando los parámetros de resistencia obtenidos de los ensayos de corte directo y compresión triaxial. Esto permite evaluar su impacto en la cimentación de una edificación multifamiliar de cuatro niveles de concreto armado, considerando las cargas sísmicas y gravitacionales que la estructura transmite al suelo.

Las diferencias en los resultados de los ensayos geotécnicos de corte directo y compresión triaxial influyen en el dimensionamiento de las cimentaciones. El ensayo triaxial es más preciso, ya que simula las condiciones reales del terreno, a diferencia del ensayo de corte directo. Esto se traduce en resultados más precisos por parte del ensayo triaxial, lo que conduce a un diseño más eficiente de la cimentación de las edificaciones.



Esta investigación de tipo experimental aplicada busca determinar los resultados de los ensayos de corte directo y compresión triaxial, siguiendo las normativas vigentes, y evaluar sus efectos en el dimensionamiento de cimientos superficiales en una edificación proyectada en Molinopata - Abancay.



RESUMEN

La presente investigación aborda la incertidumbre existente entre los resultados de los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial, y cómo estos pueden afectar el diseño de las cimentaciones. La exactitud de estos ensayos determina el diseño de cimentación más óptimo para diversas estructuras, principalmente edificaciones que se construyen diariamente. Por tal motivo, esta investigación tiene como finalidad evaluar los efectos de los ensayos de corte directo y compresión triaxial en el dimensionamiento de cimientos superficiales para una edificación proyectada en Molinopata.

El objetivo principal es evaluar cómo los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial afectan el dimensionamiento de cimientos superficiales de una edificación proyectada en Molinopata – Abancay. Utilizando la metodología que es de enfoque cuantitativo, con un diseño cuasiexperimental y un nivel de investigación explicativa. La población está constituida por suelos arcillosos de Molinopata, y se tomaron muestras en cuatro puntos de exploración en un área destinada a la futura construcción de una edificación multifamiliar de cuatro niveles. Como procedimiento, se comenzó con la delimitación del área de estudio utilizando una estación total para ubicar la edificación proyectada y localizar las calicatas para la exploración de suelos. Se realizaron estudios geotécnicos para determinar las propiedades físicas del suelo y, seguidamente, ensayos de resistencia de corte directo y compresión triaxial para determinar sus propiedades mecánicas, obteniendo parámetros de ángulo de fricción y cohesión de cada prueba. Con estos parámetros, se calculó la capacidad portante para cada ensayo y se analizaron las variaciones presentes entre ambos. Posteriormente, se diseñó una edificación y se extrajeron las cargas de servicio para el diseño óptimo de su cimentación, evaluando los efectos de ambos ensayos en su dimensionamiento.

Los resultados de los puntos de exploración indican que el suelo es de tipo arcilloso (CL) según SUCS, con una densidad de 1.65 gr/cm^3 y un contenido de humedad de 12.45%. El ángulo de fricción y cohesión según el ensayo de corte directo son de 27.36° y 0.210 kg/cm^2 , respectivamente, y según el ensayo de compresión triaxial son de 24.48° y 0.386 kg/cm^2 . Utilizando la Norma NTP E.050 y la Ecuación de Meyerhof, se calculó la capacidad portante con los datos de los ensayos de compresión triaxial y de corte directo, resultando en 1.56 kg/cm^2 y 1.30 kg/cm^2 , respectivamente. Se diseñó una edificación multifamiliar de cuatro niveles, obteniéndose las cargas de servicio para el diseño de su cimentación, y se optó por un tipo de



cimentación de zapatas combinadas y conectadas. Finalmente, se evaluaron las variaciones al dimensionar la cimentación con los resultados de los ensayos geotécnicos de corte directo y compresión triaxial, resultando en una disminución del 10.87% en el área de cimentación al utilizar los resultados del ensayo de compresión triaxial frente a los del ensayo de corte directo. Del estudio, se puede concluir que la dimensión del cimientto superficial para una edificación proyectada en Molinopata – Abancay, obtenida mediante el ensayo de compresión triaxial, es significativamente menor que la obtenida mediante el ensayo de corte directo. Esto implica una optimización en recursos y tiempo de ejecución de dicha cimentación, considerando también que los resultados del ensayo de compresión triaxial simulan de manera más precisa las condiciones del terreno de estudio.

Palabras clave: *Corte directo, compresión triaxial, capacidad portante, diseño de cimentaciones, edificación multifamiliar.*



ABSTRACT

This research addresses the uncertainty between the results of geotechnical tests for direct shear and triaxial compression strength, and how these can affect the design of foundations. The accuracy of these tests determines the most optimal foundation design for various structures, mainly buildings that are built daily. For this reason, this research aims to evaluate the effects of direct shear and triaxial compression tests on the sizing of shallow foundations for a building projected in Molinopata.

The main objective is to evaluate how geotechnical tests for direct shear and triaxial compression strength affect the sizing of shallow foundations for a building projected in Molinopata – Abancay.

The methodology used is quantitative in approach, with a quasi-experimental design and an explanatory level of research. The population consists of clayey soils from Molinopata, and samples were taken at four exploration points in an area intended for the future construction of a four-story multi-family building. The procedure began with the delimitation of the study area using a total station to locate the planned building and locate the test pits for soil exploration. Geotechnical studies were carried out to determine the physical properties of the soil and, subsequently, direct shear strength and triaxial compression tests were carried out to determine its mechanical properties, obtaining parameters of friction angle and cohesion for each test. With these parameters, the bearing capacity was calculated for each test and the variations present between both were analyzed. Subsequently, a building was designed and the service loads were extracted for the optimal design of its foundation, evaluating the effects of both tests on its sizing. The results of the exploration points indicate that the soil is of clayey type (CL) according to SUCS, with a density of 1.65 gr/cm^3 and a moisture content of 12.45%. The friction and cohesion angle according to the direct shear test are 27.36° and 0.210 kg/cm^2 , respectively, and according to the triaxial compression test they are 24.48° and 0.386 kg/cm^2 . Using the NTP E.050 Standard and the Meyerhof Equation, the bearing capacity was calculated with the data from the triaxial compression and direct shear tests, resulting in 1.56 kg/cm^2 and 1.30 kg/cm^2 , respectively. A four-story multi-family building was designed, obtaining the service loads for the design of its foundation, and a foundation type of combined and connected footings was chosen. Finally, the variations in the dimensioning of the foundation were evaluated with the



results of the geotechnical tests of direct shear and triaxial compression, resulting in a 10.87% decrease in the foundation area when using the results of the triaxial compression test versus those of the direct shear test.

From the study, it can be concluded that the dimension of the shallow foundation for a building projected in Molinopata – Abancay, obtained by the triaxial compression test, is significantly smaller than that obtained by the direct shear test. This implies an optimization in resources and execution time of said foundation, also considering that the results of the triaxial compression test simulate more accurately the conditions of the study terrain.

Keywords: *Direct shear, triaxial compression, bearing capacity, foundation design, multi-family buildings.*



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

En el ámbito internacional, según la ONU el crecimiento poblacional a nivel mundial es de 8,200 millones y crecerá durante los setenta años restantes, logrando alcanzar su nivel máximo en el año 2080, que traerá consigo un aumento en el sector de la construcción de viviendas, colegios, hospitales, entre otros. (ONU, 2024).

Sin embargo, el fuerte crecimiento demográfico y la migración del campo a la ciudad en busca de una mejor condición de vida, se verán afectadas en la urbanización en América latina por que el 70% de las viviendas están construidas por autoconstrucción, con materiales adquiridos localmente o alternativas de bajo costo y sin supervisión de un especialista, al utilizar el suelo como base para edificar sus viviendas a lo largo de tiempo, siendo fundamental conocer las características del suelo como soporte de las obras civiles y por lo tanto reducirá los riesgos de desastres en infraestructura en la interacción suelo-estructura. (AUDEFROY, 2003).

En el ámbito nacional, la Cámara Peruana de Construcción (CAPECO) y la Asociación de Desarrolladores Inmobiliarios del Perú (ADI), indica que el 80% de las viviendas construidas son producto de la autoconstrucción y el 90% de habilitaciones urbanas son informales siendo que 08 de cada 10 viviendas son construidas sin ninguna inspección técnica y planificación urbana en cumplimiento de la norma técnica peruana, que como consecuencia produce la vulnerabilidad de la edificación al colapso o asentamientos debido a la mala cimentación al no ser realizadas debidamente los estudios de suelos y ensayos incorrectos.

Las características de los suelos están fundamentalmente determinadas por la naturaleza, aunque pueden verse afectadas por acciones voluntarias o involuntarias del ser humano, a diferencia de materiales como el acero o concreto, cuyas propiedades se pueden diseñar. Por esta razón, es esencial evaluar las propiedades de los suelos para cada proyecto de



construcción, lo que se logra a través de ensayos de laboratorio, pruebas de campo y la instrumentación del terreno.

En tal sentido se ofrecen varios métodos de ensayos geotécnicos en laboratorio o manera in situ, que permite calcular parámetros geotécnicos del suelo para el diseño estructural de la cimentación, donde el proyectista o contratante tendrá que optar el ensayo conveniente de acuerdo a sus circunstancias y economía.

Estos parámetros geotécnicos son el ángulo de fricción interno y cohesión que son determinados por los ensayos de laboratorio de corte directo y compresión triaxial según la normativa nacional. Mediante un diagnóstico del problema, actualmente se carece de la información necesaria para describir adecuadamente la exactitud y confiabilidad de los resultados obtenidos de estos ensayos geotécnicos aplicados a terrenos de fundación, además, que los gobiernos locales y regionales, empresas privadas, realizan este tipo de ensayos sin tomar en consideración muchas veces cuál de estos es el más óptimo para el estudio en cuestión.

Los parámetros obtenidos a partir de los mencionados ensayos son necesarios y muy importantes para el diseño de estructuras, cimentaciones, taludes. Los cuales, al presentar distintos resultados, genera incertidumbre acerca de la variación y que estas puedan afectar en el dimensionamiento de cimentaciones y el cálculo estructural de una vivienda o proyecto.

En el ámbito local, Molinopata es un sector de Abancay que está en un proceso de crecimiento urbanístico acelerado; donde existen y/o se están edificando construcciones de varios niveles; escuelas, viviendas unifamiliares y multifamiliares, entre otros. Donde el terreno de fundación es caracterizado principalmente por tener un suelo arcilloso, estrato en donde se presenta menor grado de precisión en los resultados obtenidos de la realización de estos ensayos geotécnicos, debido a ello, se eligió esta área de estudio en Molinopata donde muchas de las viviendas actualmente vienen siendo construidas de manera empírica sin estudios básicos que no cumplen las especificaciones técnicas.

Los resultados de dichos ensayos al tener una incidencia directa en el dimensionamiento de las cimentaciones, ya sea aumentando o reduciendo su magnitud; sugieren un problema ya que afectaran económicamente y temporalmente en el momento de su construcción,



considerando también que la subestructura deberá resistir eventos sísmicos, soportar el peso de la superestructura, y perdurar en el tiempo de vida útil de acuerdo a las normas ya establecidas en el territorio nacional y/o internacional.

1.2 Enunciado del problema

1.2.1 Problema general

¿Los resultados de los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial afectan significativamente al dimensionamiento de cimiento superficial para una edificación proyectada en Molinopata – Abancay?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuáles serán las condiciones iniciales y propiedades físicas del suelo para la realización de los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial destinado al dimensionamiento de cimiento superficial de una edificación proyectada en Molinopata-Abancay?
- ¿En qué medida se diferencian los parámetros geotécnicos de ángulo de fricción y cohesión obtenidos con los ensayos de resistencia de corte directo y compresión triaxial utilizados para el dimensionamiento de cimiento superficial de una edificación proyectada en Molinopata-Abancay?
- ¿En qué medida varían los valores de la capacidad admisible del suelo obtenido a partir de los ensayos de corte directo y compresión triaxial para el dimensionamiento de un cimiento superficial de una edificación proyectada en Molinopata – Abancay?
- ¿Cuál es el diseño estructural según el RNE para el modelado con los softwares ETABS y SAFE de una edificación de 4 niveles de concreto armado considerando los resultados de los ensayos de corte directo y compresión triaxial en Molinopata-Abancay?

1.3 Justificación de la investigación

a) Aspectos sociales

La presente investigación es de suma importancia en el ámbito social, lo cual contribuirá de manera directa a la población del sector de Villa Unión de Molinopata



y a los gobiernos locales, empresa privadas y públicas, así como la población en general. También ofrecerá la confianza para que ejecuten obras de infraestructura, cuyos diseños necesitan los parámetros geotécnicos, los cuales se obtendrán de manera adecuada utilizando ensayos apropiados para que sea más óptima y de mayor calidad en el dimensionamiento de una edificación.

b) Aspecto teórico

En el ámbito teórico, se justifica la presente investigación al no encontrar estrictamente establecidos los procedimientos adecuados de los parámetros geotécnicos de ángulo de fricción y cohesión, calculados por los ensayos de corte directo y compresión triaxial para el diseño estructural de una cimentación, lo cual llena un vacío en el conocimiento, al ser que estos ensayos no solo proporcionan información crítica para evaluar la resistencia y el comportamiento del suelo, sino que también garantizan que las estructuras sean seguras y efectivas, adaptándose a las condiciones específicas del terreno.

c) Aspecto técnico

Se justifica técnicamente por la búsqueda de datos precisos al realizar el estudio en los suelos de fundación para la posible ejecución de proyectos a construirse en el sector Villa de Molinopata de la ciudad de Abancay, dado que no existe información detallada y precisa de los parámetros geotécnico obtenidos por los ensayos, al tener gran relevancia la cimentación para prevenir daños y brindar la confianza a la población.

d) Aspecto económico

La investigación se justifica económicamente que al realizar los dos tipos ensayos se obtengan resultados diferentes de los parámetros geotécnicos del suelo, que tendrá un grado de relevancia en los diseños de la cimentación y obras ingenieriles, lo cual podría percibir una reducción en el dimensionamiento de la cimentación superficial y por consiguiente una reducción en los gastos materiales y mano de obra.

e) Aspectos metodológicos

La presente investigación menciona los estándares de diseño de las cimentaciones que son necesarios para el desarrollo urbano sostenible conforme a la norma técnica E.050 (suelos y cimentaciones), que está en vigor actualmente, utilizando dos tipos de



ensayos geotécnicos de corte directo y compresión triaxial para evaluar los efectos que produce sobre ellas, permitiendo garantizar y mejorar la productividad en proyectos de edificaciones en la ciudad de Abancay.

f) Originalidad de la investigación

Esta investigación es fundamental, porque busca abordar un problema concreto y frecuente en el diseño de cimentaciones superficiales para la ejecución de nuevos proyectos. Es decir, los efectos que produce los parámetros geotécnicos por los ensayos de corte directo y compresión triaxial en el dimensionamiento de cimientos es una práctica aun no explorada a profundidad en el departamento de Apurímac, al no existir estudios o antecedentes a nivel local. Del mismo modo esta investigación se identifica por ofrecer una comprensión más detallada y precisa de las propiedades del suelo al comparar y contrastar ambos métodos, a diferencia de otros estudios que únicamente se centran en un tipo de ensayo y la contribución al desarrollo sostenible, alineándose con las necesidades del desarrollo urbano en la región.

g) Aportes científicos

La investigación inicia al ser un estudio experimental, lo cual implica que se generará nuevo conocimiento, ya que las lecciones aprendidas de las experiencias contribuirán a futuras investigaciones. Esto permite mejoras en los métodos de diseño para edificaciones más óptimas, seguras y a la contribución de nuevas técnicas de diseño.



CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos de la investigación

2.2.1 Objetivo general

Evaluar como los resultados ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial afectan al dimensionamiento de cimiento superficial para una edificación proyectada en Molinopata – Abancay.

2.2.2 Objetivos específicos

- Determinar las condiciones iniciales y propiedades físicas del suelo para la realización de los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial destinado al dimensionamiento de cimiento superficial de una edificación proyectada en Molinopata-Abancay.
- Determinar en qué medida se diferencian los parámetros de ángulo de fricción y cohesión obtenidos con los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial utilizados para el dimensionamiento de cimiento superficial de una edificación proyectada en Molinopata-Abancay.
- Determinar en qué medida varían los valores de la capacidad admisible del suelo, obtenidos a partir de los ensayos de corte directo y compresión triaxial utilizados en el diseño de cimentación superficial para una edificación proyectada en Molinopata – Abancay.
- Determinar el diseño estructural según el RNE para el modelado con el software ETABS-SAFE de una edificación de 4 niveles de concreto armado, considerando los resultados de los ensayos de corte directo y compresión triaxial en Molinopata-Abancay.



2.2 Hipótesis de la investigación

2.2.3 Hipótesis general

Las diferencias obtenidas en los resultados de los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial afectan significativamente al dimensionamiento de la cimentación superficial de la edificación proyectada en Molinopata – Abancay

2.2.4 Hipótesis específicas

- Las condiciones iniciales y propiedades físicas del suelo son adecuadas para la realización de los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial destinado al dimensionamiento de cimiento superficial de una edificación proyectada en Molinopata-Abancay.
- Los parámetros geotécnicos de ángulo de fricción y cohesión obtenidos por los ensayos corte directo y compresión triaxial presentan diferencias considerables que inciden la capacidad admisible y en el dimensionamiento de los cimientos superficiales para la edificación proyectada en Molinopata-Abancay.
- Los valores de la capacidad admisible del suelo, obtenidos a partir de los ensayos de corte directo y compresión triaxial presenta una variación significativa que afectan al diseño de cimiento superficial para una edificación proyectada en Molinopata – Abancay.
- El diseño estructural se realiza en cumplimiento del RNE para el modelado con el software ETABS-SAFE de una edificación de 4 niveles de concreto armado, considerando los resultados de los ensayos de corte directo y compresión triaxial en Molinopata-Abancay.

2.3 Operacionalización de variables

La operacionalización de variables:

2.3.1 Variables independientes

“Es un fenómeno que se manipula o se examina con el fin de evaluar su impacto sobre una variable dependiente. Esta variable es relevante para el investigador



porque se considera una de las posibles causas del efecto que se espera. Para verificar esta relación causal, el investigador manipula la variable independiente y observa si produce cambios en la variable dependiente” (HERNÁNDEZ SAMPIERI ET AL., 2014). Para esta investigación se tiene:

- Variable Independiente 1: Ensayo de Corte Directo
- Variable Independiente 2: Ensayo de Compresión Triaxial

2.3.2 Variables dependientes

“Es un factor que se ve afectado por la manipulación de la variable independiente y se mide para analizar su impacto. Aunque esta variable no se manipula de manera directa, sus resultados se observan como consecuencia de los cambios en la variable independiente.” (HERNÁNDEZ SAMPIERI, y otros, 2014)

Para esta investigación se tiene:

- Variable Dependiente: Cimiento Superficial



Tabla 1 — Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO	
INDEPENDIENTE 1:	El ensayo de corte directo es un procedimiento que se realiza en laboratorio utilizado en la geotecnia que logra determinar la resistencia del suelo, donde se aplica esfuerzos verticales y horizontales hasta causar la falla, obteniéndose el resultado de ángulo de fricción y cohesión (Braja Das, 2016)	El ensayo de corte directo consiste en determinar la resistencia al corte, obteniendo valores específicos de esfuerzo cortante, esfuerzo normal, cohesión y ángulo de fricción interna. Para ello, se utiliza el equipo de corte directo, los resultados se obtienen a partir del desplazamientos y esfuerzos ocurridos durante el ensayo.	Condiciones iniciales	Densidad del suelo	kg/cm³	Ficha de laboratorio estandarizado según Norma ASTM D1556-07	
ENSAYO DE CORTE DIRECTO				Tipo de suelo	Sistema SUCS	Ficha de laboratorio estandarizado según Norma ASTM D2487-17	
			INDEPENDIENTE 2:	El ensayo de compresión triaxial es un método geotécnico utilizado para determinar las propiedades mecánicas del suelo, como la cohesión y el ángulo de fricción interna. En este ensayo se aplica una presión confinante uniforme alrededor de la muestra, y luego se incrementa gradualmente una carga axial hasta que la muestra falla. Durante el ensayo, se registran la carga axial y las deformaciones de la muestra. Los datos obtenidos permiten calcular los parámetros de resistencia del suelo, cruciales para el diseño de cimentaciones.	Propiedades físicas del suelo calculado	Contenido de humedad	%
Límites de Consistencia						%	Ficha de laboratorio estandarizado según Norma ASTM D4318-05
ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL	Análisis granulométrico	mm			Ficha de laboratorio estandarizado según Norma ASTM D-422		
		Ángulo de fricción			(grados)	Ficha de laboratorio estandarizado según Norma ASTM D3080-11 y Norma ASTM D 2850	
			Parámetros geotécnicos	Cohesión	kg/cm²	Ficha de laboratorio estandarizado según Norma ASTM D3080-11 y ASTM D 2850	
CIMIENTO SUPERFICIAL	La cimentación es la base más baja de una estructura y tiene como propósito principal transferir la carga de la misma al terreno sobre el que se encuentra. Una cimentación bien diseñada asegura que dicha carga se distribuya de manera uniforme en el suelo, evitando sobrecargarlo. (Braja Das, 2016)	El cimiento superficial es el sistema encargado de distribuir las cargas de una estructura hacia el suelo próximo a la superficie, evaluado en función de su tipo, diseño estructural, capacidad de carga, profundidad y las características del terreno, dando como resultado un elemento estructural capaz de soportar las cargas estructurales a las que estará sometida a través de un tiempo de vida optimo.	Tipo de cimentación	Profundidad de desplante	m	Sotware SAFE	
				Ancho de cimentación	m	Sotware SAFE	
			Diseño estructural de la edificación	Cargas de servicio	tn	Sotware ETABS	
				Altura y configuración de la estructura	m	Sotware ETABS	
				Distribución de columnas y muros	m	Sotware ETABS	
			Propiedades geomecánicas	Capacidad portante	kg/cm²	Norma NTP E.050 y Ecuacion de Meyerhof	
				Peso específico del suelo	kg/cm³	Ficha de laboratorio estandarizado según Norma ASTM D854	

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 Antecedentes

3.1.1 Nivel internacional

- a) REY AMBULUDÍ (2019) en su proyecto técnico denominado “Comparación de los parámetros de resistencia al corte con muestras inalteradas y remoldeadas en el ensayo Triaxial UU en diferentes tipos de suelos”, tiene como objetivo, determinar la incidencia de los parámetros obtenidos por el ensayo de triaxial UU con muestras de suelos arcillosos y el diseño de cimentación adecuada para el tipo de suelo muestreado en la provincia de Loja, Ecuador. Que tiene como conclusión, una variación porcentual que oscila en 17,65% a 29,25% para las muestras inalteradas y de 22,86% a 25,32% para muestras remoldeadas, donde estableció un factor de correlación 0.99 para el ángulo de fricción interna y 0.72 para cohesión. Concluyeron que los valores determinados son permisibles por lo que la investigación es aceptable.

- b) LUNA MONTEJO (2023) en su tesis de grado titulado “Diseño de investigación para el estudio del diseño de cimentaciones superficiales en edificios de 5 o más niveles en ciudad de Guatemala de acuerdo con la Norma AGIES NSE 2 2018”. Tiene como objetivo, determinar la capacidad admisible del suelo y el factor de seguridad de un edificio de 05 niveles con estudio geotécnico del suelo para la verificación de las cimentaciones existentes según esta normativa. La metodología de su investigación se basa estructuralmente en dos estudios, primero el reconocimiento del terreno y la ubicación para excavación de calicatas con fines de medición de las cimentaciones existentes y la profundidad del desplante, segundo la realización de pozos de sondeo de donde se obtuvo pruebas inalteradas y alteradas. Para realizar ensayos de laboratorio como granulometría, límites



de Atterberg, contenido de humedad, corte directo y triaxial. Finalmente, según los resultados obtenidos del estudio geotécnico del suelo, se calcula la capacidad admisible del suelo por las metodologías de Terzagui y Meyerhoff y se luego se determinó el factor de seguridad en relación a la geometría de sus cimentaciones según las normas establecidas. Y tienen como conclusión en su monografía de grado, la importancia de ejecutar un análisis de suelos completo para cualquier tipo de obra civil, describiendo dos características importantes en dicho estudio, inicial para ver la viabilidad de ejecución de una obra y final para su respectivo diseño y construcción.

- c) CÁRDENAS ERAS ET AL. (2022) en su tesis de pregrado denominado “Determinación y análisis de parámetros geomecánicos de suelos granulares determinados por ensayos convencionales aplicando energía con Proctor estándar y modificado”. Tiene por objetivo, analizar y comparar resultados de los parámetros geomecánicos y las propiedades de los materiales mediante los ensayos de laboratorio de corte directo y compresión triaxial que se aplicara energía de compactación. La metodología utilizada fue la realización de los ensayos preliminares en el laboratorio para determinar las propiedades mecánicas y físicas cumpliendo con las normativas del NEC, NEVI, MTOP vol 3. Siendo los ensayos el análisis granulométrico para clasificar el tipo de suelo según la normativa MTOP vol3, límites de Atterberg que sirven para cuantificar la plasticidad del suelo, proctor modificado y estándar que permite determinar la densidad seca del material con una humedad optima, triaxial y corte directo que permite calcular la cohesión, ángulo de fricción. Los resultados obtenidos son clasificación del suelo según SUCS, suelo con partículas gruesas (GM), ensayos de proctor estándar y modificado, densidad seca es de 1.828 kg/cm^3 y 2.090 kg/cm^3 , ensayo corte directo para el material de mejoramiento los parámetros de cohesión y ángulo de fricción es 0.18 kg/cm^3 y 19° respectivamente, ensayo triaxial para el material de mejoramiento los parámetros de cohesión y ángulo de fricción es 0 kg/cm^3 y 45° . Las principales conclusiones del corte directo UU no se toman en cuenta algunos parámetros porque no simulan los esfuerzos sometidos a una carga cortante o normal debido a que el



material es un suelo granular. Y no existe una relación correlacional, debido a que el ensayo de corte directo el ángulo de fricción es menores a 30° , mientras que al ensayo triaxial son mayores de 40° y siendo el ensayo más adecuado para calcular los parámetros geotécnicos.

- d) CASTRO PALMA (2022) en su investigación Análisis Comparativo entre la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC (2015) y la Norma Oficial Mexicana (2019), para el Diseño de Cimentaciones, tiene por objetivo principal realizar una comparativa en análisis y diseño de cimentaciones, haciendo uso de la norma ecuatoriana y la norma mexicana, por medio del modelado de una edificación sismo resistente de 13 pisos, apoyándose del programa ETABS. La metodología utilizada fue de tipo aplicada y descriptiva, la base teórica que utilizo fue la Norma Ecuatoriana de Construcción y la Norma Oficial Mexicana y como resultado comparo las dimensiones de las cimentaciones, obteniéndose una variación mínima al diseñarse con la Norma Ecuatoriana.
- e) VILELA SANCHEZ (2020) en su investigación “Diseño de zapata aislada central, excéntrica, esquinera y su procedimiento constructivo de un edificio de hormigón armado de 5 pisos” tiene por objetivo realizar el diseño de cimentación superficial para una edificación de hormigón armado de 5 niveles, utilizando una metodología cuantitativa, descriptiva no experimental, donde obtuvo como resultados el diseño de la cimentación realizado mediante zapatas y en el cual concluyo que se realizó un adecuado diseño de cimentación para la estructura siguiendo los criterios de estructuración, resistencia sísmica y características mecánicas del suelo.
- f) QI ET AL. (2021) en su artículo de investigación “Estudio de las propiedades mecánicas de la arcilla roja bajo ciclos de secado-humectación” realizaron un estudio comparativo de las propiedades físicas y mecánicas de la arcilla roja de clasificación CL de Liuzhou – China, mediante las pruebas de corte directo y triaxial a diferentes ciclos de humedad y secado, tratando de sometiendo a los dos tipos de muestras a las mismas condiciones a través de compresiones axiales de 50, 100, 200 y 300 Kpa. Para lo cual relaciono



los parámetros de cohesión (C) y ángulo de fricción interna (ϕ) mediante ecuaciones para determinar los parámetros del triaxial mediante el corte directo siguiendo las siguientes expresiones: $C=25.31394-5.1828(n)0.28667$ con una precisión mediante el R^2 de 0.99857 y $\phi = 34.91666 - 6.93522(n)0.15483$ con un nivel de confianza de 0.99736 obtenido a través de R^2 . En el cual concluye que los resultados representan un nivel de precisión muy alto y que al momento de pronosticar resultados de triaxial con valores obtenidos del corte directo usando las expresiones matemáticas descritas, estos presentan un nivel de confianza asertivo.

- g) MEDRANO TORRES (2023) en su investigación “Optimización y mejoramiento en el diseño de cimentaciones, de acuerdo al análisis geotécnico de los estudios de suelo”, tiene por objetivo principal, “Optimizar el análisis geotécnico de los estudios de suelo para el diseño de cimentaciones superficiales que realiza la empresa LABSUELO E INGENIERÍA S.A.S.” para lo cual empleo como metodología la revisión bibliográfica de los cálculos existentes para el diseño de cimentación, posteriormente realizar el diseño de cimentación con el software PLAXIS 2D y finalmente realizar la verificación de los resultados de diseño de cimiento superficial, de acuerdo a la Norma Sismo Resistente de Colombia (NSR 10) y obtuvo como resultado el diseño más preciso y viable de cimentación que se adecuaba a las características del terreno de estudio y en el cual finalmente concluyo que: “La implementación del software PLAXIS 2D brinda eficiencia en la realización de los análisis geotécnicos para el diseño de cimentaciones superficiales en la empresa LABSUELO E INGENIERÍA S.A.S.
- h) TIPÁN Y VILLACÍS (2022) en su trabajo de titulación “Diseño de cimentaciones aisladas y losas de cimentación, en una edificación de 4 plantas para comparar los métodos: rígido y elástico, con el uso del programa informático Safe” tiene por objetivo general: “Diseñar cimentaciones aisladas y losas de cimentación, utilizando: el método rígido y elástico, cálculos manuales y el programa SAFE cumpliendo la normativa NEC 2015 y ACI 318S14, con el fin de realizar una comparación económica



y técnica considerando el detallado de planos estructurales, la cuantía de acero, secciones de concreto, costos para ambos casos y conocer las ventajas o desventajas que tiene el utilizar cada uno de los métodos”. Para lo cual utiliza una metodología cuantitativa, experimental – deductivo; donde determino y comparo los diseños de cimentación con los métodos flexibles y rígidos en suelos blandos y densos, obteniendo como resultado, una variación en costos y tiempos de ejecución donde el método rígido es mayor en comparación con el método flexible y en el cual finalmente concluye que el método flexible tiene una mayor precisión ya que considera la rigidez del suelo, y el método rígido asume que la distribución de presiones es constante lo cual vendría a ser un modelo más simplificado.

3.1.2 Nivel nacional

- a) CHALCO CHÁVEZ ET AL. (2019) en su tesis nombrada “Estudio geotécnico para el diseño de cimentaciones superficiales en suelo arenoso en el proyecto condominio Oasis, distrito de Paracas-Pisco-Ica-Perú. 2019” para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad de San Martín de Porres, tiene como objetivo general, desarrollar el estudio geotécnico y presentar alternativas de diseño de cimientos superficiales en el suelo arenoso del proyecto Condominio Oasis, ubicado en Paracas – Pisco – Ica – Perú. Obteniendo como resultados que: por medio del análisis geotécnico se obtuvo un valor de 33.5° para el ángulo de fricción, 0tn/m^2 para la cohesión, siendo la carga admisible más crítica igual a 1.79 kg/cm^2 por el método de Terzagui para un D_f igual a 1.20 m y B igual a 1.40 m; donde el asentamiento diferencial más crítico es evidenciado por el diseño de cimientos corridos con un valor de 0.355 cm para una capacidad de carga de 14.97 ton/m^2 . Y para finalizar en su tesis, se concluye que: El tipo de suelo obtenido mediante el estudio geotécnico realizado es según la clasificación SUCS arena pobremente graduada (SP) y según AASHTO A2-4-0, con una densidad promedio de 1.68 g/cm^3 y que las tres alternativas de diseño para fines de cimentación (losa de cimentación, zapatas y cimientos corridos) son viables y seguras para su construcción.



- b) SANCHEZ (2019) en su tesis nombrada: “Estudio geotécnico para el diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares en el centro poblado de Huamanmarca” para optar el título de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional del Centro del Perú, tiene como objetivo principal: Realizar estudios geotécnicos con fines de cimentación superficial para viviendas unifamiliares del centro poblado de Huamanmarca. Obteniendo como resultados: Un suelo según la clasificación SUCS, de tipo fino en su mayoría arcilla limosa; en la determinación del proctor modificado de suelos se presentó un valor mínimo de $1,81 \text{ g/cm}^3$ en la calicata 07 y un valor máximo de $2,09 \text{ g/cm}^3$ en la calicata 10; según el ensayo de corte directo se obtuvo los parámetros geotécnicos de ángulo de fricción y cohesión, donde los valores del ángulo de fricción están comprendidos entre $19,59^\circ$ obtenido en la calicata 02 y $35,44^\circ$ obtenido en la calicata 07, y los valores de cohesión varían entre 0.04 kgf/cm^2 y 0.38 kgf/cm^2 ; se obtuvo también una capacidad portante según Terzaghi, comprendida entre 1.36 kg/cm^2 en la calicata 07 y 1.78 kg/cm^2 y finalmente para el desplante de cimentación se obtuvo valores que oscilan entre 1.75 m y 2.20 m. Y para finalizar se concluye en la mencionada tesis que: Se consiguió realizar el estudio geotécnico satisfactoriamente para fines de cimentación superficial de viviendas unifamiliares, los resultados son verídicos y confiables que cumplen con las normas vigentes.
- c) VILLANUEVA HUAIRA ET AL. (2023) en sus tesis denominado “Influencia de los parámetros geotécnicos obtenidos a través de ensayos corte directo y triaxial en el diseño de estructuras de cimentaciones superficiales en suelos arenoso-limosos” para optar del grado de título de ingeniero civil en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, tiene como objetivo principal: Analizar la influencia de los parámetros geotécnicos en la variabilidad de la capacidad admisible y el dimensionamiento de cimentaciones superficiales determinados por los ensayos de compresión triaxial y corte directo.



La metodología presenta una investigación descriptiva y un diseño documental, donde da inicio a la recolección de los resultados, como la clasificación mediante SUCS y la obtención de los parámetros por los ensayos de corte directo y triaxial. Como resultados se mostraron la comparación estadística de los parámetros del ángulo de fricción promedio se obtuvo 35.35° y 34.50° del ensayo de corte directo y triaxial. Del mismo modo para el parámetro de la cohesión promedio se obtuvo 0.20 kg/cm^2 del corte directo y 0.14 kg/cm^2 del ensayo triaxial. Igualmente, la capacidad admisible del suelo para el ensayo de corte directo es 1.64 kg/cm^2 y 1.78 kg/cm^2 del triaxial. Que tienen como influencia el dimensionamiento de las bases y longitud de la zapata para el ensayo de corte directo de 1.58 m y 2.37 m y para el ensayo triaxial 1.64 m y 2.46 m. Las conclusiones principales de la investigación indicaron que las dimensiones de la cimentación por el ensayo triaxial son significativamente menores al corte directo, debido que la capacidad admisible del triaxial fue mayor. Y no existe una correlación directa que se concluye que se puede utilizar ambos métodos para diseños estructurales.

- d) CHACÓN CASTILLO (2023) en su tesis nombrada “Incidencia de la Velocidad de Corte en los Parámetros de Resistencia Cortante mediante el uso del Ensayo de Corte Directo y Triaxial para suelos granulares, Arequipa – 2023” tiene como objetivo analizar la incidencia de los parámetros de resistencia de los ensayos de corte directo y triaxial que presenta una metodología de tipo descriptivo -experimental que consiste en los procesos de recolección de muestras para los ensayos en laboratorio como son: Análisis granulométrico, contenido de humedad, límite líquido y plástico, ensayos de corte directo y triaxial. Los resultados que presenta la investigación son en cuanto al ensayo triaxial los parámetros del ángulo de fricción y cohesión son más confiables que el ensayo de corte directo, al ser un ensayo que las presiones actúan en tres direcciones ortogonales. Y como conclusión nos indica que los resultados de implicancia de los parámetros geotécnicos de los ensayos aún no han sido estudiados en profundidad en el ámbito local, y por lo que el ensayo de corte directo es más probable que pueda generar datos erróneos en el ámbito de ingeniería.



- e) SEGUNDO ILLATOPA (2022) en su tesis nombrada “Propuesta de dimensionamiento de cimentaciones para la zona de expansión urbana, en el centro poblado Huancahuasi, del distrito de Ambo-2021” para optar el título en ingeniería civil en la Universidad de Huánuco que tiene como objetivo general: Realizar un diseño de dimensionamiento de cimentaciones aplicando diferentes resultados de la capacidad de carga obtenidos por los valores de las propiedades mecánicas y físicas de los suelos analizados en el centro poblado Huancahuasi, distrito de Ambo 2022. La metodología que presenta tiene un enfoque cuantitativo de diseño no experimental, transversal de tipo correlacional. Los procedimientos a seguir fueron la exploración del terreno de estudio, la determinación de los puntos de calicatas que se tiene 10 puntos de exploración según la normativa peruana para la recolección de muestras y ser ensayadas en el laboratorio. Los resultados mostraron para la muestra 01: Tipo de cimentación zapata cuadrada y profundidad de cimentación $D_f=1.50$ m y una cohesión de 0.05 y ángulo de fricción 27.98° y capacidad admisible es 24 tn y ancho promedio de zapata $b=1.07$ m. Para la muestra 02: Tipo de cimentación zapata cuadrada y profundidad de cimentación $D_f=1.50$ m y una cohesión de 0.05 y ángulo de fricción 28.61° y capacidad admisible es 24 tn y ancho promedio de zapata $b=1.04$ m. Para la muestra 03: Tipo de cimentación zapata cuadrada y profundidad de cimentación $D_f=1.50$ m y una cohesión de 0.06 y ángulo de fricción 28.61° y capacidad admisible es 24 tn y ancho promedio de zapata $b=1.04$ m. Realizando así sucesivamente hasta la muestra 10 que tiene como resultado: Tipo de cimentación zapata cuadrada y profundidad de cimentación $D_f=1.50$ m y una cohesión de 0.13 y ángulo de fricción 31.37° y capacidad admisible es 24 tn y ancho promedio de zapata $b=0.80$. En conclusión, se logró el dimensionamiento de las cimentaciones con la capacidad admisible determinado por cada muestra para una profundidad de cimentación $D_f=1.50$ m, asimismo, los resultados de las propiedades físicas y mecánicas.
- f) SOSA CORI (2021) en su investigación denominada “Análisis geotécnico aplicado al diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares



en la zona alta del centro poblado de Jancao del distrito de Amarilis, Huánuco 2020”, que tiene como objetivo principal el diseño de cimentaciones realizando un análisis geotécnico para viviendas unifamiliares en la zona alta del C.P. de Jancao, Huánuco. La metodología de la investigación es de tipo aplicada, de diseño no experimental y de nivel descriptivo, los procesos que se llevaron a cabo en la investigación fueron inicialmente, la exploración del terreno de estudio y la identificación de cuatro calicatas para la excavación y recolección de muestras para ser analizadas en el laboratorio las propiedades físicas-mecánicas y ser identificadas los parámetros de resistencia realizada por el ensayo de corte directo, todo ello con la finalidad de sugerir un tipo de cimentación superficial diseñado con el software ETABS v.16 y SAFE v.16. Los resultados que presenta en la investigación de las propiedades físicas – mecánicas, para la capacidad de admisible de los suelos determinados por los métodos más aplicados en la geotecnia, los resultados fueron 1.79 kg/cm^2 para el cimiento corrido y 2.37 kg/cm^2 para una zapata cuadrada según Terzagui, el tipo de suelo que predomina en la zona es la arena arcillosa SC que se propone realizar cimentaciones zapatas cuadradas de $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ con una profundidad $D_f=1.5\text{m}$. La conclusión de la investigación para la capacidad admisible se considera los valores arrojados por Terzaghi por que presenta valores más conservados y la estructura será de sistema aporticados con zapatas cuadradas conectadas con vigas de cimentación para una vivienda multifamiliar de 03 niveles que el diseño estructural propuesto de albañilería confinada.

- g) SIESQUEN CÉSPEDES (2022) en su tesis denominado “Análisis de la variación de la capacidad de carga mediante ensayos geotécnicos de corte directo y triaxial, en la Urb. Monterrico VI etapa, distrito de Chiclayo” para optar el título profesional en ingeniería civil de la Universidad Tecnológica del Perú. Tiene como objetivo general, determinar la variación de la Capacidad admisible del suelo mediante dos tipos de ensayos de corte directo y triaxial, en la Urb.Monterrico, Chiclayo.



La metodología que presenta la tesis es tipo experimental-descriptiva-cuantitativa, ejecutándose los siguientes procedimientos de acuerdo a los objetivos planteados y la normativa vigente, la recolección de muestra de 15 calicatas, la elaboración de ensayos en laboratorio, ejecución de ensayos geotécnicos (corte directo y triaxial). Los resultados que presenta la tesis de las quince muestras que se tiene tres tipos de suelos CL (arcilla de baja plasticidad), ML (limo de baja plasticidad) y CH (arcilla de alta plasticidad), los parámetros geotécnicos muestran para el ensayo de corte directo un ángulo de fricción interna que varía de 12.90° - 16.40° y su cohesión 0.165-0,245 kg/cm², mientras para el ensayo de triaxial un ángulo de fricción interna que varía de 16.70° - 18.40° y su cohesión 0.178-0.230 kg/cm², la capacidad de carga se determinó por Terzagui para dos tipos de cimentación continua y aislada, siendo así para el ensayo de corte directo la capacidad admisible varía de 0.60 – 0.70 kg/cm² y 0.71 – 0.86 kg/cm² para cada tipo de cimentación y para el ensayo de triaxial la capacidad admisible tiene los valores de 0.69 -0.79 kg/cm² para la cimentación continua y 0.82-0.96 kg/cm² para el cimiento superficial y 0.89-0.96 kg/cm² para el cimentación aislado. La conclusión de la investigación menciona que la capacidad admisible del ensayo de corte directo es menor que ensayo triaxial.

- h) ADANAQUÉ GÓMEZ (2022) en su investigación, titulada “Determinación de la capacidad portante del suelo de fundación en las manzanas de rinconada de Piura II – sub etapa A y B, para fines de vivienda unifamiliar. veintiséis de octubre, Piura” tuvo como objetivo general, determinar la capacidad portante del terreno en estudio, para lo cual utilizo como técnicas la recolección de información, trabajo en campo y procesamiento de información, siendo la metodología de investigación de enfoque cuantitativo – experimental, donde se realizó los ensayos de mecánica de suelos, en el cual determino la capacidad portante del terreno, siguiendo lo establecido por las normas. La población está formada por 6 Mz. 2A, 2B, 2C, 2D, 2E y 2F y la muestra fue la realización de siete calicatas del cual se extrajeron muestras inalteradas correspondientes a un suelo tipo SP-SM, se realizó los ensayos de resistencia de triaxial UU y corte directo, siendo el resultado del ensayo triaxial UU un ángulo de fricción promedio igual a



28.63° y una cohesión promedio igual a 0.196 KPa y del ensayo de corte directo tiene se obtuvo como resultado promedio el ángulo de fricción 28.76° y una cohesión promedio de 0.098 KPa, para así concluir finalmente que existe una diferencia mínima entre los resultados obtenidos de los ensayos de corte directo y compresión triaxial.

- i) CATALINO CARRASCO (2024), en su tesis titulada “Propuesta de Cimentación en Suelos Arcillosos Expansivos para Viviendas Unifamiliares en la Expansión Urbana del Anexo Lucmacucho Alto – Sector Lucmacucho, Región de Cajamarca”, tiene como objetivo principal “Evaluar la propuesta de cimentación en suelos arcillosos expansivos para viviendas unifamiliares en la expansión urbana del anexo Lucmacucho Alto – sector Lucmacucho, región de Cajamarca”. Para ello, empleó una metodología de enfoque cuantitativo, diseño no experimental y tipo de investigación aplicada. El objeto de estudio fueron los suelos arcillosos expansivos del sector de investigación, de los cuales se seleccionaron tres puntos de exploración como muestra para realizar los ensayos geotécnicos con fines de cimentación. Como resultado, se obtuvo una capacidad admisible del terreno de estudio igual a 1.48 kg/cm² según el ensayo de corte directo, con lo cual diseñó la cimentación para una edificación de cuatro niveles, utilizando zapatas combinadas y conectadas. Asimismo, propuso una platea de cimentación como alternativa. La conclusión de esta investigación considera la cimentación con platea como la propuesta más adecuada, ya que garantiza mayor seguridad, estabilidad y resistencia estructural.

3.1.3 Nivel local

- a) JUÁREZ GUTIÉRREZ (2022) en su tesis titulada “Análisis y evaluación de los parámetros geotécnicos del suelo arcilloso para una propuesta de un tipo de cimentación de las edificaciones, en el sector de Amancaes, Abancay, Apurímac, 2022”. Tiene como objetivo principal “Determinar los parámetros geotécnicos más importantes del suelo arcilloso que influyen en el diseño de cimentación de las edificaciones en el sector de Amancaes, Abancay, Apurímac, 2022”.



De sus resultados se obtuvieron , los parámetros geotécnicos como son cohesión tienen un resultado en la calicata 01 y calicata 02 de $C=0.00$ (Kg/cm^2) y $C=0.29$ (Kg/cm^2), el ángulo de fricción interna de calicata 01 es ($\phi=29.2$) y calicata 02 es ($\phi=12.1$), la capacidad admisible de la calicata 01 es $Q_{adm}=1.10$ (kg/cm^2) y en calicata 02 es $Q_{adm}=1.25$ (kg/cm^2) por el método de Terzagui, mientras por el método de Meyerhof la capacidad admisible de la calicata 01 es $Q_{adm}=1.75$ (kg/cm^2) y la calicata 02 es $Q_{adm}=1.38$ (kg/cm^2), lo cual fueron realizados para un ancho de cimentación de $B= 2.5$ m y una profundidad de $D_f= 2.00$ m, lo cual se concluye: Que la capacidad admisible final es de (Q_{adm}) = 1.37 kg/cm^2 de tal manera influye en el dimensionamiento de la cimentación y propone que la cimentación más aceptable es la zapata rectangular para estos tipos de suelos arcillosos de alta plasticidad.

- b) Según INDECI (2007) en su informe final “Mapas de peligros de la ciudad de Abancay” en coordinación de la Municipalidad de Abancay realizo estudios en diferentes puntos estratégicos de la ciudad de Abancay con el programa ciudades sostenibles. El estudio realizado en el ámbito geotecnia consistió en dos puntos en la realización de un mapa de los tipos de suelos existentes y el mapa de esfuerzos admisibles en la ciudad de Abancay logrando la identificación y evaluación ante posibles amenazas de tipo geotécnico, como son, asentamientos, deslizamientos y la capacidad admisible. El mapa de tipos de suelos se realizó con la excavación de calicatas en distintos puntos de la ciudad para la recolección de muestras para poder ser ensayadas en los laboratorios y así determinar sus propiedades físicas y mecánicas. Por lo que finalmente se describe los tipos de suelos estudiados por INDECI en los diferentes puntos de la ciudad de Abancay, representando puntos que con una letra R, G, S, F que se interpreta como Roca, Grava, Arena y Finos que se puede visualizar el mapa de descripción (Ver anexos). Y el mapa de esfuerzos admisibles se realizó el ensayo de corte directo y DPL para determinar las propiedades mecánicas del suelos luego clasificándolos en un mapa temático donde se consideró para una cimentación aislada por ser la más frecuente en las edificaciones



en Abancay, que donde se aprecia que “ presentan materiales de buena resistencia en 3 sectores de la ciudad y en la ladera rocosa del cerro Misauyarina y Wiracochapata y las zonas de baja resistencia en todas las laderas Norte y entre los sectores de Mirador y Aymas”.

En el ámbito regional o local no se encontraron más investigaciones relacionadas al tema de estudio.

3.2 Marco teórico

3.2.1 Definición del suelo

La definición mencionada por (CRESPO VILLALAZ, 2004) para el suelo es la siguiente: “Suelo es una delgada capa sobre la corteza terrestre de material proveniente de la desintegración y/o alteración física y/o química de las rocas y de los residuos de las actividades de los seres vivos que sobre ella se asientan”.

“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, producidas por la desintegración mecánica o la descomposición química de las rocas, independientemente de que tengan o no materia orgánica” (TERZAGUI, 1973).

3.2.2 Clasificación de suelos

La clasificación de los suelos constituye un aspecto fundamental en la ingeniería geotécnica, pues permite identificar y predecir el comportamiento de los materiales ante diferentes sollicitaciones mecánicas y ambientales. De acuerdo con (CRESPO VILLALAZ, 2004), los suelos pueden agruparse en función del tamaño de sus partículas y de las propiedades que estas confieren al material en conjunto.

En primer lugar, las arcillas se caracterizan por estar formadas por partículas sólidas de diámetro menor a 0.005 mm. Estas presentan plasticidad y cohesión, lo que les otorga la capacidad de deformarse sin romperse y de contraerse al

perder humedad. Según el autor, un contenido mínimo del 15% de arcilla en un suelo es suficiente para que este adquiera las propiedades típicas de este material, como la plasticidad y la retracción al secarse (CRESPO VILLALAZ, 2004, p. 21).

Por otro lado, los limos corresponden a suelos de grano fino, cuyas partículas tienen un diámetro comprendido entre 0.05 mm y 0.005 mm. A diferencia de las arcillas, los limos presentan poca o ninguna plasticidad. Sin embargo, pueden encontrarse limos orgánicos con cierto grado de plasticidad, especialmente aquellos depositados en ambientes fluviales. La naturaleza y el origen de los limos influyen en su comportamiento, siendo relevante distinguir entre limos inorgánicos y orgánicos (CRESPO VILLALAZ, 2004, p. 22).

Las arenas son materiales granulares finos provenientes de la desintegración de rocas. Sus partículas varían entre 2 mm y 0.05 mm de diámetro. Las arenas no poseen plasticidad, se comprimen instantáneamente bajo carga y no son compresibles, lo que las hace particularmente estables frente a cargas y cambios de humedad (CRESPO VILLALAZ, 2004, p. 22).

Finalmente, la grava está compuesta por fragmentos de roca y minerales con tamaños que oscilan entre 2 mm y 7.62 cm. La morfología de las gravas depende de su origen, presentando formas que van desde cantos rodados hasta fragmentos angulosos. Su presencia en el suelo mejora la capacidad drenante y la resistencia al corte del material (CRESPO VILLALAZ, 2004).

Esta clasificación granulométrica es esencial para la caracterización de los suelos, ya que cada fracción aporta propiedades específicas que determinan la respuesta del terreno ante cargas, su estabilidad y su comportamiento hidráulico. Por tanto, comprender la proporción y el tipo de partículas presentes en un suelo es clave para el diseño y la ejecución de obras civiles.

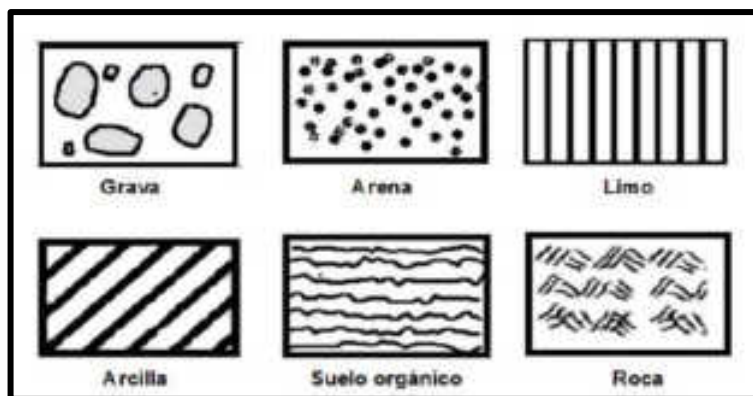
- **Suelos cohesivos y no cohesivos**

La cohesión es una de las características que hace que los suelos se diferencien como cohesivos y no cohesivos. El suelo cohesivo tiene la



propiedad de atracción intermolecular, es decir, poseen cohesión, como por ejemplo las arcillas. Mientras que los suelos no cohesivos son aquellos que no presentan ningún tipo de segmentación, como la arena y la grava (CRESPO VILLALAZ, 2004).

Los suelos cohesivos presentan partículas muy finas para el análisis granulométrico de rutina, lo cual se recomienda para estos casos realizarse por análisis por hidrómetro. Las propiedades ingenieriles de los suelos cohesivos varían en la densidad considerablemente con los suelos granulares (ALVA HURTADO, 2011).



FUENTE: (CRESPO VILLALAZ, 2004, pág.27)

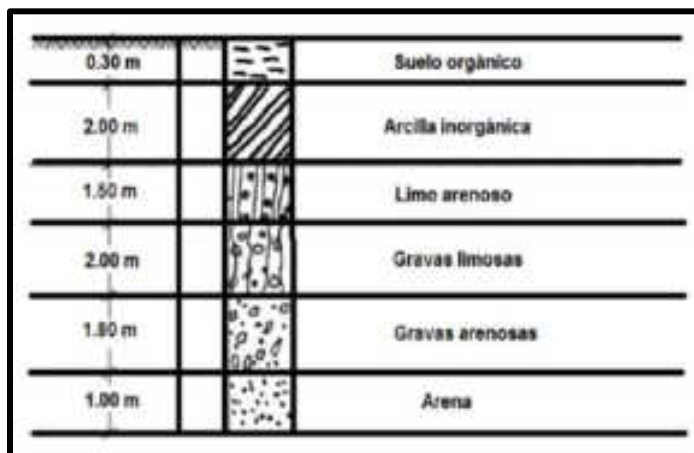
Figura 1 — Simbología para la representación de suelos

3.2.3 Perfil estratigráfico del suelo

Se define como perfil estratigráfico a una representación del corte vertical del terreno a analizar; donde se puede observar los diferentes estratos presentes en el área de estudio, como son gravas, arena, limos y arcillas o mezclas de los mismos (CRESPO VILLALAZ, 2004, pág. 36).

El perfil estratigráfico detalla la información necesaria de cada estrato del suelo, a través de una representación gráfica en capas del suelo, su ubicación y características y en caso sea necesario debe contar con un plano topográfico y debe incluir los símbolos indicados. (RNE, 2020, pág. 30)

Con esta información y las pruebas que a los materiales se les ejecute se realiza un perfil estratigráfico del suelo, como se muestra a continuación:



FUENTE: (CRESPO VILLALAZ, 2004, pág.27)

Figura 2 — Perfil estratigráfico del suelo

3.2.4 Sistemas de clasificación de suelos

En la actualidad podemos encontrar dos métodos estandarizados para la clasificación de suelos con lo cual se puede definir sus características: El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y la Asociación Americana de funcionarios de Carreteras Estatales y Transporte (AASHTO).

La (NORMA E.050 SUELOS Y CIMENTACIONES, 2020) menciona que la “Descripción de los diferentes estratos que constituyen el terreno investigado indica para cada uno de ellos: origen, nombre y símbolo del grupo de suelo, según el sistema unificado de clasificación de suelos SUCS, NTP 339.164, plasticidad de los finos, consistencia o densidad relativa, humedad, color, tamaño máximo y angularidad de las partículas, olor, cementación y otros comentarios (raíces, cavidades, etc.), de acuerdo a la NTP 339.150”.

Según (BRAJA M. DAS, 2011) “Los sistemas de clasificación de suelos que comúnmente se usan son el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.) y el Sistema American Association of State Highway and Transportation Officials (A.A.S.H.T.O.), este último no se utiliza en la construcción de cimentaciones. El empleo de estos dos sistemas permite dividir los suelos en grupos y subgrupos en base a la propiedades y características

ingenieriles que presente el suelo, como la distribución granulométrica, el límite líquido y el límite plástico”.

a) Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)

En la actualidad es el más utilizado en el campo geotécnico, el cual fue propuesto por A. Casagrande en 1942 y que poco después fue patentado por la US Army Corps Of Engineers y la United States Bureau of Reclamation (DAS 2011 pág. 19).

Según (CRESPO VILLALAZ, 2004), la clasificación de los suelos se conforma por dos grupos: Suelos Gruesos que está representada por las gravas(G) y las arenas (S), estas son cuando más del 50% de suelo es retenido en la malla N° 4 y así mismo se subdividen en 04 grupos que son: Para gravas (GP, GW, GC, GM) y para arenas (SW, SC, SP, SM).

Para suelos finos según (CRESPO VILLALAZ, 2004), se dividen en 03 grupos para finos que tienen un LL menor que 50%, se añade el sufijo “L” y los prefijos “M, C, y O” que presentara la simbología (ML, CL, OL) y para arcillas o limos que presenten un LL mayor al 50%, se añade el sufijo “H” que son especialmente suelos de cohesivos de compresibilidad alta con simbología OH Y MH.

La simbología que se utiliza para la identificación de suelos según SUCS, son los siguientes:

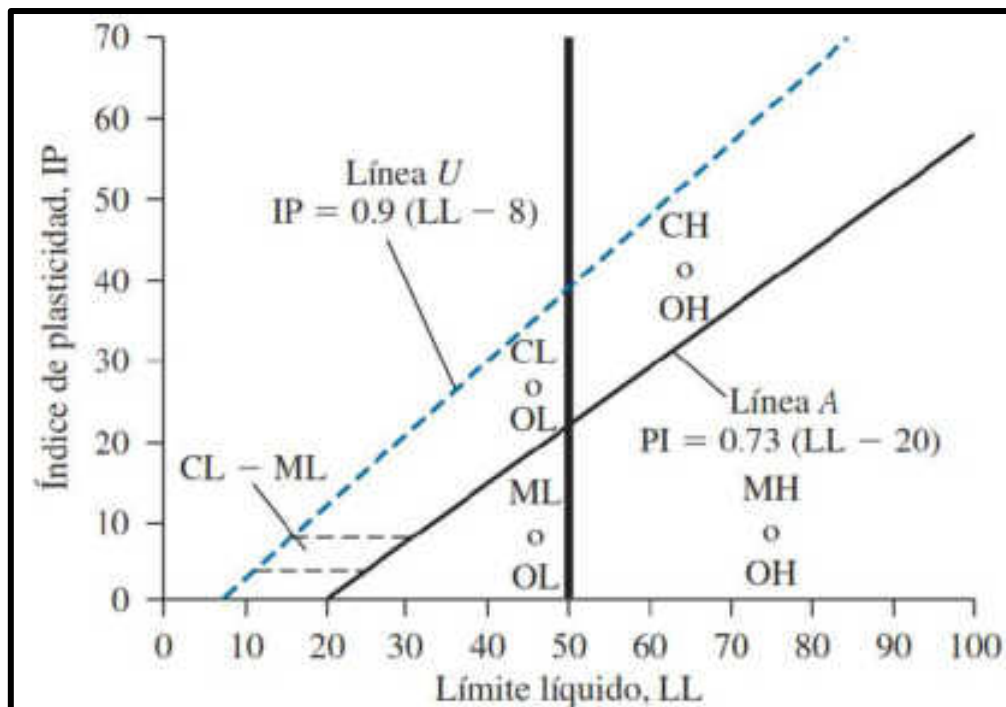
Tabla 2 — Simbología para la identificación de suelos según SUCS

Símbolo	G	S	M	C	O	Pi	H	L	W	P
Descripción	Grava	Arena	Limo	Arcilla	Limos orgánicos y arcilla	Turba y suelos altamente orgánicos	Alta plasticidad	Baja plasticidad	Bien graduado	Mal graduado

FUENTE: (BRAJA M., 2011, pág. 19)

Para la identificación de los símbolos de grupo de cualquier muestra de suelo según SUCS se utiliza la gráfica de plasticidad (Figura 3) y el cuadro de clasificación de suelos (Tabla 2 y 3).





FUENTE: (BRAJA M., 2011, pág. 20)

Figura 3 — Gráfica de plasticidad según SUCS

Tabla 3 — Sistema de clasificación de suelos según SUCS

DIVISIONES PRINCIPALES			Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO			
SUELOS DE GRANO GRUESO	GRAVAS	Gravas limpias	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue:	Cu=D ₆₀ /D ₁₀ >4 Cc=(D ₃₀) ² /D ₁₀ x D ₆₀ entre 1 y 3		
		(sin o con pocos finos)	GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.		
		Gravas con finos	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4.	Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos que requieren doble símbolo.	
		(apreciable cantidad de finos)	GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con IP>7.		
	ARENAS	Arenas limpias	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	<5%->GW,GP,SW,SP. >12%->GM,GC,SM,SC. 5 al 12%->casos límite que requieren usar doble símbolo.	Cu=D ₆₀ /D ₁₀ >6 Cc=(D ₃₀) ² /D ₁₀ x D ₆₀ entre 1 y 3		
		(pocos o sin finos)	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.		
		Arenas con finos	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4.	Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble.	
		(apreciable cantidad de finos)	SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con IP>7.		
	SUELOS DE GRANO FINO	Limos y arcillas:		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.			
		Límite líquido menor de 50		OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.			
		Limos y arcillas:		MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.			
		CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.					
Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.					
Límite líquido mayor de 50		PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.					
Suelos muy orgánicos		PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.					

FUENTE: (RODRÍGUEZ SERQUÉN, 2020, pág. 38)

b) Sistema de clasificación de suelos (AASHTO)

Este sistema de clasificación de suelos fue propuesto para el “Highway Research Board’s Committee on Classification of Materials for Subgrades and Granular Type Roads (1945)”. Según este sistema los suelos se clasifican en 8 grupos fundamentales, de A-1 a A-8, utilizando para ello, los ensayos de análisis granulométrico y límites de Atterberg.

Esta clasificación se presenta en los cuadros a continuación:

Figura 4— Clasificación del suelo según AASHTO

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos de la muestra total pasa la malla núm. 200)						
	A-1			A-2			
	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis por mallas (% que pasa)							
Malla núm. 10	50 máx						
Malla núm. 40	30 máx	50 máx	51 mín				
Malla núm. 200	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx
Para la fracción que pasa Malla núm. 40							
Límite líquido (LL)				40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
Índice de plasticidad (IP)	6 máx		No plástico	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Tipo usual de material	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa			
Clasificación de la capa				Excelente a buena			
Clasificación general	Materiales de limo y arcilla (más de 35% de la muestra total pasa la malla núm. 200)						
	A-4	A-5	A-6	A-7			
				A-7-5 ^a A-7-6 ^b			
Análisis por mallas (% que pasa)							
Malla núm. 10							
Malla núm. 40							
Malla núm. 200	36 mín	36 mín		36 mín			36 mín
Para la fracción que pasa Malla núm. 40							
Límite líquido (LL)	40 máx	41 mín		40 máx			41 mín
Índice de plasticidad (IP)	10 máx	10 máx		11 mín			11 mín
Tipo usual de material	Principalmente suelos limosos			Principalmente suelos arcillosos			
Calificación subrasante				Regular a malo			

^aSi IP < LL - 30, la clasificación es A-7-5.

^bSi IP ≥ LL - 30, la clasificación es A-7-6.

FUENTE: (BRAJA M., 2011, pág. 18)

3.2.5 Obtención de muestras de suelos

“Para determinar las propiedades de un suelo en laboratorio es preciso contar con muestras representativas de dicho suelo. Un muestreo adecuado y representativo es de primordial importancia, pues tiene el mismo valor que el de los ensayos en sí” (CRESPO VILLALAZ, 2004).

Crespo en otro apartado también afirma que: “Las muestras pueden ser de dos tipos: alteradas e inalteradas. Se dice que una muestra es alterada cuando no guarda las mismas condiciones que cuando se encontraba en el terreno de donde procede, e inalterado caso contrario” (CRESPO VILLALAZ, 2004).

3.2.6 Técnicas de reconocimiento del suelo

Según Herrera y Castilla, las técnicas de reconocimiento geotécnico del área de estudio abarcan desde la simple inspección visual hasta técnicas de campo y laboratorio. Los cuales se clasifican en:

- a) Métodos directos: Este método nos permite el acceso y la visualización inmediata y directa del subsuelo. Como ejemplo de este método tenemos las calicatas, sondeos de exploración y zanjas.
- b) Métodos indirectos: Este método es caracterizado indirectamente porque este se puede realizar sin tener acceso directo al área de estudio, son ejemplos de este método: la prospección geofísica y los ensayos “in situ” (HERRERA HERBERT, ET AL, 2012).

3.2.7 Análisis granulométrico del suelo

“El análisis granulométrico se refiere a la determinación de la cantidad en por ciento de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo” (CRESPO VILLALAZ, 2004).

BRAJA DAS (2011) menciona también que los tamaños de las partículas del suelo varían muchas veces en gran medida. Y que para su correcta clasificación se debe identificar su distribución granulométrica con mallas.



El desarrollo del ensayo se realizó en base al cumplimiento de la norma ASTM D-422 y al manual de ensayo de materiales (MTC, 2016).

La tabla a continuación muestra información de las mallas más utilizadas en el país con su tamaño correspondiente de abertura para su correcta clasificación.

Figura 5— Tamaño de mallas estandarizado con respectiva abertura

Malla núm.	Abertura (mm)
4	4.750
6	3.350
8	2.360
10	2.000
16	1.180
20	0.850
30	0.600
40	0.425
50	0.300
60	0.250
80	0.180
100	0.150
140	0.106
170	0.088
200	0.075
270	0.053

FUENTE: (BRAJA M.,2011, pág. 2)

3.2.8 Ensayo de contenido de humedad

“La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas” (MTC 2016, pág. 49).

“El contenido de humedad de un suelo se define como la relación existente entre el peso de agua de una masa específica de suelo y el peso de las demás partículas sólidas, siendo este una de las características más importantes para conocer y analizar el comportamiento del suelo. Esto se debe a que el suelo es el principal suministrador del agua, ya que tiene la capacidad de

almacenamiento de agua para las plantas, esta retención de agua se va a componer por interacción que existe entre el agua y el suelo”. (DAS 2011)

El fin de este ensayo es el cálculo del porcentaje expresado que contiene la humedad en el suelo. Para determinar el peso del agua que será absorbida, se introduce una muestra del suelo a analizar al horno con temperatura graduada a 100 ± 5 °C. Una vez retirada del horno dicha muestra, este se considerará como el peso de partículas sólidas. El resultado del peso del contenido de agua es la diferencia entre el peso anterior al secado de la muestra y el peso posterior de este (NTP 339.127, 2019).

Para tomar muestras representativas del suelo a explorar, se recomienda utilizar la siguiente tabla según MTC E 108.

Tabla 4 — Masa mínima representativa en caso de que la muestra sea extensa

Máximo tamaño de partícula (pasa el 100%)	Tamaño de malla estándar	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados	
		$a \pm 0,1\%$	$a \pm 1\%$
2 mm o menos	2,00 mm (Nº 10)	20 g	20 g *
4,75 mm	4,760 mm (Nº 4)	100 g	20 g *
9,5 mm	9,525 mm (3/8")	500 g	50 g
19,0 mm	19,050 mm (3/4")	2,5 kg	250 g
37,5 mm	38,1 mm (1 1/2")	10 kg	1 kg
75,0 mm	76,200 mm (3")	50 kg	5 kg

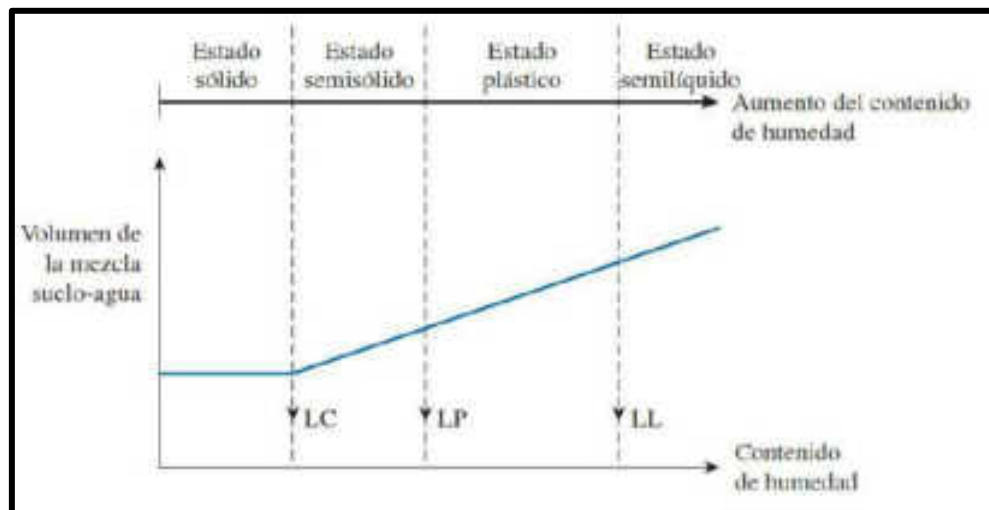
FUENTE: (MTC, 2016, pág. 50)

3.2.9 Límites de Atterberg

“Cuando un suelo arcilloso se mezcla con una cantidad excesiva de agua, puede fluir como un semilíquido. Si el suelo se seca gradualmente, se comportará como un material plástico, semisólido o sólido, dependiendo de su contenido de humedad. El contenido de humedad, en porcentaje, en el que el suelo cambia de un estado líquido a uno plástico se define como límite líquido (LL). De manera similar, el contenido de humedad, en porcentaje, en el que el suelo cambia de un estado plástico a uno semisólido y de un estado semisólido a uno sólido se definen como límite plástico (LP) y límite de contracción (LC), respectivamente”.

- “El límite líquido de un suelo se determina utilizando la copa de Casagrande (designación de prueba D-4318 de la ASTM) y se define como el contenido de humedad en el que se cierra una ranura de 12.7 mm mediante 25 golpes”.
- “El límite plástico se define como el contenido de humedad en el que el suelo se agrieta al formar un rollito de 3.18 mm de diámetro (designación de prueba D-4318 de la ASTM)” (BRAJA M., 2011, pág. 15).

Se presenta a continuación el grafico referencial de los límites de Atterberg:



FUENTE: (BRAJA M., 2011, pág. 16)

Figura 6 — Definición de los límites de Atterberg

El índice plástico (IP) es la diferencia entre los valores del límite líquido (LL) y el límite plástico (LP), el cual depende del tipo y cantidad de arcilla que se está ensayando. Al no poder determinarse el límite plástico, este tendrá un valor igual a 0, el cual se representa como no plástico (NP), seguidamente en este caso el índice plástico se menciona que es igual a 0 (CRESPO VILLALAZ, 2004, pág. 69).

a) Límite líquido

“El límite líquido se define como el contenido de humedad expresado en por ciento con respecto al peso seco de la muestra, con la cual el suelo cambia de estado líquido a plástico. De acuerdo a esta definición, los suelos

plásticos tienen en el límite líquido una resistencia muy pequeña al esfuerzo de corte, pero definida, y según Atterberg es de 25g/cm^2 ” (CRESPO VILLALAZ, 2004, pág. 70).

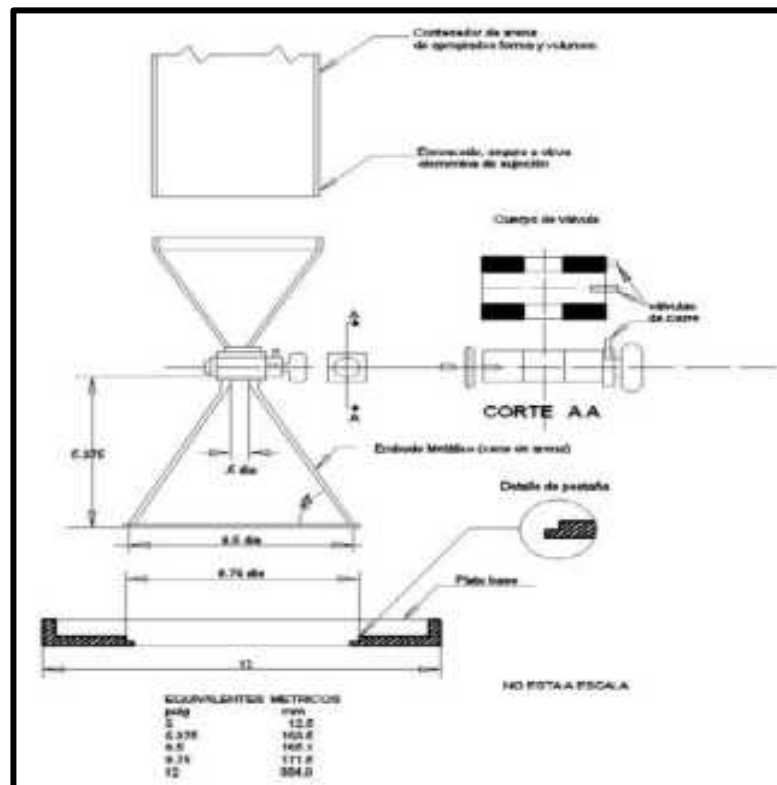
b) Límite plástico

“Los suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a un estado plástico. Para determinar el límite plástico, generalmente se hace uso de materiales que, mezclados con el agua, del límite líquido, al cual se le evapora humedad por mezclado hasta tener una mezcla plástica que sea fácilmente moldeable. Se forma una pequeña bola que deberá rodillarse en seguida en la palma de la mano o en una placa de vidrio aplicando la suficiente presión a efecto de formar filamentos. Cuando el diámetro del filamento resultante sea de 3.17 mm ($1/8''$) sin romperse, deberá juntarse la muestra de nuevo, mezclarse en forma de bola y volver a rodillarse” (CRESPO VILLALAZ, 2004, pág. 77).

3.2.10 Densidad y peso unitario del suelo INSITU0 (ASTM D1556)

Este ensayo nos permite calcular el peso unitario y densidad de suelos inalterados o suelos naturales in-situ, el terreno natural que estará sometido al ensayo deberá tener una cohesión o atracción entre las mismas partículas suficientes para que mantenga los lados de la excavación estables. Este método está limitado a suelos generalmente con una condición de no estar saturados, también no es recomendable para suelos que se desmoronan fácilmente, la precisión de este método es afectada cuando los suelos son blandos, tal que sufren cambios volumétricos en la excavación (NTP 339.143, 1999).

SACRAVILCA LADERA (2024, pág. 34) menciona “Esta metodología define un procedimiento estándar para calcular la densidad y el peso unitario del suelo en su ubicación natural utilizando el método del anillo. Este procedimiento de prueba es aplicable a suelos que no tienen una gran cantidad de rocas o materiales de gran tamaño con un diámetro superior a $1\frac{1}{2}$ pulgadas (38 mm)”.



FUENTE: (MTC, 2016, pág. 142)

Figura 7 — Equipo utilizado para el ensayo de cono de arena

Tabla 5 — Volúmenes mínimos del hoyo de ensayo basados en el tamaño máximo de la partícula.

Tamaño Máximo de la partícula		Volumen Mínimo del Orificio de Ensayo	
Pulgada	mm	cm ³	pies ³
1/2	12,5	1420	0,05
1	25,0	2120	0,075
2	50,0	2830	0,1

FUENTE: (MTC, 2016, pág. 136)

3.2.11 Resistencia de los suelos al esfuerzo de corte

El desplazamiento de una parte del suelo con respecto a otra similar o su mismo desplazamiento de partículas son producidos por la acción de esfuerzos cortantes en una muestra del suelo.

Debido a que los suelos están sometidos constantemente a esfuerzos, los cuales producen deformaciones mayores a los permitidos, es necesario utilizar métodos que nos permitan calcular la plasticidad del suelo.

Los movimientos que se producen dentro de la masa de suelo como el disgregamiento de las partículas del mismo o las deformaciones producidas por la fluencia plástica tienden a ser contrarrestados por la resistencia al corte del suelo (CRESPO VILLALAZ, 2004, pág. 161).

Siendo que la resistencia al corte “ τ ” del suelo según Crespo vendría a estar representada por la siguiente ecuación:

$$\tau = c + P_i \times (\tan \varphi)$$

Donde:

τ = Resistencia al corte del suelo (kg/cm²)

c = Cohesión del suelo (kg/cm²)

P_i = Presión intergranular (kg/cm²)

φ = Angulo de fricción interna del suelo(constante)

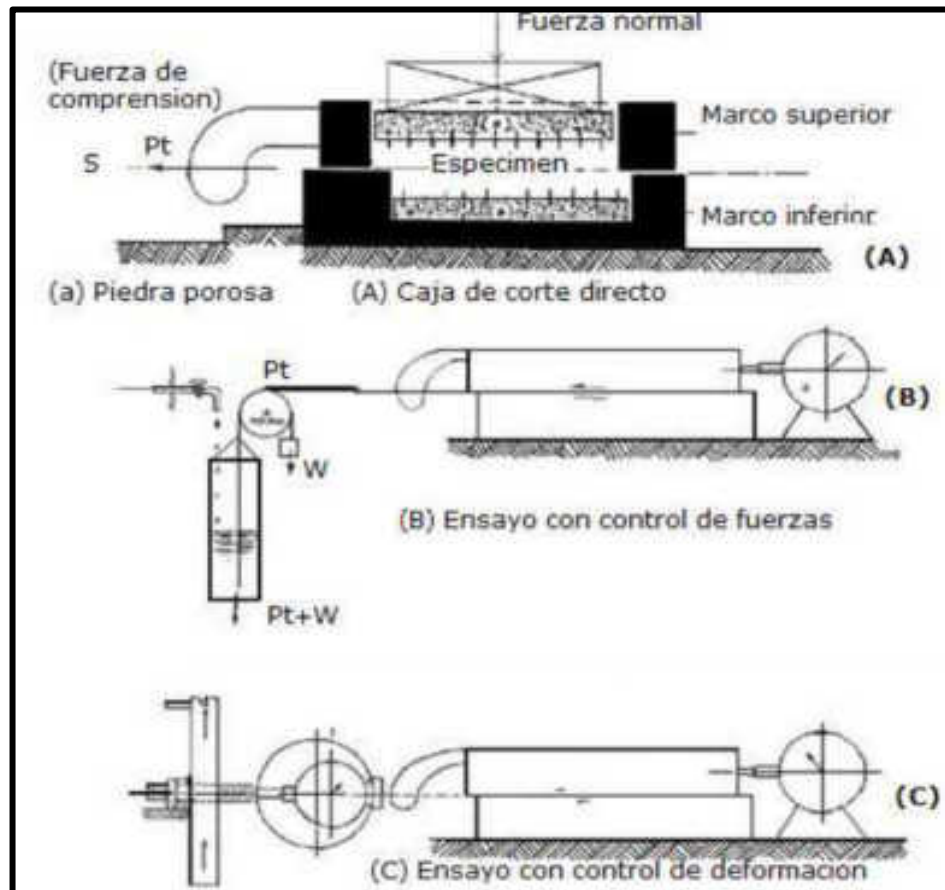
Braja también menciona lo siguiente: “Para la mayoría del trabajo cotidiano, los parámetros de la resistencia de corte de un suelo (ángulo de fricción y cohesión) se determina mediante dos pruebas estándar de laboratorio: la prueba de corte directo y la prueba triaxial” (BRAJA M. 2011, pág. 47).

3.2.12 Ensayo de corte directo

Este ensayo tiene por objetivo determinar la resistencia al corte que presenta una muestra de suelo consolidada y drenada. El ensayo nos permite determinar el ángulo de fricción y cohesión de suelos inalterados y/o alterados.

Este ensayo es eficaz para evaluar rápidamente las propiedades de resistencia de materiales que han sido drenados y consolidados. Dado que las trayectorias de drenaje en la muestra son cortas, la presión del agua en los poros se disipa con mayor rapidez que en otros ensayos de drenaje. Este procedimiento puede aplicarse a cualquier tipo de suelo, ya sea compactado, remoldeado o inalterado. Sin embargo, presenta una limitación en cuanto al tamaño máximo de las partículas en las muestras. (SACRAVILCA LADERA, 2024)

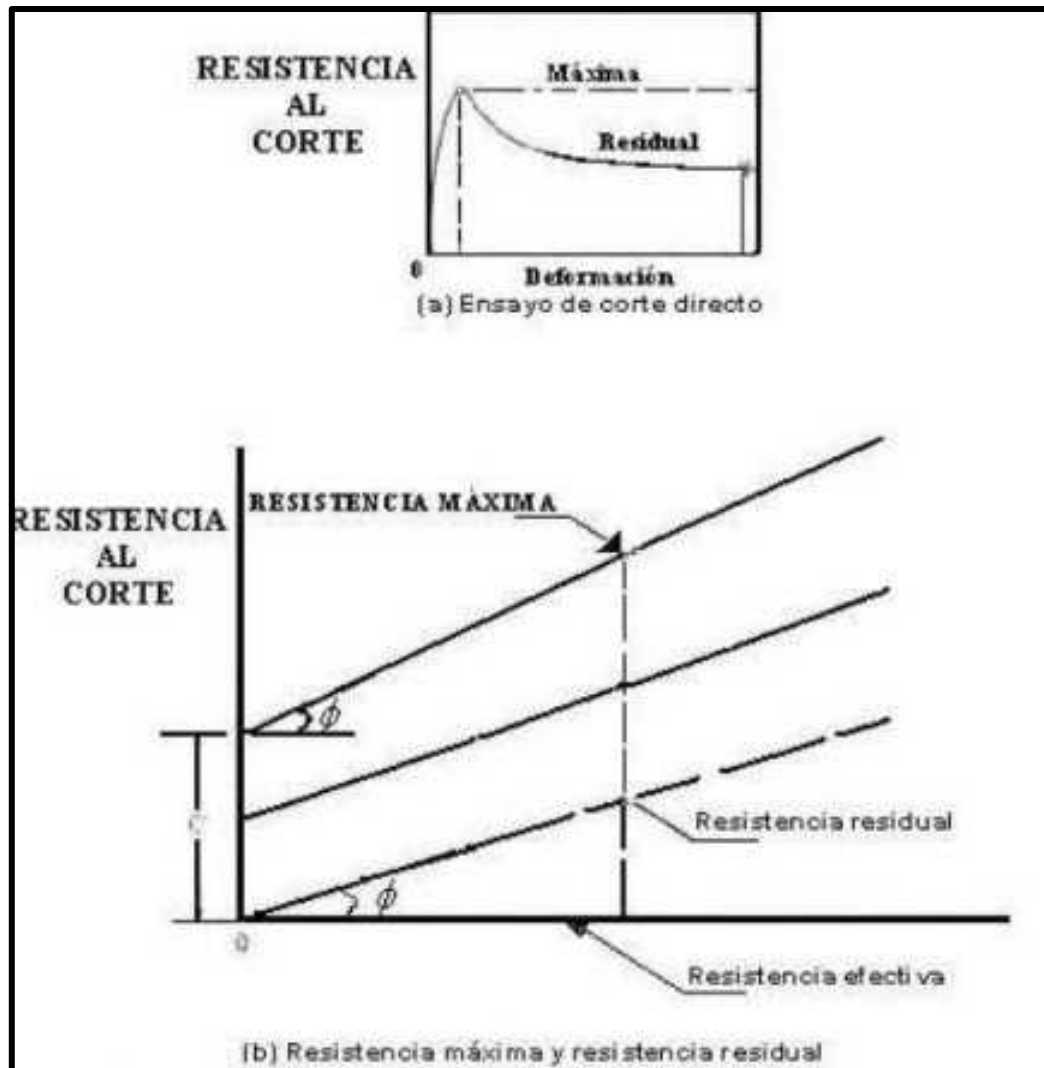




FUENTE: (MTC, 2016, pág. 169)

Figura 8 — Dispositivo para el ensayo de corte directo

En este ensayo se colocará la muestra en el interior del dispositivo (Figura 7) y esta será sometida a un esfuerzo tangencial y carga P_i (distintos valores para P_i), donde se podrá observar los diferentes esfuerzos tangenciales producidos por los diferentes valores de P_i , con los cuales se procede a trazar el diagrama del círculo de Mohr dando como resultado los valores de cohesión (" c " en el eje de las ordenadas) y el ángulo de fricción interna (" ϕ " en la inclinación de la línea de la envolvente de Mohr con el eje de las abscisas), como se puede observar en la siguiente figura:



FUENTE: (MTC, 2016, pág. 174)

Figura 9 — Diagrama de la resistencia al corte

3.2.13 Ensayo de compresión triaxial

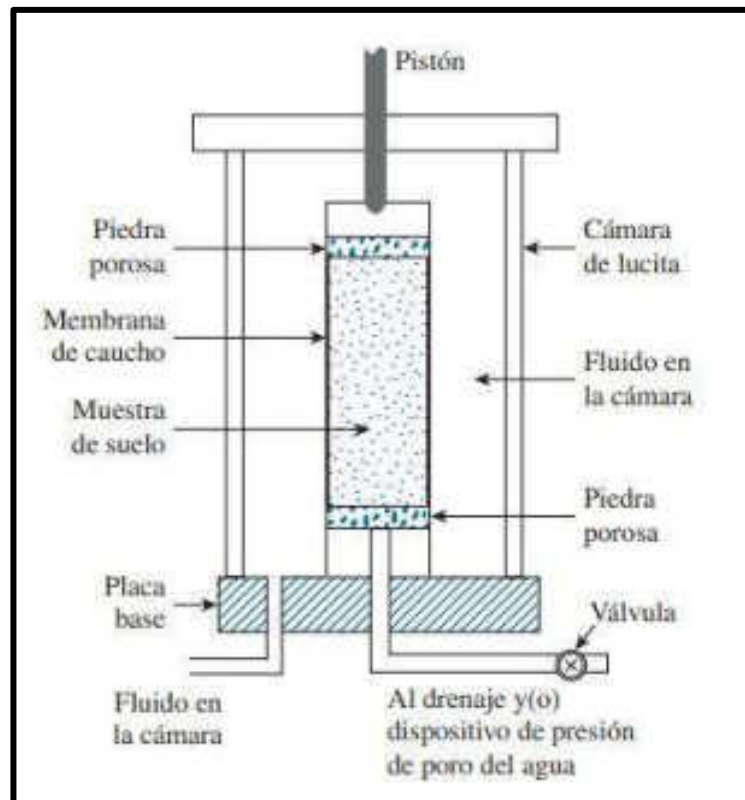
El ensayo de compresión triaxial es utilizado generalmente en suelos caracterizados por arenas y arcillas; además este ensayo posee numerosos procedimientos para el cálculo de parámetros, como la resistencia al cortante, la rigidez y características de deformación de los suelos.

En este método “se ensayan muestras cilíndricas dentro de una membrana delgada de caucho, colocándolas dentro de una celda triaxial con dos tapas rígidas y pistones arriba y debajo de la muestra. La celda se llena de un fluido especial al que se aplica una presión determinada sobre el fluido, la cual se

transmite por éste a la muestra. Los esfuerzos de cortante se generan cuando se aplican fuerzas de compresión verticales accionadas por el pistón. La presión de poros dentro de la muestra puede medirse a través de un pequeño tubo o bureta en contacto con la muestra. Para cada presión de confinamiento se obtiene el esfuerzo desviador que se requiere para hacer fallar la muestra” (ROSALES BERMÚDEZ, 2007, pág. 11).

La presión de poros se mide por el drenaje de la muestra a través de las piedras porosas y el cambio de volumen del agua, determinando varias veces las pruebas se logra obtener la envolvente de Mohr para una muestra determinada de suelo. El ensayo triaxial es más comercializado por su utilidad al momento de medir la presión de poros en suelos saturados y moldear las condiciones de drenaje. (ROSALES BERMÚDEZ, 2007, pág. 12).

“El propósito de controlar el drenaje en el ensayo triaxial es proporcionar condiciones de ensayo que sean similares a las condiciones reales de carga o drenaje en el campo” (ALVA, 2011, pág. 30)



FUENTE: (MTC, 2016, pág. 50)

Figura 10 — Equipo utilizado en la prueba de compresión triaxial

Existen tres tipos de pruebas con el ensayo de compresión triaxial:

a) Prueba consolidada drenada (CD)

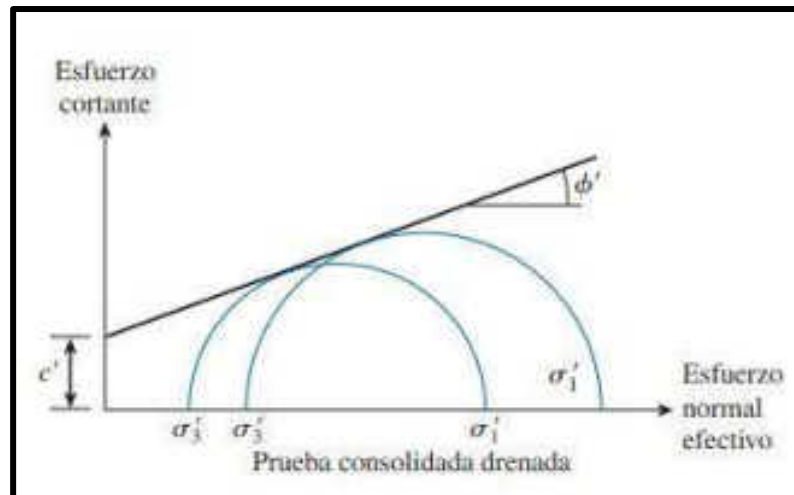
Esta prueba se caracteriza principalmente por ser lenta y que los esfuerzos aplicados a la muestra son efectivos. En primera instancia se aplica al suelo una presión hidrostática, dejando abierta la válvula con la bureta en un tiempo establecido para que ocurra la consolidación total bajo la presión actuante. Una vez que el equilibrio estático este restablecido, la muestra del suelo estará sometida a todas las fuerzas exteriores, es decir, se producen esfuerzos efectivos, mientras que esta sigue sometido a la presión hidrostática. Finalmente se lleva la muestra a la falla, por la inducción de una carga axial incremental, en un tiempo establecido para que la presión hidrostática del agua se reduzca a cero.

Este tipo de ensayo (CD) se utiliza especialmente en arenas (suelos granulares), pero también se puede utilizar en otro tipo de suelos más finos, solo que se requerirá un tiempo más prolongado (VALERIO SALAS, 2011, pág. 16).

“La velocidad del ensayo debe ser tal, que las fluctuaciones en la presión de poros sean despreciables y en cualquier caso no superiores al 5 % de la presión efectiva de confinamiento” (ROSALES BERMÚDEZ, 2007, pág. 15).

“Este Procedimiento de ensayo se utiliza cuando el suelo en el campo drena relativamente rápido durante la aplicación de cargas de construcción (en arenas)” (ALVA, 2011, pág. 30).





FUENTE: (MTC, 2016, pág. 50)

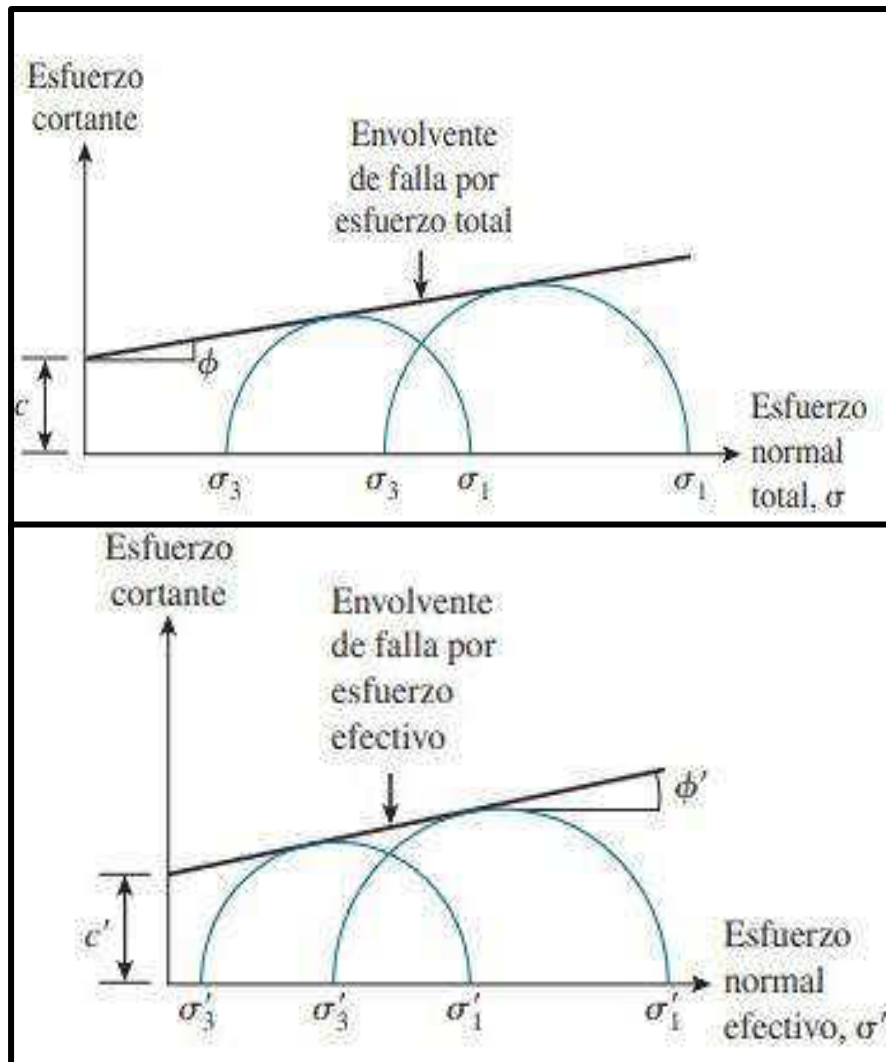
Figura 11 — Prueba consolidada drenada

b) Prueba consolidada no drenada (CU)

Esta prueba, es caracterizada porque la muestra se consolida inicialmente bajo la presión hidrostática, de esta manera el esfuerzo es efectivo, la cual actúa sobre la parte sólida de la muestra. Seguidamente, la muestra se lleva a la falla por efectos del incremento de la carga axial, de tal forma que no se permita cambio de volumen. Esta prueba se basa en no permitir ningún tipo de consolidación adicional durante el periodo de falla. Lo cual se logra en la cámara de compresión triaxial cerrando la válvula de salida.

Este tipo de ensayo (CU) se realiza con la medición de poros con la finalidad de calcular la cohesión y el ángulo de fricción en función de los esfuerzos totales y efectivos inducidos en la prueba (VALERIO SALAS, 2011, pág. 16).

“Los ensayos no drenados deben realizarse a una tasa que no exceda una deformación unitaria del 2% por hora, con el objeto de lograr una ecualización completa de la presión de poros a través de la muestra” (ROSALES BERMÚDEZ, 2007, pág. 15).



FUENTE: (MTC, 2016, pág. 50)

Figura 12 — Diagrama de la prueba consolidada no drenada

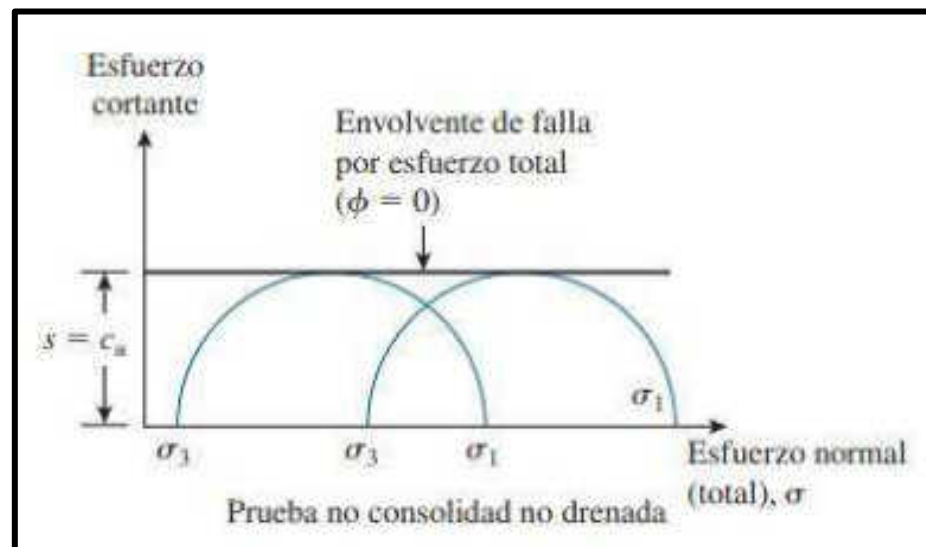
c) Prueba no consolidada no drenada (UU)

Esta prueba, no permite en ninguna circunstancia la consolidación de la muestra. La válvula de comunicación entre la muestra y la bureta siempre permanece cerrada. En primera instancia se ejerce a la muestra la presión hidrostática y seguidamente se hace fallar la muestra del suelo con la aplicación acelerada de la carga axial.

Este ensayo UU es generalmente realizado en muestras de arcilla, empleando el concepto de evaluar la resistencia de suelos cohesivos saturados, donde se expresa los resultados en forma de esfuerzos totales. La envolvente de falla generada para la utilización de los procedimientos del círculo de Morh del esfuerzo total se transforma en una línea horizontal, con la restricción de que el ángulo de fricción sea igual a 0°

donde la resistencia al cortante no drenada es igual al radio de los círculos de Mohr (Valerio Salas 2011, pág. 16).

“Un ensayo consolidado-no drenado podría utilizarse para determinar la resistencia cortante del suelo bajo el terraplén para su utilización en el diseño de la cimentación de la edificación” (Alva 2011, pág. 31)



FUENTE: (MTC, 2016, pág. 50)

Figura 13 — Diagrama de la prueba no consolidada no drenada

“Los ensayos no consolidados – no drenados, son generalmente preferidos para ensayos rutinarios, debido a la facilidad de su ejecución y son los más utilizados. De acuerdo al tipo de ensayo se obtiene un valor diferente de ángulo de fricción” (ROSALES BERMÚDEZ, 2007, pág. 13).

ALVA (2011), menciona que el ensayo triaxial es más adecuado para realizar los ensayos de resistencia, mientras en ensayo de corte directo es más limitado en condiciones consolidado-drenado (CD).

3.2.14 Capacidad de carga de suelos

El reglamento nacional de edificaciones en su norma E.050 nos menciona que: La capacidad de carga (q_d) es el esfuerzo ultimo o falla por corte del suelo y se calcula usando las fórmulas establecidas por la mecánica de suelos, usando las variables determinadas mediante los ensayos de laboratorio o in situ mencionados en la presente norma.

Además, si se trata de una muestra de suelos cohesivos (arcillas, limos, arcillas limosas) el ángulo de fricción interna será igual a cero.

$$q_d = S_c \times i_c \times N_c(1)$$

En cambio, en suelos friccionantes (arenas, gravas), la cohesión será la que tome el valor de cero.

$$q_d = i_q \times \gamma_1 \times D_f \times N_q + 0.5 \times s_\gamma \times i_\gamma \times \gamma_2 \times B' \times N_\gamma (2)$$

Para lo cual se utiliza las siguientes ecuaciones:

$$N_q = e^{(\pi \tan \phi')} \tan^2 \left[\left(45 + \frac{\phi'}{2} \right) \right] \quad (3)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi' \quad (4)$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4 \phi') \quad (5)$$

$$S_c = 1 + 0.2 \frac{B}{L} \quad (6)$$

$$i_c = i_q = \left(1 - \frac{\alpha^\circ}{90^\circ} \right)^2 \quad (7)$$

$$S_\gamma = 1 - 0.2 \frac{B}{L} \quad (8)$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{\alpha^\circ}{\phi^\circ} \right)^2 \quad (9)$$

Donde:

c = cohesión del suelo ubicado bajo la zapata

i_c = coeficiente de corrección por inclinación de la carga correspondiente a la cohesión

i_q = coeficiente de corrección por inclinación de la carga correspondiente a la sobre carga (gDf)

S_c = coeficiente de corrección por la forma de la cimentación correspondiente a la cohesión

S_γ = coeficiente de corrección por la forma de la cimentación correspondiente a la fricción

i_γ = coeficiente de corrección por inclinación de la carga correspondiente a la fricción

γ_1 = peso unitario volumétrico de suelo ubicado sobre el nivel de cimentación

γ_2 = peso unitario volumétrico efectivo de suelo ubicado bajo el nivel de cimentación

N_c = coeficiente de capacidad de carga correspondiente a la cohesión

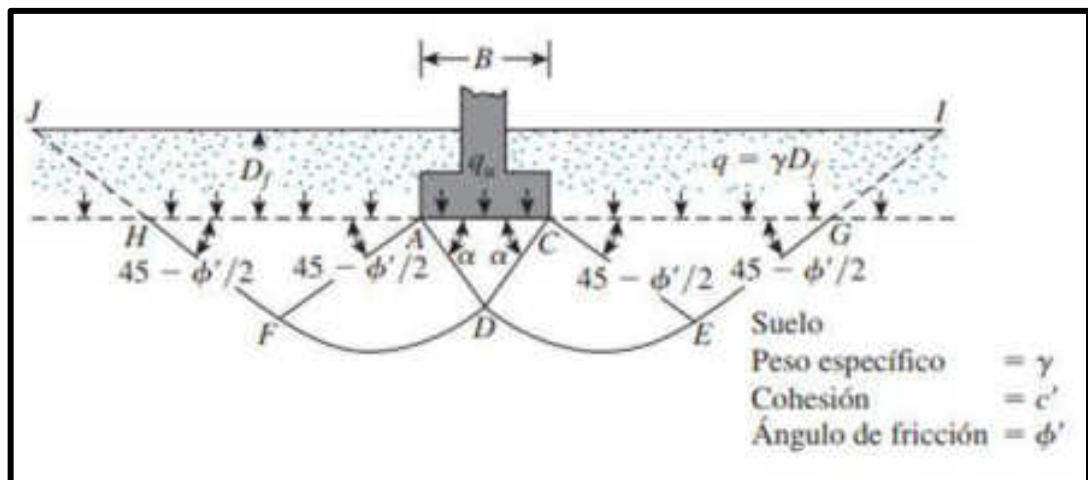
N_q = coeficiente de capacidad de carga correspondiente a la sobre carga (gDf)

N_g = coeficiente de capacidad de carga correspondiente a la fricción

B' = ancho del “área efectiva”

α° = ángulo en grados que hace la carga con la vertical

Extraído de: (NORMA E.050, 2020, págs. 33-34)



FUENTE: (BRAJA M., 2011, pág. 137)

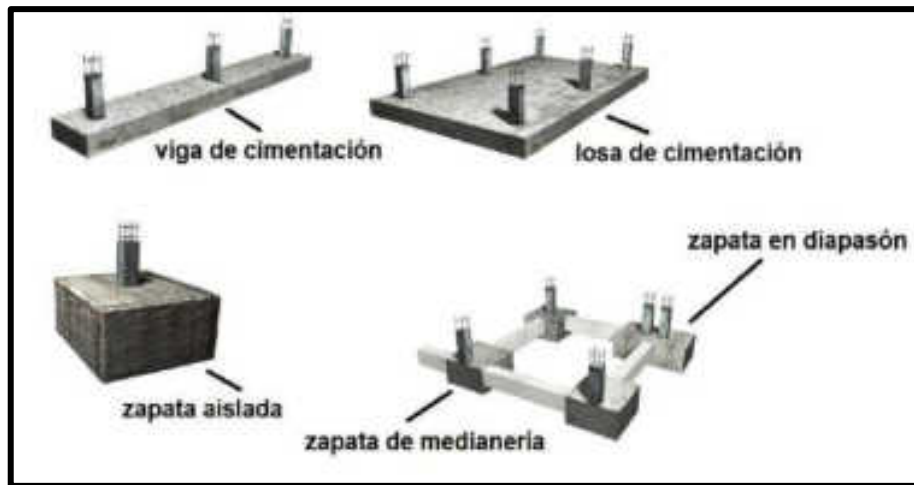
Figura 14 — Diagrama de deformaciones producido por la falla de capacidad de carga

3.2.15 Cimentaciones superficiales

Terzaghi con su teoría menciona que: Una cimentación es superficial, si su D_f es igual o menor a su ancho. Esta teoría fue estigmatizada por autores más recientes sugiriendo que se pueden considerar como cimentaciones superficiales aquellas que tengan una profundidad D_f igual a tres o cuatro veces su ancho (DAS M. 2011, pág. 136).

Según la Norma E.050, son cimentaciones superficiales: las zapatas, plateas de cimentación y cimientos corridos. Donde “la relación Profundidad / ancho ($D_f/$

B) de la cimentación es menor o igual a cinco (5), siendo D_f la profundidad de la cimentación y B el ancho o diámetro de la misma” (NORMA E.050 2020, pág. 35).



FUENTE: (YEPES PIQUERA,2020)

Figura 15 — Principales tipos de cimentación superficial

3.2.16 Análisis de las condiciones de cimentación

3.2.16.1 Cargas a utilizar

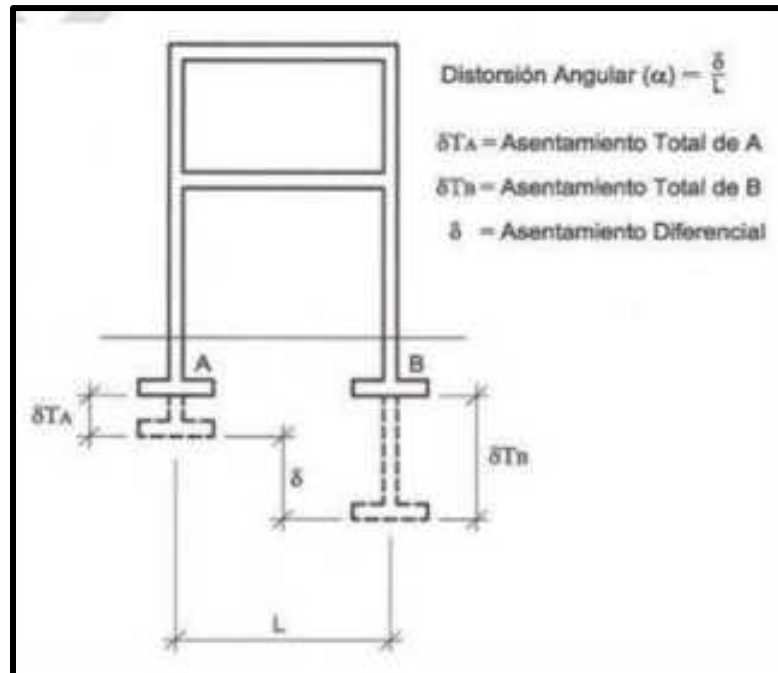
Para el informe final del estudio de mecánica de suelos, teniendo en cuenta las cargas de la edificación, se considera lo siguiente:

- El factor de seguridad de la cimentación será calculado utilizando las cargas de servicio de las columnas de nivel más bajo de la edificación.
- Para la determinación del asentamiento de la cimentación apoyada sobre el suelo, se tomará en cuenta la carga obtenida y calculada siguiendo las recomendaciones de la Norma E.020 Cargas.
- Para la determinación de asentamientos, asumiendo que la edificación cuente con sótanos en las que se emplee losas de cimentación o plateas, se puede descontar de la carga total el suelo excavado para la construcción de sótano.

(NORMA E.050, 2020)

3.2.16.2 Asentamiento tolerable

La norma E.050 nos indica que el asentamiento tolerable para edificaciones es aquel que no causa una distorsión mayor que la mencionada en la tabla N° 5, y que para suelos granulares este asentamiento diferencial se calcula como el 75% del asentamiento total.



FUENTE: (NORMA E.050, 2020, pág. 32)

Figura 16 — Asentamiento diferencial

Tabla 6 — Distorsión angular

DISTORSIÓN ANGULAR	
$\alpha=\delta/L$	DESCRIPCIÓN
1/150	Límite en el que se debe esperar daño estructural en edificios convencionales.
1/250	Límite en la pérdida de la verticalidad de edificios altos y rígidos que puede ser visible.
1/300	Límite en que se debe esperar dificultades con puentes grúas.
1/300	Límite en que se debe esperar las primeras grietas en paredes.
1/500	Límite seguro para edificios en los que no se permiten grietas.
1/500	Límite para cimentaciones rígidas, circulares o para anillos de cimentación de estructuras rígidas, altas y esbeltas.
1/650	Límite para edificios rígidos de concretos cimentados sobre un solado de espesor aproximado de 1.20 m.
1/750	Límite donde se esperan dificultades en maquinaria sensible a asentamientos.

FUENTE: (NORMA E.050, 2020, pág. 33)

3.2.16.3 Factor de seguridad frente a una falla por corte

Según la norma E.050 (Suelos y cimentaciones, los factores de seguridad mínimos a tener en cuenta para las cimentaciones son:

- Para cargas estáticas: 3
- Para máxima sollicitación de sismo o viento (considerar la más desfavorable): 2.5

Es fundamental señalar que, para calcular la capacidad portante admisible del terreno, se debe dividir la capacidad de carga última por el valor de un coeficiente de seguridad utilizado en el cálculo. Este coeficiente tiene en cuenta que la capacidad portante admisible representa la máxima tensión que la cimentación puede soportar frente a las diversas cargas transmitidas desde la estructura hacia ella. (SOSA CORI, 2021).

3.2.16.4 Profundidad de cimentación

- Para zapatas y cimientos corridos, la profundidad de cimentación es considerado desde el nivel de superficie del terreno hasta la base de la cimentación.

- El proyectista es quien define la profundidad de la cimentación, la cual está condicionada por las propiedades, estratigrafía, cambios de volumen y condiciones particulares del suelo. Siendo 0.8 metros la mínima profundidad de cualquier tipo de cimientos superficiales para edificaciones y estructuras. En caso de cimentación sobre roca el proyectista asumirá según sus criterios, el nivel de desplante de la cimentación, el cual para este caso si podrá ser menor a 0.8 metros.
- Las losas de cimentación es una estructura de concreto armado con acero de dos direcciones, el cual se coloca sobre un relleno controlado confinado por vigas perimetrales con un peralte de 40 centímetros y para edificaciones de interés social no mayores a 2 pisos, el proyectista según su consideración podrá reducir el peralte mínimo a menos de 40 centímetros.
- Si la estructura presenta cimientos adyacentes a las estructuras colindantes se debe tomar las precauciones necesarias en el diseño de las cimentaciones para evitar dañar los cimientos existentes.
- Si la cimentación diseñada queda por debajo del nivel de las cimentaciones colindantes, el proyectista determinara si es requerido una estructura de sostenimiento para las cimentaciones existentes. (NORMA E.050, 2020, pág. 38)

Para Crespo la profundidad de desplante será dado por las siguientes expresiones:

a) Para suelos cohesivos:

$$D_f = \frac{[(0.83 - 0.017 \times IP) \times IP] - 4}{\gamma_n}$$

b) Para suelos no cohesivos:

$$D_f = \frac{q_d}{\gamma_n} \times \left[\tan^4(45^\circ - \frac{\varphi}{2}) \right]$$



Donde q_d está en ton/m^2 . Se determinará $q_d = q_a \times F.S$, esta fórmula espera un resultado de asentamiento de 1" (Crespo Villalaz 2004, pág. 271).

Es muy importante conocer el valor la profundidad de la cimentación, porque dependerá el tipo de estructura a diseñar y el tipo de suelo. Estos valores son utilizados para la proyección de la edificación de una vivienda multifamiliar en el sector Villa Unión -Molinopata basándonos en la normativa técnica.

3.2.16.5 Coeficientes de balasto

“El coeficiente de balasto funciona como un resorte para la cimentación, dicho valor varía dependiendo principalmente del tipo de suelo que presente la zona de estudio” (CRESPO VILLALAZ, 2004).

El coeficiente de balasto depende principalmente de la geometría de la cimentación

$$k = \frac{q}{\gamma}$$

K= Coeficiente de Balasto

q= Presión

γ = Deformación

NELSON MORRISON (1993), propuso valores del coeficiente de balasto en función de la capacidad admisible del terreno.



Tabla 7 — Valores del coeficiente de balasto

Módulo de Reacción del Suelo COEFICIENTE DE BALASTO O MÓDULO DE WINKLER VALORES PARA					
Esf Adm (Kg/cm ²)	Winkler (Kg/cm ³)	Esf Adm (Kg/cm ²)	Winkler (Kg/cm ³)	Esf Adm (Kg/cm ²)	Winkler (Kg/cm ³)
0.25	0.65	1.55	3.19	2.85	5.70
0.30	0.78	1.60	3.28	2.90	5.80
0.35	0.91	1.65	3.37	2.95	5.90
0.40	1.04	1.70	3.46	3.00	6.00
0.45	1.17	1.75	3.55	3.05	6.10
0.50	1.30	1.80	3.64	3.10	6.20
0.55	1.39	1.85	3.73	3.15	6.30
0.60	1.48	1.90	3.82	3.20	6.40
0.65	1.57	1.95	3.91	3.25	6.50
0.70	1.66	2.00	4.00	3.30	6.60
0.75	1.75	2.05	4.10	3.35	6.70
0.80	1.84	2.10	4.20	3.40	6.80
0.85	1.93	2.15	4.30	3.45	6.90
0.90	2.02	2.20	4.40	3.50	7.00
0.95	2.11	2.25	4.50	3.55	7.10
1.00	2.20	2.30	4.60	3.60	7.20
1.05	2.29	2.35	4.70	3.65	7.30
1.10	2.38	2.40	4.80	3.70	7.40
1.15	2.47	2.45	4.90	3.75	7.50
1.20	2.56	2.50	5.00	3.80	7.60
1.25	2.65	2.55	5.10	3.85	7.70
1.30	2.74	2.60	5.20	3.90	7.80
1.35	2.83	2.65	5.30	3.95	7.90
1.40	2.92	2.70	5.40	4.00	8.00
1.45	3.01	2.75	5.50		
1.50	3.10	2.80	5.60		

FUENTE: (SOSA CORI, 2021)

3.2.17 Análisis y diseño estructural

Según la revista ARQHYS (2012), “el análisis se entiende como el estudio del comportamiento de una estructura. Aquí, la estructura es información y, a través de su análisis, puede ver cómo funciona bajo ciertas condiciones”.

El diseño de estructuras es considerando como el procedimiento consecuente que conduce a la definición de una estructura. La estructura no se conoce y los datos son los requerimientos estructurales, como el tipo de edificación, el nivel de las alturas y las restricciones en la ubicación de los elementos que conforman la estructura, etc.

3.2.17.1 Elementos del diseño de estructuras

La revista ARQHYS (2012), sugiere que, en el diseño de estructura, se pueden identificar los siguientes elementos:

a) Análisis. Esto se realiza con software especializado que utilizan el método elástico y proporcionan resultados más precisos y óptimos para la estructuración.

b) Diseño. En función de las características que componen la edificación, se asumen las dimensiones y ubicación de los elementos que componen la misma.

c) Estructuración. De ser necesario, se realiza una estructuración preliminar, considerando la ubicación y las dimensiones de los elementos estructurales según los requerimientos del proyecto arquitectónico.

d) Memoria de cálculo. Se refiere al procedimiento matemático que se realiza considerando las cargas de servicio que afectan la estructura, así como ejemplos de diseño.

3.2.17.2 Principios del diseño de estructura

ARQHYS (2012) menciona los principios que todo diseño estructural persigue:

a) Seguridad La estabilidad, como una de las condiciones de seguridad, puede verificarse a través de las leyes de equilibrio de Newton. La seguridad se garantiza mediante el control de deformaciones excesivas que pueden llevar a dejar de usar la estructura o a la ruptura o separación de alguna de sus partes o del conjunto completo. El principio de acción y reacción es un concepto fundamental ampliamente utilizado en estructuras, y determinar las fuerzas activas y resistentes es una práctica común en la ingeniería estructural.

b) Funcionalidad La estructura debe mantenerse operativa durante todo su ciclo de vida para soportar las cargas aplicadas. Una edificación que presente deformaciones excesivas transmitirá una



sensación de inseguridad y las personas podrían dejar de utilizarlo, en ese punto dejará de ser funcional.

3.2.17.3 Análisis estático y dinámico de la estructura

De acuerdo a la NORMA E.030 (2020), el análisis estático y dinámico considera lo siguiente:

a) Análisis estático

Este método representa las solicitudes sísmicas por medio de un conjunto de fuerzas que actúan en el centro de masas de cada nivel del edificio

- **Fuerza Cortante en la Base**

La fuerza cortante total en la base de la estructura, según la dirección considerada (eje x / eje y) , se determina de la siguiente manera:

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \times P$$

- **Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura**

Las fuerzas sísmicas horizontales para cualquier nivel i, según la dirección considerada, se calculan mediante la siguiente expresión:

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$
$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k}$$

Donde “n” es el número de niveles del edificio, “k” es un exponente vinculado al período fundamental de vibración de la estructura (T), en la dirección considerada, que se estima a partir de:

Para T menor o igual a 0,5 segundos: $k = 1,0$.

Para T mayor que 0,5 segundos: $k = (0,75 + 0,5 T) \leq 2,0$.

- **Período Fundamental de Vibración**

El período fundamental de vibración para cada dirección asumida se calcula mediante la siguiente expresión:

$$T = \frac{h_n}{C_t}$$

Donde:

CT = 35 Los edificios donde los elementos resistentes en el eje analizado sean solamente pórticos de concreto armado, sin arriostramiento.

CT = 45 Para edificaciones donde los elementos resistentes en el eje analizado sean pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.

CT = 60 Para edificaciones de albañilería y para todos los edificios de de muros estructurales, concreto armado duales y muros de ductilidad limitada. (NORMA E. 030 Diseño Sismorresistente, 2020)

b) Análisis dinámico modal espectral

- **Modos de Vibración**, los modos de vibración se pueden determinar mediante un análisis que tenga en cuenta las características de rigidez y la distribución de masa. En cada dirección, se considerarán los modos de vibración cuya suma de masas efectivas represente al menos el 90% de la masa total, pero siempre se deben incluir al menos los tres modos predominantes en la dirección del análisis.
- **Aceleración Espectral**, para cada una de las direcciones horizontales analizadas, se debe definir un espectro de pseudoaceleración inelástica. En el análisis de la dirección vertical, se puede utilizar un espectro con valores que sean iguales a 2/3 del espectro utilizado para las direcciones horizontales.



- **Fuerza Cortante Mínima**, para cada dirección considerada en el análisis, la fuerza de corte en el primer entrepiso del edificio debe ser al menos el 80% del valor calculado según la sección 4.5 de la Norma E.030 para estructuras regulares, y al menos el 90% para estructuras irregulares.
- **Modelo para el Análisis**, el modelo matemático debe reflejar con precisión la distribución espacial de las masas en la estructura. El comportamiento de los elementos se modelará en concordancia con los resultados de pruebas de laboratorio, considerando factores como la fluencia, la degradación de la resistencia y rigidez, el estrechamiento de los enlaces históricos y otros aspectos relevantes del comportamiento estructural. Se permite asumir propiedades lineales para aquellos elementos que, según el análisis, permanecen dentro del rango elástico de respuesta. Se puede considerar una amortiguación viscosa equivalente con un máximo del 5% de la amortiguación crítica, además de la disipación resultante del comportamiento histórico de los elementos

3.2.17.4 Software ETABS

ETABS es una aplicación avanzada de software que se emplea para el análisis y diseño de estructuras de edificios. Ofrece una variedad de herramientas para modelar y visualizar estructuras en 3D, realizar análisis tanto lineales como no lineales, y generar informes detallados. Es especialmente valioso para diseñar edificaciones de concreto armado y metálicas, y permite realizar simulaciones sísmicas para evaluar la resistencia de las construcciones (SMITH JOHN, 2019).

3.2.17.5 Software SAFE

SAFE es un software especializado en el análisis y diseño estructural, con un enfoque particular en los sistemas de cimentación y losas. Esta



aplicación permite la modelización, el análisis y el diseño de losas de concreto y cimentaciones, proporcionando herramientas avanzadas para realizar cálculos precisos y detallados.

SAFE integra análisis estáticos y dinámicos, lo que permite a los ingenieros evaluar el comportamiento estructural bajo diferentes condiciones de carga. Además, ofrece capacidades para generar informes completos y detallados, facilitando la documentación del proceso de diseño y análisis (DOE JANE, 2022).

3.3 Marco conceptual

- a) **Cimentación.** Parte estructural de una edificación encargada de recibir las cargas y momentos generadas por dicha edificación.
- b) **Angulo de fricción.** El ángulo de fricción es un parámetro geotécnico obtenido en la prueba triaxial y corte directo, formado por la envolvente de falla o la línea de tendencia de dichos ensayos.
- c) **Cohesión.** Es una medida de adherencia que poseen las partículas de los suelos, debido a su atracción entre ellas.
- d) **Densidad relativa de suelos.** Es la relación entre la densidad seca del suelo sin cohesión con las densidades máxima y mínima.
- e) **Material limo-arcilloso.** Son materiales finos que pasan la malla N° 200 en el ensayo de granulometría.
- f) **Muestras alteradas.** Son muestras de suelo, que, al ser ensayadas, no presentan las mismas características y humedad del suelo de donde fueron extraídas.
- g) **Muestras inalteradas.** Son muestras de suelos, que, al ser ensayadas, presentan las mismas características y humedad del suelo de donde fueron extraídas.



- h) **SENSICO.** Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción, que tiene como visión la normalización, capacitación e investigación de temas relacionados a la construcción.
- i) **INACAL.** Instituto Nacional de Calidad se encarga de administrar el sistema nacional de calidad, normalizar técnicas y acreditarlas.
- j) **Plasticidad.** La plasticidad es una propiedad que tienen los suelos a poder deformarse sin romperse hasta un cierto límite.
- k) **Consolidación.** Es el proceso donde la masa del suelo cambia de volumen en un tiempo específico debido a una carga aplicada sobre la misma.
- l) **Resistencia residual.** Es la resistencia al corte remanente que posee una muestra después de haber ocurrido la falla.



CAPÍTULO IV METODOLOGÍA

4.1 Tipo y nivel de investigación

4.1.1 Tipo de investigación

“El tipo de investigación aplicada tiene como fin principal resolver un problema en un periodo de tiempo corto. Dirigida a la aplicación inmediata mediante acciones concretas para enfrentar el problema. Por tanto, se dirige a la acción inminente y no al desarrollo de la teoría y sus resultados, mediante actividades precisas para enfrentar el problema” (TAMAYO y TAMAYO 2007, pág.43).

Esta investigación es de tipo aplicada ya que tiene como fin analizar el efecto producido en el dimensionamiento de cimiento superficial de una edificación por la realización de los ensayos geotécnicos de corte directo y compresión triaxial en Molinopata – Abancay.

4.1.2 Nivel de investigación

El nivel de investigación explicativo tiene por objetivo probar la relación entre la causa y efecto de una determinada circunstancia, además valora la explicación de la existencia de fenómenos y sus condiciones o la relación existente de dos o más variables (PUCP, 2020).

La investigación de nivel explicativo según (HERNÁNDEZ SAMPIERI ET AL., 2014 pág. 96) menciona “las investigaciones explicativas son más estructuradas que los estudios con los demás alcances y, de hecho, implica propósitos de estos (exploración, descripción y correlación)”.



Esta investigación es de nivel explicativo ya que pretende explicar el efecto que produce la realización de los ensayos de corte directo y compresión triaxial en el dimensionamiento de cimiento superficial de una edificación proyectada en Molinopata – Abancay

4.2 Diseño de la investigación

El diseño experimental “consiste en someter a un objeto o grupo de individuos a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente)”. En cuanto al nivel, es explicativa, porque su propósito “es demostrar que los cambios en la variable dependiente fueron causados por la variable independiente” y “se caracteriza fundamentalmente, por la manipulación y control de variables que ejerce el investigador durante el experimento” (ARIAS, 2012)

El diseño de esta investigación es **experimental** de clase **cuasiexperimental** porque se pretende establecer el posible efecto que ocurre al realizar los ensayos de corte directo y compresión triaxial para dimensionar el cimiento superficial de una edificación proyectada en Molinopata – Abancay.

4.3 Descripción ética de la investigación

Esta investigación se consideró con todos los principios éticos, morales y cumpliendo con requerimientos mínimos de las normas a utilizar que impulsen el conocimiento científico, contando con los permisos necesarios, resultados fidedignos y asumiendo toda la responsabilidad del proyecto.

4.4 Población y muestra

4.4.1 Población

La población es: “Aquel conjunto de datos en el cual se emplean procedimientos para llevar a cabo el estudio detallado de un conglomerado de elementos con características comunes” (CABEZAS MEJIA, ET AL., 2018).

La población está constituida por los suelos característicamente arcillosos del centro poblado de Molinopata, perteneciente al distrito de Abancay, provincia de Abancay, departamento de Apurímac.



Esto debido a que el objetivo principal de la investigación implica el estudio y análisis de mecánica de suelos con fines de cimentación de edificación en el sector mencionado

4.4.2 Muestra

La muestra es: “Una pequeña parte de la población, la cual permitirá dar a conocer datos específicos de la misma” (CABEZAS MEJIA, ET AL., 2018).

La muestra de estudio es finita y está representada por un área de terreno habilitado de 234.14 m² destinado a la futura construcción de una edificación multifamiliar ubicada en el sector de villa unión del centro poblado de Molinopata, distrito de Abancay, provincia de Abancay, departamento de Apurímac.

El número de puntos de exploración para determinar la caracterización del suelo fueron cuatro calicatas para los ensayos geotécnicos de la investigación según lo establecido dentro del Reglamento Nacional de Edificaciones E 0.50, suficientes para cubrir la zona del proyecto y alcanzar los objetivos de la investigación.

4.4.3 Muestreo

El tipo de muestreo en esta investigación **es no probabilístico por conveniencia**. Siendo que este método es utilizable cuando es posible enfocarse en unidades específicas de la población que son accesibles y relevantes para los objetivos de la investigación. (HERNÁNDEZ SAMPIERI ET AL., 2014).

El muestreo por conveniencia es aplicable cuando "el investigador selecciona deliberadamente a los sujetos que considera más representativos o accesibles para el estudio". Aun cuando no existen criterios que deban considerarse para que una unidad pueda ser parte de la muestra. Estas deben cumplir con las exigencias de la norma de Reglamento Nacional de Edificaciones RNE, para el procesamiento de datos y análisis posterior.

- **Criterios de inclusión**

1. Todos los puntos de investigación se realizaron de acuerdo a la Norma E.050 Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2018.
2. Las calicatas corresponden solamente al centro poblado de Molinopata, perteneciente al distrito de Abancay, provincia de Abancay, departamento de Apurímac.

4.5 Procedimiento

Se realizó un flujograma para lograr los objetivos propuestos en la investigación, estableciendo un orden cronológico, en la tesis de investigación los procedimientos se enmarcarán por una serie de fases que nos permitirá la recolección de información, trabajos preliminares, procedimiento de datos y análisis de los resultados, como se detallarán a continuación:



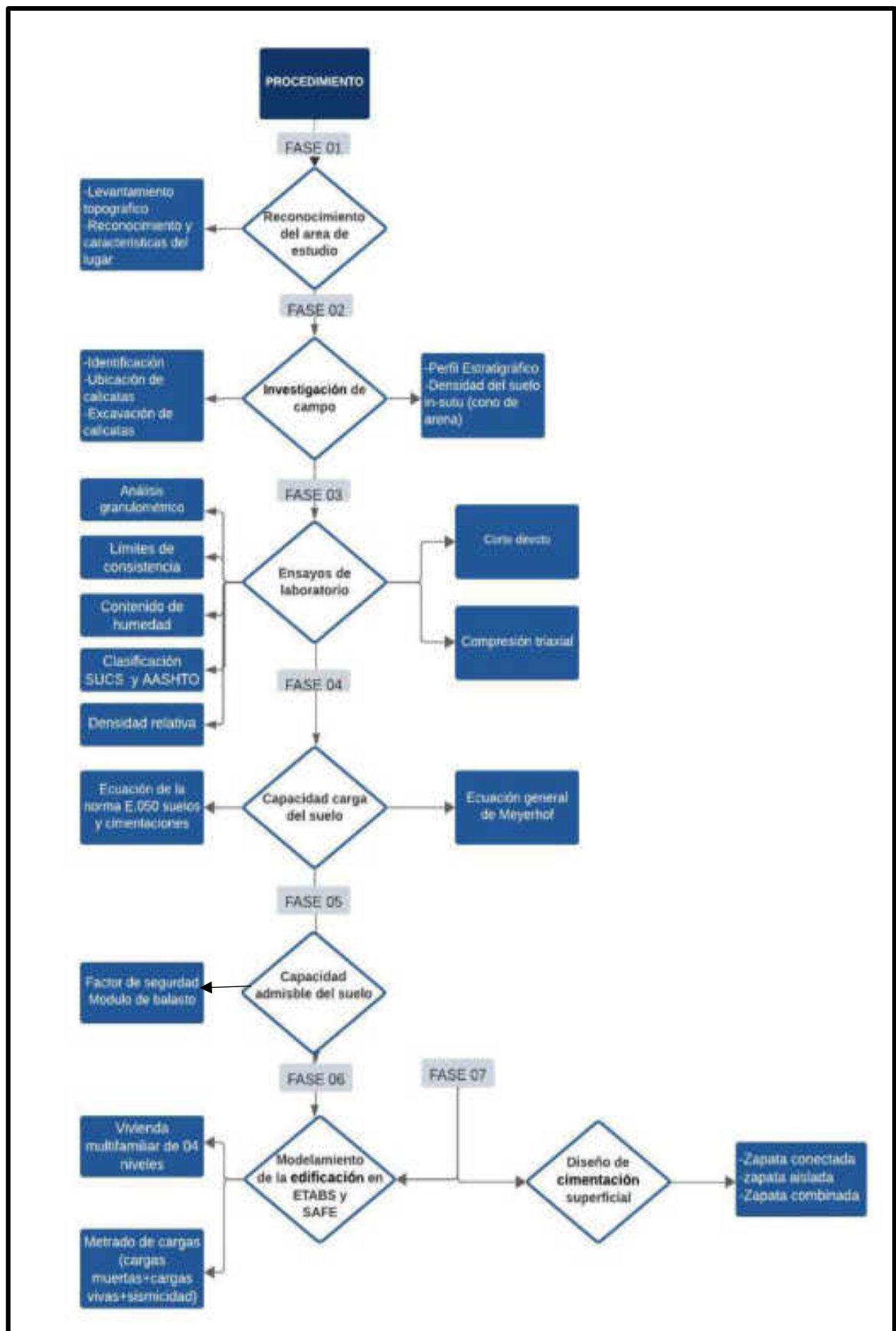


Figura 17 — Flujograma del procedimiento para el desarrollo de la investigación

4.5.1 Fase 1: Reconocimiento del área de estudio

En la exploración del campo se inició con un reconocimiento del terreno a estudiar en el sector Villa Unión del centro poblado de Molinopata de la provincia de Abancay, departamento de Apurímac.

- **Levantamiento topográfico del terreno de estudio**

Se realizó el levantamiento topográfico del terreno de estudio para reconocer las condiciones del área y el perímetro, así para su ubicación exacta en sector Villa Unión de centro poblado de Molinopata para la proyección de una edificación de una vivienda Multifamiliar con una superficie de $\text{área}=234.14 \text{ m}^2$ y un perímetro de $=65.16 \text{ m}$.



FUENTE: (GOOGLE EARTH)

Figura 18 — Ubicación del terreno en el sector de Villa Unión del CP. Molinopata-Abancay-Apurímac

4.5.2 Fase 2: Investigación en campo

- **Identificación y excavación de calicatas**

Para realizar la identificación las características del terreno, en donde se realizará la excavación manual de 4 calicatas con una profundidad de 3.00 metros a cielo abierto para la obtención de muestras inalteradas y alteradas según las condiciones que nos establece la NTP E.050 suelos y cimentaciones.

Tabla 8 — Número de puntos de exploración por m2

Tipo de edificación	Cantidad de puntos de exploración (n)
I	Se requiere uno por cada 225 metros cuadrados de superficie techada en el primer nivel.
II	Se asigna uno por cada 450 metros cuadrados de área cubierta en el primer piso.
II	Se establece uno por cada 900 metros cuadrados de construcción techada en el primer nivel
IV	Se dispone uno por cada 100 metros de redes sanitarias de agua y alcantarillado en proyectos urbanos
Habilitaciones urbanas para viviendas unifamiliares de hasta 3 pisos	3 por cada hectárea de terreno por habilitar

FUENTE: (REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, 2020)

Se realizó la identificación de los puntos de exploración conforme a las condiciones de la NTP E.050 suelos y cimentaciones, el método que se utilizó en la investigación para calcular el número de calicatas es no probabilístico con 4 puntos de exploración en el área de estudio por conveniencia del investigador, realizando la obtención de las muestras del fondo de la calicata del suelo para la realización de los ensayos en el laboratorio.

Es así también se realizó la ubicación exacta con GPS y la distribución de las 4 calicatas en el área del terreno cada uno georreferenciado con coordenadas UTM zona 18, como se puede mostrar en el plano PU-01.

Tabla 9 — Ubicación de calicatas

Nº	Coordenadas UTM WGS84		Profundidad (m)	Ubicación
	Este “X”	Norte “Y”		
C-01	726035	8491233	3.00 m	Molinopata
C-02	726027	8491231	3.00 m	Molinopata
C-03	726025	8491244	3.00 m	Molinopata
C-04	726034	8491245	3.00 m	Molinopata

4.5.2.1 Perfil estratigráfico

En la investigación en campo del área de estudio de Villa Unión-Molinopata se realizó reconocimiento del perfil estratigráfico del suelo se realizó con la identificación manual y visual de cada estrato encontrados dentro de las calicatas y así poder identificarlos para realizar un estudio detallado de la estratigráfica (ver en anexos) y los componentes que se encuentran en el sub suelo y así también obtener la muestras para los ensayos dentro del laboratorio.

4.5.2.2 Ensayo de densidad y peso unitario del suelo in-situ, norma ASTM D 2216

a) Objetivo

Calcular el ensayo de densidad y el peso por unidad de volumen del suelo en su ubicación original utilizando el método del cono de arena.

b) Equipos

- Cono de arena de 6” de diámetro y con un ángulo de 60°.
- Base de metal rectangular con un espesor de 3/8.

- Balanzas con capacidad mínima de 20 kg.
- Equipo de secado con una temperatura $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Cíncel, cucharas, espátula, plásticos; martillo.
- Arena calibrada.

c) Procedimiento

- Preparar el terreno en donde ensayar donde debe estar nivelado.
- Colocar la base rectangular en la superficie del terreno, y asegurar la base con clavos en cada borda para evitar el movimiento.
- Excavar el hoyo a través del orificio de la base rectangular con los cinces y el martillo, teniendo cuidado de evitar que se disturbe el suelo del orificio, tal que se debe realizar un orificio uniforme con un volumen de acuerdo al tamaño nominal del suelo.
- El suelo excavado del orificio se debe retirar con cuidado y poner en un recipiente y pesar la muestra y evitar pérdidas de humedad.
- Determinar el peso el cono y la arena del aparato y se debe inclinar levemente al orificio la apertura del cono y hacer caer gravitacionalmente la arena sobre el hoyo.
- Determinar el peso y registrar la arena del hoyo una vez concluido el procedimiento anterior.
- Combine el material de manera meticulosa para obtener una muestra que sea representativa y que permita determinar el contenido de humedad, o en su defecto, utilice la muestra completa.

d) Cálculos

Se determinará del volumen del orificio en la prueba considerando las mediciones expresadas en gramos y centímetros cúbicos.

$$V = \frac{(M1 - M2)}{\rho_1} \quad (1)$$



Donde:

V= Volumen del hueco de ensayo, cm³.

M1= Masa de la arena que se usó para llenar el hueco, el embudo y la placa base (g).

M² = Masa de la arena que se usó para llenar el embudo y la placa de base (constante del cono).

ρ_1 =Densidad de arena (gr/cm³).

Se realiza el cálculo de la masa seca del material presente en el agujero de prueba mediante la aplicación de la siguiente fórmula.

$$M4 = \frac{100M3}{(W + 100)} \quad (2)$$

Donde:

W= Contenido de humedad de la materia extraída.

M4= Masa seca del suelo extraído del hueco de ensayo (gr).

M3= Masa húmeda del suelo extraído del hueco de ensayo (gr).

Se calcula la densidad tanto seca como húmeda del material extraído en el sitio de prueba, empleando las fórmulas siguientes:

$$\rho_m = \frac{M3}{V} \quad (3)$$

$$\rho_d = \frac{M4}{V} \quad (4)$$

Donde:

ρ_m =Densidad húmeda del suelo del ensayo (gr/cm³)

ρ_d =Densidad seca del suelo del ensayo (gr/cm³)

V= Volumen del hueco del ensayo (cm³)

e) Resultados

En el ensayo de densidad de campo con cono de arena in-situ se realizó en 4 puntos distribuidos en el terreno de estudio en el sector Villa Unión de Molinopata.

Se calculó el promedio de los 4 puntos que fue utilizado en los cálculos para determinar la capacidad admisible del suelo.

4.5.3 Fase 3: Ensayos de laboratorio de mecánica de suelos

4.5.3.1 Ensayo de análisis granulométrico, norma NTP 339.128

a) Objetivo

Calcular los porcentajes de suelo que atraviesan los diferentes tamices de la serie utilizada en la prueba, hasta el tamiz de 74 mm (N° 200).

b) Equipos

- Juego de tamices de una abertura desde la malla 3" (75mm) a la malla N° 200(0.074 mm).
- Balanza con precisión de 0.1 g y con una sensibilidad de 0.1.
- Una estufa.

c) Procedimiento

- Al iniciar el ensayo de granulometría debemos obtener una muestra representativa que se obtendrá con el cuarteo manual o mecánico.
- La muestra al iniciar se debe realizar el lavado con la malla N°200 y hacerlo secar en la estufa.
- Ordenar el juego de tamices de la malla de 3" a malla 3/8" y tamizar en una tamizadora durante 10 minutos.
- Calcular el peso del suelo retenido en la malla de 3/8" a través de las mallas de 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2" y 3/8", para así obtener el peso los suelos retenidos en cada una de esas mallas.
- Ordenar el juego de tamices de la malla de N°4 a malla N°200 y tamizar en una tamizadora durante 10 minutos.
- Calcular el peso del suelo retenido en la malla de N°4 a través de las mallas de N°4, N°8, N°10, N°30, N°40, N°50, N°100 y N°200, para así obtener el peso los suelos retenidos en cada una de esas mallas.

d) Resultado

El ensayo granulométrico se realizó para las 4 calicatas donde se extrajo una muestra representativa y lo cual se desarrolló el ensayo.



4.5.3.2 Ensayo de límites de consistencia, norma NTP 339.129

a) Objetivo

Determinar la cantidad de agua en una muestra de suelo en los estados semilíquido, líquido y plástico.

b) Equipos:

- Balanza con sensibilidad de 0.1g.
- Casa grande.
- Espátula de acero.
- Vidrio de placa lisa.
- Horno de $110^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Agua destilada.

c) Procedimiento:

1. **Límite líquido**

- Tamizar una muestra de suelo representativa con la malla N°40, se utilizará una cantidad de 100 gr y poner en un recipiente de porcelanato y mezclar uniformemente adicionando agua hasta obtener una muestra homogénea.
- Utilizando la espátula colocar la muestra del suelo en la copa de Casagrande, y nivelarlo hasta que tenga 1 cm de profundidad la muestra de la pasta.
- Se trazará con el ranurador en dos partes dividiendo la muestra del suelo dentro de la copa en partes iguales.
- Maniobrar el aparato de Casagrande controlando los números de golpes hasta observar que la parte céntrica de la muestra en la copa se junte a 1.27 cm con números de golpes mínimos de 5 al máximo de 35 golpes, recoger la muestra y llevar al horno con una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ anotar la humedad y los números de golpes.

2. Limite Plástico.

- Se realizará el mismo procedimiento para obtener la muestra del suelo.
- Amasar con la mano la muestra del suelo formando una bola de 1 cm³ y con las palmas del mano formar bastones de 3mm de diámetro en la placa de vidrio liso.
- Observar que los bastones de 3 mm de diámetro lleguen a su límite plástico, donde los bastones presentaran fisuras.
- Pesar los bastones realizados y llevar al horno para poder obtener su humedad.

d) Resultados:

Se determinó el ensayo para 4 calicatas obteniendo los siguientes resultados.

4.5.3.3 Ensayo de Contenido de humedad, norma NTP 339.127

a) Objetivo.

Calcular la humedad que contiene una muestra de suelo inalterado que es expresado en porcentajes.

b) Equipos.

- Recipientes
- Balanza con calibración de 1 gr
- Horno de 110°C +/- 5°C

c) Procedimientos.

- Seleccionar del suelo una muestra representativa
- Pesar y registrar la muestra colocada en el recipiente
- Colocar la muestra húmeda pesada con el recipiente al horno con una temperatura de 110°C +/- 5°C, el tiempo del secado dependerá del tipo del suelo.

- Retirar del horno y permitir que la muestra se enfríe a la temperatura ambiente para que pueda ser manipulada manualmente. Luego, se pesará el recipiente o sustrato y, posteriormente, la muestra previamente secada en el horno utilizando una única balanza. Estos valores deben ser registrados.

d) Resultados.

Se realizó el ensayo de contenido de humedad del suelo para las 4 calicatas determinándose en el laboratorio.

Calculo:

$$W(\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

W (%) = Peso de contenido de humedad.

Ww =Peso del agua (gr).

Ws =Peso de suelo seco (gr).

4.5.3.4 Método para la clasificación de suelos mediante AASHTO Y SUCS, norma NTP 339.134 y ASTM D-3282

a) Objetivo

Determinar la clasificación del suelo mediante los sistemas AASHTO y SUCS de los suelos.

b) Resultados.

La clasificación del suelo se determinó por los dos sistemas para las 4 calicatas identificándolo la simbología y al grupo que pertenece.

- **Clasificación del suelo mediante el sistema unificado de clasificación del suelo (SUCS)**

El sistema de clasificación SUCS es utilizado ampliamente en la ingeniería geotecnia donde clasifica al suelo en 5 tipos, los cuales son gravas (G); arenas (S); arcillas (C); limos (M) y orgánicos (O).

Inicialmente en la clasificación SUCS la muestra se debe clasificar en dos grupos, suelos finos y suelos gruesos.

Tabla 10 — Símbolos de identificación del suelo mediante SUCS

Símbolo	G	S	M	C	O	Pt	H	L	W	P
Descripción	Grava	Arena	Limo	Arcilla	Limos orgánicos y arcilla	Turba y suelos altamente orgánicos	Alta plasticidad	Baja plasticidad	Bien graduado	Mal graduado

FUENTE: (DAS, 2011, Pag.19)

- **Clasificación del suelo AASHTO**

El sistema AASHTO clasifica el suelo de acuerdo a la distribución granulometría y los límites de consistencia en 8 grupos.

“Los suelos listados en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales de grano grueso, y aquellos en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 son materiales de grano fino. La turba, el fango y otros suelos altamente orgánicos se clasifican en el grupo A-8 y se identifican mediante una inspección visual” (DAS, 2011)

4.5.3.5 Ensayo de corte directo, norma NTP 339.171

Según el manual de ensayos de materiales redacta lo siguiente.

“Tiene por objeto establecer el procedimiento de ensayo para determinar la resistencia al corte de una muestra de suelo consolidada y drenada, por el método del corte directo.” (MTC, 2016, pág.167).

El ensayo de corte directo nos permitirá calcular el comportamiento de los suelos al recibir esfuerzos y nos ayudara determinar los parámetros de los suelos como son el ángulo de fricción (ϕ) y cohesión (C).

a) Aparatos

- Piedras porosas.
- Equipo para la aplicación de la fuerza de corte para la muestra.
- Caja con base para el corte o cizalladura.
- Balanza con una sensibilidad de 1 gr.
- Horno para el secado de $110\text{C}^{\circ} \pm 5\text{C}^{\circ}$.
- Recipientes de aluminio o porcelanato para la muestra.
- Dispositivo para las fuerzas normales y de corte.

b) Procedimiento

- Una vez que los marcos estén correctamente alineados, se procede a asegurar la caja de corte en su lugar.
- La muestra a analizar tendremos que colocar dentro del dispositivo. Se enciende el equipo y se ajusta el dial para medir la deformación durante el corte. Es fundamental humedecer las piedras porosas antes de colocar la muestra, especialmente si son muestras inalteradas obtenidas cerca del nivel freático.
- Durante el proceso de consolidación, fue necesario registrar la deformación normal antes de aplicar cada aumento de fuerza.
- Se llevó a cabo una fase inicial de consolidación mediante la aplicación de una fuerza normal apropiada.
- Se llevó a cabo una segunda etapa de consolidación al llenar el agua en la caja del corte, asegurándose de que sobrepase el nivel de la muestra para permitir el drenaje. Mantener el nivel de agua constante en todas
- Las etapas garantizan que la muestra esté saturada en todo momento.
- En el proceso de consolidación, es importante tomar lecturas de deformación normal en momentos adecuados antes de aplicar un nuevo aumento de fuerza.



- Cada aumento de fuerza se mantuvo durante el tiempo necesario para lograr la consolidación primaria. El último incremento de fuerza debe alcanzar la fuerza normal específica requerida.
- Después de completar el proceso de consolidación, para cortar la muestra, es necesario liberar los marcos hasta que haya una separación de aproximadamente 0,25 mm (0,01 pulgadas).
- Una vez finalizada la etapa de consolidación, para proceder al corte de la muestra, es importante desajustar los marcos hasta que haya una separación de alrededor de 10% del diámetro.
- Inicialmente, se registra la fuerza aplicada durante el corte, seguida de la deformación normal y el corte en intervalos de tiempo específicos. La fuerza de corte se incrementa de manera continua. Una vez finalizado el ensayo, se retira la muestra de la caja de corte y se coloca en el horno para determinar los sólidos posteriormente.

c) Cálculo

Se determinó los parámetros del suelo el ángulo de fricción (ϕ) y cohesión (C) en las 4 calicatas obteniéndose los siguientes resultados.

Tabla 11 — Datos del espécimen con el ensayo corte directo

Propiedades	Calicatas			
	C-01	C-02	C-03	C-04
Volumen del molde(cm ³)	43.58	43.58	43.58	43.58
Peso unitario húmedo(gr/cm ³)	1.87	1.77	1.91	1.96
Peso del suelo en el molde (gr)	81.68	77.25	83.25	85.25
Humedad (%)	9.61	12.2	13.72	14.40

4.5.3.6 Ensayo triaxial, norma NTP 339.164

a) Principio Teórico

El equipo de ensayo triaxial es altamente adaptable y ofrece la posibilidad de llevar a cabo pruebas utilizando varios métodos para evaluar la resistencia al corte, la rigidez y las propiedades de deformación de las muestras.

“Se ensayan muestras cilíndricas dentro de una membrana delgada de caucho, colocándolas dentro de una celda triaxial con dos tapas rígidas y pistones arriba y debajo de la muestra”

• Ensayo triaxial no consolidado-no drenado UU

Se realizó el ensayo triaxial no consolidado-no drenado en laboratorio, lo que consiste en no permitir el drenaje en la cámara cuando se apliquen presiones de esfuerzo desviador y confinamiento.

b) Equipos.

- Equipo triaxial.
- Piedras porosas.
- Membrana.

c) Procedimiento.

- Sitúe una piedra porosa sobre el pedestal.
- Utilizando un dilatador de membranas al vacío, coloque una membrana delgada e impermeable sobre la muestra, asegurándola con anillos en O u otros sellos de presión alrededor de la membrana, a nivel del pedestal, para garantizar un sellado efectivo.
- Posicionamos el pistón sobre la probeta, asegurándonos de cubrir completamente la muestra y eliminando cualquier burbuja de aire residual, luego la sujetamos con las bandas elásticas.
- Instalamos y aseguramos el resto de la cámara del triaxial, garantizando que el conjunto se mantenga vertical.

- Se llena la cámara con agua desairada y/o destilada, permitiendo que el aire salga a través del tapón superior, luego se coloca en el dispositivo triaxial
- Se establecen todas las conexiones requeridas para aplicar las presiones necesarias para el ensayo, asegurando que la válvula de drenaje esté cerrada y permanezca así durante toda la prueba. No se llevará a cabo la saturación ni la consolidación de la probeta.
- Registrar las lecturas de carga y deformación en intervalos lo suficientemente pequeños para definir con precisión la curva de esfuerzo-deformación.

d) Resultado.

Los resultados determinados de ensayo triaxial no consolidado-no drenado UU en las 4 calicatas donde se calculó los parámetros geotécnicos del suelo ángulo de fricción (ϕ) y cohesión(C).

Tabla 12 — Datos del espécimen con el ensayo triaxial

Propiedades	Calicatas			
	C-01	C-02	C-03	C-04
Volumen del molde(cm ³)	428.06	428.06	428.06	428.06
Peso unitario húmedo(gr/cm ³)	1.87	1.71	1.91	1.96
Peso del suelo en el molde (gr)	800.7	733.81	816.96	838.05
Humedad (%)	9.39	12.35	13.6	14.49

4.5.3.7 Ensayo de densidad relativa del suelo NTP 339.141 ASTM D 2049

a) Objetivo

Determinar las densidades máximas y mínimas para el cálculo la densidad relativa del suelo con clasificación de tipo CL.

b) Procedimiento.

Densidad máxima-Proctor Estándar MTC E 116, AASTHO T 99

La densidad máxima seca se determinó con el ensayo de proctor estándar lo cual nos ayuda determinar la humedad óptima para lograr una compactación máxima del suelo, es decir, la densidad máxima del suelo seco.

- Preparación de la muestra representativa para el tipo de suelo CL, se tamizo la muestra a través de la malla N°4.
- Preparar las muestras para 3 puntos como mínimo con el contenido de agua cerca a la humedad optima.
- Tener aproximadamente una cantidad de 3.5 kg de muestra para realizar la compactación por el método A.
- Registrar y anotar el peso del molde y el plato base, asegurar el molde y el collar para realizar el ensayo.
- Compactar la muestra con el pistón un total 25 golpes para el molde de 4" para cada 5 capas.
- Una vez que se haya compactado la última capa, retire el collar y el plato base del molde.
- Con cuidado, nivelar el espécimen compactado utilizando un ranurador a lo largo de la parte superior e inferior del molde para retirar el material excedente del suelo compactado y así crear superficies planas en ambos extremos del molde
- Identifique y anote el peso del espécimen y del molde con una balanza de precisión de aproximadamente un gramo. Si el plato base permanece unido al molde, registre también la masa del espécimen, el molde y el plato base con aproximación al gramo.
- Retirar una muestra representativa del ensayo ejecutado para realizar y calcular la humedad del espécimen en un horno de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

c) Cálculos.

- **Peso unitario húmedo.**

$$\rho m = \frac{100 * (Mt - Mmd)}{V} \quad (1)$$

Donde:

ρm = Densidad húmeda del suelo compactado en (kg/m³).

Mt= Peso del suelo húmedo y del molde (kg)

Mmd= Peso del molde de compactación(kg).

V= Volumen del molde (m³).

- **Peso unitario seco.**

$$\rho d = \frac{\rho m}{1 + \frac{w}{100}} \quad (2)$$

Donde:

ρd =Densidad seca del suelo compactado.

W=Contenido de agua (%).

- **Densidad mínima**

La densidad se determinó por peso unitario suelto del suelo.

Calculo.

$$\rho min = \frac{Wsuelto}{V} \quad (3)$$

Donde:

ρmin = Densidad mínima del suelo (gr/cm³)

V= Volumen del molde (kg).

Wsuelto= Peso de la muestra del suelo (kg).

- **Densidad Relativa**

La densidad relativa en la ingeniería geotécnica se utiliza para evaluar la compactación y la calidad del suelo, esto directamente se relaciona con la capacidad portante del suelo, es decir buscar la relación entre la densidad natural del suelo y su densidad máxima.

Tabla 13 — Clasificación del estado del suelo de acuerdo a su densidad relativa según Terzagui

ESTADO DEL SUELO	DENSIDAD RELATIVA (DR%)
Muy suelto	0-15
Suelto	15-35
Medio	35-65
Denso	65-85
Muy denso	85-100

FUENTE: (DUJISIN QUIROZ, 1974)

d) Cálculo.

$$DR = \frac{\rho_{max} * (\rho_d - \rho_{min})}{\rho_d * (\rho_{max} - \rho_{min})} * 100(\%) \quad (4)$$

Donde:

ρ_{max} = Densidad máxima seco del suelo (gr/cm³).

ρ_{min} = Densidad mínima seco del suelo (gr/cm³).

ρ_d = Densidad natural seco (gr/cm³)

DR= Densidad Relativa (%).

e) Resultados.

El ensayo de proctor estándar se realizó para calcular la densidad máxima utilizando una muestra representativa de todas las calicatas al ser el mismo tipo de suelo.

4.5.4 Fase 4: Determinación de la capacidad carga en las cimentaciones superficiales

“Las cimentaciones superficiales se caracterizan cuando su profundidad de desplante D_f es menor o igual que el ancho de la misma, son aquellas cuya

profundidad de desplante sea menor o igual a tres o cuatro veces el ancho de la cimentación” (NIJ PATZAN, 2009, pág. 33).

El cálculo de la capacidad de carga de los suelos estudiados en el sector Villa Unión del centro poblado de Molinopata se realizaron por dos ecuaciones siendo las siguientes:

4.5.4.1 Determinación del tipo de falla bajo la cimentación

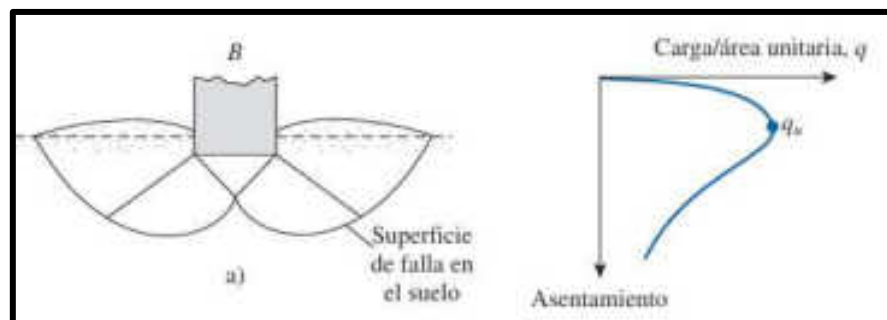
Las fallas relacionadas con la capacidad de carga ocurren cuando el suelo se rompe debido a fuerzas de corte bajo la cimentación.

“Por experiencias y observaciones relativas al comportamiento de las cimentaciones se ha visto que la falla por capacidad de carga de las mismas ocurre como producto de una rotura por corte del suelo de desplante de la cimentación” (CRESPO VILLALAZ, 2004, pág. 290)

Siendo los tipos de fallas bajo la cimentación:

a) Falla por corte general.

“Se presenta en arenas densas y arcillas rígidas. Su principal característica es una superficie de falla continua que comienza en el borde de la cimentación y llega a la superficie del terreno, es una falla frágil y súbita, llegando al punto de ser catastrófica” (NIJ PATZAN, 2009, pág. 30).



FUENTE: (DAS, 2011)

Figura 19 — Falla por corte general

b) Falla por corte de Punzonamiento.

“La zona de falla no se extiende, es decir la cimentación genera la compresión inmediata del suelo en un movimiento vertical, el suelo

presenta falla por corte alrededor de la cimentación y los movimientos del suelo no son muy visibles donde el equilibrio vertical y horizontal se mantiene” (NIJ PATZAN, 2009 pág. 30)

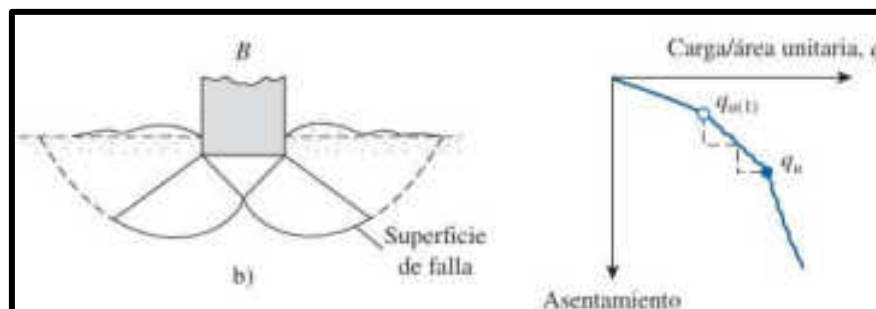


FUENTE: (DAS, 2011)

Figura 20 — Falla por corte de punzonamiento

c) Falla por corte local.

“En este caso, la cimentación se encuentra sobre suelo arenoso o arcilloso con compactación media, al aumentar la carga, también ocurre un incremento en el asentamiento, pero la superficie de falla se extiende de forma gradual hasta la superficie o 37 en algunos casos cuando el desplazamiento vertical es grande termina dentro de la propia masa de suelo y no en el terreno” (NIJ PATZAN, 2009 pág. 31).



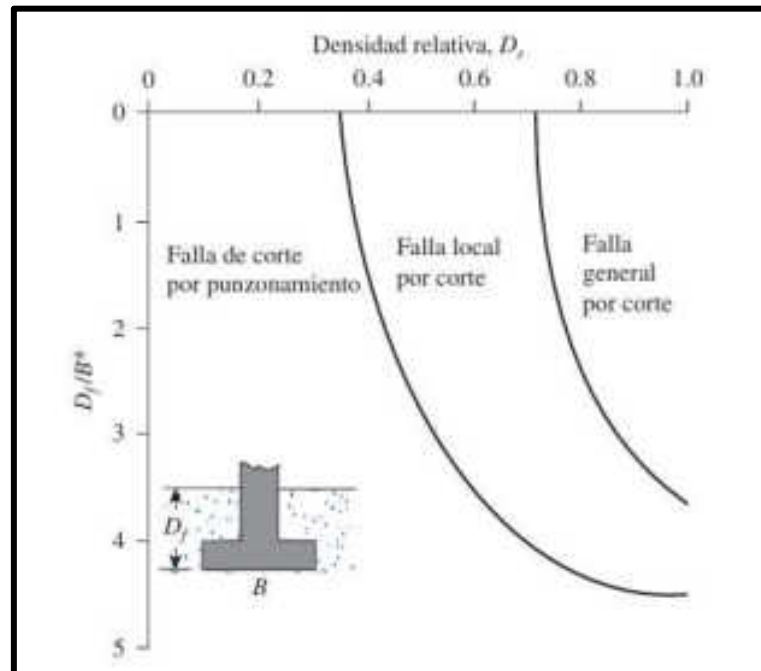
FUENTE: (DAS, 2011)

Figura 21 — Falla por corte local

Con base en resultados experimentales, (VESIC, 1973) propuso una relación para el modo de falla por capacidad de carga de cimentaciones.

Considerando la densidad relativa de la arena y las dimensiones de la base de la estructura, junto con la profundidad del desplante podremos

determinar el tipo de falla que producirá la cimentación del suelo en estudio. (DAS, 2011, pág. 34)



FUENTE: (DAS, 2011)

Figura 22 — Modos de falla bajo una cimentación

4.5.4.2 Capacidad de carga según la Norma E.050 Suelos y Cimentaciones

“La capacidad de carga (q_d) es la presión última o de falla por corte del suelo y se determina utilizando las fórmulas aceptadas por la mecánica de suelos a partir de parámetros determinados mediante los ensayos in situ o los ensayos de laboratorio” (RNE, 2020).

$$q_d = s_c i_c C N_c + i_q \gamma_1 D_f N_q + 0.5 s_\gamma i_\gamma \gamma_2 B N_\gamma \quad (1)$$

- **Factores de carga**

$$N_q = \varepsilon^{(\pi \tan \phi')} \tan^2(45 + \frac{\phi'}{2}) \quad (2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi' \quad (3)$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4 \phi') \quad (4)$$

- **Factores de Forma**

$$s_c = 1 + 0.2 \frac{B}{L} \quad (5)$$

$$s_\gamma = 1 - 0.2 \frac{B}{L} \quad (6)$$

- **Factores de inclinación de la carga**

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{\alpha^\circ}{\phi^\circ}\right)^2 \quad (7)$$

$$i_c = i_q = \left(1 - \frac{\alpha^\circ}{90^\circ}\right)^2 \quad (8)$$

Donde:

C = Cohesión del suelo ubicado bajo la cimentación.

ϕ' = Angulo de fricción del suelo.

B = Ancho del área efectiva.

γ_1 =Densidad del suelo ubicado sobre el nivel de cimentación.

γ_2 = Densidad del suelo ubicado bajo el nivel de cimentación.

α° = Angulo en grados que hace la carga con la vertical.

4.5.4.3 Capacidad de carga por la Ecuación general (Meyerhof)

La ecuación general toma en cuenta para todo tipo de cimentaciones, continuas, cuadradas, circulares, y cimentaciones rectangulares, también considera la resistencia cortante al largo de la superficie en el suelo y la inclinación.

$$q_u = C'N_cF_{cs}F_{cd}F_{ci} + qN_qF_{qs}F_{qd}F_{qi} + 0.5\gamma BN_\gamma F_{\gamma s}F_{\gamma d}F_{\gamma i} \quad (1)$$

- **Factores de capacidad de carga**

$$N_q = \tan^2\left(45 + \frac{\phi'}{2}\right) \varepsilon^{\pi \tan \phi'} \quad (2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi' \quad (3)$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi' \quad (4)$$



- **Factores de forma.**

$$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right)\left(\frac{N_q}{N_c}\right) \quad (5)$$

$$F_{qs} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right)\tan\phi' \quad (6)$$

$$F_{\gamma s} = 1 - 0.4\left(\frac{B}{L}\right) \quad (7)$$

- **Factor de profundidad.**

$$\text{Si } \frac{D_f}{B} \geq 1 \text{ y } \phi = 0 \quad (8)$$

$$F_{cd} = 1 + 0.4\tan^{-1}\left(\frac{D_f}{B}\right) \quad (9)$$

$$F_{qd} = 1 \quad (10)$$

$$F_{\gamma d} = 1 \quad (11)$$

$$\text{Si } \frac{D_f}{B} \geq 1 \text{ y } \phi' > 0 \quad (12)$$

$$F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan\phi'} \quad (13)$$

$$F_{qd} = 1 + 2\tan\phi'(1 - \sin\phi')^2 \tan^{-1}\left(\frac{D_f}{B}\right) \quad (14)$$

$$F_{\gamma d} = 1 \quad (15)$$

- **Factor de profundidad.**

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\alpha^\circ}{\phi^\circ}\right)^2 \quad (16)$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\alpha}{\phi'}\right) \quad (17)$$

Donde:

C' = Cohesión

q = Esfuerzo efectivo al nivel de fondo de la cimentación

γ = Densidad del suelo

B = Ancho de la cimentación.

ϕ' = Ángulo de fricción

4.5.5 Fase 5: Determinación de la capacidad portante admisible

“El concepto de capacidad de carga admisible o de trabajo, es el factor con el que se diseñará la cimentación y será menor que la de falla. Se expresa por una fracción de la capacidad de carga de la falla, obtenida dividiendo ésta entre un número mayor que 1, denominado factor de seguridad (FS), que varía entre 1,5

y 3 dependiendo de análisis de cargas actuantes” (NIJ PATZAN, 2009, pág. 33)

Según la Norma E.050 suelos y cimentaciones nos indica que el factor de seguridad mínimos que se debe emplear para una cimentación es: “Para cargas estáticas: 3.00 y para solicitud máxima de sismo o viento (la que sea más desfavorable): 2.5” (RNE, 2020).

$$Q_{adm} = \frac{q_u}{F.S} \quad (1)$$

Donde:

q_u = Capacidad de carga.

F.S= Factor de seguridad.

Q_{adm} = Capacidad de carga admisible.

4.5.5.1 Determinación del módulo de balasto

El coeficiente de balasto es un parámetro geotécnico utilizado en la ingeniería civil, que define la resistencia del suelo ante cargas aplicadas sobre él ya que puede ser una estructura o cimentación, el módulo de balasto varia depende a la densidad del suelo, el ángulo de fricción y cohesión.

En ingeniería geotécnica y estructura, entender el coeficiente de balasto es crucial para diseñar cimientos, muros de contención, estructuras de retención de tierras y otras aplicaciones donde se requiere evaluar la estabilidad y resistencia del suelo frente a cargas.

De tal forma en la siguiente tabla observaremos la determinación del módulo de balasto en función de la capacidad admisible del suelo, los datos determinados del módulo de balasto serán importante para el dimensionamiento del cimiento superficial en el sector de Villa Unión del centro poblado de Molinopata.



Tabla 14 — Módulo de balasto

$\sigma_{\text{admisible}}$ (kg/cm ²)	Balasto (kg/cm ³)	$\sigma_{\text{admisible}}$ (kg/cm ²)	Balasto (kg/cm ³)
0.25	0.65	2.15	4.30
0.30	0.78	2.20	4.40
0.35	0.91	2.25	4.50
0.40	1.04	2.30	4.60
0.45	1.17	2.35	4.70
0.50	1.30	2.40	4.80
0.55	1.39	2.45	4.90
0.60	1.48	2.50	5.00
0.65	1.57	2.55	5.10
0.70	1.66	2.60	5.20
0.75	1.75	2.65	5.30
0.80	1.84	2.70	5.40
0.85	1.93	2.75	5.50
0.90	2.02	2.80	5.60
0.95	2.11	2.85	5.70
1.00	2.20	2.90	5.80
1.05	2.29	2.95	5.90
1.10	2.38	3.00	6.00
1.15	2.47	3.05	6.10
1.20	2.56	3.10	6.20
1.25	2.65	3.15	6.30
1.30	2.74	3.20	6.40
1.35	2.83	3.25	6.50
1.40	2.92	3.30	6.60
1.45	3.01	3.35	6.70
1.50	3.10	3.40	6.80
1.55	3.19	3.45	6.90
1.60	3.28	3.50	7.00
1.65	3.37	3.55	7.10
1.70	3.46	3.60	7.20
1.75	3.55	3.65	7.30
1.80	3.64	3.70	7.40
1.85	3.73	3.75	7.50
1.90	3.82	3.80	7.60
1.95	3.91	3.85	7.70
2.00	4.00	3.90	7.80
2.05	4.10	3.95	7.90
2.10	4.20	4.00	8.00

FUENTE: (CORTÉS MENA, 2010)

4.5.6 Fase 6: Diseño de la edificación

4.5.6.1 Generalidades del diseño

Para el diseño estructural de la edificación se consideró los criterios de estabilidad, ductilidad y rigidez frente a solicitaciones provenientes de las cargas permanentes, variables y ambientales.

El diseño sísmico se realizó siguiendo los principios fundamentales de la Norma E.030 Diseño Sismorresistente en el cual establece los siguientes principios: “La estructura no debería colapsar, ni causar daños graves a las personas debido a movimientos sísmicos severos que puedan ocurrir en el sitio” y “La estructura debería soportar movimientos sísmicos moderados, que puedan ocurrir en el sitio durante su vida de servicio, experimentando daños dentro de límites aceptables” (Norma E.030, 2018).

Las figuras 21 y 22 muestran los planos en planta de la edificación, los cuales se utilizaron para la modelación de la estructura en el software ETABS 21.1.0, procedimiento que es descrito en las secciones siguientes.

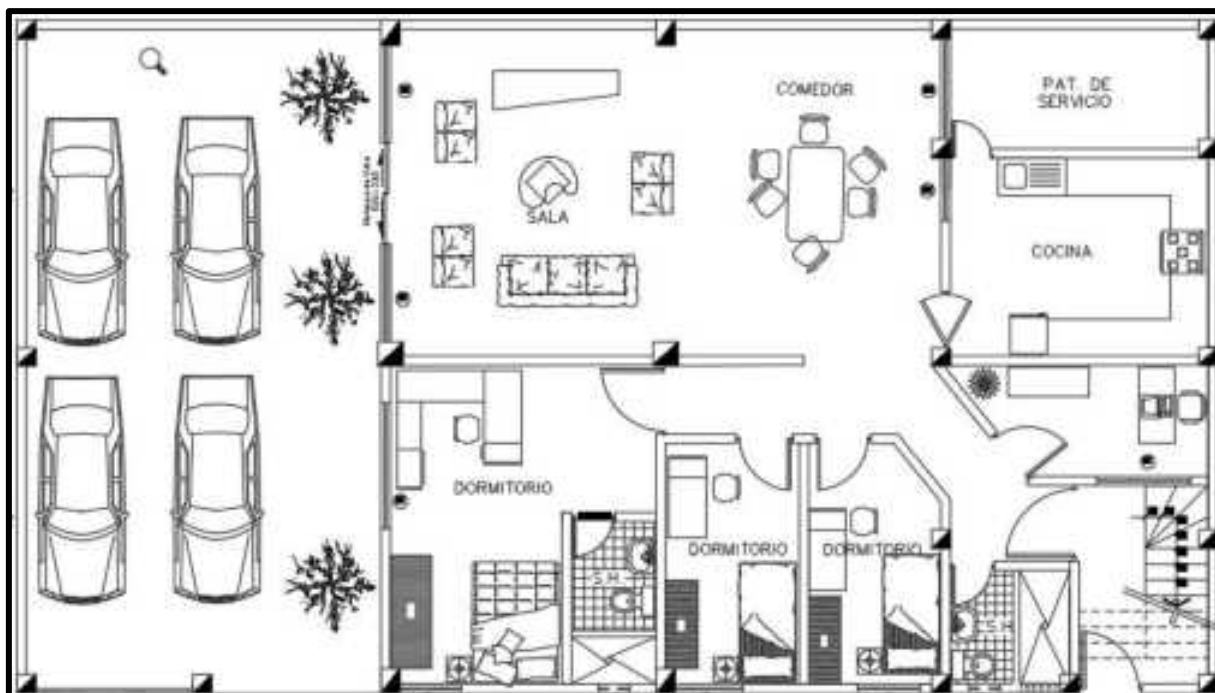


Figura 23 — Planta del primer nivel de la edificación en proyección

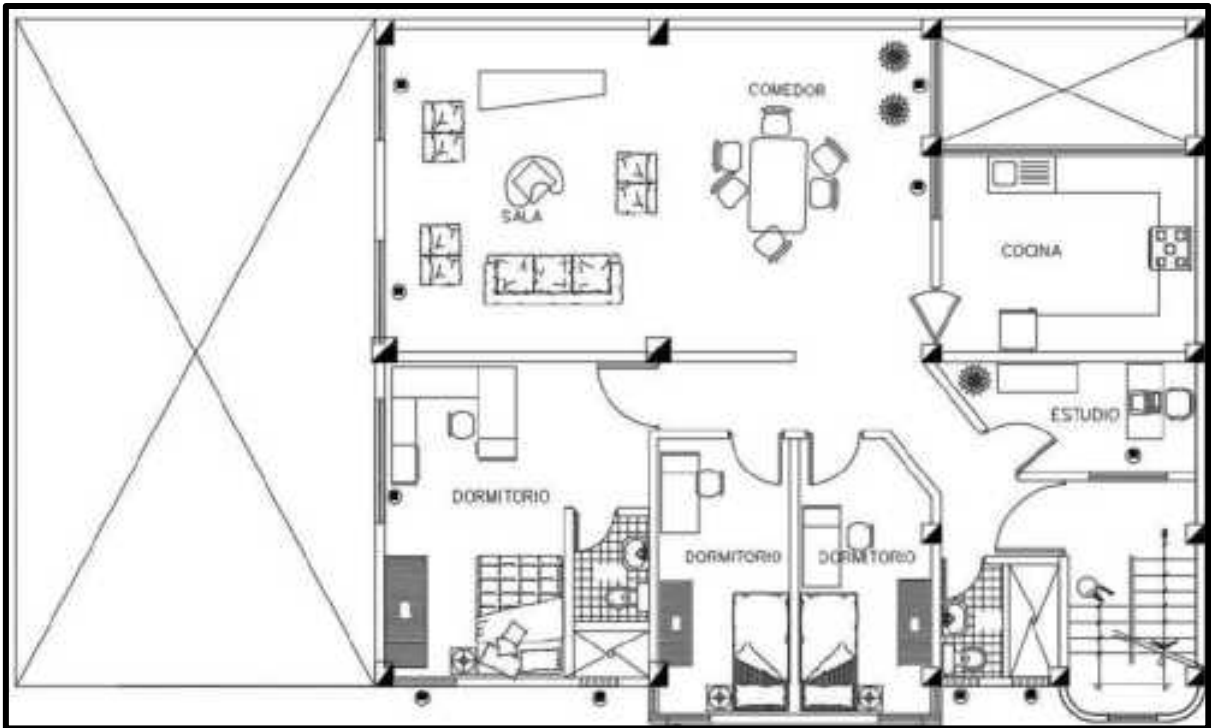


Figura 24 — Planta típica del 2do al 4to nivel de la edificación en proyección

4.5.6.2 Propiedades de los materiales

Para diseñar y analizar la estructura se utilizaron materiales como acero de refuerzo y concreto.

- ✓ Concreto $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$
- ✓ Resistencia a la compresión: $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$
- ✓ Peso específico: $\gamma_c = 2400 \text{ kg/m}^3$
- ✓ Módulo de Poisson: $\nu = 0.20$
- ✓ Módulo de elasticidad: $Ec = 15000 * \sqrt{f'c} = 217370,651 \text{ kgf/cm}^2$
- ✓ Acero de refuerzo:
- ✓ Acero de refuerzo corrugado de Grado 60
- ✓ Resistencia de fluencia: $f'y = 4200 \text{ kgf/cm}^2$
- ✓ Peso específico: $\gamma_s = 7,85 \text{ tonf/m}^3$
- ✓ Módulo de elasticidad: $Es = 2000000 \text{ kgf/cm}^2$

4.5.6.3 Estructuración y predimensionamiento

a) Predimensionamiento de vigas

Según el libro Estructuración y diseño de Edificaciones del Ingeniero Blanco, para calcular el peralte (h) en vigas, el rango a considerar de peralte que debe tener generalmente una viga está entre $1/10$ a $1/14$ veces la luz libre de viga para un ancho de orden 0.5 de la altura de la viga.

Utilizando como referencia la luz libre de mayor dimensión de la estructura igual a 4.92 m (ver Figura 23).



Figura 25 — Luz más crítica entre columnas eje “4” entre ejes “C” y “D”

Peralte de la viga:

$$h = \frac{L}{12} = \frac{4.92}{12} = 0.41 \text{ m}$$

Para un peralte de $h = 41 \text{ cm}$

$$b = \frac{h}{2} = \frac{41}{2} = 20.5 \text{ cm}$$

Considerando el ancho mínimo de 25 cm según La Norma Peruana de Concreto Armado para edificaciones de concreto armado, se asumió un ancho de 25 cm y peralte de 45 cm.

Secciones de viga principal: $b \times h = 25 \times 45 \text{ cm}^2$

Utilizaremos el mismo criterio para calcular el resto de secciones de viga:

Secciones de vigas secundarias: $b \times h = 30 \times 30 \text{ cm}^2$

Secciones de viga solera: $b \times h = 20 \times 20 \text{ cm}^2$

Secciones de vigas de amarre: $b \times h = 20 \times 20 \text{ cm}^2$

b) Predimensionamiento de columnas

Se utilizó como referencia la columna que soporta más carga de la estructura (mayor área tributaria) entre ejes “2” y “B” (ver Figura 24).

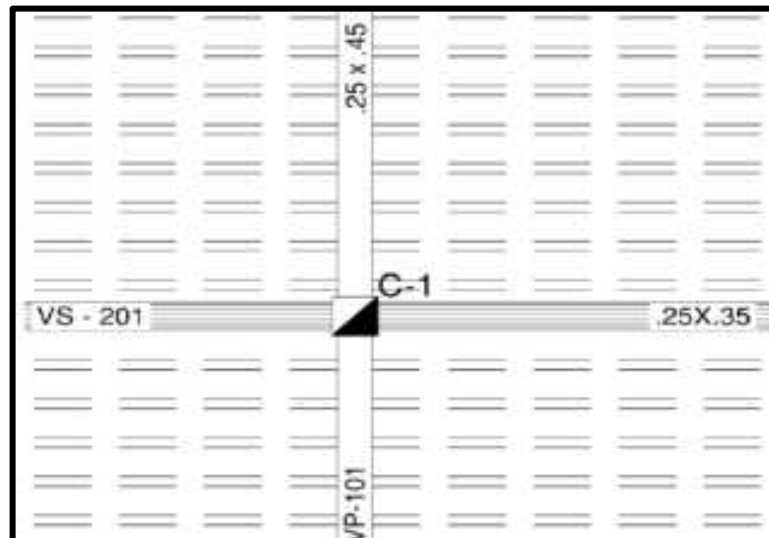


Figura 26 — Área tributaria ocupada por la columna más crítica

Peso por nivel estimado = 1000 kg/m^2

Numero de niveles = 4 (incluida azotea)

Área tributaria (A_t) = 23 m^2

Concreto (f'_c) = 210 kg/cm^2

Ubicación: columna centrada

$$A_c = \frac{P_s \times n \times A_t}{0.45 f'_c} = \frac{1000 \times 4 \times 23}{0.45 \times 210} = 973.54497 \text{ cm}^2$$

$$L = \sqrt{A_c} = 31.2016 \text{ cm}$$

Para este diseño en particular se vio por conveniente utilizar columnas cuadradas de 40x40 cm² y 30 cm² de lado y rectangulares de 30x40 cm²

c) Predimensionamiento de losas

Utilizando la luz más crítica entre columnas

$$h = \frac{L}{25} = \frac{4.10}{25} = 0.164 \text{ m} \cong 0.20 \text{ m}$$

Se utilizó para nuestro modelo matemático losas aligeradas en una dirección de 20 cm, de acuerdo también a lo especificado en el libro de Estructuración y Diseño de Edificaciones del Ing. Antonio Blanco donde establece una h=20 cm para luces comprendidas entre 4 y 5.5 m.

d) Predimensionamiento de altura de zapata

Siendo la altura mínima de 37.5 cm considerando recubrimiento según la norma E.030 de Concreto Armado. Se asumió un peralte de zapata de 50 cm, para luego su posterior verificación en el programa SAFE 21.

4.5.6.4 Sistema estructural y datos del modelo

Los techos de la edificación están formados por losas aligeradas que soportan cargas verticales y las transmiten a vigas y columnas, que además cumplen la función de formar un Diafragma Rígido integrado a los elementos verticales y compatibilizando sus desplazamientos horizontales.

El sistema Estructural predominante es el sistema de pórticos de concreto armado, siendo la norma principal que rige su diseño la E.060 de Concreto Armado.



De acuerdo al pre - dimensionamiento de las columnas éstas resultan de $30 \times 30 \text{ cm}^2$, $30 \times 40 \text{ cm}^2$ y $40 \times 40 \text{ cm}^2$; de acuerdo a la configuración arquitectónica y de esta forma asegurar un buen comportamiento estructural.

Además, se cuenta con vigas peraltadas de VP-25x45 cm^2 , vigas secundarias de VS-25x35 cm^2 y VS-25x30 cm^2 , vigas de amarre de $20 \times 20 \text{ cm}^2$ y placas de $1 \times 0.15 \text{ m}^2$.

La configuración estructural se realizó tomando en cuenta los siguientes objetivos:

- Contar con una Planta Simple
- Tener simetría en la distribución de masas
- Obtener regularidad en planta y elevación sin cambios significativos de rigidez, masa o discontinuidades en la distribución de las fuerzas verticales y horizontales a través de los elementos estructurales de la edificación.
- Obtener una rigidez similar en las dos direcciones de la edificación.
- Cercos y tabiques aislados de la estructura principal donde se indica.

Con estos objetivos en cuenta se diseñó la estructuración mostrada a continuación en la Figura 25:

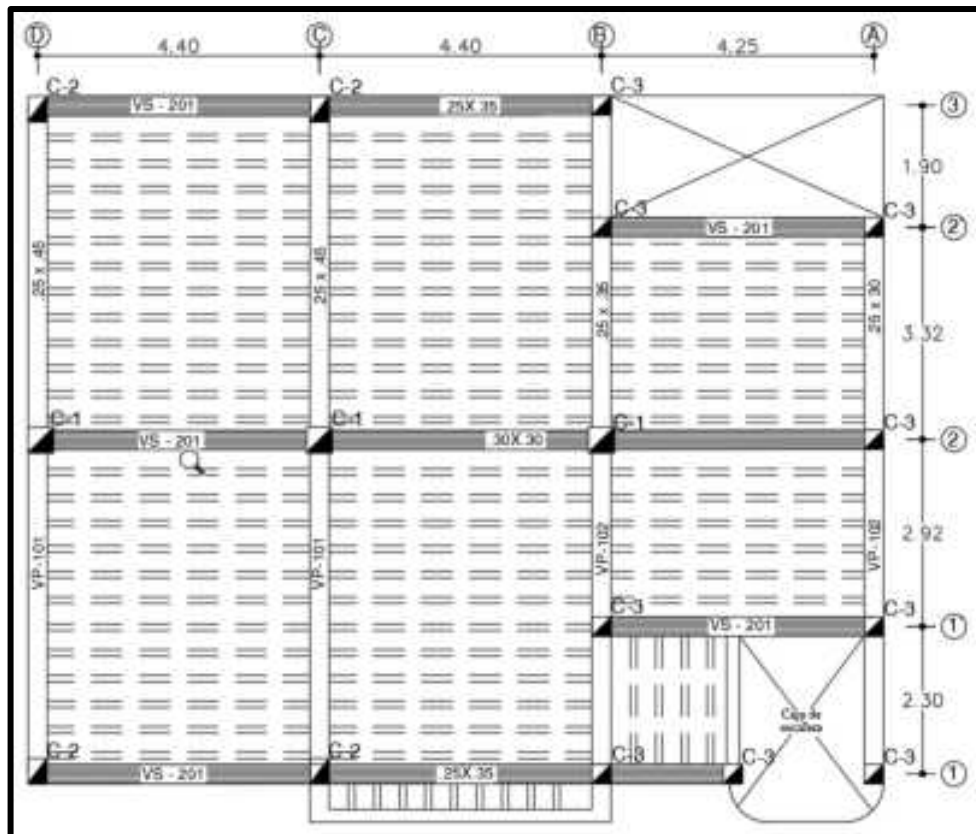


Figura 27 — Diseño de la estructura típica del modelo en planta

Contrastando el diseño con la Norma E.030-2018, se evaluó las irregularidades que

este presenta llegando a las siguientes conclusiones:

- Irregularidad de Masa. No presenta
- Irregularidad Geométrica Vertical. No presenta
- Irregularidad de rigidez-Piso Blando. No presenta
- Irregularidad Torsional. No presenta
- Discontinuidad en el sistema resistente. No presenta
- Discontinuidad en el diafragma. No presenta
- Esquinas entrantes. Si presenta, solo en el eje “x”

De las irregularidades mostradas, se obtuvieron los siguientes factores de irregularidad mostrados en la tabla 13.

Tabla 15 — Factores de irregularidad según Norma E.030

DIRECCIÓN X		DIRECCIÓN Y	
Ia	Ip	Ia	Ip
1.00	0.90	1.00	1

De estos factores de irregularidad se concluye que:

- La estructura se clasifica como: **REGULAR EN EL EJE Y**
- La estructura se clasifica como: **IRREGULAR EN EL EJE X**

4.5.6.5 Cargas estructurales

- **Cargas vivas y muertas**

Tabla 16 — Pesos volumétricos de los materiales.

Material	Peso unitario
Unidades de albañilería huecas	1.4 ton/m ³
Concreto armado	2.3 ton/m ³

FUENTE: (RNE E.020, 2020)

- **Carga muerta en losas por metro cuadrado**

Tabla 17 — Carga muerta en losas por metro cuadrado.

Material	Peso x m ²
Piso terminado (Acabados)	100 kg/m ²
Ladrillo de techo (losa aligerada)	70.2 kg/m ²
Tabiquería	150 kg/m ²

FUENTE: (RNE E.020, 2020)

La (NORMA E.020, 2020) con respecto a la carga viva indica que esta carga para edificios destinados a vivienda será 200 kg/m² para cualquier uso de vivienda como también para corredores y escaleras, esto varía en la azotea, la carga viva como indica la norma es 100 kg/m².

4.5.6.6 Modelamiento y diseño estructural en el software ETABS v21

El modelo empleado para columnas, placas y vigas consistió en barras de eje recto que incluyen deformaciones por flexión, carga axial, fuerza cortante y torsión.

Este diseño, considera el efecto tridimensional del aporte de rigidez de cada elemento estructural.

4.5.6.7 Masas para el análisis dinámico modal y sísmico

Las masas provenientes de las losas, pisos y de la carga viva se concentran a nivel del centro de masas de cada losa; y las masas provenientes de las vigas y columnas se asumen distribuidas en toda su longitud. Consecuentemente el programa lleva la masa de los elementos estructurales hacia los nudos extremos.

En el cálculo la masa de la estructura se consideró el 100% de la carga muerta más el 25% de la carga viva según el capítulo 4.3 de la norma NTP-E030-2018.

4.5.6.8 Análisis sísmico

Se realizó el análisis sísmico lineal estático y análisis sísmico lineal dinámico, siguiendo los requerimientos de la norma E. 030 Diseño Sismorresistente para el cálculo de las cargas sísmicas que afectan a la cimentación.

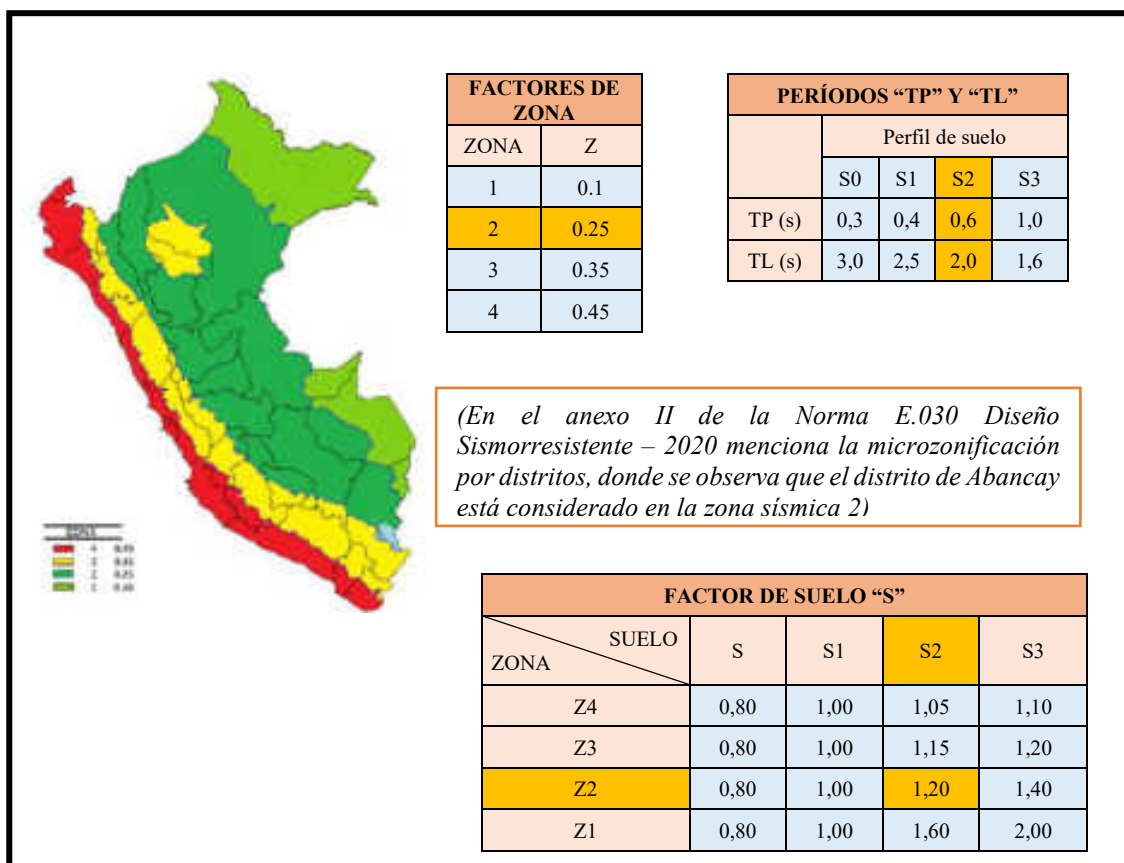
Los parámetros empleados para el cálculo del Espectro de respuesta se muestran a continuación en la Tabla 18.

Tabla 18 — Parámetros para el cálculo del espectro de respuesta.

Parámetros para análisis modal-espectral		
Factor de zona	Z=0.25 (Zona 2)	
Factor de Uso	U=1.00 (Categoría C)	
Factor de Suelo	S=1.20 (Según E.M.S S2)	
Periodo que define la plataforma del Espectro	TP=0.6	
	TL=2.0	
Factor de Básico de Reducción de Fuerza Sísmica	Rox=8	
	Roy=8	
Factor de Reducción de Fuerza Sísmica	Iax=1, Ipx=0.9	R=Ia*Ip*Ro=8*1*0.9=7.23
	Iay=1, Ipy=1	R=Ia*Ip*Ro=8*1*1=7

4.5.6.9 Elaboración de Espectro de pseudo-aceleraciones según Norma E.030-2018

Para realizar el cálculo del espectro de pseudo-aceleraciones se utilizó los parámetros mostrados en la siguiente figura indicados por la Norma E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE según las condiciones locales en la cual se está analizando (ver Figura 28).



FUENTE: (NORMA TÉCNICA E.030. DISEÑO SISMORRESISTENTE)

Figura 28 — parámetros del diseño sismorresistente según la norma E.030

Siguiendo con el modelamiento y análisis de la estructura, una vez ya obtenido nuestro Coeficiente de reducción sísmica pasamos a definir nuestros espectros de aceleraciones los cuales se pueden definir en el mismo software de Etabs.

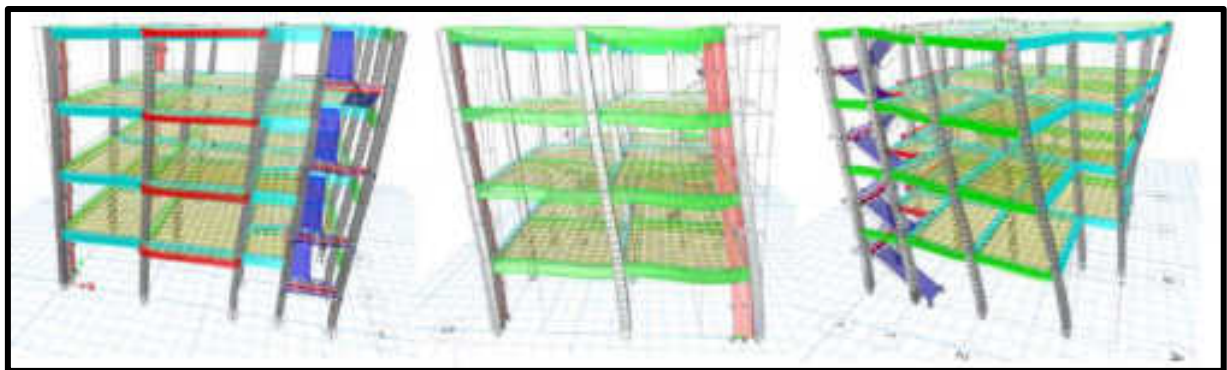
4.5.6.10 Análisis sísmico lineal estático

Para el cálculo del cortante estático, se utilizó los siguientes parámetros de la norma E.030-2018: Factor zona (Z), suelo (S), uso (U), factor de amplificación sísmica (C), factores T_p y T_l y el coeficiente de reducción sísmica (R), que varían de acuerdo al tipo de estructura y la zonificación de la misma.

$$V = \frac{ZUCS}{R} \times \text{Peso}$$

Para el cálculo del peso sísmico, en el programa ETABS v.21 se creó una combinación de carga donde se consideró el peso total de las cargas muertas más el 25 % de la sobrecarga.

Para obtener el coeficiente sísmico ($ZUCS/R$), se calculó en el programa ETABS, los periodos de vibración en ambas direcciones de análisis, teniendo en consideración la restricción de la norma E.030-2018, donde indica que si el periodo (T) es menor que el periodo T_p , el coeficiente de amplificación C será igual a 2.5.



$T_x=0.466s$

$T_y=0.454s$

$T_{Rz}=0.7535s$

Figura 29 — Modos de vibraciones de la edificación

Z=	0.25	$T < T_p \rightarrow C = 2.5$ $T_x = 0.461 < T_p = 0.6 \rightarrow C = 2.5$ $T_y = 0.49 < T_p = 0.6 \rightarrow C = 2.5$		$C_x/R_x > 0.11 \dots Ok$ $2.5/6.3 = 0.40 > 0.11 \dots Ok$ $2.5/7 = 0.36 > 0.11 \dots Ok$	
U=	1				
S=	1.2				
T _p =	0.6				
T _L =	2				
R _x =	6.3				
R _y =	7				
		T _x =	0.461	C _x =	2.5
		T _y =	0.49	C _y =	2.5
	COEF. SÍSMICO (C)		PESO EDIFIC. (P)		CORTANTE ESTÁTICA(CxP)
	Eje X	ZUC _x S/R _x	0.119	433.58528	51.59664832
	Eje Y	ZUC _y S/R _y	0.107	433.58528	46.393625

Figura 30 — Calculo de factores de escala en dirección X e Y

Tabla 19 — Factor de masa participativa de la edificación

TABLE: Modal Participating Mass Ratios														
Case	Mode	Period (Sec)	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	RX	RY	RZ	Sum RX	Sum RY	Sum RZ
Modal	1	0.466	0.6293	0.1755	0	0.6293	0.1755	0	0.0448	0.1618	0.0114	0.448	0.1618	0.0114
Modal	2	0.454	0.1494	0.6153	0	0.7787	0.7908	0	0.1707	0.0387	0.0428	0.2155	0.2004	0.0541
Modal	3	0.35	0.046	0.0227	0	0.8247	0.8135	0	0.0011	0.0037	0.7535	0.2166	0.2041	0.8076
Modal	4	0.142	0.0827	0.0376	0	0.9075	0.8511	0	0.1753	0.4388	0.0017	0.3919	0.6429	0.8093
Modal	5	0.137	0.0367	0.0894	0	0.9441	0.9405	0	0.4395	0.1935	0.0001	0.8314	0.8364	0.8094
Modal	6	0.109	0.0002	0.0006	0	0.9443	0.9411	0	0.0007	0.0042	0.1302	0.8321	0.8406	0.9395
Modal	7	0.078	0.0134	0.0202	0	0.9577	0.9612	0	0.0512	0.0351	0.0006	0.8833	0.8757	0.9402
Modal	8	0.075	0.0271	0.0193	0	0.9848	0.9805	0	0.0493	0.068	0.0009	0.9326	0.9437	0.9411
Modal	9	0.059	0.0021	0.0027	0	0.9869	0.9832	0	0.0129	0.0101	0.0057	0.9455	0.9538	0.9468
Modal	10	0.054	0.0023	0.0092	0	0.9892	0.9924	0	0.0265	0.0061	0.0387	0.972	0.9599	0.9855
Modal	11	0.052	0.0021	0.0004	0	0.9913	0.9928	0	0.0018	0.0076	0.0012	0.9738	0.9675	0.9867
Modal	12	0.051	0.0075	0.0044	0	0.9988	0.9972	0	0.0165	0.0286	0.0004	0.9903	0.9961	0.9871

4.5.6.11 Análisis Sísmico-Dinámico

Con los datos anteriores se realizó el análisis dinámico en el programa ETABS v.21 para obtener la fuerza cortante en la base.

Tabla 20 — Calculo de fuerzas cortantes en X e Y

TABLE: Story Forces									
Story	Output Case	Step Type	Location	P tonf	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	MX tonf-m	MY tonf-m
Story1	SD(X)	Max	Bottom	0	40.4781	6.177	288.0045	48.8057	327.2826
Story1	SD(Y)	Max	Bottom	0	5.5593	36.8403	237.5189	299.2504	44.0722

Después de realizar el análisis, se observó que el porcentaje de fuerza cortante en la base que absorben los muros de concreto armado asignados al modelo matemático superan el 20 % de la cortante en la base en ambas direcciones, con lo cual se verifica el coeficiente básico de reducciones sísmicas R_o igual a 7, fue correcto.

4.5.6.12 Fuerza cortante mínima

La Norma E.030 Diseño Sismorresistente indica también que para cada eje analizado la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio calculado con el sismo dinámico no puede ser menor que el 80% del valor calculado con el sismo estático para estructuras regulares, ni menor que el 90% para estructuras irregulares.

De ser necesario incrementar el cortante para cumplir los mínimos señalados, se deberán escalar proporcionalmente todos los otros resultados obtenidos con los factores mostrados en la siguiente tabla, excepto los desplazamientos.

Tabla 21 — Cortantes según tipo de análisis y factores de escala

Cortante Mínima / Escalar sismo							
Dirección	Cortante	V (Tonf)	Vd / Ve	Regularidad	VERIFICACIÓN		
					Factor De Escalamiento	Vd (Tonf)	
X(I)	Estática	51.5966483	78.45%	Irregular	1.147212529	46.4369835	CUMPLE
	Dinámica	40.4781					
Y(R)	Estática	46.393625	79.41%	Regular	1.007453793	37.1149	CUMPLE
	Dinámica	36.8403					

Este factor de escala sísmica, se ingresó al programa ETABS, mediante la creación de una combinación de carga, que multiplico el sismo dinámico con el factor de escalamiento, siendo esta combinación el sismo de diseño que emplearemos para el diseño de los elementos de concreto armado.

4.5.6.13 Combinaciones y Resultados del análisis estructural

Se consideran las combinaciones de carga de diseño por resistencia detallada en la norma E.060 Concreto Armado (2020):

C1: $1.4CM+1.7CV$

C2: $1.25 (CM+CV)+/-SISXX$

C3: $1.25 (CM+CV)+/-SISYY$

C4: $0.90 CM+/-SISXX$

C5: $0.90 CM+/-SISYY$

Donde:

CM: carga muerta CV: carga viva SIS: sismo de diseño.

Se consideran las combinaciones de carga de diseño por servicio detallada en la norma E.060 Concreto Armado.

C1: $CV+CM+/- 0.8SISXX$

C2: $CV+CM+/- 0.8SISYY$

C3: $CM+CV$

4.5.7 Fase 7: Diseño de cimentación

La cimentación de un edificio es un elemento estructural que transmite las cargas provenientes de columnas y placas hacia terreno del edificio. El diseño de estos elementos debe garantizar que la presión que generan las cargas del edificio no supere la capacidad admisible del suelo.

Según el estudio geotécnico; la presión admisible es de 1.56 kg/cm^2 según el ensayo triaxial y 1.30 kg/cm^2 según el ensayo de corte directo; la profundidad de cimentación será de 1.50 m. La edificación presentará zapatas conectadas y combinadas.

Las dimensiones se estimaron evaluando las cargas de cada punto y se aumentaron según requería el análisis. En casos donde las zapatas modeladas se encontraban a una distancia menor a 1 metro de la zapata adyacente, se unió a una zapata combinada.

Se realizó el modelamiento y diseño para $Q_{adm}=1.30 \text{ kg/cm}^2$ del ensayo de corte directo.

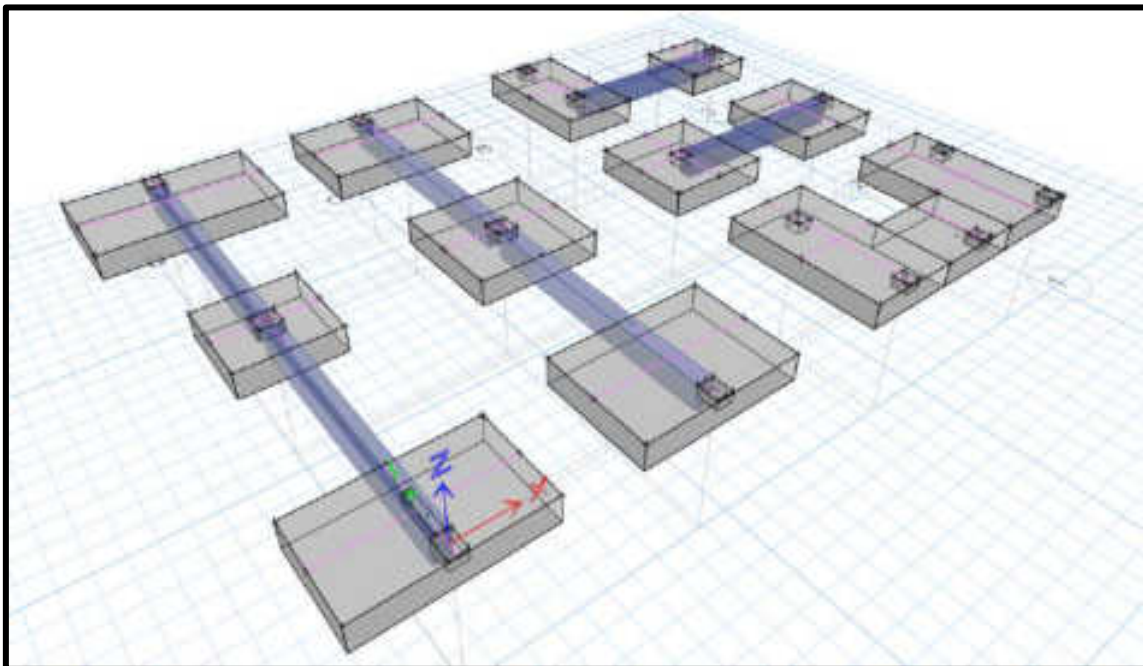


Figura 31 — Vista 3D de la cimentación $Q_{adm}=1.30 \text{ kg/cm}^2$ del ensayo de corte directo

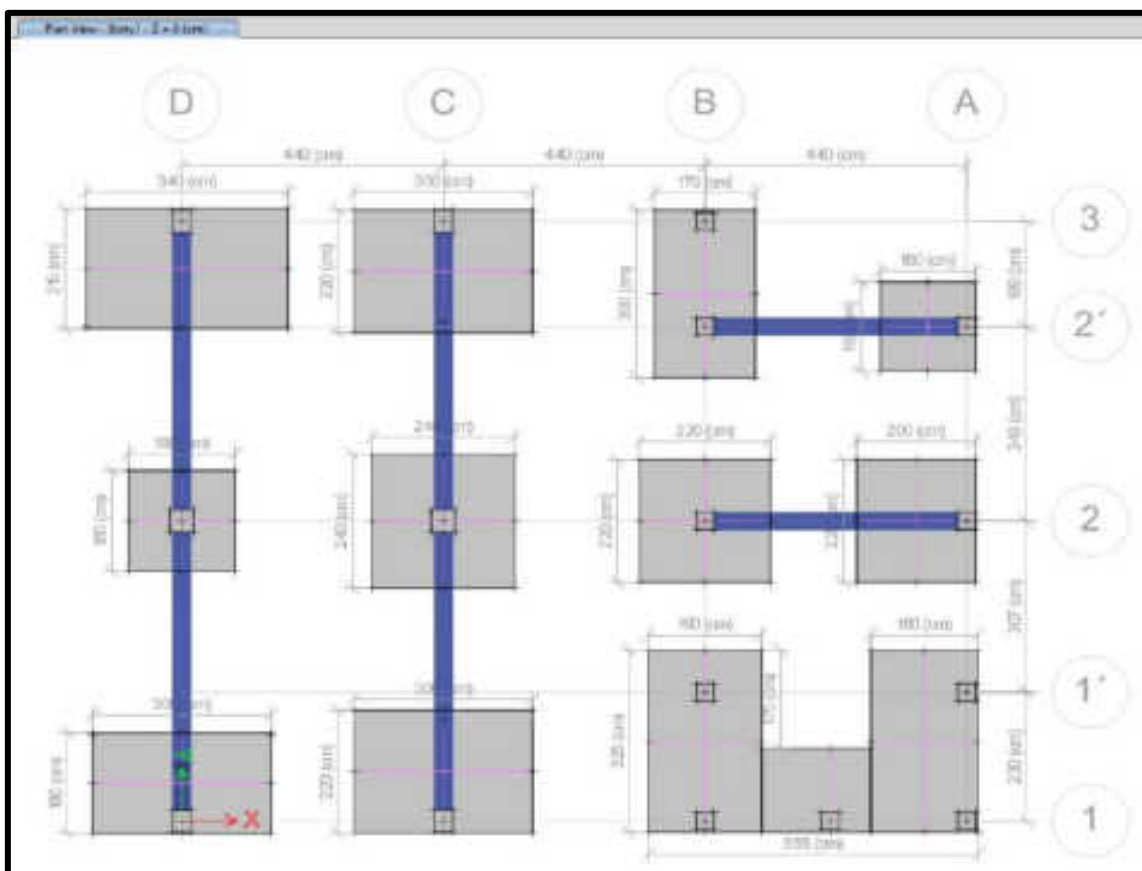


Figura 32 — Vista en planta de la cimentación $Q_{adm}=1.30 \text{ kg/cm}^2$ del ensayo de corte directo

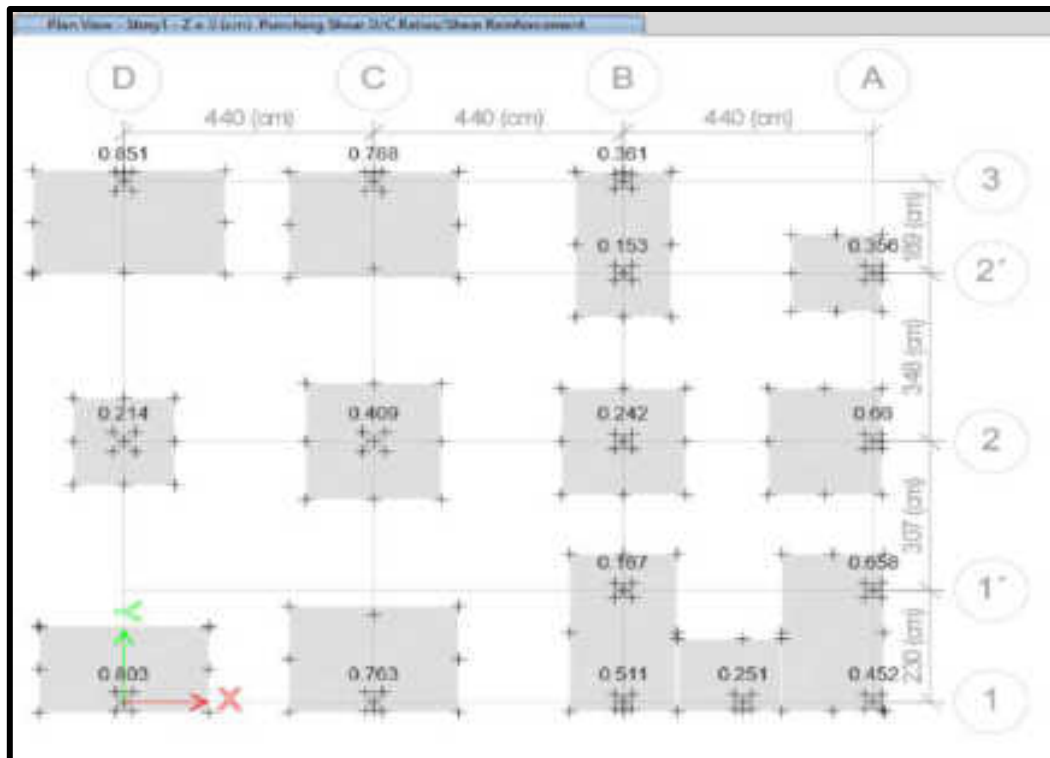


Figura 33 — Verificación por punzonamiento <1 und. $Q_{adm}=1.30 \text{ kg/cm}^2$ del ensayo de corte directo

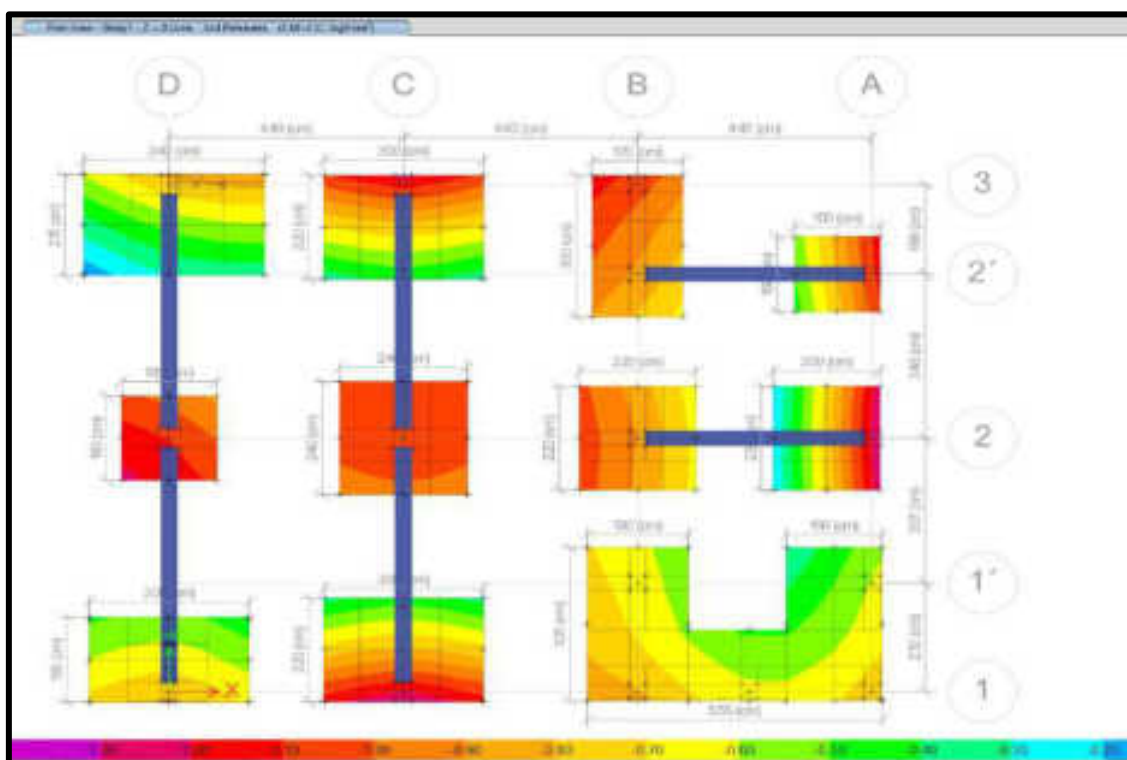


Figura 34 — Verificación de presiones del suelo (carga viva + carga muerta) menores al $Q_{adm}=1.30 \text{ kg/cm}^2$ del ensayo de corte directo

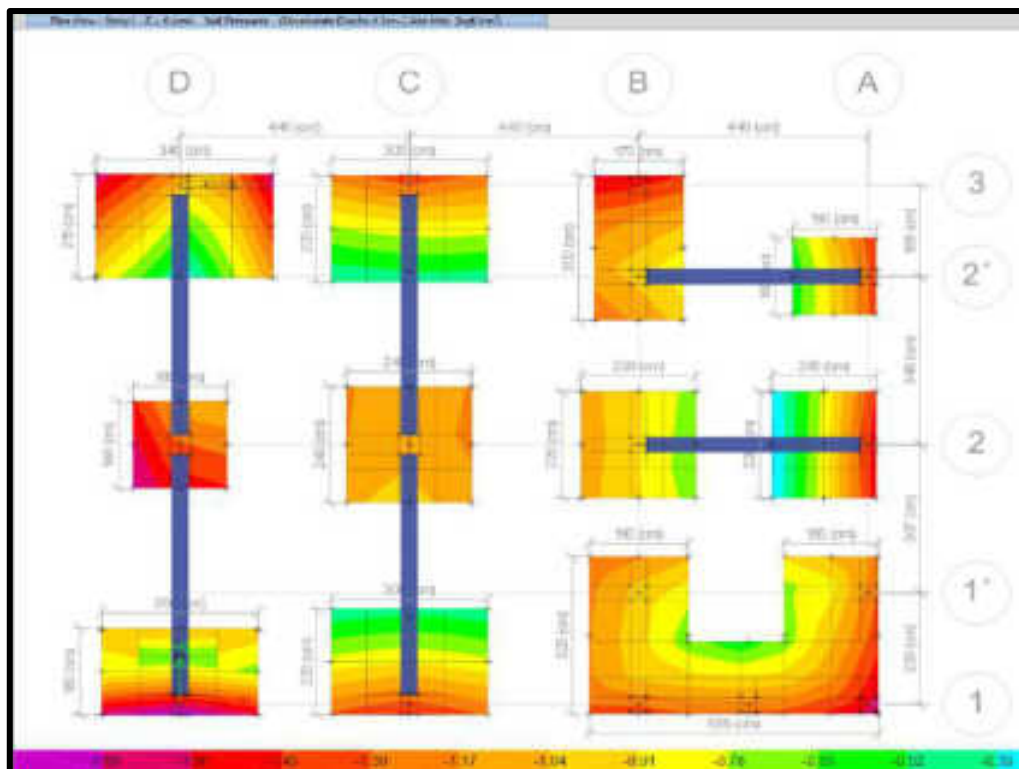


Figura 35 — Verificación de presiones del suelo (envolvente considerando cargas sísmicas, menores a $1.3 \times Q_{adm} = 1.30 \times 1.3 = 1.69 \text{ kg/cm}^2$ del ensayo de corte directo)

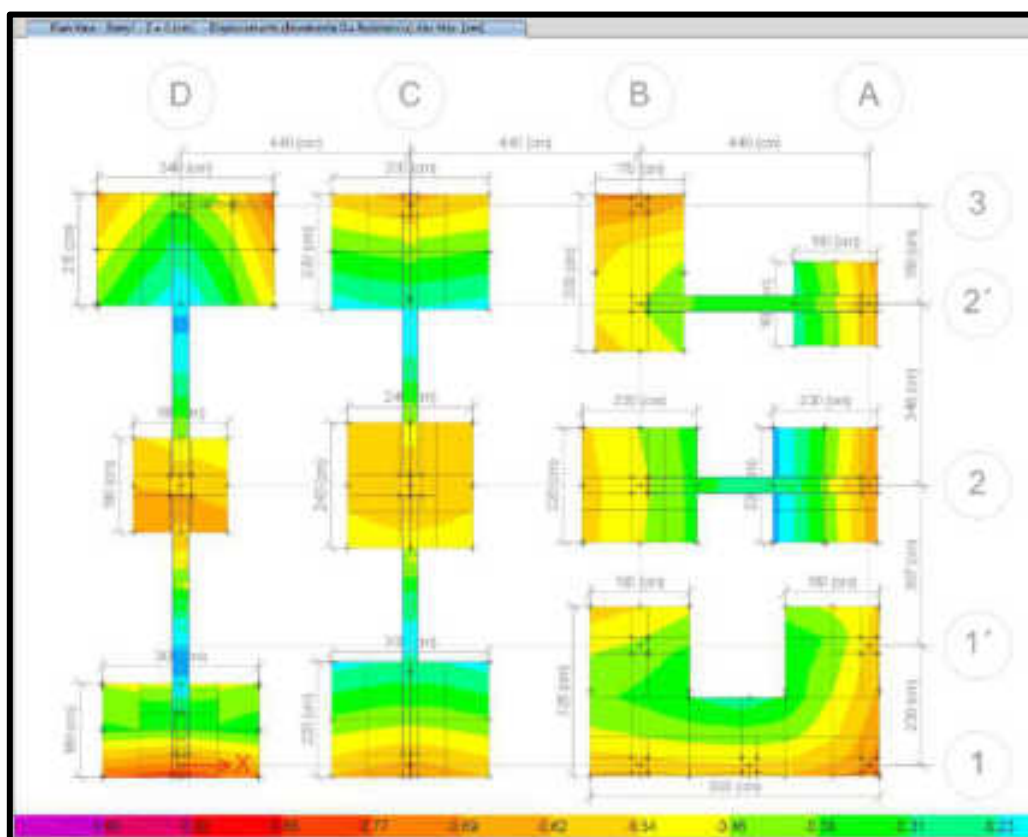


Figura 36 — Verificación de asentamiento permisible menores a 1cm ($Q_{adm} = 1.30 \text{ kg/cm}^2$)

Para el diseño por flexión, el software SAFE 2021 v21 mediante el análisis por franjas obtiene el área de acero total en la zapata (ver Figura 37 y Figura 44), así como el número de varillas especificando el diámetro respectivo, para nuestro caso asumieron como diámetro de nuestras varillas 5/8”.

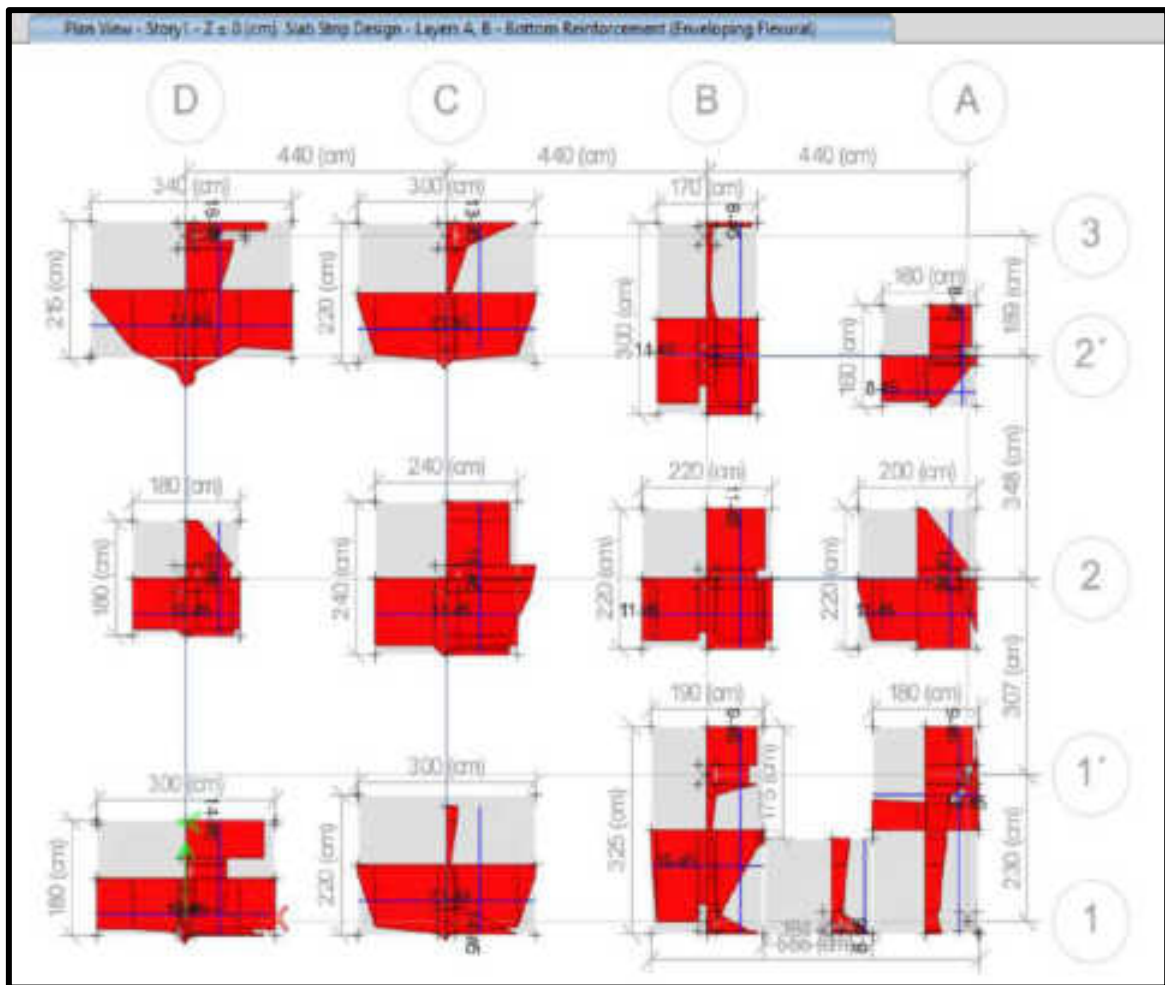


Figura 37 — Diseño por flexión $Q_{adm}=1.30 \text{ kg/cm}^2$ y número de varillas de 5/8” del ensayo de corte directo

Se determino el resumen del armado de la cimentación aislada para una capacidad admisible $Q_{adm}=1.30 \text{ kg/cm}^2$ determinado del ensayo de corte directo para la proyección de la edificación de 04 niveles en el sector de Villa Unión de Molinopata.

Tabla 22 — Resumen de armado y cantidad de varillas de la cimentación aislada para un $Q_{adm}=1.30 \text{ kg/cm}^2$ del ensayo de corte directo

Resumen de armado de las cimentaciones aisladas $Q_{adm}=1.30 \text{ kg/cm}^2$							
EJE	Tipo	Dirección	Cantidad de varillas	Diámetro (pulg.)		Espaciamiento (cm)	
3-D	Z1 - 215X340X50	Sentido X	17	Ø	5/8"	@	13
		Sentido Y	16	Ø	5/8"	@	22
3-C	Z2 - 220X300X50	Sentido X	13	Ø	5/8"	@	18
		Sentido Y	13	Ø	5/8"	@	24
2'-3-B	Z3 - 300X170X50	Sentido X	14	Ø	5/8"	@	22
		Sentido Y	8	Ø	5/8"	@	23
2'-A	Z4 - 160X160X50	Sentido X	8	Ø	5/8"	@	21
		Sentido Y	8	Ø	5/8"	@	21
2-D	Z5 - 180X180X50	Sentido X	10	Ø	5/8"	@	19
		Sentido Y	9	Ø	5/8"	@	21
2-C	Z6 - 240X240X50	Sentido X	14	Ø	5/8"	@	18
		Sentido Y	16	Ø	5/8"	@	15
2-B	Z7 - 220X220X50	Sentido X	11	Ø	5/8"	@	21
		Sentido Y	11	Ø	5/8"	@	21
2-A	Z8 - 220X200X50	Sentido X	11	Ø	5/8"	@	21
		Sentido Y	10	Ø	5/8"	@	21
1-D	Z9 - 180X300X50	Sentido X	12	Ø	5/8"	@	15
		Sentido Y	14	Ø	5/8"	@	22
1-C	Z10 - 220X300X50	Sentido X	13	Ø	5/8"	@	18
		Sentido Y	14	Ø	5/8"	@	22
1-1'-B	Z11- 325X190X50	Sentido X	16	Ø	5/8"	@	21
		Sentido Y	9	Ø	5/8"	@	22
1-1'/B-A	Z12- 184X150X50	Sentido X	8	Ø	5/8"	@	22
		Sentido Y	12	Ø	5/8"	@	20
1-1'-A	Z13- 325X180X50	Sentido X	16	Ø	5/8"	@	21
		Sentido Y	9	Ø	5/8"	@	21

Se realizó el modelamiento y diseño de la cimentación superficial en la aplicación Safe para un $Q_{adm}=1.56 \text{ kg/cm}^2$ determinado del ensayo de compresión triaxial.

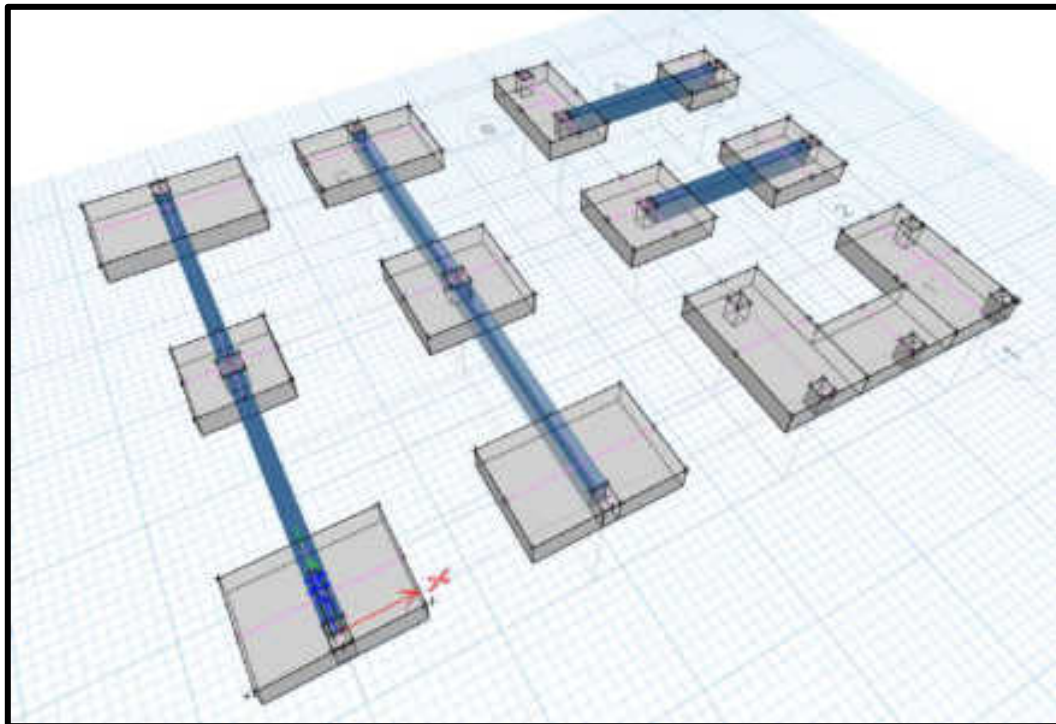


Figura 38 — Vista 3D de la cimentación $Q_{adm}=1.56 \text{ kg/cm}^2$ del ensayo compresión triaxial

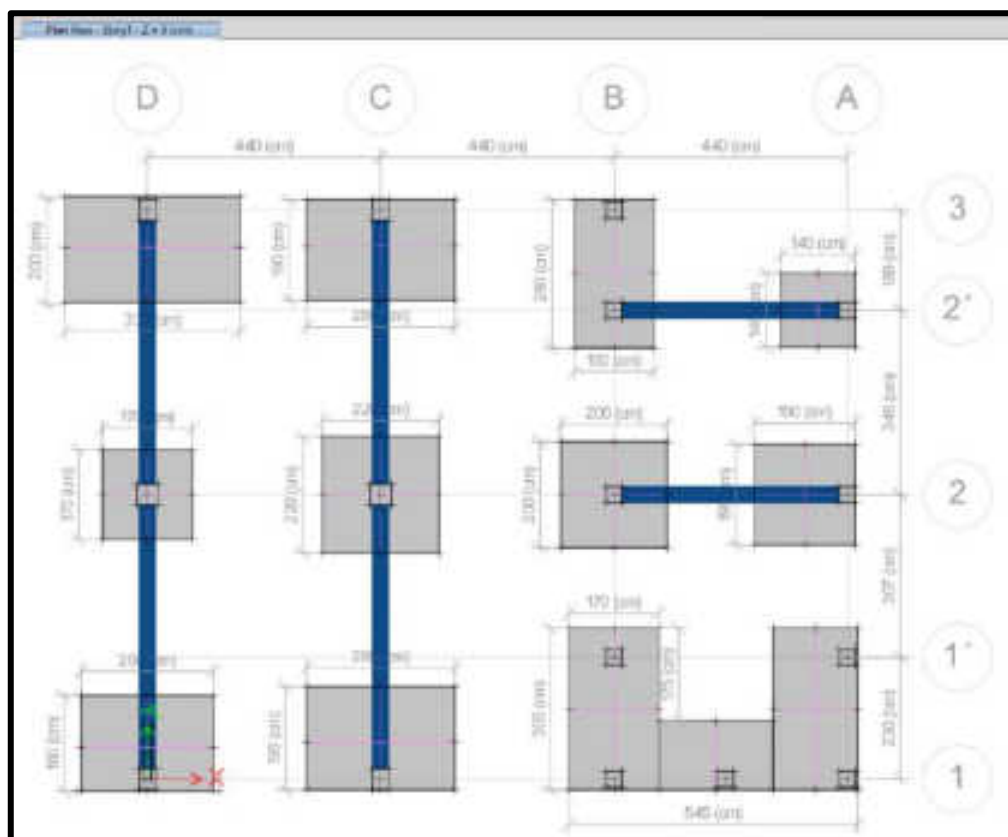


Figura 39 — Vista en planta de la cimentación $Q_{adm}=1.56 \text{ kg/cm}^2$

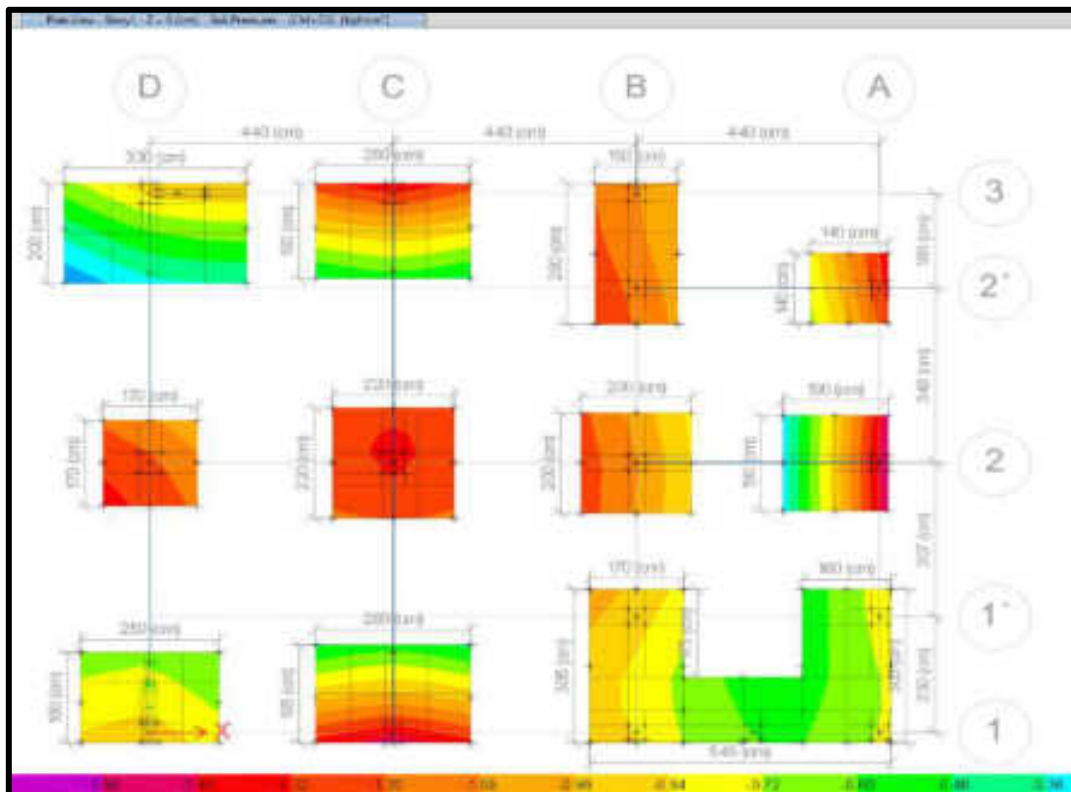


Figura 40 — Verificación de presiones del suelo (carga viva + carga muerta menores a $Q_{adm}=1.56 \text{ kg/cm}^2$)

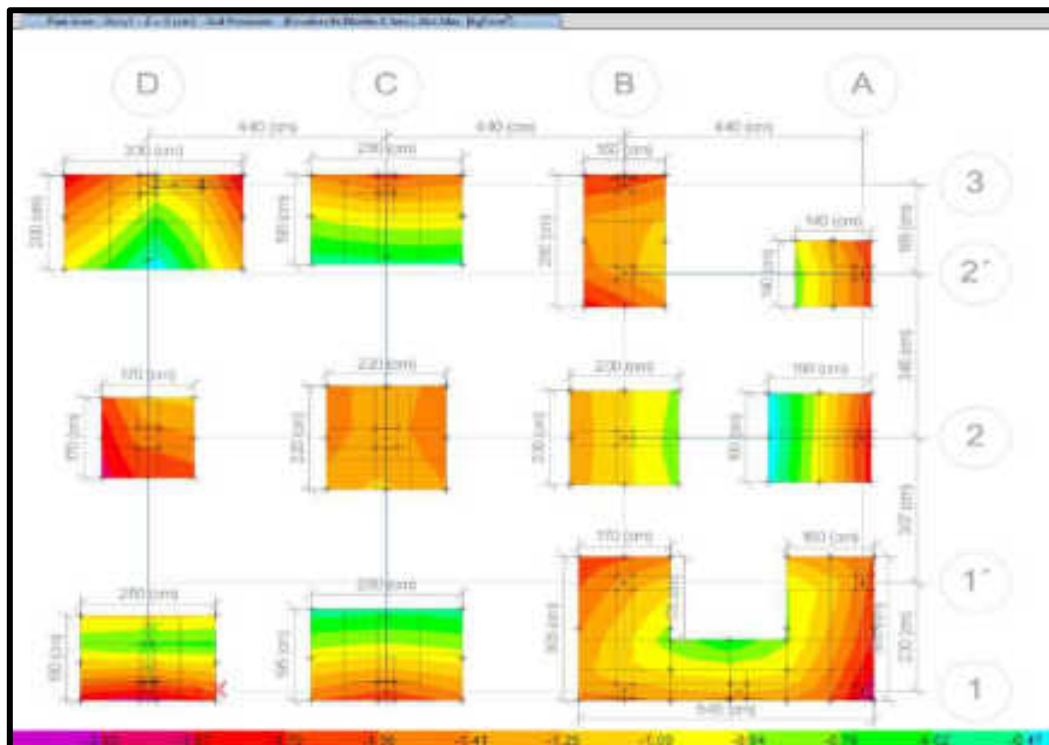


Figura 41 — Verificación de presiones del suelo (envolvente considerando sismo menor a $1.56 \times Q_{adm}=1.56 \times 1.3=2.03 \text{ kg/cm}^2$)

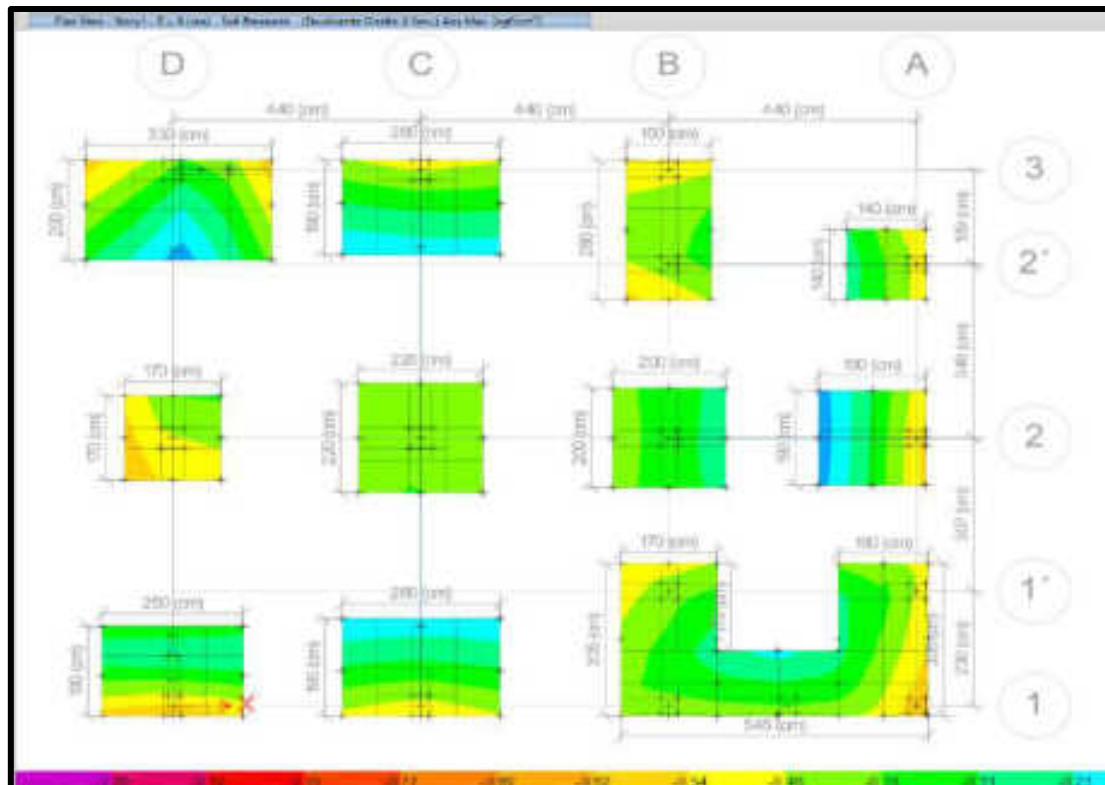


Figura 42 — Verificación de asentamiento menores a 1 cm. ($Q_{adm}=1.56 \text{ kg/cm}^2$)

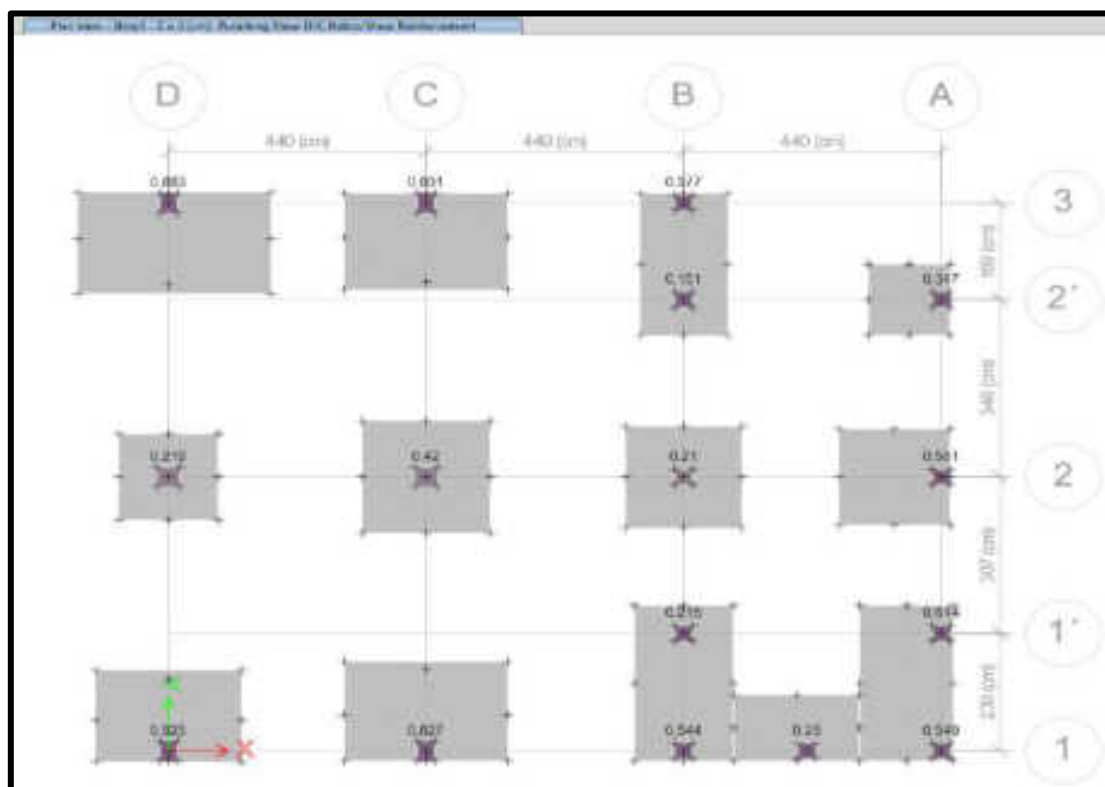


Figura 43 — Verificación por punzonamiento < 1 und. $Q_{adm}=1.56 \text{ kg/cm}^2$

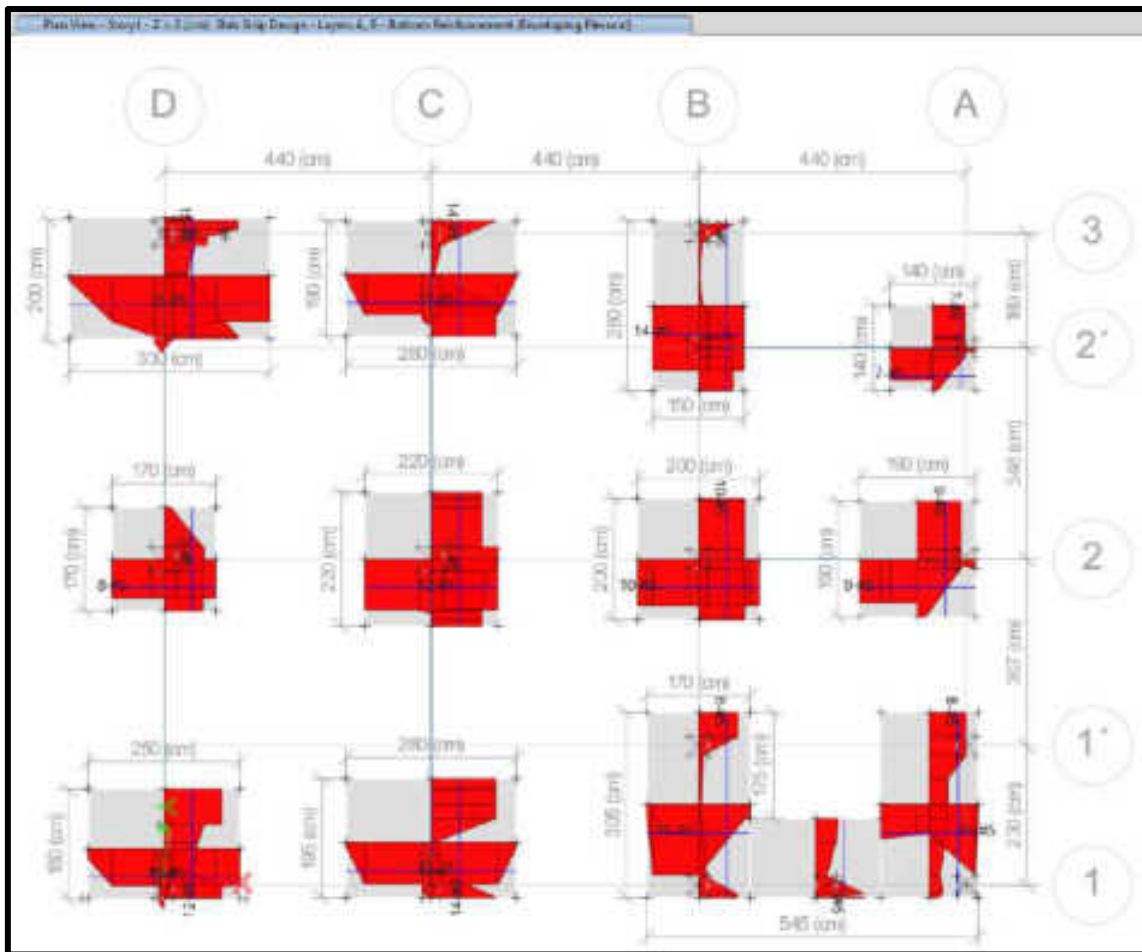


Figura 44 — Diseño por flexión $Q_{adm}=1.56 \text{ kg/cm}^2$ y varillas de 5/8" del ensayo compresión triaxial

Se determino el resumen del armado de la cimentación aislada como se observa en la tabla 23 para una capacidad admisible $Q_{adm}=1.56 \text{ kg/cm}^2$ determinado del ensayo de compresión triaxial para la proyección de la edificación multifamiliar de 04 niveles en el sector de Molinopata.

Tabla 23 — Resumen de armado y cantidad de varillas de la cimentación aislada para un $Q_{adm}=1.56 \text{ kg/cm}^2$ del ensayo de compresión triaxial

Resumen de armado de las cimentaciones aisladas $Q_{adm}=1.56 \text{ kg/cm}^2$							
EJE	Tipo	Dirección	Cantidad de varillas	Diámetro (pulg.)		Espaciamiento (cm)	
3-D	Z1 - 200X330X50	Sentido X	16	Ø	5/8"	@	13
		Sentido Y	15	Ø	5/8"	@	23
3-C	Z2 - 190X280X50	Sentido X	11	Ø	5/8"	@	18
		Sentido Y	14	Ø	5/8"	@	21
2'-3-B	Z3 - 280X150X50	Sentido X	14	Ø	5/8"	@	21
		Sentido Y	7	Ø	5/8"	@	23
2'-A	Z4 - 140X140X50	Sentido X	7	Ø	5/8"	@	21
		Sentido Y	8	Ø	5/8"	@	21
2-D	Z5 - 170X170X50	Sentido X	9	Ø	5/8"	@	23
		Sentido Y	9	Ø	5/8"	@	20
2-C	Z6 - 220X220X50	Sentido X	12	Ø	5/8"	@	19
		Sentido Y	14	Ø	5/8"	@	16
2-B	Z7 - 200X200X50	Sentido X	10	Ø	5/8"	@	21
		Sentido Y	10	Ø	5/8"	@	21
2-A	Z8 - 190X190X50	Sentido X	9	Ø	5/8"	@	22
		Sentido Y	9	Ø	5/8"	@	22
1-D	Z9 - 180X250X50	Sentido X	13	Ø	5/8"	@	14
		Sentido Y	12	Ø	5/8"	@	22
1-C	Z10 - 195X280X50	Sentido X	12	Ø	5/8"	@	17
		Sentido Y	14	Ø	5/8"	@	21
1-1'-B	Z11- 305X170X50	Sentido X	15	Ø	5/8"	@	21
		Sentido Y	8	Ø	5/8"	@	23
1-1'/B-A	Z12- 130X184X50	Sentido X	7	Ø	5/8"	@	20
		Sentido Y	11	Ø	5/8"	@	17
1-1'-A	Z13- 305X160X50	Sentido X	15	Ø	5/8"	@	21
		Sentido Y	8	Ø	5/8"	@	21

4.6 Técnica e instrumento

4.6.1 Técnicas

(HERNÁNDEZ SAMPIERI ET AL., 2014) “menciona que las técnicas son métodos de recolección de datos desde la perspectiva del proceso cuantitativo para observar directamente el fenómeno investigado sin intervenirlo ni alterarlo en modo alguno que permite medir y reunir información organizada, siendo estas técnicas, el análisis de contenido, observación, entre otros.”

La técnica que se utilizó en esta investigación:

- **Observación directa:** Según MEDINA ROMERO (2023), la observación directa es aquella en donde quien investiga se dedica a observar y recopilar información directamente del sujeto en estudio. En esta investigación se empleó la técnica de la observación directa para la recopilar datos de las fuentes de información primarias provenientes del sector de Molinopata, mediante la verificación en campo.
- **Análisis documental:** El análisis documental consistió en recopilar información bibliográfica de literaturas, normativas como ASTM (American Society for Testing and Materials) y NTP (Norma Técnica Peruana), la cual facilitó de comprender y obtener información del objetivo en estudio.

4.6.2 Instrumentos

Un instrumento de medición es aquel que se utiliza para recolectar datos o valores aplicando (pruebas de laboratorio, escalas de actitudes, o equivalente) de diversa índole que representan los requerimientos que tiene el investigador para llevar a cabo su proyecto (HERNÁNDEZ SAMPIERI ET AL, 2014).

En esta investigación para la recolección de datos se utilizó como instrumento:

- **Ficha de observación:** La ficha de observación nos permitió recopilar y registrar datos en campo de manera in-situ en el sector de Molinopata del perfil estratigráfico, ubicación y otros.



- **Ficha de recolección de datos:** En la ficha de recolección de datos se empleó guías normativas estandarizadas según el ASTM (American Society for Testing and Materials) y la NTP (Norma Técnica Peruana) que nos permitió registrar de forma organizada los datos obtenidos de los resultados en el laboratorio.



DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE SUELOS EN CAMPO

Proyecto: EFECTOS DE LOS ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE RESISTENCIA DE CORTE DIRECTO Y COMPRESIÓN TRIAXIAL EN EL DIMENSIONAMIENTO DE CIMENTO SUPERFICIAL PARA UNA EDIFICACIÓN PROYECTADA EN MOLINOPATA – ABANCAY.

Ubicación: Lugar: MOLINOPATA Provincia: ABANCAY Fecha: _____
 Distrito: ABANCAY Region: APURIMAC
 Muestreo: SOLICITANTE Calicata: _____
 Profundidad: _____

Solicitante: BACH. ALDAIR CESAR HILARES ÁLVAREZ - BACH. YOHEL YOHAN SERRANO ESPINOZA

IDENTIFICACION DE MUESTRA	COORDENANDAS GEOGRAFICAS		
	ESTE	NORTE	ALTITUD

INFORMACION GENERAL DEL PREDIO	
TIPO DE ESTRUCTURA	
N° DE NIVELES	
EDIFICACIONES EXISTENTES	

LIMITES DEL TERRENO			
DESCRIPCION	PROPIETARIO	AREA	PERIMETRO
DERECHO			
FRENTE			
IZQUIERDO			
FONDO			

OBSERVACIONES:

ACCESOS			
DESCRIPCION	INICIO	FINAL	TIPO DE VIA
RUTA N°1			
RUTA N°2			

REGISTRO DE EXCAVACION	
Prof.	DESCRIPCION
0.2	
0.4	
0.6	
0.8	
1.0	
1.2	
1.4	
1.6	
1.8	
2.0	
2.2	
2.4	
2.6	
2.8	
3.0	

Figura 45 — Ficha de observación descripción e identificación del suelo en campo



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D 2216/DENSIDAD IN SITU CONO DE ARENA ASTM D-1556

Proyecto: EFECTOS DE LOS ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE RESISTENCIA DE CORTE DIRECTO Y TRIAXIAL EN EL
 DIMENSIONAMIENTO DE CIMIENTO SUPERFICIAL PARA UNA EDIFICACIÓN PROYECTADA EN MOLINOPATA –

Ubicación: Sector: **MOLINOPATA** Provincia: **ABANCAY** Fecha: _____
 Distrito: **ABANCAY** Region: **APURIMAC**

Hecho por: Muestreo: **SOLICITANTE** Calicata : _____
 Profundidad: **3.00 m**

Solicitante: **BACH. ALDAIR CESAR HILARES ÁLVAREZ - BACH. YOHAN YOHAN SERRANO ESPINOZA**

CONTENIDO DE HUMEDAD			
ENSAYO	1	2	3
Cápsula N°			
Peso suelo húmedo + cápsula			
Peso suelo seco + cápsula			
Peso del agua			
Peso de la cápsula			
Peso neto del suelo seco			
% de Humedad			

w (%) Promedio =

DETERMINACION DE DENSIDAD DE CAMPO	
Tipo de arena utilizada: Guamo (Pinzuar)	
Peso Unitario de la Arena= 1.48 gr/cm3	
DATOS DEL ENSAYO	
MUESTRA	
DENSIDAD N°	
PROFUNDIDAD (m)	
1 PESO DEL FRASCO + ARENA (gr)	
2 PESO DEL FRASCO + ARENA QUE QUEDA (gr)	
3 PESO DE LA ARENA EMPLEADA (gr)	
4 PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)	
5 PESO DE LA ARENA EN LA EXCAVACION (gr)	
6 DENSIDAD DE LA ARENA (gr/cm3)	
7 VOLUMEN DEL MATERIAL EXTRAÍDO (cm3)	
8 PESO DEL RECIPIENTE + SUELO + GRAVA (gr)	
9 PESO DEL RECIPIENTE (gr)	
10 PESO DEL SUELO + GRAVA (gr)	
11 DENSIDAD HUMEDA (gr/cm3)	
12 HUMEDAD %	
13 DENSIDAD SECA (gr/cm3)	

DENSIDAD NATURAL

$$\gamma_{natural} = \frac{w'}{V_h}$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_{humeda}}{(1 + w)}$$

$\gamma_{natural} =$ gr/cm3

$\gamma_d =$ gr/cm3

NOTA : Muestra extraído y obtenida de la calicata.

Figura 46 — Ficha de recolección de datos de contenido de humedad y densidad de campo in- situ



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D-422

Proyecto: EFECTOS DE LOS ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE RESISTENCIA DE CORTE DIRECTO Y TRIAXIAL EN EL DIMENSIONAMIENTO DE CIMIENTO SUPERFICIAL PARA UNA EDIFICACIÓN PROYECTADA EN MOLINOPATA – ABANCAY.

Ubicación: Lugar: **MOLINOPATA** Provincia: **ABANCAY** Fecha:

Distrito: **ABANCAY** Region: **APURIMAC**

Muestreo: **SOLICITANTE** Calicata :
Profundidad:

Solicitante: BACH. ALDAIR CESAR HILARES ÁLVAREZ - BACH. YOHAN YOHAN SERRANO ESPINOZA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO Y TAMIZADO					
Muestra inicial		Peso despues del lavado:		Peso Recipiente	
TAMIZ (Pulg.)	TAMIZ (mm)	PESO RET. (gr.)	PESO CORR. (gr.)	%RET.	%PASA
3"	76.200				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
N°4	4.750				
N°10	2.000				
N°20	0.850				
N°40	0.425				
N°50	0.297				
N°100	0.149				
N°200	0.075				
Cazuela					
TOTAL					

Diferencia

<0.5%

%Finos=

IG=

PORCENTAJES DE FINOS, ARENAS Y GRAVAS

% FINOS	
% ARENAS	
% GRAVAS	

CURVA GRANULOMÉTRICA

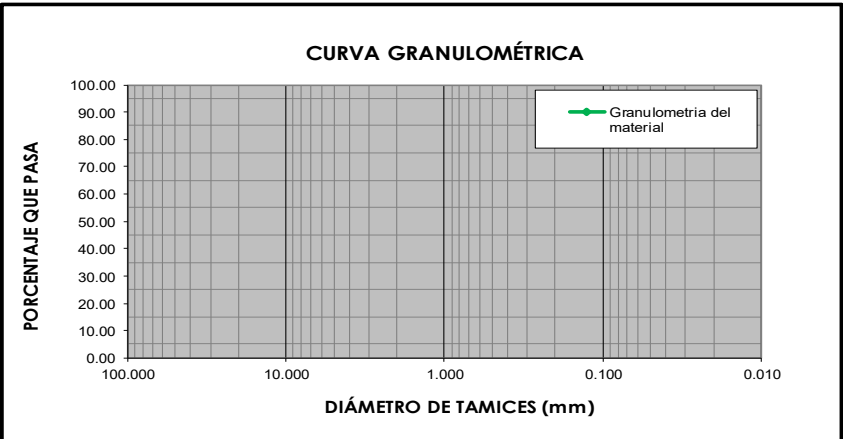


Figura 47 — Ficha de recolección de datos de análisis granulométrico por tamizado



LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318

Proyecto: EFECTOS DE LOS ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE RESISTENCIA DE CORTE DIRECTO Y TRIAXIAL EN EL
DIMENSIONAMIENTO DE CIMIENTO SUPERFICIAL PARA UNA EDIFICACIÓN PROYECTADA EN MOLINOPATA –

Ubicación: Sector: MOLINOPATA Provincia: ABANCAY Fecha:
Distrito: ABANCAY Region: APURIMAC

Hecho por: Muestreo: SOLICITANTE Calicata :
Profundidad:

Solicitante: BACH. ALDAIR CESAR HILARES ÁLVAREZ - BACH. YOHEL YOHAN SERRANO ESPINOZA

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO				
Muestra	1	2	3	
N° de Cápsula				
Caps.+ S. húmedo				
Caps.+ S. seco				
Agua				
Peso Cápsula				
Peso S. seco				
% Humedad				
N° de golpes				

LÍMITE PLÁSTICO				
Muestra	1	2	3	
N° de Cápsula				
Caps.+ S. húmedo				
Caps.+ S. seco				
Agua				
Peso Cápsula				
Peso S. seco				
% Humedad				

LÍMITE LÍQUIDO	=	
LÍMITE PLÁSTICO	=	
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%) =		

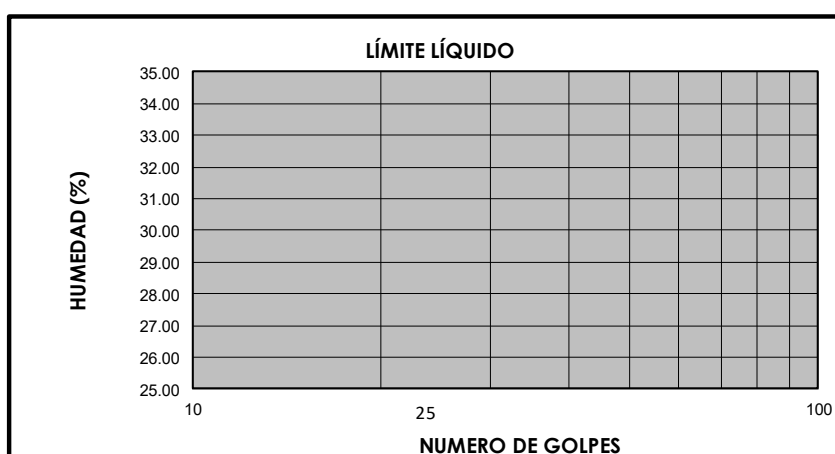


Figura 48 — Ficha de recolección de datos de límites de consistencia



INGEOMA
INGENIERIA Y MATERIALES E.I.R.L.

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NTP 339.159 (ASTM 3080-90, INVE 154-07)

Proyecto: EFECTOS DE LOS ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE RESISTENCIA DE CORTE DIRECTO Y TRIAXIAL EN EL
DIMENSIONAMIENTO DE CIMENTO SUPERFICIAL PARA UNA EDIFICACIÓN PROYECTADA EN MOLINOPATA –
ABANCAY.

Solicita: Bch. ALDAIR CESAR HILARES ALVAREZ
Bch. YOHEL YOHAN SERRANO ESPINOZA

Ubicación: MOLINOPATA-ABANCAY-ABANCAY-APURIMAC

Fecha: _____

Tipo de ensayo: UU = NO CONSOLIDADO NO DRENADO

Forma: Redonda

CALICATA	
SUCS	
UBICACIÓN	

DATOS DEL EQUIPO

Diametro o Lado D= _____

Area A= _____

Altura H= _____

Volumen V= _____

DENSIDAD DE LA MUESTRA

Peso= _____

Peso Unitario Humedo= _____

Contenido de Humedad= _____

Peso Unitario Seco= _____

VALORES DE ESFUERZOS CORTANTES Y NORMALES PARA LA CARGA APLICADA DE

DEFORM. HORIZON. mm	DEFORM. VERTICAL mm	DEF. cm	CARGA CORTANTE Kg	CARGA NORMAL Kg	Diam. cm	AREA cm ²	AREA CORREGIDA cm ²	ESFUERZO CORTANTE Kg/cm ²	ESFUERZO NORMAL Kg/cm ²
0	0.000	0.0000							
0.1	-0.019	0.0100							
0.2	-0.023	0.0200							
0.3	-0.030	0.0300							
0.4	-0.040	0.0400							
0.5	-0.050	0.0500							
0.6	-0.060	0.0600							
0.8	-0.070	0.0800							
1	-0.090	0.1000							
1.2	-0.110	0.1200							
1.4	-0.130	0.1400							
1.6	-0.160	0.1600							
1.8	-0.190	0.1800							
2	-0.230	0.2000							
2.2	-0.280	0.2200							
2.4	-0.340	0.2400							
2.6	-0.410	0.2600							
2.8	-0.490	0.2800							
3	-0.600	0.3000							
3.2	-0.730	0.3200							
3.4	-0.880	0.3400							
3.6	-1.080	0.3600							
3.8	-1.310	0.3800							
4	-1.590	0.4000							

Figura 49 — Ficha de recolección de datos de corte directo



INGEOMAT
INGENIERÍA DE MATERIALES S.R.L.

ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL
ASTM D 2850

Proyecto: EFECTOS DE LOS ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE RESISTENCIA DE CORTE DIRECTO Y TRIAXIAL EN EL DIMENSIONAMIENTO DE CIMENTO SUPERFICIAL PARA UNA EDIFICACIÓN PROYECTADA EN MOLINOPATA – ABANCAY.

Solicita: Bch. ALDAIR CESAR HILARES ALVAREZ

Ubicación: Bch. YOHAN YOHAN SERRANO ESPINOZA

Fecha: NOVIEMBRE, 2023

Muestra: Inalterada

Tipo de ensayo: UU = NO CONSOLIDADO NO DRENADO

Forma: Redonda

COORDENADAS UTM

E	N

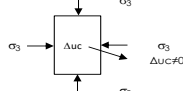
SONDEO

SUCS	
UBICACIÓN	

CARGA RÁPIDA Y SIN DRENAJE
Presión de poros en la primera etapa
Presión de poros en la segunda etapa

Compresión incofinada no drenada

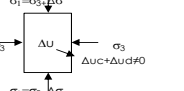
1era Etapa o de consolidación



2da Etapa o de carga



Esfuerzo totales



Etapa Final



Esfuerzo efectivos



ENSAYO 01

	Superior	Medio	Inferior
DIAMETRO	6.50 cm	6.50 cm	6.50 cm
ALTURA	12.90 cm	12.90 cm	12.90 cm
D	6.50 cm		
VOLUMEN	428.06 cm ³		

σ_3	10.00 psi
σ_3	0.703 kg/cm ²
H prom	12.90 cm
Ao prom	33.18 cm ²
Δu	0.000 kg/cm ²
Δu	0.000 kg/cm ²

$D = (d_s + 2d_m + d_i)/4$

Peso =
Peso Unitario Humedo =
Contenido de Humedad =
Peso Unitario Seco =

VALORES DE ESFUERZOS

N de lectura	Deformación 0.001 cm	F kgf	$\Delta L \times 0.001$ (cm)	L (cm)	$\epsilon = \Delta L / L$	$A_c = A_0 / (1 - \epsilon)$	$\Delta \sigma = F / A_c$	Presión de Poros kg/cm ²	Esfuerzos Totales		Esfuerzos Efectivos		σ'_1 / σ'_3
									σ_3 Kg/cm ²	σ_1 Kg/cm ²	σ'_3 Kg/cm ²	σ'_1 Kg/cm ²	
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													
31													
32													
33													
34													
35													
36													
37													
38													
39													
40													
41													
42													
43													
44													
45													
46													
47													
48													
49													
50													
51													
52													
53													
54													
55													
56													
57													
58													
59													
60													
61													
62													
63													
64													

Figura 50 — Ficha de recolección de datos de corte directo

4.6.3 Validación

La validez según (HERNÁNDEZ SAMPIERI, y otros, 2014) se refiere al grado en que un instrumento mide con exactitud la variable que verdaderamente pretende medir.

La validación de los instrumentos por los expertos aseguró que la investigación debe ser relevante, coherente y aplicable.

La confiabilidad de esta investigación se determinó utilizando el coeficiente de Alfa de Cronbach para los instrumentos de medición. Este coeficiente nos ayuda a analizar la coherencia interna de un conjunto de elementos que componen una escala, que miden los conceptos a través de ítems. Que los valores oscilan entre 0 a 1, donde cero representa una confiabilidad nula mientras uno representa una confiabilidad perfecta, es decir, cuando más próximo es cero, mayor error habrá en la medición. Que esta validación fue evaluada por cinco expertos en la materia. La validación se realizó con cinco profesionales especialistas en la materia.

- ING. MARCO ANTONIO GALVEZ QUINTANA
- ING. CESAR RAUL CHUMPITAZ CARI
- ING. ROSBEL ANTERO QUISPE MERINO
- ING. THALYA NIKOL ILASACA COLQUE
- ING. MIJAEL CARBAJAL CESPEDES

Tabla 24 — Resultados de coeficiente de Alfa de Cronbach para validación de instrumentos.

Encuestados	ESPECIALIDAD	Alfa de Cronbach
ING. MARCO ANTONIO GALVEZ QUINTANA	GESTIÓN DE PROYECTOS	0.75
ING. CESAR RAUL CHUMPITAZ CARI	MECÁNICA DE SUELOS	
ING. ROSBEL ANTERO QUISPE MERINO	GEOTECNIA	
ING. THALYA NIKOL ILASACA COLQUE	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
ING. MIJAEL CARBAJAL CESPEDES	ESTRUCTURAS	

Tabla 25 — Interpretaciones del alfa de Cronbach

valor de α	Interpretación
$\alpha > 0.8$	Muy alta
$0.60 < \alpha \leq 0.80$	Alta
$0.40 < \alpha \leq 0.60$	Moderada
$0.20 < \alpha \leq 0.40$	Baja
$\alpha \leq 0.2$	Muy Baja

FUENTE: (BETANCOURT VELASQUEZ ET AL., 2018)

La tabla 53, muestra el resultado del coeficiente alfa de Cronbach $\alpha = 0.73$, del cual se interpreta el grado de confiabilidad, que para este caso es ALTA dentro de los rangos de interpretación según el contraste de la tabla 25.

Este valor obtenido sugiere que los ítems detallados en la escala son consistentes entre sí y representan de manera adecuada el constructo que se pretende medir. Este resultado fortalece la validez del instrumento y ofrece una base sólida para confiar en los datos obtenidos a través de él.

Por lo cual, se concluye de los resultados de alfa de Cronbach, que el grado de confiabilidad de la ficha de observación y los instrumentos para la obtención de datos es confiable.

4.7 Análisis estadístico

Según DEVORE (2008), el análisis estadístico en la investigación consiste en organizar, procesar, analizar y cuantificar datos con el fin de obtener conclusiones inteligentes y tomar decisiones informadas considerando la incertidumbre y variación. El análisis estadístico consta de dos partes: **El análisis descriptivo** donde se consideran las medidas de tendencia central y medidas de dispersión que nos brindan información de las características del conjunto de datos y **el análisis inferencial** donde se realizan las pruebas paramétricas y no paramétricas que nos permite generar o predecir conclusiones sobre una población basándose en una muestra.

4.7.1 Prueba de hipótesis

La prueba de hipótesis es una técnica estadística utilizada para verificar si los datos de una muestra proporcionan suficiente información para afirmar la veracidad o negación de una situación que podría ser válida para una población. MONTGOMERY (2017), indica que para este proceso se debe formular una hipótesis alterna y otra hipótesis nula, para luego realizar el análisis estadístico inferencial de nuestros datos y verificar la veracidad de una de las dos, también afirma que el nivel de significancia es un límite establecido típicamente igual a 0.05 que determina como se evalúa la evidencia contra la hipótesis nula.

4.7.2 Diseño estadístico

El diseño estadístico para grupos independientes se utiliza para comparar dos o más grupos que no tienen relación entre sí, para lo cual se aplicó los siguientes criterios:

- **Objetivo de la investigación:** Evaluar como los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial afectan al dimensionamiento de cimiento superficial para una edificación proyectada en Molinopata – Abancay.
- **Variables:** Las variables independientes de Ensayo geotécnico de corte directo y ensayo de compresión triaxial y la variable dependiente de cimiento superficial.
- **Normalidad de los datos:** La distribución normal de los datos se realizará utilizando la prueba de Shapiro-Wilk cuando el tamaño de la muestra es menor a 50. Y Para muestras mayores de 50, se utilizará la prueba de Kolmogórov Smirnov.
- **Elección de prueba estadística inferencial:** Si los datos corresponden a una distribución normal, estos se consideran paramétricos y se realizara un análisis estadístico de T de Student para grupos independientes. En caso contrario, se aplicará una prueba no paramétrica, específicamente la prueba U de Mann Whitney.



- **Tamaño de la muestra:** Muestra pequeña, con un total de 11 observaciones.
- **Tipo de muestra:** Muestra no probabilística. En este caso, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk.

4.7.3 Pasos para el análisis estadístico inferencial

Para la comprobación de la hipótesis, se sigue los siguientes pasos:

1º. Planteamiento de la hipótesis

- **Formulación de la hipótesis general:**

Hipótesis nula (H_0): Las diferencias obtenidas en los resultados de los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial no afectan significativamente al dimensionamiento de la cimentación superficial de la edificación proyectada en Molinopata – Abancay.

Hipótesis alterna (H_1): Las diferencias obtenidas en los resultados de los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial afectan significativamente al dimensionamiento de la cimentación superficial de la edificación proyectada en Molinopata – Abancay.

- **Formulación de la primera hipótesis específica:**

Hipótesis nula (H_0): Las condiciones iniciales y propiedades físicas del suelo no son adecuadas para la realización de los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial destinado al dimensionamiento de cimiento superficial de una edificación proyectada en Molinopata-Abancay.

Hipótesis alterna (H_1): Las condiciones iniciales y propiedades físicas del suelo son adecuadas para la realización de los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial destinado al dimensionamiento de cimiento superficial de una edificación proyectada en Molinopata-Abancay.



- **Formulación de la segunda hipótesis específica:**

Hipótesis nula (H_0): Los parámetros geotécnicos de ángulo de fricción y cohesión obtenidos por los ensayos corte directo y compresión triaxial no presentan diferencias considerables que inciden la capacidad admisible y en el dimensionamiento de los cimientos superficiales para la edificación proyectada en Molinopata-Abancay.

Hipótesis alterna (H_1): Los parámetros geotécnicos de ángulo de fricción y cohesión obtenidos por los ensayos corte directo y compresión triaxial presentan diferencias considerables que inciden la capacidad admisible y en el dimensionamiento de los cimientos superficiales para la edificación proyectada en Molinopata-Abancay.

- **Formulación de la tercera hipótesis específica:**

Hipótesis nula (H_0): Los valores de la capacidad admisible del suelo, obtenidos a partir de los ensayos de corte directo y compresión triaxial no presenta una variación significativa que afectan al diseño de cimiento superficial para una edificación proyectada en Molinopata – Abancay.

Hipótesis alterna (H_1): Los valores de la capacidad admisible del suelo, obtenidos a partir de los ensayos de corte directo y compresión triaxial presenta una variación significativa que afectan al diseño de cimiento superficial para una edificación proyectada en Molinopata – Abancay.

- **Formulación de la cuarta hipótesis específica:**

Hipótesis nula (H_0): El diseño estructural no se realiza en cumplimiento del RNE para el modelado con el software ETABS-SAFE de una edificación de 4 niveles de concreto armado, considerando los resultados de los ensayos de corte directo y compresión triaxial en Molinopata-Abancay.

Hipótesis alterna (H_1): El diseño estructural se realiza en cumplimiento del RNE para el modelado con el software ETABS-SAFE de una edificación de 4 niveles de concreto armado, considerando los resultados de los ensayos de corte directo y compresión triaxial en Molinopata-Abancay.



2°. Selección de la prueba estadística

Siendo el objetivo principal evaluar como la diferencia de los resultados de los ensayos geotécnicos de corte directo y compresión triaxial afectan al dimensionamiento de cimiento superficial de una edificación, y siendo que el conjunto de datos obedece a una distribución no normal y grupos independientes; se puede utilizar la prueba U DE MANN-WHITNEY para comparar la media de estos dos grupos diferentes: el dimensionamiento de los cimientos(utilizando los datos del ensayo de corte y directo y compresión triaxial) para determinar si la diferencia de las medias de estos dos conjuntos de datos es estadísticamente significativa.

Tabla 26 — Dimensión resultante de la cimentación

Zapata N°	Dimensión de la zapata (m ²)		%Variación
	Ensayo de corte directo	Ensayo Triaxial	
1	7.31	6.6	9.71
2	6.6	5.32	19.39
3	5.1	4.2	17.65
4	2.56	1.96	23.44
5	3.24	2.89	10.80
6	5.76	4.84	15.97
7	4.84	4	17.36
8	4.4	3.61	17.95
9	5.4	4.25	21.30
10	6.6	5.46	17.27
11	14.625	13.035	10.87

- **Prueba de Shapiro-Wilk**

Para determinara la normalidad de los datos, se dispone de 11 datos de los resultados del ensayo de corte directo y 11 datos de los resultados del ensayo de compresión triaxial.

- Diagrama de normalidad de los datos de corte directo y compresión triaxial

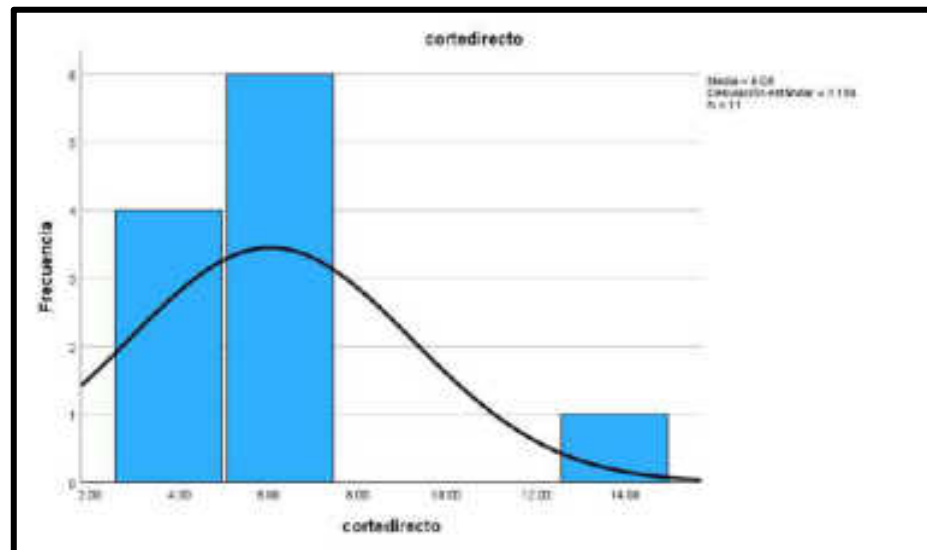


Figura 51 — Diagrama de normalidad de los datos de corte directo

De la figura mostrada, se concluye que como $p \text{ (Sig.)} < \alpha = 0.05$ en el diagrama de normalidad de los datos del ensayo de corte directo; la distribución no es normal, por lo cual se opta por la prueba U de Mann Whitney la cual no asume homogeneidad de varianzas ni normalidad para los datos de análisis.

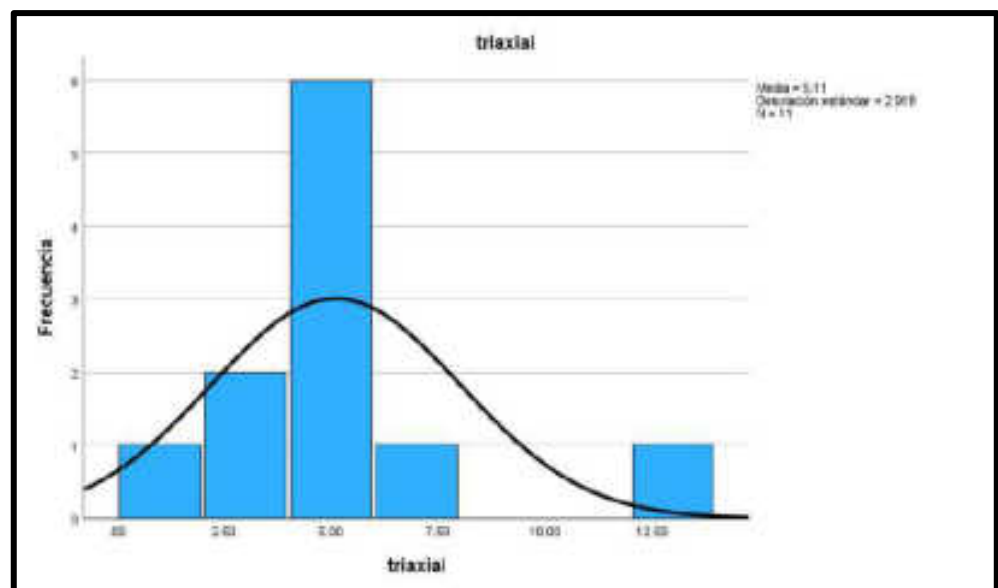


Figura 52 — Diagrama de normalidad de los datos de compresión triaxial

De la figura mostrada se concluye que como $p \text{ (Sig.)} < \alpha=0.05$ en el diagrama de normalidad de los datos de compresión triaxial; la distribución no es normal, por lo cual se opta por la prueba U de Mann Whitney la cual no asume homogeneidad de varianzas ni normalidad para los datos de análisis.

3°. Cálculo de la prueba U De Mann-Whitney

Si los datos cumplen los supuestos, se realiza la prueba U De Mann-Whitney. Esta prueba compara las medias o medianas de ambos grupos.

- **Análisis estadístico de la prueba U de Mann Whitney para grupos independientes.**

$$H_0: P(X > Y) = 0.5$$

$$H_1: P(X > Y) \neq 0.5$$

$$H_0: Me_1 = Me_2$$

$$H_1: Me_1 \neq Me_2$$

- **Estadístico de prueba:**

$$U_1 = n_1 x n_2 + \frac{n_1 x (n_1 + 1)}{2} - R_1$$

$$U_2 = n_1 x n_2 + \frac{n_2 x (n_2 + 1)}{2} - R_2$$

$$U = \min(U_1, U_2)$$

Donde:

n_1 =Tamaño de la muestra del grupo 1

n_2 =Tamaño de la muestra del grupo 2

R_1 =Sumatoria de rangos del grupo 1

R_2 =Sumatoria de rangos del grupo 2



• Organización de datos:

Tabla 27 — Prueba U de Mann Whitney

Grupo	Dimensión de la zapata en(m²)	Rangos	Grupo	Dimensión de la zapata en(m²)	Rangos
TRIAXIAL	1.96	1.00	CORTE DIRECTO	5.1	12.00
CORTE DIRECTO	2.56	2.00	TRIAXIAL	5.32	13.00
TRIAXIAL	2.89	3.00	CORTE DIRECTO	5.4	14.00
CORTE DIRECTO	3.24	4.00	TRIAXIAL	5.46	15.00
TRIAXIAL	3.61	5.00	CORTE DIRECTO	5.76	16.00
TRIAXIAL	4	6.00	TRIAXIAL	6.6	17.00
TRIAXIAL	4.2	7.00	CORTE DIRECTO	6.6	18.50
TRIAXIAL	4.25	8.00	CORTE DIRECTO	6.6	18.50
CORTE DIRECTO	4.4	9.00	CORTE DIRECTO	7.31	20.00
CORTE DIRECTO	4.84	10.50	TRIAXIAL	13.035	21.00
TRIAXIAL	4.84	10.50	CORTE DIRECTO	14.625	22.00

CORTE DIRECTO	n ₁ =	11	R ₁ =	146.5	U ₁ =	40.5
TRIAXIAL	n ₂ =	11	R ₂ =	106.5	U ₂ =	80.5
U =	40.5			$Z = \frac{U - \frac{n_1 n_2}{2}}{\sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}} \sim N(0, 1)$		
Z(cal)=	-2.313					
α =	0.05		5%			
Valor crítico:	$Z_{1-\alpha/2} =$		1.960			
	p-valor =		0.010			

Obteniéndose de la tabla un valor de significancia p- valor = 0.010 según la prueba U de Mann Whitney.

4°. Interpretación del valor de significancia (p)

- Si $p < 0.05$, existe variación significativa, se rechaza la hipótesis nula.
- Si $p \geq 0.05$, no existe variación significativa, no se rechaza la hipótesis nula.

5. Conclusión

Como el análisis muestra un valor $p < 0.05$, se concluye que la hipótesis alterna es válida.

Siendo que, para la presente investigación, según el análisis **estadístico inferencial**, existe una variación significativa en las dimensiones de la cimentación superficial de la edificación proyectada en Molinopata-Abancay debido a las diferencias en los resultados obtenidos de los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial.



CAPÍTULO V RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Análisis de resultado

5.1.1 Análisis de resultado del objetivo general

Tabla 28 — Valores de capacidad portante admisible obtenidos mediante los ensayos de corte directo y compresión triaxial

EQUIPO	Df (m)	B (m)	ÁNGULO DE FRICCIÓN (ϕ')	COHESIÓN C' (kg/cm ²)	CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE (kg/cm ²)		q adm. (promedio) kg/cm ²
					Norma E.050	E. General	
Corte Directo	1.50	1.50	19.03°	0.140	1.28	1.32	1.30
Triaxial	1.50	1.50	16.88°	0.258	1.54	1.57	1.56

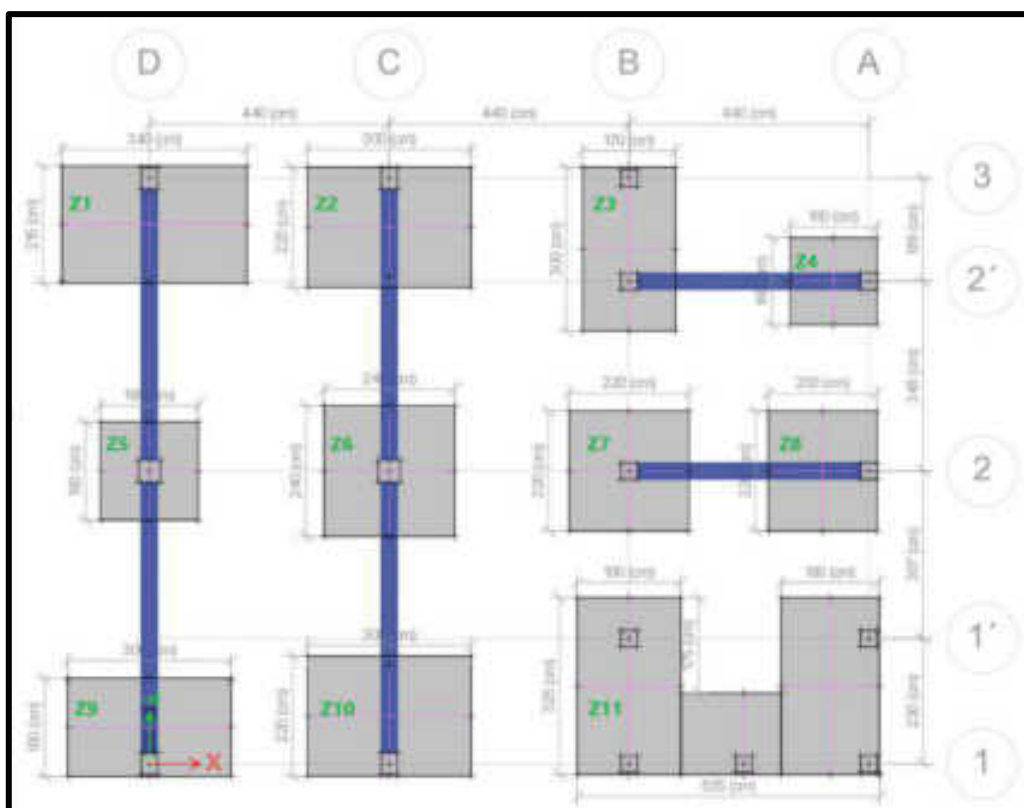


Figura 53 — Dimensiones de cimentación para un $Q_{adm}=1.30 \text{ kg/cm}^2$, $D_f=1.5m$ (Ensayo corte directo)

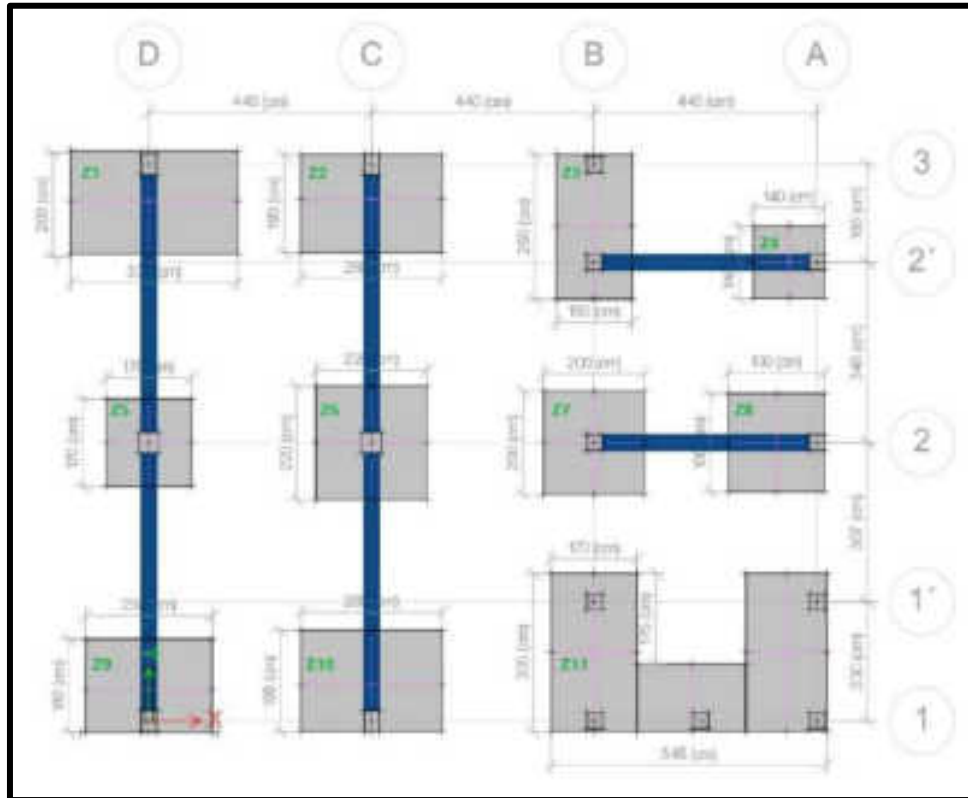


Figura 54 — Dimensiones de cimentación para un $Q_{adm}=1.56 \text{ kg/cm}^2$, $D_f=1.5\text{m}$ (Ensayo triaxial)

La **Figura 53** muestra el resultado del dimensionamiento de cimiento superficial para la edificación proyectada en Molinopata con los resultados del ensayo de corte directo y la **Figura 54** muestra los resultados del dimensionamiento de cimiento superficial para la misma edificación con los resultados del ensayo triaxial, donde varían principalmente el área de las zapatas como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 29 — Dimensión resultante de la cimentación

Zapata N°	Dimensión de la zapata (m ²)		%Variación
	Ensayo de corte directo	Ensayo Triaxial	
1	7.31	6.6	9.71
2	6.6	5.32	19.39
3	5.1	4.2	17.65
4	2.56	1.96	23.44
5	3.24	2.89	10.80
6	5.76	4.84	15.97
7	4.84	4	17.36
8	4.4	3.61	17.95
9	5.4	4.25	21.30
10	6.6	5.46	17.27
11	14.625	13.035	10.87

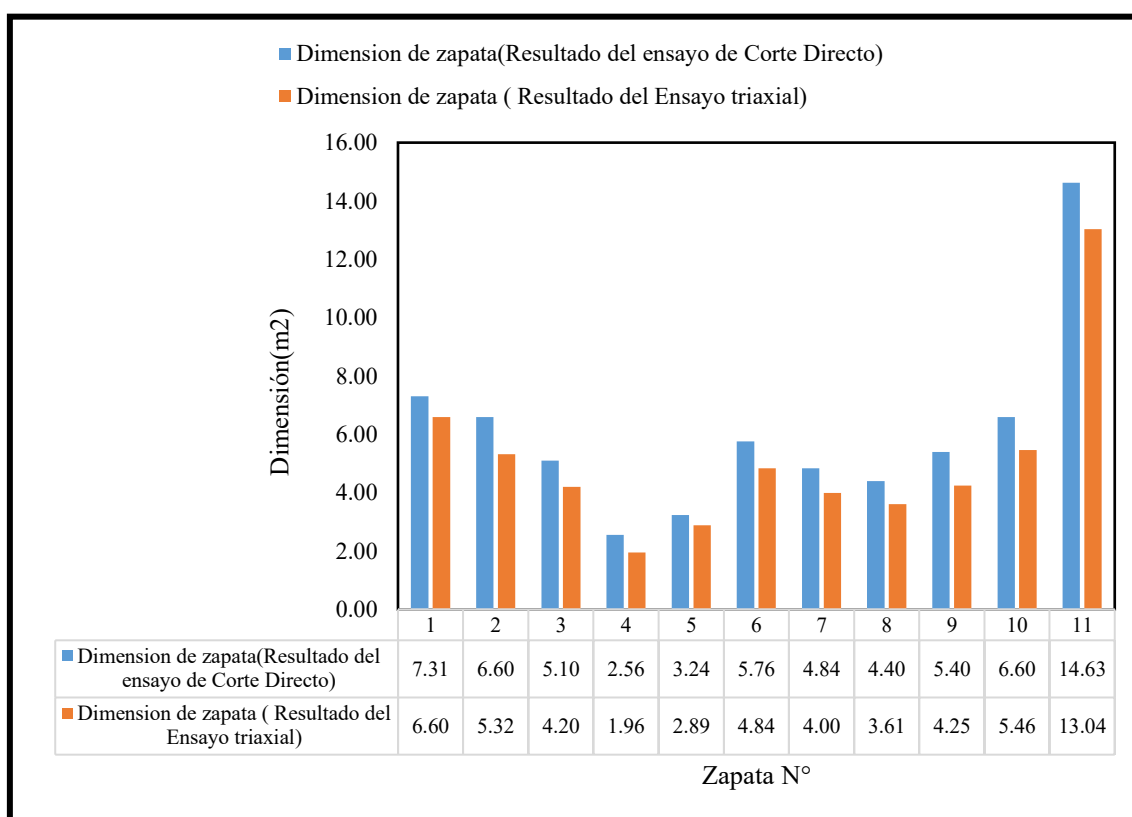


Figura 55 — Comparación de dimensión de cimiento de la edificación (m²)

a) Estadístico Descriptivo

Del resultado de la figura 55 se observa que todas las dimensiones de las zapatas diseñadas utilizando los resultados del ensayo de corte directo son mayores que aquellas que se realizaron con los resultados del ensayo triaxial para las condiciones de carga de la estructura antes propuestas.

- **Prueba de Shapiro-Wilk**

Para lo cual se dispone de 11 datos de los resultados del ensayo de corte directo y 11 datos de los resultados del ensayo de compresión triaxial, resultando no paramétrico como se aprecian en las siguientes figuras.

- **Diagrama de normalidad de los datos de corte directo y compresión triaxial**

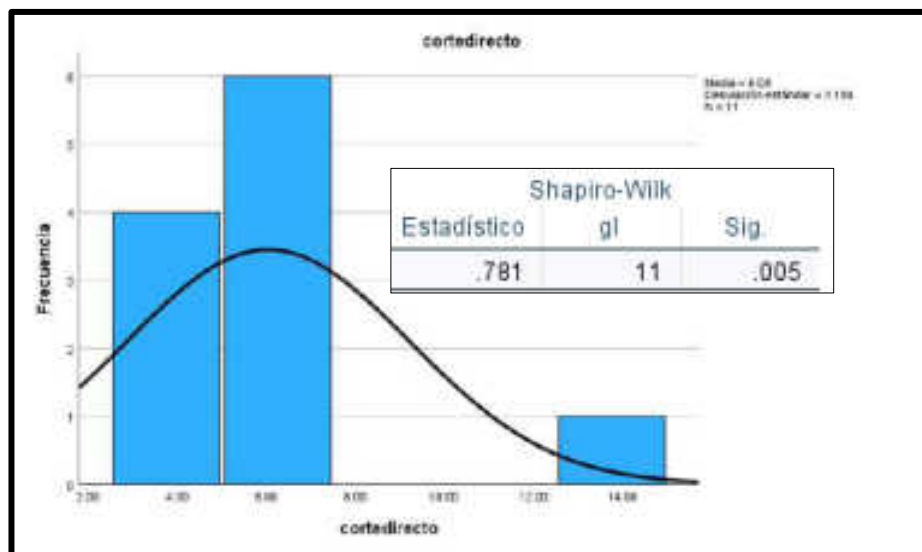


Figura 56 — Diagrama de normalidad de los datos de corte directo

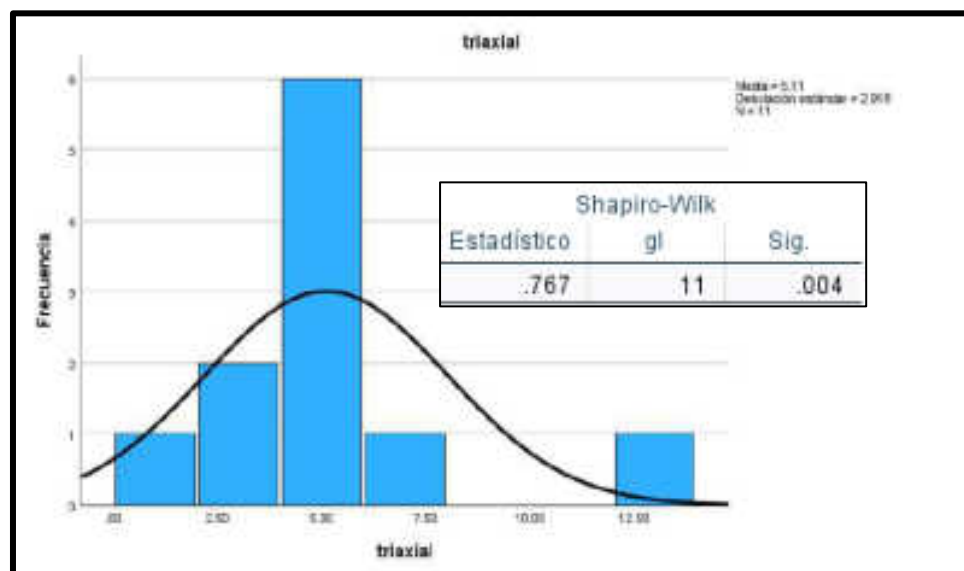


Figura 57 — Diagrama de normalidad de los datos de compresión triaxial

Del análisis estadístico observado se concluye que como $p \text{ (Sig.)} < \alpha=0.05$ en ambos grupos; la distribución no es normal, por lo cual se opta por la prueba U de Mann Whitney la cual no asume homogeneidad de varianzas ni normalidad para los datos de análisis.

b) Estadístico Inferencial

- **Análisis estadístico de la prueba U de Mann Whitney para grupos independientes**

$$\begin{array}{ll} H_0: P(X > Y) = 0.5 & H_0: Me_1 = Me_2 \\ H_1: P(X > Y) \neq 0.5 & H_1: Me_1 \neq Me_2 \end{array}$$

- **Estadístico de prueba:**

$$U_1 = n_1 n_2 + \frac{n_1 x (n_1 + 1)}{2} - R_1$$

$$U_2 = n_1 n_2 + \frac{n_2 x (n_2 + 1)}{2} - R_2$$

$$U = \min(U_1, U_2)$$

Donde:

n_1 =Tamaño de la muestra del grupo 1

n_2 =Tamaño de la muestra del grupo 2

R_1 =Sumatoria de rangos del grupo 1

R_2 =Sumatoria de rangos del grupo 2

• Organización de datos:

Tabla 30 — Resultados de la prueba U de Mann Whitney

Grupo	Dimensión de la zapata en(m²)	Rangos
TRIAXIAL	1.96	1.00
CORTE DIRECTO	2.56	2.00
TRIAXIAL	2.89	3.00
CORTE DIRECTO	3.24	4.00
TRIAXIAL	3.61	5.00
TRIAXIAL	4	6.00
TRIAXIAL	4.2	7.00
TRIAXIAL	4.25	8.00
CORTE DIRECTO	4.4	9.00
CORTE DIRECTO	4.84	10.50
TRIAXIAL	4.84	10.50

Grupo	Dimensión de la zapata en(m²)	Rangos
CORTE DIRECTO	5.1	12.00
TRIAXIAL	5.32	13.00
CORTE DIRECTO	5.4	14.00
TRIAXIAL	5.46	15.00
CORTE DIRECTO	5.76	16.00
TRIAXIAL	6.6	17.00
CORTE DIRECTO	6.6	18.50
CORTE DIRECTO	6.6	18.50
CORTE DIRECTO	7.31	20.00
TRIAXIAL	13.035	21.00
CORTE DIRECTO	14.625	22.00

CORTE DIRECTO	n ₁ =	11	R ₁ =	146.5	U ₁ =	40.5
TRIAXIAL	n ₂ =	11	R ₂ =	106.5	U ₂ =	80.5
U =	40.5					
Z(cal)=	-2.313					
α =	0.05		5%			
Valor crítico:	Z _{1-α/2} =		1.960			
	p-valor =		0.010			

$$Z = \frac{U - \frac{n_1 n_2}{2}}{\sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}} \sim N(0, 1)$$

Se determino mediante el análisis estadístico inferencial, que hubo una variación significativa de las dimensiones de la cimentación superficial de la edificación proyectada en Molinopata-Abancay debido a las diferencias en los resultados obtenidos de los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial.

De acuerdo al resultado de p-valor =0.010 < 0.05. El análisis estadístico de la U de Mann Whitney indica que el efecto de los resultados de los ensayos de corte directo y triaxial corresponde a una variación significativa en el dimensionamiento de cimientto superficial para una edificación proyectada en Molinopata-Abancay.

5.1.2 Análisis de resultado del objetivo específico 1

5.1.2.1 Descripción de la ubicación de las calicatas.

Se realizaron la excavación manual a cielo abierto de cuatro calicatas C-01, C-02, C-03 y C-04 con una profundidad de 3 metros siendo ubicados dentro del área del terreno en el sector de Villa Unión del centro poblado de Molinopata, que nos permitirá identificar los diferentes tipos de estratos y características del suelo y la recolección de muestras para el análisis en el laboratorio.

Tabla 31 — Ubicación de calicatas en el sector Villa Unión de Molinopata

CALICATA	UBICACIÓN	COORDENADAS		PROFUNDIDAD (m)
		ESTE	NORTE	
C-01	Sector Villa Unión	726035	8491233	3.00
C-02	Sector Villa Unión	726027	8491231	3.00
C-03	Sector Villa Unión	726025	8491244	3.00
C-04	Sector Villa Unión	726034	8491245	3.00

5.1.2.2 Densidad de campo in-situ NTP 339.127.

El ensayo de densidad de campo del suelo in-situ se realizaron en todas las calicatas, calculándose densidades naturales que oscilan entre el mínimo 1.78 gr/cm³ de la calicata C-02 hasta un máximo de 1.91 gr/cm³ de la C-03. Se determino el promedio de los 4 resultados que fue utilizado para los cálculos para la capacidad de carga por compresión triaxial y corte directo.

Tabla 32 — Resultados del ensayo de densidad de campo (cono de arena)

CALICATA	PROFUNDIDAD (m)	DENSIDAD		DENSIDAD PROMEDIO	
		HÚMEDA	SECA	HÚMEDA	SECA
C-01	3.00	1.87	1.71	1.86 gr/cm ³	1.65 gr/cm ³
C-02	3.00	1.78	1.58		
C-03	3.00	1.91	1.68		
C-04	3.00	1.88	1.64		

5.1.2.3 Contenido de humedad del suelo NTP 339.129.

Los resultados de humedad ensayados en el laboratorio de las 4 calicatas tuvieron un valor mínimo de 9.63% de la calicata 01 y el máximo de 14.29% de la calicata 04 de las muestras ensayadas.

Tabla 33 — Resultados del ensayo de humedad en el sector Villa Unión de Molinopata

CALICATA	PROFUNDIDAD (m)	CONTENIDO HUMEDAD (%)
C-01	3.00	9.63
C-02	3.00	12.35
C-03	3.00	13.53
C-04	3.00	14.29

5.1.2.4 Análisis granulométrico de los suelos por tamizado NTP 339.128.

Se realizó el ensayo granulométrico por tamizado para poder determinar los tamaños de las partículas de la muestra representativa ensayada para 4 calicatas donde se logró identificar las curvas granulométricas.

Tabla 34 — Resultados de los ensayos por granulometría por tamizado

CALICATA	PROF. CALICATA (m)	GRANULOMETRÍA % PASA	
		Nº4	Nº200
C-01	3.00	87.37	51.66
C-02	3.00	97.21	63.44
C-03	3.00	97.78	63.52
C-04	3.00	95.99	62.88

5.1.2.5 Límites de consistencia de Atterberg NTP 339.129.

Los resultados determinados en el laboratorio de los límites de consistencia, límite líquido y plástico de las muestras se diferencian en límite líquido 29.12% de la C-02 al 33.14% de la C-04 y en el límite plástico siendo la variación mínima de 21.36% de la C-04 al 22.61% en la C-03.

Tabla 35 — Resultados de los ensayos de limite líquido y plástico

CALICATA	PROF. CALICATA (m)	LIMITE DE CONSISTENCIA		
		L.L.	L.P.	I.P.
C-01	3.00	29.89	21.70	8.19
C-02	3.00	29.12	21.91	7.21
C-03	3.00	30.71	22.61	8.10
C-04	3.00	33.14	21.36	11.78

5.1.2.6 Clasificación de los suelos mediante S.U.C.S. Y A.A.S.T.H.O.

La clasificación del suelo en las 4 calicatas en el sector de Villa Unión del centro poblado de Molinopata se determinó por S.U.C.S. Y A.A.S.T.H.O.

Tabla 36 — Resumen de clasificación de suelos por SUCS Y AASTHO

CALICATA	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO	NOMBRE
	SIMBOLOGÍA	SIMBOLOGÍA	
C-01	CL	A-4	Arcilla baja plasticidad arenosa
C-02	CL	A-4	Arcilla baja plasticidad arenosa
C-03	CL	A-4	Arcilla baja plasticidad arenosa
C-04	CL	A-6	Arcilla media plasticidad

5.1.2.7 Densidad relativa del suelo.

El ensayo de densidad relativa se determinó de una muestra representativa al tener la misma clasificación del suelo en el terreno de estudio, el ensayo nos permitirá determinar el tipo de falla por corte y el estado del suelo según Terzagui.

Tabla 37 — Resultado de densidad relativa del suelo

CALICATAS	DENSIDAD MÁXIMA SECA (gr/cm ³)	DENSIDAD NATURAL SECA (gr/cm ³)	DENSIDAD MÍNIMA SECA (gr/cm ³)	DENSIDAD RELATIVA (%)	ESTADO
Todas	1.89	1.65	1.27	70%	DENSO

5.1.3 Análisis de resultado del objetivo específico 2**5.1.3.1 Corte directo de los suelos NTP 339.171 ASTM D 3080.**

El ensayo de corte directo se realizó 4 muestras extraídas de cada una de las calicatas, en donde los valores del ángulo de fricción se encuentran comprendidas en 26.57° en la C-02 a 27.92° en la C-01 y los valores de

cohesión están entre 0.200 gr/cm³ en la C-04 a 0.220 gr/cm³ de la C-01. Se realizó el promedio del ángulo de fricción y cohesión.

Tabla 38 — Resultados obtenidos del ensayo de corte directo

CALICATA	PROF. CALICATA (m)	PARÁMETROS DE RESISTENCIA		PROMEDIO DE LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA	
		ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	COHESIÓN (kg/cm ²)	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	COHESIÓN (kg/cm ²)
C-01	3.00	27.92	0.220	27.36°	0.210 kg/cm ²
C-02	3.00	26.57	0.210		
C-03	3.00	28.37	0.210		
C-04	3.00	26.57	0.200		

5.1.3.2 Ensayo triaxial UU de los suelos NTP 339.164 ASTM T D 2850

El ensayo triaxial UU se realizó 4 muestras extraídas de cada una de las calicatas, en donde los valores del ángulo de fricción se encuentran comprendidas en 23.82° en la C-01 A 25.33° en la C-03 y los valores de cohesión están entre 0.383 gr/cm³ en la C-03 a 0.390 gr/cm³ den la C-02. Se realizó el promedio del ángulo de fricción y cohesión.

Tabla 39 — Resultados obtenidos del ensayo de compresión triaxial

CALICATA	PROF. CALICATA (m)	PARÁMETROS DE RESISTENCIA		PROMEDIO DE LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA	
		ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	COHESIÓN (kg/cm ²)	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	COHESIÓN (kg/cm ²)
C-01	3.00	23.82	0.386	24.48°	0.386 kg/cm ²
C-02	3.00	24.16	0.390		
C-03	3.00	25.33	0.383		
C-04	3.00	24.61	0.386		

5.1.3.3 Determinación del tipo de falla por corte del suelo.

Para calcular el tipo de falla del suelo que fue propuesto por Vesic 1973 nos indica que se produce tres tipos por corte general, local y punzonamiento. Se determino el tipo de falla en nuestra muestra por corte local realizando todos los procedimientos que nos menciona.

Tabla 40 —Tipo de falla del suelo según Vesic

CONDICIÓN DEL TERRENO	CALICATAS COMPRENDIDAS	Df	DENSIDAD RELATIVA (%)	B (M)	L (M)	Df/B	TIPO DE FALLA
Natural	Todas	1.5	70%	1	1	-1.5	FALLA LOCAL

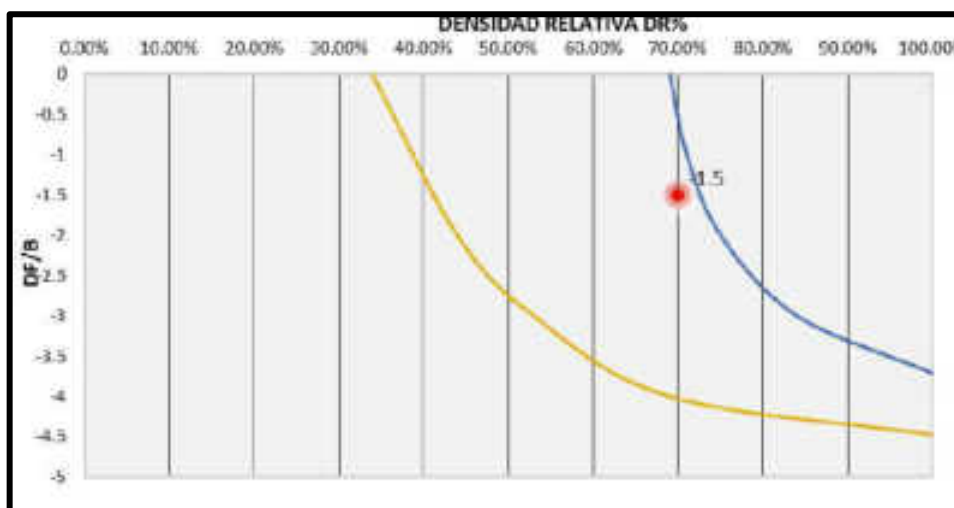


Figura 58 — Determinación de falla por corte del suelo

5.1.4 Análisis de resultado del objetivo específico 3

5.1.4.1 Determinación de la capacidad admisible

Para la ejecución de los proyectos en infraestructuras, es importante realizar el análisis de cimentación para nuestra edificación proyectada de 4 niveles ubicado en el sector Villa Unión del centro poblado de Molinopata, del distrito de Abancay, provincia de Abancay del departamento de Apurímac.

• Consideraciones:

1. El tipo de falla que se determino es local.
2. Según Terzagui se realiza la reducción los valores de ángulo de fricción y cohesión $\phi' = \tan^{-1}\left(\frac{2}{\tan\phi}\right)$ $C' = \frac{2}{3}C$
3. El factor de seguridad F. S=3.
4. La carga es vertical.

5.1.4.2 Capacidad admisible por ensayo de corte directo.

La capacidad admisible del suelo se calculó con los parámetros geotécnicos por el ensayo de corte directo y las propiedades del suelo para las ecuaciones de la norma E.050 y la Ecuación general (Meyerhof), teniendo en consideraciones los siguientes aspectos.

Tabla 41 — Datos para el cálculo de la capacidad admisible del suelo por el ensayo de corte directo

DATOS:			
Clasificación	SUCS	CL	
Cohesión	C=	1.38	Tn/m ²
Angulo de fricción	Θ=	19.03	°
Profundidad de desplante	Df=	1.5	m
Densidad del suelo	Y=	1.65	Tn/m ³
Factor de seguridad	F.S=	3	

5.1.4.3 Capacidad admisible por el ensayo de compresión triaxial

La capacidad admisible del suelo se calculó con los parámetros geotécnicos por el ensayo de compresión triaxial y las propiedades del suelo para las ecuaciones de la norma E.050 y la Ecuación general (Meyerhof), teniendo en consideraciones los siguientes aspectos.

Tabla 42 — Datos para el cálculo de la capacidad admisible del suelo por el ensayo de compresión triaxial

DATOS:			
Clasificación	SUCS	CL	
Cohesión	C=	2.53	Tn/m ²
Angulo de fricción	Θ=	16.88	°
Profundidad de desplante	Df=	1.5	m
Densidad del suelo	Y=	1.65	Tn/m ³
Factor de seguridad	F.S=	3	

El cálculo de la capacidad admisible del suelo se determinó mediante la ecuación de la Norma E-050 y la E. General. Para el diseño de la cimentación se utilizará como dato geotécnico de la capacidad admisible el promedio de las dos ecuaciones por cada ensayo, mostrándose los resultados a continuación.

Tabla 43 — Resultados de datos obtenidos de capacidad portante admisible

EQUIPO	Df (m)	B (m)	ÁNGULO DE FRICCIÓN (ϕ')	COHESIÓN C' (kg/cm ²)	CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE (kg/cm ²)		q adm (promedio) kg/cm ²
					Norma E.050	E. General	
Corte Directo	1.50	1.50	19.03°	0.140	1.28	1.32	1.30
Triaxial	1.50	1.50	16.88°	0.258	1.54	1.57	1.56

5.1.4.4 Variación de la capacidad admisible del suelo por los métodos de la norma E.050(suelos y cimentaciones) y ecuación general (Meyerhof).

El porcentaje de variación de la capacidad admisible para el ensayo de corte directo por los dos métodos Norma E.050 y la E. General para un tipo de suelo CL suelo arcilloso con baja plasticidad es de 3% y para el ensayo de compresión triaxial un 2% y teniendo una variación del 1% por ambos ensayos.

Tabla 44 — Porcentaje de variación Qadm por los métodos de Norma E.050 y Meyerhof

EQUIPO	CLASIFICACIÓN DEL SUELO	CAPACIDAD ADMISIBLE POR NORMA E.050	CAPACIDAD ADMISIBLE POR MEYERHOF	% DE VARIACIÓN
Corte directo	CL	1.28	1.32	3%
Triaxial	CL	1.54	1.57	2%

En las figuras 59 y 60 observamos la variación grafica de la capacidad admisible del suelo calculados por la ecuación de la Norma E.050 suelos y cimentaciones y la ecuación general de Meyerhof determinados con los parámetros de los ensayos de corte directo y compresión triaxial.

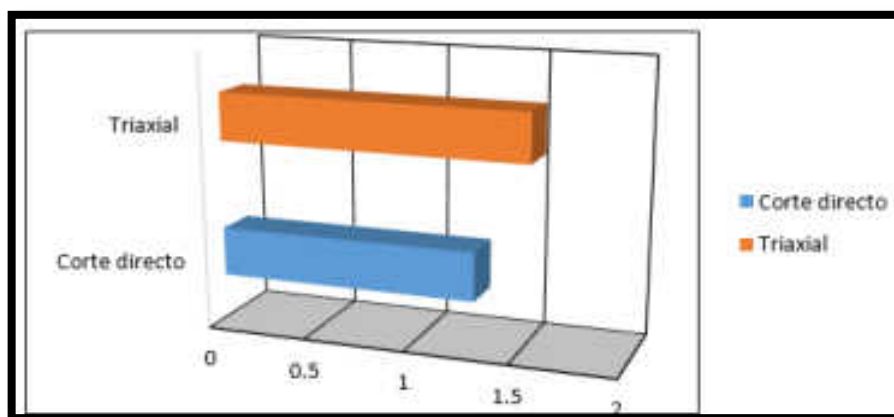


Figura 59 — Variación de Qadm por la ecuación norma E.050 suelos y cimentaciones de los ensayos de corte directo y compresión triaxial

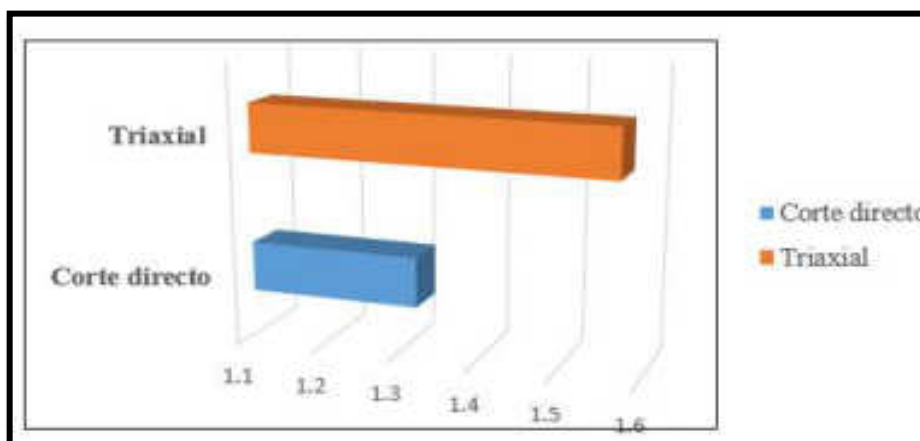


Figura 60 — Variación de Qadm por la E. General de Meyerhof de los ensayos de corte directo y compresión triaxial

5.1.5 Análisis de resultado del objetivo específico 4

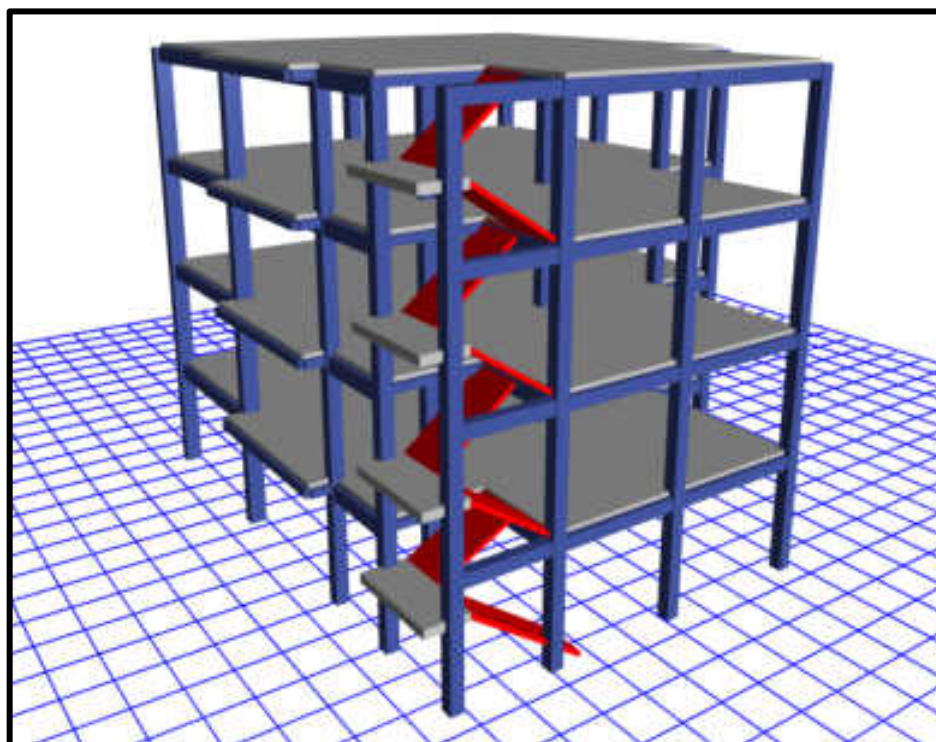


Figura 61 — Modelado 3D en ETABS de la edificación

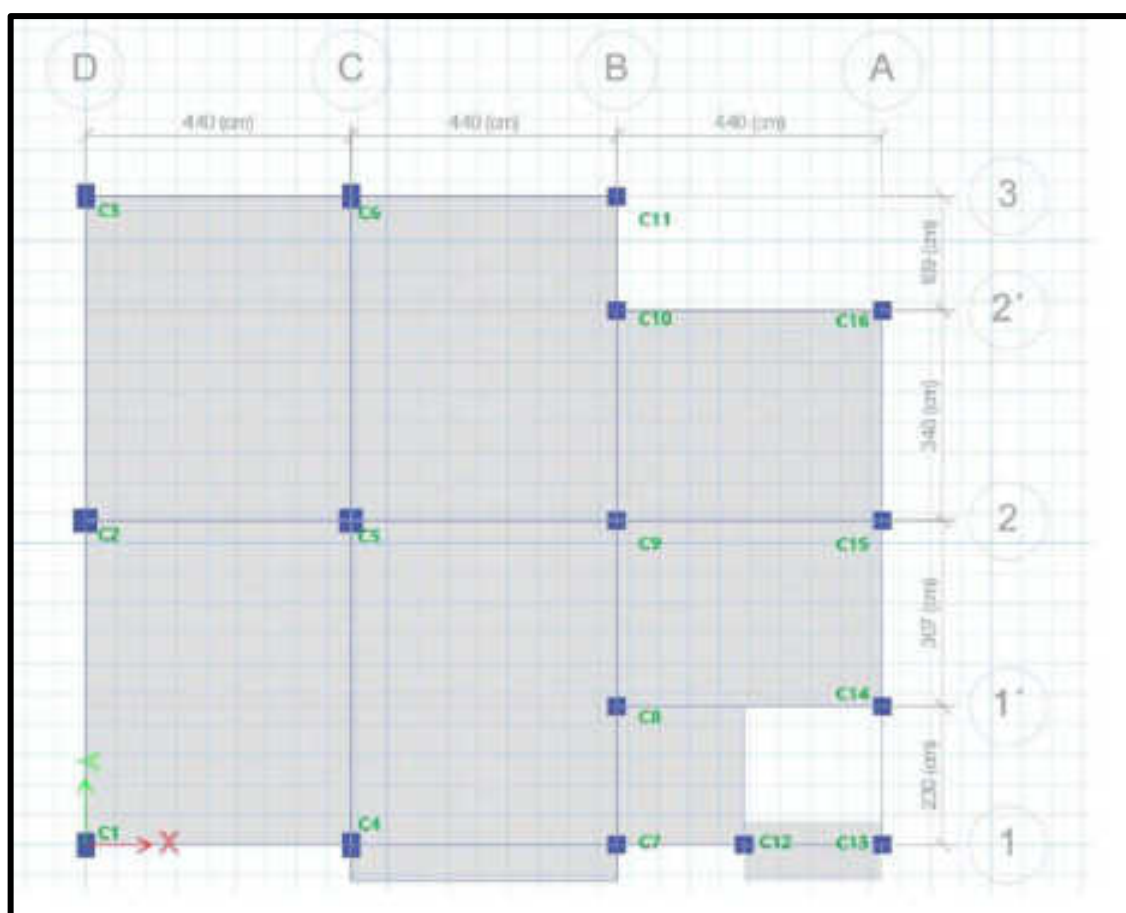


Figura 62 — Modelado en planta de la edificación

Siendo los resultados de los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial, obteniéndose una capacidad portante media de 1.30kg/cm^2 y 1.56kg/cm^2 y considerando los requisitos arquitectónicos del proyecto, se optó por una edificación aporticada de concreto armado de 4 niveles con una altura de 2.8m x piso, el cual se sometió a un análisis sísmico y estructural mediante el programa ETABS cumpliendo las normas de Concreto Armado E.060 y Diseño Sismorresistente E.030.

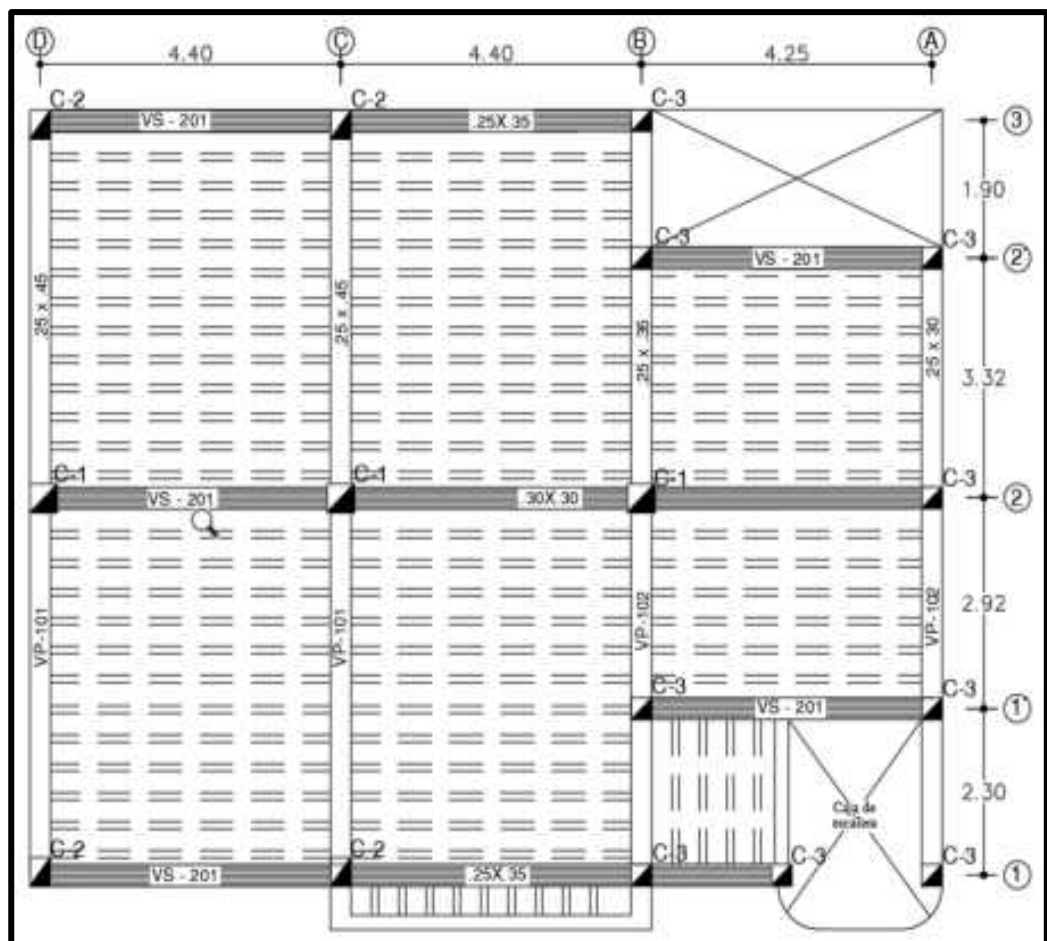


Figura 63 — Diseño del aligerado típico de la edificación

Siendo las cargas de servicio de la edificación, tabla N° 45, 46, 47, 48.

Tabla 45 — Carga muerta en columna del primer nivel

TABLE: Joint Loads Assignments - Force				
Columna	Tipo de carga	FZ	MX	MY
		kgf	kgf-cm	kgf-cm
1	CM TOTAL	-15135.21	12612.49	-41549.39
2	CM TOTAL	-37214.03	12970.68	-75044.22
3	CM TOTAL	-16332.29	-67102.54	-6432.69
4	CM TOTAL	-35169.13	90677.75	-11492.58
5	CM TOTAL	-60212.13	2769.74	6258.74
6	CM TOTAL	-33340.35	-100503.86	-8920.14
7	CM TOTAL	-19134.44	7267.26	15771.14
8	CM TOTAL	-23093.1	12934.22	4654.16
9	CM TOTAL	-36378.56	18475.95	-4306.72
10	CM TOTAL	-27071.39	-29771.85	2475.11
11	CM TOTAL	-14417.82	-9017.27	32070.39
12	CM TOTAL	-11065.27	31924.57	-5.31
13	CM TOTAL	-9232.73	23462.7	5152.53
14	CM TOTAL	-16069.84	32881.73	2287.86
15	CM TOTAL	-23268.73	10958.48	32270.59
16	CM TOTAL	-15313.56	-27256.42	26452.54

Tabla 46 — Carga viva en columna del primer nivel

TABLE: Joint Loads Assignments - Force				
Columna	Tipo de carga	FZ	MX	MY
		kgf	kgf-cm	kgf-cm
1	CV TOTAL	-2617.78	3345.66	-11576.24
2	CV TOTAL	-7362.58	2917.34	-24935.28
3	CV TOTAL	-2637.38	-20642.14	-1342.26
4	CV TOTAL	-8886.99	41150.9	-3845.38
5	CV TOTAL	-17326.85	-871.06	1717.49
6	CV TOTAL	-7779.58	-45206.79	-847.33
7	CV TOTAL	-2970.49	2703.55	6756.6
8	CV TOTAL	-6329.24	6498.54	6880.65
9	CV TOTAL	-10739.27	3317.98	-2323.01
10	CV TOTAL	-6604.45	-12184.57	5027.87
11	CV TOTAL	-1929.05	-3510.97	5730.28
12	CV TOTAL	-1068.29	5112.82	-945.09
13	CV TOTAL	-1023.02	2968.07	316.55
14	CV TOTAL	-2517.62	5977.48	16.51
15	CV TOTAL	-4707.92	1966.78	13072.69
16	CV TOTAL	-2416.15	-8076.15	6780.55

Tabla 47 — Sismo dinámico dirección X

TABLE: Joint Loads Assignments - Force				
Columna	Tipo de carga	FZ	MX	MY
		kgf	kgf-cm	kgf-cm
1	SISDin(X)	-14778.74	85873.55	219640.75
2	SISDin(X)	6237.01	139600.88	447166.2
3	SISDin(X)	64274.38	86288.52	270142.73
4	SISDin(X)	-1117.15	53193.47	260091.34
5	SISDin(X)	-1611.02	80021.27	514341.87
6	SISDin(X)	-5165.92	53207.93	332347.45
7	SISDin(X)	6537.41	40278.75	221637.71
8	SISDin(X)	12142.54	47375.7	232858.59
9	SISDin(X)	838.58	47344.56	218066.22
10	SISDin(X)	-1312.56	49074.73	203798.22
11	SISDin(X)	2164.07	43762.46	187287.98
12	SISDin(X)	-6791.75	61583.64	207589.06
13	SISDin(X)	-11695.24	41456.3	108057.02
14	SISDin(X)	-16254.96	-101948.77	157201.24
15	SISDin(X)	-4108.42	74418.24	172303.92
16	SISDin(X)	-3237.77	57379.05	183826.09

Tabla 48 — Sismo dinámico dirección Y

TABLE: Joint Loads Assignments - Force				
Columna	Tipo de carga	FZ	MX	MY
		kgf	kgf-cm	kgf-cm
1	SISDin(Y)	-48278.56	303162.56	-47814.29
2	SISDin(Y)	3393.7	476224.65	-53958.29
3	SISDin(Y)	-10276.9	297262.01	-42871.21
4	SISDin(Y)	-4943.15	271866.97	-56428.61
5	SISDin(Y)	246.9	410433.22	-61683.53
6	SISDin(Y)	5238.67	271741.69	-53592.3
7	SISDin(Y)	-6083.16	138064.59	-47731.15
8	SISDin(Y)	7134.51	161617.89	-46372.45
9	SISDin(Y)	953.05	153979.54	-26374.25
10	SISDin(Y)	-3942.46	157954.57	-28931.47
11	SISDin(Y)	7033.85	140527.29	-30264.3
12	SISDin(Y)	-11728.35	165135.89	-45918.95
13	SISDin(Y)	-15656.59	59871.97	-43522.82
14	SISDin(Y)	11028.43	54111.65	-32143.38
15	SISDin(Y)	1113.97	150598.97	-20541.7
16	SISDin(Y)	2264.19	121131.58	-26141.58

Con estos resultados se diseñó la cimentación más adecuada para el proyecto, considerando los tipos de cimentación superficial y los resultados de los ensayos geotécnicos de corte directo y compresión triaxial. Obteniéndose como resultado a través del programa SAFE una cimentación con zapatas combinadas y conectadas, que resultan en una propuesta técnico, económica y segura estructuralmente que cumple los requisitos del RNE.

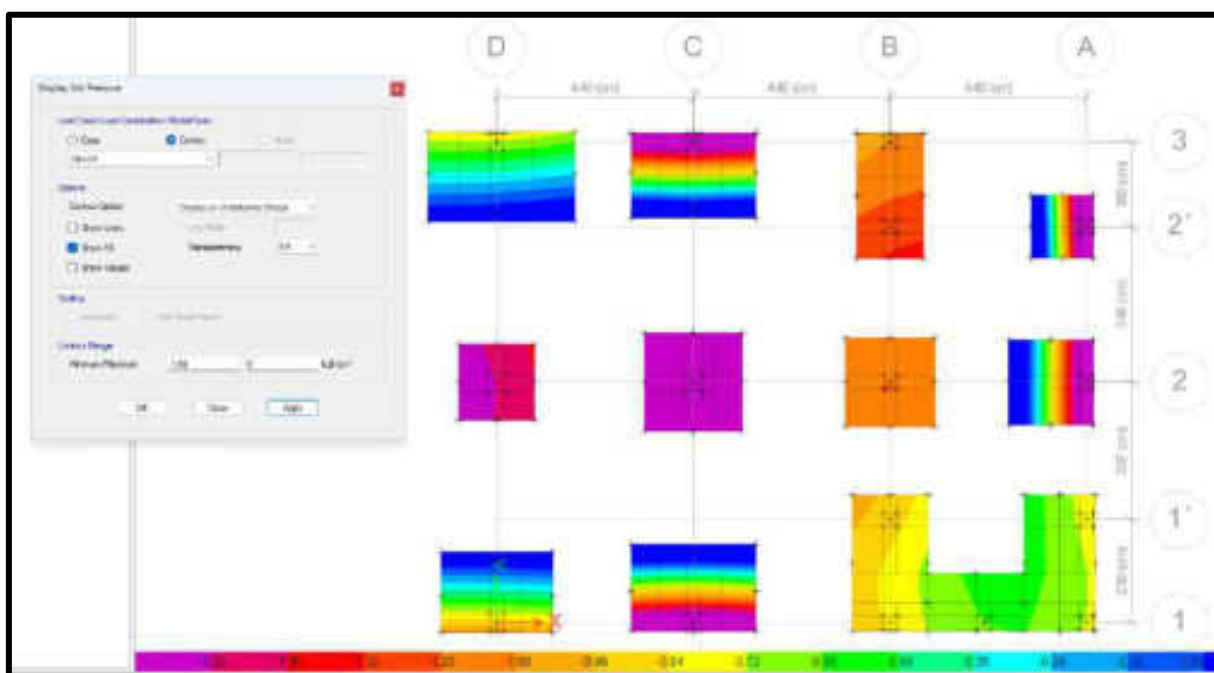


Figura 64 — Diseño de cimentación con zapatas aisladas para la edificación con $Q_{adm} = 1.56 \text{ kg/cm}^2$

Como se aprecia en la figura 64 las presiones admisibles del terreno superan la capacidad admisible más alta obtenida de los ensayos geotécnicos de corte directo y compresión triaxial del terreno = 1.56 kg/cm^2 , debido solamente a las cargas gravitacionales sin considerar cargas sísmicas, en el cual incluso se logra apreciar presiones positivas debido al momento de volteo de las zapatas excéntricas, incurriendo en problemas graves de seguridad de la estructura que no cumple con los requisitos de la norma E.050 Suelos y cimentaciones.

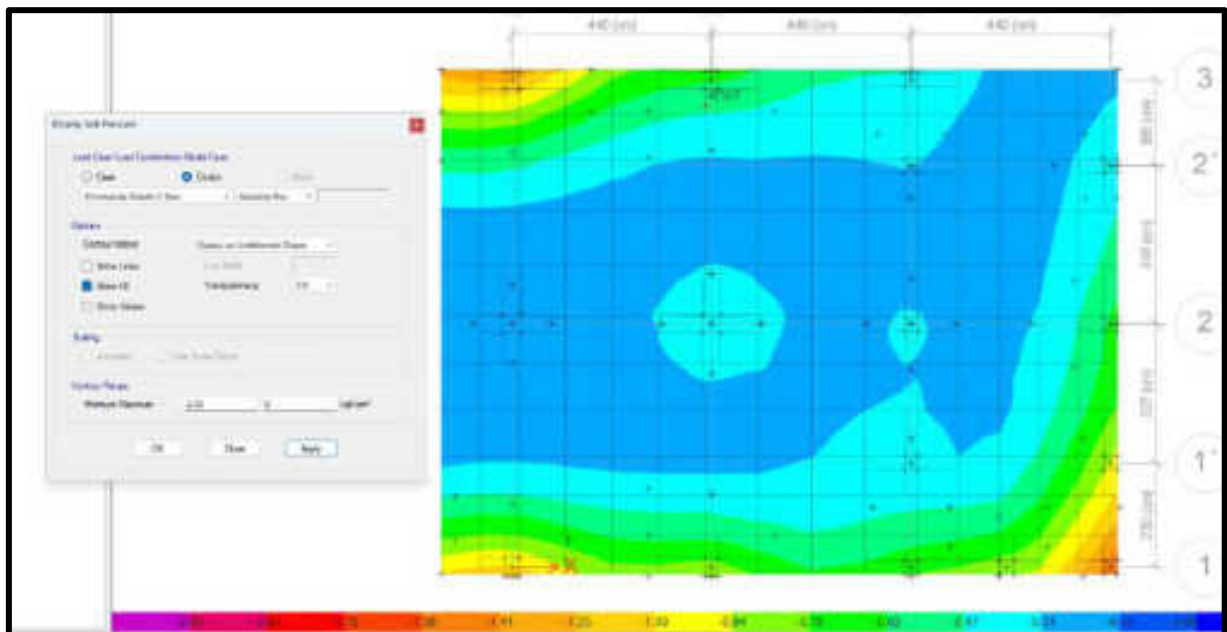


Figura 65 — Diseño de cimentación con losa de cimentación para la edificación con $Q_{adm} = 1.56 \text{ kg/cm}^2$

En la figura 65 se planteó el diseño con losa de cimentación el cual cumple con las combinaciones de carga de la norma E.060 de concreto armado para el diseño por servicio en el cual menciona que la capacidad admisible se puede incrementar en un 30% para casos en los que considere cargas sísmicas, observándose que la presión máxima ejercida por la estructura no supera los 1.2 kg/cm^2 .

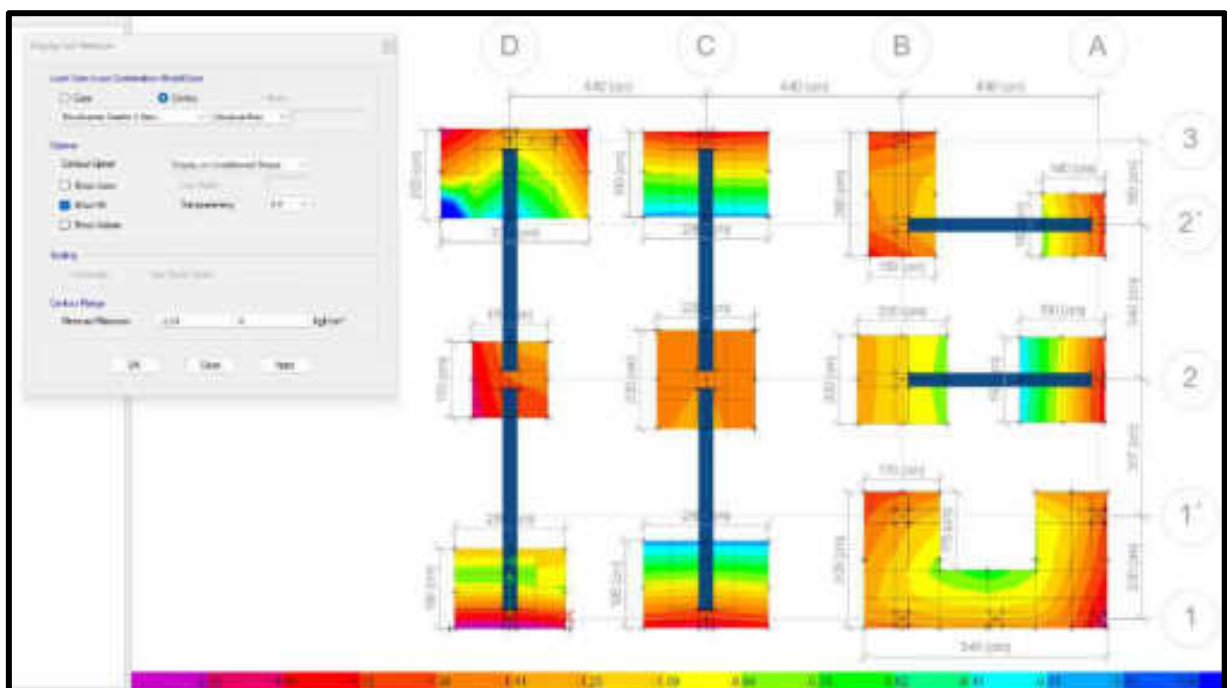


Figura 66 — Diseño de cimentación con zapatas conectadas y combinadas para la edificación con $Q_{adm} = 1.56 \text{ kg/cm}^2$

En la figura 66 se propuso una cimentación con zapatas combinadas y conectadas que cumplen con las combinaciones de cargas establecidas por la norma E.030 de concreto armado teniendo presiones admisibles sobre el terreno menores a la Q_{adm} calculada $= 1.3 \times 1.56 \text{ kg/cm}^2 = 2.03 \text{ kg/cm}^2$, con la cual se hará la evaluación del objetivo principal de esta investigación ya que en este tipo de cimentación se hace más visible los efectos de los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial en el dimensionamiento de cimiento superficial de una edificación.

5.2 Contratación de hipótesis

Determinaremos la contratación de la hipótesis con los resultados obtenidos y calculados siguiendo los procedimientos para la muestra de la hipótesis realizada.

5.2.1 Contratación de la hipótesis general

H₀: Las diferencias obtenidas en los resultados de los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial no afectan significativamente al dimensionamiento de la cimentación superficial de la edificación proyectada en Molinopata – Abancay.

H₁: Las diferencias obtenidas en los resultados de los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial afectan significativamente al dimensionamiento de la cimentación superficial de la edificación proyectada en Molinopata – Abancay.

De los resultados se tienen:

Tabla 49 — Resultados de la dimensión de zapatas a un Df=1.5m

Zapata N°	Dimensión de la zapata (m2)		%VARIACIÓN
	Ensayo de corte directo	Ensayo Triaxial	
1	7.31	6.60	9.71
2	6.60	5.32	19.39
3	5.10	4.20	17.65
4	2.56	1.96	23.44
5	3.24	2.89	10.80
6	5.76	4.84	15.97
7	4.84	4.00	17.36
8	4.40	3.61	17.95
9	5.40	4.25	21.30
10	6.60	5.46	17.27
11	14.63	13.04	10.87
Total	66.44	56.17	15.46

De la tabla N° 49 se evidencia que para un nivel de profundidad de 1.5m y las dimensiones en m² de las zapatas, se obtienen un área total resultado de la suma de dimensiones de las zapatas obtenidos con el ensayo de corte directo igual a 66.44 m² y 56.17 m² con los resultados del ensayo triaxial, resultando en una disminución de 10.27 m² y una variación de 15.46% de la dimensión resultante del ensayo triaxial sobre el corte directo.

Y De acuerdo al resultado de p-valor = 0.010 < 0.05. El análisis estadístico de la U de Mann Whitney indica que el efecto de los resultados de los ensayos de corte directo y triaxial corresponde a una variación significativa en el dimensionamiento de cimiento superficial para una edificación proyectada en Molinopata-Abancay.

Por lo cual, se puede concluir que la hipótesis alternativa es VÁLIDA según los datos obtenidos.

5.2.2 Contrastación de hipótesis específicas

- **Prueba específica 01**

H₀: Las condiciones iniciales y propiedades físicas del suelo no son adecuadas para la realización de los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial destinado al dimensionamiento de cimiento superficial de una edificación proyectada en Molinopata-Abancay.

H₁: Las condiciones iniciales y propiedades físicas del suelo son adecuadas para la realización de los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial destinado al dimensionamiento de cimiento superficial de una edificación proyectada en Molinopata-Abancay.

Las propiedades físicas y mecánicas del terreno en estudio en el sector de Molinopata fueron identificadas y determinadas con los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos cumpliendo con las normas NTP E.050 Suelos y cimentaciones, ASSHTO y SUCS siendo las siguientes para las propiedades físicas se determinó en el laboratorio en el ensayo de granulometría la clasificación del suelo mediante SUCS (NTP 339.128 y NTP 339.134) obteniendo un suelo de tipo CL(suelos arcilloso con baja plasticidad), límites de consistencia (NTP 339.129) donde se obtuvo un límite líquido (LL), límite

plástico (LP) y índice de plasticidad (IP), densidad natural del suelo (ASTM D-1556), densidad relativa, contenido de humedad, y también como propiedades mecánicas se logró obtener los parámetros como son el ángulo de fricción(ϕ) y cohesión(C) con los ensayos de corte directo y compresión triaxial siendo estos las propiedades físicas y mecánicas obtenidos en el estudio del terreno en estudio en el sector de Molinopata con fines de cimentación.

Finalmente, se concluye que la hipótesis específica 1, con respecto a la hipótesis alternativa (H_1), es VÁLIDA.

- **Prueba específica 02:**

H₀: Los parámetros geotécnicos de ángulo de fricción y cohesión obtenidos por los ensayos corte directo y compresión triaxial no presentan diferencias considerables que inciden la capacidad admisible y en el dimensionamiento de los cimientos superficiales para la edificación proyectada en Molinopata-Abancay.

H₁: Los parámetros geotécnicos de ángulo de fricción y cohesión obtenidos por los ensayos corte directo y compresión triaxial presentan diferencias considerables que inciden la capacidad admisible y en el dimensionamiento de los cimientos superficiales para la edificación proyectada en Molinopata-Abancay.

Los parámetros obtenidos del ángulo de fricción (ϕ) y cohesión (C), mediante corte directo y compresión triaxial se lograron obtener resultados como la cohesión (C) del promedio de las cuatro calicatas por corte directo $C=0.210$ kg/cm² y por compresión triaxial $C=0.386$ kg/cm², lográndose observar mayor cohesión de la compresión triaxial que del corte directo con una diferencia $C=0.176$ kg/cm².

Mientras los parámetros obtenidos en el ángulo de fricción (ϕ) fueron para corte directo $\phi = 27.36^\circ$ y para compresión triaxial $\phi = 24.48^\circ$, obteniéndose un ángulo de fricción mayor del corte directo a comparación de la compresión triaxial diferenciándose en $\phi = 2.88^\circ$.

Tabla 50 —Resultado de parámetros geotécnicos de los ensayos de corte directo y compresión triaxial

EQUIPO DE ENSAYO	Df (m)	ANGULO DE FRICCIÓN (°)	COHESIÓN (kg/cm ²)
Corte Directo	1.50	27.36	0.210
Triaxial	1.50	24.48	0.386

Por lo expuesto anteriormente, la hipótesis (H_1) es considerada VÁLIDA.

- **Prueba específica 03:**

H₀: Los valores de la capacidad admisible del suelo, obtenidos a partir de los ensayos de corte directo y compresión triaxial no presenta una variación significativa que afectan al diseño de cimiento superficial para una edificación proyectada en Molinopata – Abancay.

H₁: Los valores de la capacidad admisible del suelo, obtenidos a partir de los ensayos de corte directo y compresión triaxial presenta una variación significativa que afectan al diseño de cimiento superficial para una edificación proyectada en Molinopata – Abancay.

La capacidad admisible del suelo se determinó con los resultados de los parámetros geotécnicos del ángulo de fricción (ϕ°) y cohesión (C) de los ensayos de compresión triaxial y corte directo. Se logró obtener capacidad admisible del suelo por la ecuación general y la norma E.050 suelos y cimentaciones, y se calculó como resultado final el promedio, realizando los mismos procedimientos para ambos ensayos.

La capacidad admisible por compresión triaxial $Q_{amd}(\text{promedio})=1.56 \text{ kg/cm}^2$ y por corte directo $Q_{amd}(\text{promedio})=1.30 \text{ kg/cm}^2$, diferenciándose de $Q_{amd}=0.26 \text{ kg/cm}^2$, obteniéndose una capacidad admisible mayor por el ensayo compresión triaxial a comparación de ensayo de corte directo.

Tabla 51 — Resultado de capacidad admisible de los ensayos de corte directo y compresión triaxial

EQUIPO DE ENSAYO	B (m)	Df (m)	Q adm (promedio) (kg/cm²)
Corte Directo	1.50	1.50	1.30
Triaxial	1.50	1.50	1.56

Por lo tanto, se concluye que la hipótesis específica 3, con respecto a la hipótesis alternativa (H_1), es VÁLIDA

- **Prueba específica 04:**

H₀: El diseño estructural no se realiza en cumplimiento del RNE para el modelado con el software ETABS-SAFE de una edificación de 4 niveles de concreto armado, considerando los resultados de los ensayos de corte directo y compresión triaxial en Molinopata-Abancay.

H₁: El diseño estructural se realiza en cumplimiento del RNE para el modelado con el software ETABS-SAFE de una edificación de 4 niveles de concreto armado, considerando los resultados de los ensayos de corte directo y compresión triaxial en Molinopata-Abancay.

De los resultados obtenidos, de la figura N° 64; muestra que teniendo el diseño estructural óptimo de una edificación y teniendo en cuenta los resultados de los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial, nos permite evaluar eficientemente el tipo y diseño de cimentación adecuada para la edificación proyectada en Molinopata-Abancay las cuales cumplen con la normativa del RNE vigente.

Por lo cual, se concluye que la hipótesis específica 1, con respecto a la hipótesis alternativa (H_1), es VÁLIDA.

5.3 Discusión

5.3.1 Discusión de resultados del objetivo general

De los resultados se obtuvo que para una profundidad de 1.5m el área total del dimensionamiento de cimiento superficial mediante zapatas conectadas y combinadas para una edificación proyectada en Molinopata-Abancay utilizando los datos del ensayo corte directo se obtuvo un área total de 66.44m^2 y 56.17m^2 de dimensión con los resultados del ensayo triaxial, habiendo una diferencia de 10.27m^2 . El cual al ser un diseño singular utilizado para evidenciar la diferencia existente en el área total de las zapatas producto del estudio geotécnico de compresión triaxial y de corte directo, considerando además las cargas de servicio producidas por la superestructura de la edificación.

Estos resultados se pueden contrastarse con estudios similares en el ámbito de los ensayos geotécnicos de corte directo y compresión triaxial para el dimensionamiento del cimiento.

Según el estudio realizado por VILLANUEVA HUAIRA (2023), menciona que las dimensiones de las zapatas superficiales realizadas por el ensayo de compresión triaxial son ligeramente menores al ensayo de corte directo, en su resultado indica que el promedio de la base y longitud de la zapata es $(1.64 \times 2.64 \text{ m})$ y una área promedio de 4.33 m^2 del ensayo de corte directo y para el ensayo triaxial la base y longitud promedio de la zapata es $(1.58 \times 2.37 \text{ m})$ y una área promedio de 3.74 m^2 , lográndose observar una diferencia del área total promedio del dimensionamiento 0.59 m^2 . Lo cual concuerda con nuestra investigación al encontrarse una diferencia en el área total del dimensionamiento de la zapata determinados entre ambos ensayos.

5.3.2 Discusión de resultados del objetivo específico 1

De los resultados se obtuvo la granulometría encontrada pertenece primordialmente a arcillas y limos siendo sus porcentajes de finos mayores al 50%, los límites de consistencia hallados denotan LL menor al 33% lo que indica un IP baja. Lo cual clasifica al suelo según SUCS arcilla de baja plasticidad arenosa, la densidad promedio del suelo insitu $\psi = 1.65 \text{ gr/cm}^3$ y contenido de humedad promedio igual a 12.45%.



El tipo de suelo se puede contrastar con el mapa de tipos de suelo realizado en el 2007 por el INDECI donde señala que la zona de Molinopata corresponde a un suelo predominante de arcillas y gravas, la densidad y contenido de humedad también son contrastables con otro estudio que realizó la misma institución “Estudio de Mapa de Peligros de la Ciudad de Locumba” (INDECI, 2001). En la cual halla como resultados de estudios de suelos: arcilla inorgánica (CL) con una densidad insitu 1.28 gr/cm³ y contenido de humedad 15.11% similares a los resultados de esta investigación.

DE SANTANA, C. Y DO EGITO COSTA, S. (2021) realizaron también los ensayos básicos a sus muestras de suelo, en el cual exponen que la granulometría predominante corresponde a granos finos, en un 72.1%, pero obtienen límites líquidos con porcentajes promedio de 55.8%, por lo cual el tipo de suelo a encontrarse presentará una plasticidad elevada, por lo tanto, se concluyó que el tipo de suelo corresponde a una arcilla con alta plasticidad (CH). En el caso de que el límite líquido hubiera sido menor este hubiese correspondido a arcilla con baja plasticidad (CL). Lo cual, al tratarse de suelos con características similares en ambos estudios, los parámetros físicos guardan relación entre sí.

5.3.3 Discusión de resultados del objetivo específico 2

De acuerdo al objetivo específico 2 de la presente investigación, los datos requeridos determinados mediante pruebas triaxiales y de corte directo, fueron comparados encontrando que dichos parámetros tienen un valor diferente en cada ensayo. En el caso del ángulo de fricción, este resulta ser menor al hallarse mediante el ensayo de triaxial, teniendo un promedio de 24.48° mientras que en corte directo es de 27.36°; mientras tanto, la cohesión resulta ser mayor al trabajarse en el ensayo triaxial, siendo su promedio de 0.386 kg/cm² en comparación al ensayo de corte directo que arroja 0.210 kg/cm² de promedio.

Lo cual se asemeja con lo concluido por CONDORI (2022), quien afirma que la cohesión obtenida mediante el ensayo triaxial es aproximadamente 3 veces mayor que en el ensayo de corte directo y para el caso del ángulo de fricción en este último ensayo es mayor en consideración al hallado por el ensayo triaxial. Esta similitud relativa puede deberse a que ambas investigaciones son ejecutadas con los mismos



ensayos específicos corte directo en condiciones drenadas y ensayo triaxial no consolidado no drenado.

Al igual que VILLANUEVA HUAIRA (2023), quien obtuvo en sus resultados el parámetro del ángulo de fricción mediante los ensayos de corte directo y triaxial una diferencia promedio de 0.85° resultando ser menor el ensayo triaxial al igual que se puede contrastar con esta investigación, mientras para el parámetro de la cohesión una diferencia promedio de 0.05 kg/cm^2 en cuanto a la variación del promedio no es relevante en el diseño.

5.3.4 Discusión de resultados del objetivo específico 3

De acuerdo al objetivo específico 3 de la presente investigación, se obtuvo la capacidad admisible del suelo el cual se calculó para una profundidad de 1.5m con los parámetros geotécnicos por el ensayo de corte directo y el ensayo triaxial; según las ecuaciones de la norma E.050 y la Ecuación general (Meyerhof) obteniendo el promedio de estas, la capacidad admisible utilizando los parámetros de ángulo de fricción y cohesión obtenidos del ensayo triaxial resultó 1.56 kg/cm^2 y utilizando los mismos parámetros del ensayo de corte directo resultó 1.30 kg/cm^2 .

BARAHONA Y CHAMAYA (2023) en su tesis : “Comparación de los parámetros de resistencia al corte determinados por los ensayos geotécnicos de corte directo y triaxial en el suelo de la futura habilitación urbana Fundo Los Mangos en el distrito de Chiclayo, departamento de Lambayeque”, obtuvieron como resultado general que la capacidad portante es mayor al trabajar con el ensayo de compresión triaxial variando estos entre 0.70 y 1.36 kg/cm^2 mientras que, si se trabaja con corte directo, los valores fluctúan de 0.62 a 1.16 kg/cm^2 para suelos arcillosos de baja plasticidad, lo cual concuerda con nuestra investigación donde la capacidad admisible obtenido con el ensayo triaxial es ligeramente mayor que el obtenido por los resultados del ensayo de corte directo.

Sin embargo, SIESQUEN CESPEDES (2022) indica en su resultado la capacidad admisible determinado por el ensayo de corte directo por la ecuación de Terzagui varía de 0.60 - 0.70 kg/cm^2 y para el ensayo triaxial 0.69 - 0.79 kg/cm^2 , en que concluye que la capacidad admisible del ensayo de corte directo es menor al ensayo triaxial,



por lo tanto, el resultado de la capacidad admisible tiene concordancia con esta investigación al obtener en ambos casos la capacidad admisible del corte directo es menor.

5.3.5 Discusión de resultados del objetivo específico 4

De los resultados del objetivo específico 4, se obtuvo un diseño estructural óptimo de la edificación proyectada resultando este en una edificación de pórticos de concreto armado de 4 niveles de una altura total igual a 11.2m; la cual considerando los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y triaxial de los cuales se obtuvo la capacidad portante del suelo 1.30kg/cm^2 y 1.56kg/cm^2 , permitió realizar un óptimo diseño de cimentación para dicha edificación, resultando este en un diseño de cimentación con zapatas combinadas y conectadas que garantizan un equilibrio entre seguridad y economía de la edificación.

JUÁREZ GUTIÉRREZ (2022), en su tesis “Análisis y evaluación de los parámetros geotécnicos del suelo arcilloso para una propuesta de un tipo de cimentación de las edificaciones, en el sector de Amancaes, Abancay, Apurímac, 2022” obtuvo como resultados de su ensayo de compresión triaxial una capacidad admisible igual a 1.37kg/cm^2 , con el que propuso una edificación de 5 niveles y una cimentación mediante zapatas combinadas y conectadas que permitieran transmitir las cargas de la estructura al suelo. Lo cual se asemeja con los resultados de esta investigación ya que para la capacidad portante obtenida se propone un mismo tipo de cimentación.

CARRASCO INFANTE (2024), en su tesis “Propuesta de Cimentación en Suelos Arcillosos Expansivos para Viviendas Unifamiliares en la Expansión Urbana del Anexo Lucmacucho Alto – Sector Lucmacucho, Región de Cajamarca”, obtuvo como resultado, una capacidad admisible del terreno de estudio igual a 1.48kg/cm^2 según el ensayo de corte directo, con lo cual diseñó la cimentación para una edificación de cuatro niveles, utilizando zapatas combinadas y conectadas. Asimismo, propuso una platea de cimentación como alternativa.

Los resultados de esta investigación concuerdan con los resultados obtenidos por CARRASCO (2024) ya que ambos estudios para una capacidad admisible similar proponen un tipo de cimentación mediante zapatas combinadas y conectadas que cumplan los requisitos de seguridad, estabilidad y resistencia estructural.



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Teniendo en cuenta los objetivos de esta investigación general y específicos de esta tesis, se obtuvieron las siguientes conclusiones sobre los efectos de los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial en el dimensionamiento de cimiento superficial para una edificación proyectada en Molinopata – Abancay .

Con respecto al objetivo general, se evidenció como los ensayos geotécnicos de corte directo y triaxial afectan al dimensionamiento de cimiento superficial para una edificación proyectada en Molinopata, donde se aprecia que la dimensión de las zapatas varía desde 9.71% hasta un 23.44% resultando en un dimensionamiento mayor de cimentación si se utilizan los datos de corte directo y un dimensionamiento menor si se utilizan los datos obtenidos del ensayo triaxial.

Con respecto al 1er objetivo específico, se determinaron las propiedades físicas del suelo de fundación donde se realizó la proyección de la edificación en el sector Molinopata donde se realizaron los ensayos de corte directo en condiciones drenadas y compresión triaxial en condiciones no drenadas, en el cual se identificó un tipo de suelo CL según clasificación SUCS, % de finos > 50%, Límite líquido < 33% con un índice de plasticidad bajo, densidad promedio igual a 1.65 gr/cm³ y contenido de humedad promedio igual a 12.45%. Lo cual determino como un tipo de suelo adecuado para la comparación de los ensayos de corte directo y compresión triaxial y la comparación de sus efectos en el dimensionamiento de cimiento superficial para la edificación proyectada en esa localidad.

Con respecto al 2do objetivo específico, Según el ensayo de corte directo, referente a la cohesión, el mínimo es $C=0.200$ kg/cm² de la C-04 y como máximo $C=0.220$ kg/cm² de la C-01, lográndose obtener una cohesión promedio de las cuatro calicatas de $C=0.210$ kg/cm. Y para el ángulo de fricción como mínimo $\phi=26.57^\circ$ de la C-02 y C-04 y como máximo $\phi=28.37^\circ$ de la C-03 donde se logró determinar un ángulo de fricción promedio para las cuatro calicatas de $\phi=27.36^\circ$.



Según el ensayo triaxial, referente a la cohesión se obtuvo como mínimo $C=0.383 \text{ kg/cm}^2$ de la C-03 y como máximo $C=0.390 \text{ kg/cm}^2$ de la C-02, se determinó la cohesión promedio de las cuatro calicatas de $C=0.386 \text{ kg/cm}^2$. Y para el ángulo de fricción por compresión triaxial como como mínimo $\phi=23.82^\circ$ de la C-01 y como máximo $\phi=25.33^\circ$ de la C-03 donde se logró determinar un ángulo de fricción promedio para las cuatro calicatas de $\phi=24.48^\circ$. Esto evidencia una diferencia en el ángulo de fricción igual a 3.12° siendo mayor el obtenido por el ensayo de corte directo y 0.176 kg/cm^2 de diferencia en la cohesión siendo mayor el obtenido por el ensayo triaxial.

Con respecto al 3er objetivo específico, La variación de la capacidad admisible del suelo por los ensayos de corte directo y triaxial, se determinó teniendo en consideración que el tipo de falla es local, no existe presencia de nivel freático y las cargas son verticales.

En el ensayo de corte directo se obtuvo la capacidad admisible por medio de dos métodos, la ecuación de la Norma E.050 suelos y cimentaciones $Q_{adm}=1.28 \text{ kg/cm}^2$ y la ecuación general de Meyerhof $Q_{adm}=1.32 \text{ kg/cm}^2$ para una profundidad de $D_f=1.5 \text{ m}$. Donde se logró determinar la capacidad admisible promedio de ambos métodos dando como resultado para el ensayo de corte directo una capacidad admisible $Q_{adm}(\text{promedio})=1.30 \text{ kg/cm}^2$. En el ensayo de compresión triaxial la capacidad admisible según la ecuación de la Norma E.050 suelos y cimentaciones $Q_{adm}=1.54 \text{ kg/cm}^2$ y la ecuación general de Meyerhof $Q_{adm}=1.57 \text{ kg/cm}^2$ para una profundidad de $D_f=1.5 \text{ m}$, el cual resulto en una capacidad admisible igual a $Q_{adm}(\text{promedio})=1.56 \text{ kg/cm}^2$. Resultando así que la capacidad admisible obtenido a partir del ensayo compresión triaxial es mayor que el ensayo de corte directo, variando en 0.26 kg/cm^2 .

Con respecto al 4to objetivo específico, en conclusión, el diseño estructural óptimo de la edificación proyectada, basado en las consideraciones iniciales de arquitectura y diseño urbanístico, resultó en una edificación de pórticos de concreto armado de 4 niveles con una altura total de 11.2 metros. Al incorporar los resultados de los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y triaxial, los cuales revelaron una capacidad portante del suelo de 1.30 kg/cm^2 y 1.56 kg/cm^2 , se logró un diseño de cimentación óptimo. Este diseño incluyo zapatas combinadas y conectadas que aseguran un equilibrio ideal entre seguridad y economía para la edificación.



6.2 Recomendación

General: Considerando que existe una variación en las dimensiones de cimiento superficial para las edificaciones, según el tipo de ensayo que se elija es recomendable para futuras investigaciones que se analice la interacción mecánica del suelo-estructura, considerando los resultados de los diferentes ensayos de resistencia mecánica de suelos ya que esto puede afectar la vulnerabilidad y economía de la cimentación de las estructuras, lo cual es más evidente en edificaciones de categoría A y B.

Primero: Se recomienda para futuras investigaciones que aborden los estudios de resistencia mecánica de suelos, realizar la caracterización previa del suelo, como también determinar las propiedades físicas de la misma, ya que estos resultados te dan una interpretación más amplia de los datos obtenidos en los ensayos de mecánica de suelos; considerando también que algunos de estos ensayos de mecánica de suelos son solo aplicables a un determinado tipo del mismo, como el ensayo triaxial no consolidado no drenado que según la norma ASTM D 2850 solo se realiza en suelos cohesivos como la arcilla.

Segundo: Siendo que los parámetros de ángulo de fricción y cohesión resultan distintos según las pruebas de compresión mecánicas que se ejecutan en los suelos, es recomendable la realización de estudios correlacionales entre estos parámetros obtenidos con diferentes pruebas de compresión de mecánica de suelos adaptados a la realidad geológica de la región, ya que estos son escasos.

Tercero: La capacidad portante es un parámetro muy importante en el dimensionamiento y diseño de la cimentación de las estructuras, por lo cual se recomienda para futuras investigaciones en esta línea, adoptar los tipos de ensayo mecánico de resistencia que se ajusten más a la realidad del proyecto ya que este dará resultados más precisos de capacidad admisible del terreno.

Cuarto: Siendo los trabajos de investigación escasos en el ámbito estructural y geotécnico en el ámbito local, se recomienda, realizar investigaciones que consideren la confiabilidad de los ensayos geotécnicos como el ensayo de penetración estándar (SPT) o compresión confinada para el dimensionamiento de cimentación de edificaciones en la región.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADANÁQUE GÓMEZ, LLAYLLIN MARICIELO. 2022. *Determinación de la capacidad portante del Suelo de fundación en las manzanas De Rinconada De Piura*. Piura : s.n., 2022. Disponible en: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/renati/964265>

ALBAN GUEVARA, GLADYS PATRICIA, ARGUELLO VERDESOTO, ALEXIS EDUARDO Y MOLINA CASTRO, NELLY ESTHER . 2020. *Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción)*. Recimundo. Disponible en: <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/12442/C-UTB-CEPOS-TIE-000060.pdf?isAllowed=y&sequence=1>

ALVA HURTADO, JORGE E. 2011. *Diseño de Cimentaciones*. Lima : Guzlop, 2011. Disponible en: https://www.jorgealvahurtado.com/files/Diseno_Cimentaciones.pdf

ARIAS, FIDIAS G. 2012. *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica*. Caracas : Episteme, 2012 Disponible en: <https://abacoenred.org/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf-1.pdf>.

AUDEFROY, JHOEL. 2003. *La Problemática de los Desastres en el Hábitat Urbano en América Latina*. Chile : Revista INVI, 2003. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/26474583_La_Problematica_de_los_Desastres_en_el_Habitat_Urbano_en_America_Latina

BETANCOURT VELASQUEZ, ANDREA CAROLINA Y CAVIEDES NIÑO, IVONNE LILIANA. 2018. *Metodología de correlación estadística de un sistema integrado de gestión de la calidad en el sector salud*. 2018. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5604/560459866007/html/>

CABEZAS MEJIA, EDISON DAMIÁN, ANDRADE NARANJO, DIEGO Y TORRES SANTAMARIA, JOHANA. 2018. *Introducción a la Metodología de la Investigación Científica*. Ecuador : Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, 2018. 9789942765444. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/15424> Disponible en: <https://dspace.ucacue.edu.ec/items/281e3c77-07c6-4bcb-9a64-31a0928d2164>.

CÁRDENAS ERAS, JENNIFER SULEY Y ARIAS DUY, KENNY ALEXIS. 2022. *Determinación y análisis de parámetros geomecánicos de suelos granulares determinados por ensayos convencionales aplicando energía con Próctor estándar y modificado*. Cuenca Ecuador : s.n., 2022. Disponible en: <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/11594>

CARRASCO INFANTE, CATALINO. 2024. *Propuesta De Cimentacion En Suelos Arcillosos Expansivos*. Cajamarca : S.N., 2024. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.14074/7414>

CASTILLO CASTILLO, MARÍA FERNANDA. 2017. *Estudio de zonificación en base a la determinación de la capacidad portante del suelo en las cimentaciones de las viviendas del casco urbano de la parroquia la matriz del cantón Patate provincia de Tungurahua*. Proyecto técnico. Ambato, Ecuador : s.n., 2017. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/25755>



CASTRO PALMA, MARCOS JAVIER. 2022. *Análisis Comparativo Entre La Norma Ecuatoriana De La Construcción Nec (2015) Y La Norma Oficial Mexicana (2019), Para El Diseño De Cimentaciones.* Ecuador : S.N., 2022. Disponible en: <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/3605>

CHACON CASTILLO, BRIAN ARTURO . 2023. *Incidencia De La Velocidad De Corte En Los Parámetros De Resistencia Cortante Mediante El Uso Del Ensayo De Corte Directo Y Triaxial Para Suelos Granulares, Arequipa - 2023.* Arequipa : S.N., 2023. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14005/12749>

CHALCO CHÁVEZ, PERCY LUIS Y OLIVOS GARCÍA, CLAUDIA FEBE. 2019. *Estudio geotécnico para el diseño de cimentaciones superficiales en suelo arenoso en el proyecto condominio Oasis, distrito de Paracas-Pisco-Ica-Perú. 2019.* Tesis de pregrado. Lima, Lima, Perú : s.n., 2019. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12727/5488>

COMITÉ TÉCNICOS DE NORMALIZACIÓN PERÚ. 2019. *Norma Técnica Peruana.* Lima : INACAL, 2019. Disponible en: <https://www.inacal.gob.pe/normas>

CORTÉS MENA, JONATHAN G. 2010. *Estudio exploratorio para la determinación del coeficiente de balasto a partir de ensayos en laboratorio para suelos cohesivos.* Costa Rica : s.n., 2010. Disponible en: <https://hdl.handle.net/2238/6149>

CRESPO VILLALAZ, CARLOS. 2004. *Mecánica de Suelos y Cimentaciones.* s.l. : LIMUSA S.A., 2004. ISBN:9681864891.

DAS, BRAJA M. 2011. *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones Séptima edición.* México : Cengage Learning Editores, 2011. ISBN:9876074818239.

DUJISIN QUIROZ, DUSAN. 1974. *Diseño Estructural en General.* ARQHYS, Revista. 2012. España : s.n., 2012. Mecanica de suelos en la ingenieria vial. s.l. : Talleres graficos quiroz, 1974. Disponible en: https://books.google.com.pe/books/about/Mec%C3%A1nica_de_suelos_en_la_ingenier%C3%ADa_vi.html?id=n4n1SAAACAAJ&redir_esc=y

HERNÁNDEZ SAMPIERI, ROBERTO, FERNÁNDEZ COLLADO, CARLOS Y BAPTISTA LUCIO, PILAR. 2014. *Metodología de la Investigación.* México : McGRAW-Hill / interamericana editores, S.A., 2014. ISBN: 9781456223960.

HERRERA HERBERT, JUAN Y CASTILLA GÓMEZ, JORGE. 2012. *Utilización de técnicas de sondeos en estudios geotécnicos.* Madrid : s.n., 2012. Disponible en: <https://doi.org/10.20868/UPM.book.10517>

JUÁREZ GUTIÉRREZ, YOULD. 2022. *Análisis y evaluación de los parámetros geotécnicos del suelo arcillosos para una propuesta de un tipo de cimentación de las edificaciones, en el sector de Amancaes, Abancay, Apurímac, 2022.* Tesis de investigación. Abancay : s.n., 2022. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14512/465>

LUNA MONTEJO, IRAM ABEL. 2023. *Diseño de investigación para el estudio del diseño de cimentaciones superficiales en edificios de 5 o más niveles en ciudad de Guatemala de acuerdo con la Norma AGIES NSE 2 2018.* Guatemala : s.n., 2023. Disponible en : <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/18742>



MARTÍNEZ GUAQUIRE, GLORIA EPIFANÍA Y PEREIRA GUEVARA, YERIMAR JOSEFINA. 2010. *Importancia del estudio de suelo para la determinación de fundaciones en obras civiles*. Monografía de grado. Barcelona, Venezuela : s.n., Abril de 2010. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/293324362/Tesis-Estudio-de-Suelo>

MEDINA ROMERO, MIGUEL ANGEL, Y OTROS. 2023. *Metodología de la investigación: Técnicas e instrumentos de investigación*. Puno : Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú, 2023. 978-612-5069-70-2. Disponible en: <https://doi.org/10.35622/inudi.b.080>

MEDRANO TORRES, JOSE ALFREDO. 2023. *Optimización y mejoramiento en el diseño de cimentaciones, de acuerdo al análisis*. Colombia : s.n., 2023.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. 2016. *Manual De Ensayo De Materiales. 2016*. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10495/34045>

MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. 2020. NORMA E.050 SUELOS Y CIMENTACIONES. Lima : Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción – SENCICO, 2020. ISBN: 9786124842733.

MONTES DE OCA MARTÍNEZ, CHRISTOFHER ÁNGEL. 2009. *Análisis geotécnico y propuesta de cimentación para el hospital Starmédica, en el Edo. México*. Tesis de pregrado. México D.F : s.n., 2009. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14330/TES01000650562>

NIJ PATZAN, JESER ESAU DE JESUS. 2009. *Guía Práctica Para El Cálculo De Capacidad De Carga En Cimentaciones Superficiales, Losas De Cimentación, Pilotes Y Pilas Perforadas*. Guatemala : S.N., 2009. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/81100641/Calculo-Capacidad-de-Carga-Cimentaciones-Superficiales>

NORMA E. 030 DISEÑO SISMORRESISTENTE - REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES. 2020. Lima : S.N., 2020. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>

PAJUELO BARRERA, ARMANDO NEMESIO. 2018. *Diseño geotécnico de la cimentación del mercado modelo Villas De Ancon Distrito de Ancón*. Tesis de pregrado. Lima : s.n., 2018. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12727/4080>

PALELLA STRACUZZI, SANTA Y MARTINS PESTANA, FELIBERTO. 2012. *Metodología de la Investigación Cuantitativa*. Venezuela : Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador, 2012. ISBN:9802734454.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ. Escuela de Posgrado :: Ruta del Tesista. Disponible en : <https://capacitacionesweb.pucp.edu.pe/posgrado/>. [En línea]

QI, YANLI, ET AL. 2021. *Study on the Mechanical Properties of Red Clay under Drying-Wetting Cycles*. China : s.n., 2021. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1155/2021/8665167>



REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES. 2020. NORMA E.050 SUELOS Y CIMENTACIONES. Lima : SENCICO, 2020. ISBN:9786124842733.

REY AMBULUDÍ, IVÁN MARCELO. 2019. *Comparación de los parámetros de resistencia al corte con muestras inalteradas y remoldeadas en el ensayo Triaxial UU en diferentes tipos de suelos.* Loja : s.n., 2019. Disponible en: <https://bibliotecautpl.utpl.edu.ec/cgi-bin/abnetclwo?ACC=DOSEARCH&xsqf99=121150>.TITN.

RODRÍGUEZ SERQUÉN, WILLIAM. 2020. *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica Suelos y Cimentaciones.* 2020.ISBN:9876074818239.Disponible en: www.academia.edu/43675693/INGENIERÍA_GEOTÉCNICA_2020_Suelos_y_Cimentaciones

ROSALES BERMÚDEZ, RODOLFO. 2007. *Variación de la cohesión y ángulo de fricción interna obtenidos por los ensayos de corte directo y triaxial con materiales franulares y arcillosos.* Trabajo de graduación. Guatemala : s.n., 2007.Disponible en: <https://biblioglifos.ingenieria.usac.edu.gt/opac/record/7787>

SACRAVILCA LADERA, MÓNICA. 2024. *Análisis Geotécnico para determinar la Capacidad Soporte de Subrasante en el Diseño de Pavimentos Rígidos en el AA. HH. Keiko Fujimori-Distrito de Ventanilla.* Lima : s.n., 2024.Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.13084/8896>

SANCHEZ ARROYO, ISAAC JOB. 2019. *Estudio geotécnico para el diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares en el centro poblado de Huamanmarca.* Tesis de pregrado. Huancayo, Huancayo, Perú : s.n., 2019.Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12894/5045>

SEGUNDO ILLATOPA, GODOFREDO ALEX. 2022. *Propuesta de dimensionamiento de cimentaciones para la zona de expansión urbana, en el centro poblado huancahuasi, del distrito de Ambo-2021.* Huanuco : s.n., 2022.Disponible en: <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/3500>

SIESQUEN CÉSPEDES, KEVIN JOEL. 2022. *Análisis de la variación de la capacidad de carga mediante ensayos geotécnicos de corte directo y triaxial, en la Urb. Monterrico VI etapa, distrito de Chiclayo.* Chiclayo : s.n., 2022.Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12867/6605>

SOSA CORI, EDWARD HENRY. 2021. *Análisis geotécnico aplicado al diseño de cimentaciones superficiales en viviendas unifamiliares en la zona alta del centro poblado de Jancao del distrito de Amarilis, Huánuco 2020.* Huanuco : s.n., 2021. Disponible en: <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/3233>

TAMAYO Y TAMAYO, MARIO. 2007. *El proceso de la investigación científica.* México : LIMUSA S.A., 2007.ISBN: 9681858727.

TERZAGUI, KARL Y PECK, RALPH. 1973. *Mecánica de Suelos en la Ingeniería Practica.* Barcelona : El ateneo, 1973.ISBN:84-7021-020-3



TIPÁN ERAZO, CÉSAR ALEXIS Y VILLACÍZ NÚÑEZ, ESTEBAN DARÍO. *Diseño de cimentaciones aisladas y losas de cimentación.* Ecuador : s.n., 2022. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22209>

VALERIO SALAS, OSCAR. 2011. *Ensayos triaxiales para suelos.* Costa Rica : UCR, Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME), 2011. Disponible en : <https://doi.org/10.15517/mym.v1i1.8391>

VILELA SANCHEZ, AMERICA JAZMIN. 2020. *Diseño De Zapata Aislada Central, Excéntrica, Esquinera.* Ecuador : s.n., 2020. Disponible en: <https://repositorio.utmachala.edu>.

VILLANUEVA HUAIRA, KELLY ESTEFANI Y CHIPANA DE LA CRUZ, KENYI. 2023. *Influencia de los parámetros geotécnicos obtenidos a través de ensayos corte directo y triaxial en el diseño de estructuras de cimentaciones superficiales en suelos arenoso-limosos.* Lima : s.n., 2023. Disponible en : <http://hdl.handle.net/10757/670317>

YEPES PIQUERA, VICTOR 2020. *Cimentación superficial – El blog de Víctor Yepes. El blog de Víctor Yepes – Ingeniería Civil, universidad, investigación, docencia.* [En línea] [Citado el: 08 de 05 de 2023.] Disponible en: <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/cimentacion-superficial/>



ANEXOS



Tabla 52 — Matriz de consistencia

Título: Efectos de los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial en el dimensionamiento de cimiento superficial para una edificación proyectada en Molinopata - Abancay							
TIPO	PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO Y TÉCNICAS
	Problema General	Objetivo General	Hipótesis General				
GENERAL	¿Los resultados de los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial afectan significativamente al dimensionamiento de cimiento superficial para una edificación proyectada en Molinopata – Abancay?	Evaluar como los resultados ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial afectan al dimensionamiento de cimiento superficial para una edificación proyectada en Molinopata – Abancay	Las diferencias obtenidas en los resultados de los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial afectan significativamente al dimensionamiento de la cimentación superficial de la edificación proyectada en Molinopata – Abancay	VARIABLE INDEPENDIENTE 1: Ensayo de corte directo	Condiciones iniciales	Densidad del suelo	Tipo de Investigación: Aplicada
						Tipo de suelo	
ESPECÍFICO 1	¿Cuáles son las condiciones iniciales y propiedades físicas del suelo para la realización de los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial destinado al dimensionamiento de cimiento superficial de una edificación proyectada en Molinopata-Abancay?	Determinar las condiciones iniciales y propiedades físicas del suelo para la realización de los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial destinado al dimensionamiento de cimiento superficial de una edificación proyectada en Molinopata-Abancay.	Las condiciones iniciales y propiedades físicas del suelo son adecuadas para la realización de los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial destinado al dimensionamiento de cimiento superficial de una edificación proyectada en Molinopata-Abancay.		Propiedades físicas del suelo	Contenido de humedad	
						Límites de Atterberg	
ESPECÍFICO 2	¿En qué medida se diferencian los parámetros geotécnicos de ángulo de fricción y cohesión obtenidos con los ensayos de resistencia de corte directo y compresión triaxial utilizados para el dimensionamiento de cimiento superficial de una edificación proyectada en Molinopata-Abancay?	Determinar en qué medida se diferencian los parámetros de ángulo de fricción y cohesión obtenidos con los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial utilizados para el dimensionamiento de cimiento superficial de una edificación proyectada en Molinopata-Abancay.	Los parámetros geotécnicos de ángulo de fricción y cohesión obtenidos por los ensayos corte directo y compresión triaxial presentan diferencias considerables que inciden la capacidad admisible y en el dimensionamiento de los cimientos superficiales para la edificación proyectada en Molinopata-Abancay.	VARIABLE INDEPENDIENTE 2: Ensayo de compresión triaxial	Parámetros geotécnicos	Ángulo de fricción	Diseño de investigación: Experimental
						Cohesión	

	Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO Y TÉCNICAS
ESPECÍFICO 3	¿En qué medida varían los valores de la capacidad admisible del suelo obtenido a partir de los ensayos de corte directo y compresión triaxial para el dimensionamiento de un cimiento superficial de una edificación proyectada en Molinopata – Abancay?	Determinar en qué medida varían los valores de la capacidad admisible del suelo, obtenidos a partir de los ensayos de corte directo y compresión triaxial utilizados en el diseño de cimentación superficial para una edificación proyectada en Molinopata – Abancay.	Los valores de la capacidad admisible del suelo, obtenidos a partir de los ensayos de corte directo y compresión triaxial presenta una variación significativa que afectan al diseño de cimiento superficial para una edificación proyectada en Molinopata – Abancay.	VARIABLE DEPENDIENTE: CIMIENTO SUPERFICIAL	Tipo de cimentación	Profundidad de desplante	Población: La población está constituida por los suelos característicamente arcillosos del centro poblado de Molinopata, perteneciente al distrito de Abancay, provincia de Abancay, departamento de Apurímac.
						Ancho de cimentación	
						Cargas de servicio	
ESPECÍFICO 4	¿Cuál es el diseño estructural según el RNE para el modelado con los softwares ETABS y SAFE de una edificación de 4 niveles de concreto armado considerando los resultados de los ensayos de corte directo y compresión triaxial en Molinopata-Abancay?	Determinar el diseño estructural según el RNE para el modelado con el software ETABS-SAFE de una edificación de 4 niveles de concreto armado, considerando los resultados de los ensayos de corte directo y compresión triaxial en Molinopata-Abancay.	El diseño estructural se realiza en cumplimiento del RNE para el modelado con el software ETABS-SAFE de una edificación de 4 niveles de concreto armado, considerando los resultados de los ensayos de corte directo y compresión triaxial en Molinopata-Abancay.		Diseño estructural de la edificación	Cargas de servicio	Muestra: La muestra de estudio es finita y está representada por un área de terreno habilitado de 234.14 m² destinado a la futura construcción de una edificación multifamiliar ubicada en el sector de Villa Unión del centro poblado de Molinopata, distrito de Abancay, provincia de Abancay, departamento de Apurímac. El número de puntos de exploración para determinar la caracterización del suelo fueron cuatro calicatas para los ensayos geotécnicos de la investigación según lo establecido dentro del Reglamento Nacional de Edificaciones E 0.50., suficientes para cubrir la zona del proyecto y alcanzar los objetivos de la investigación.
						Altura y configuración de la estructura	
						Distribución de columnas y muros	
					Parámetros geomecánicos	Capacidad portante	Técnicas: Observación directa, revisión documental, ensayos y pruebas de laboratorio.
						Peso específico del suelo	



Figura 67 — Plano de ubicación de calicatas en el sector de Villa Unión-Molinopata



Figura 68 — Estudio de mecánica de suelos con fines de cimentación

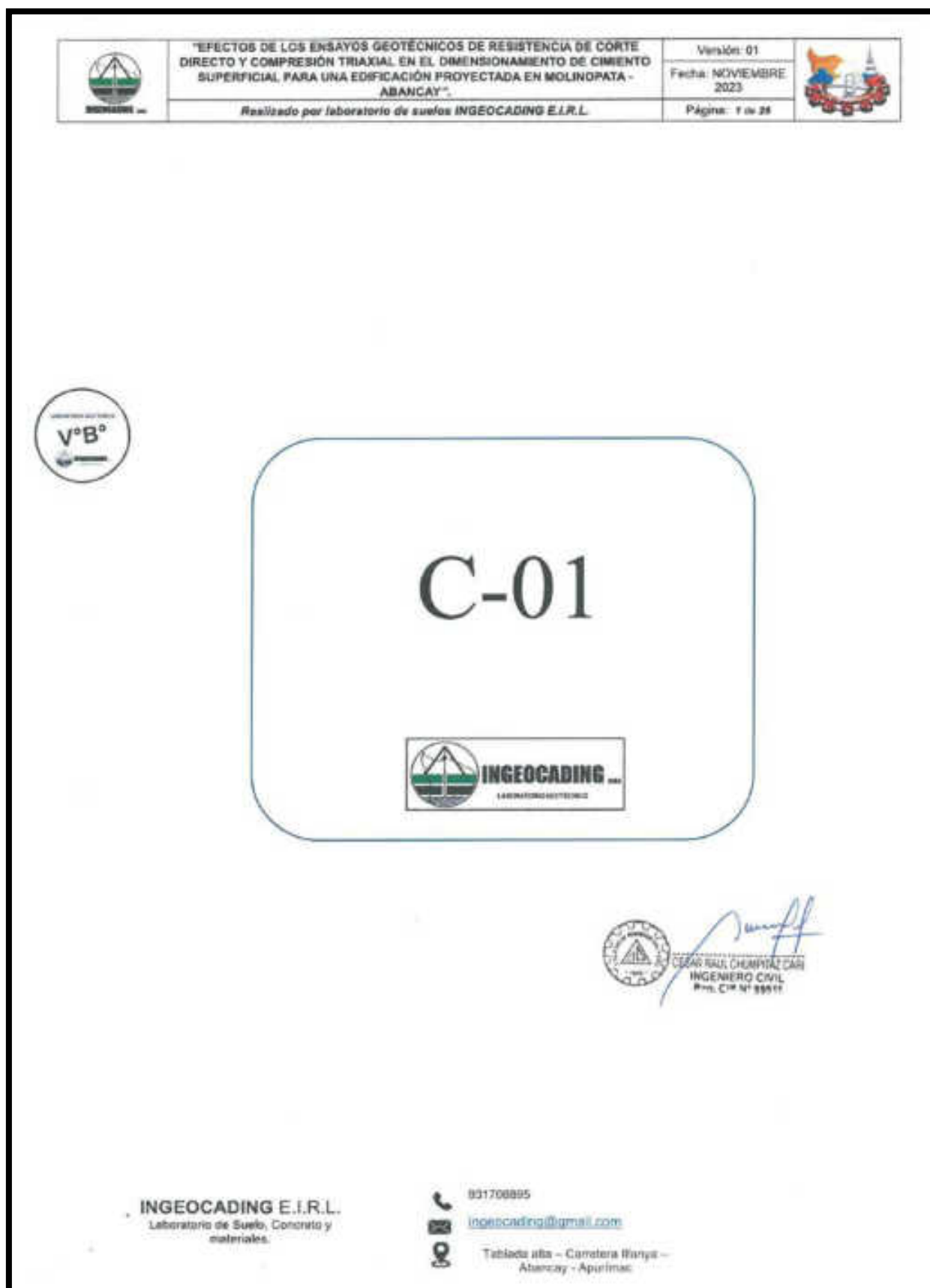
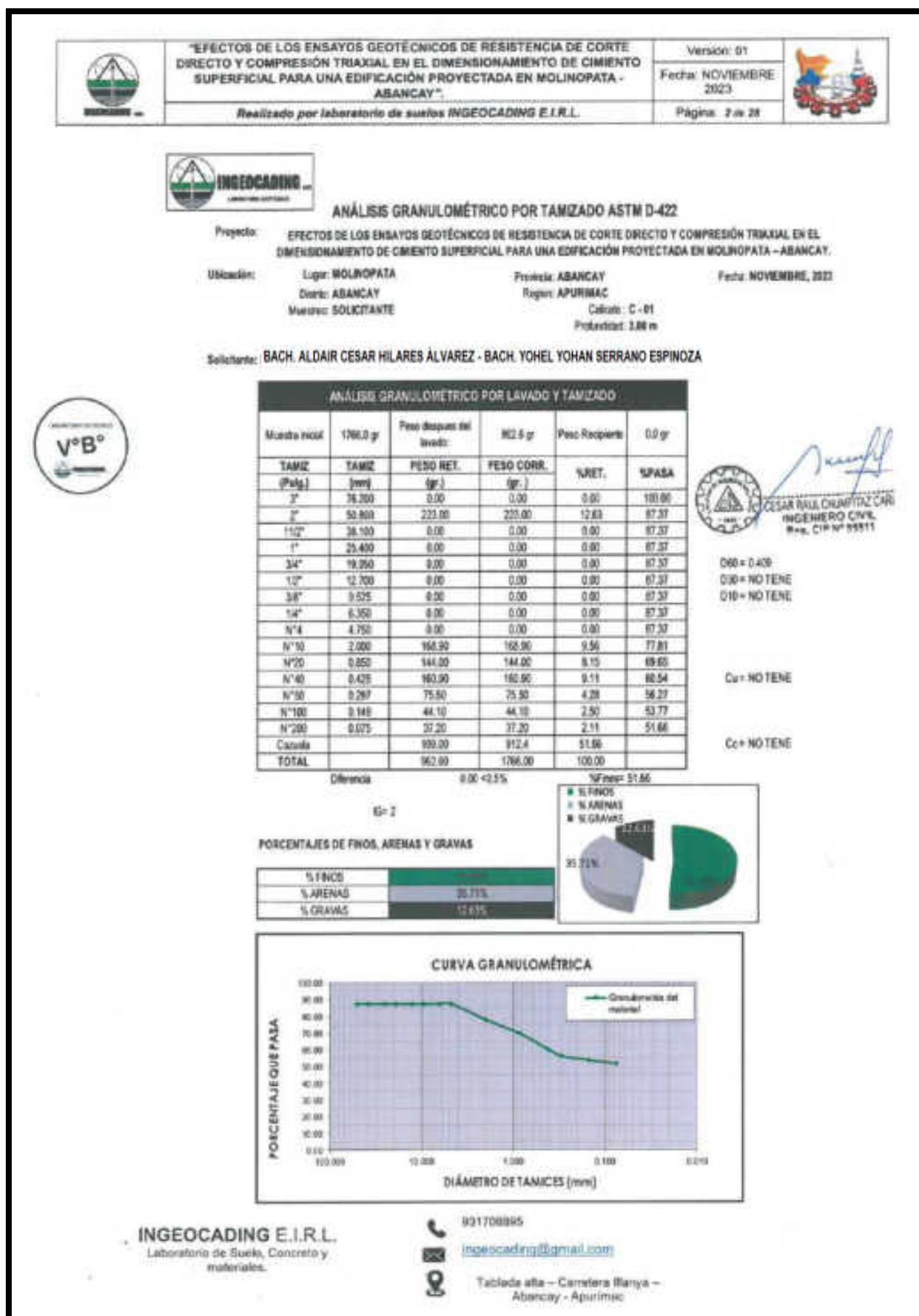


Figura 69 — Estudio de mecánica de suelos de la calicata 01



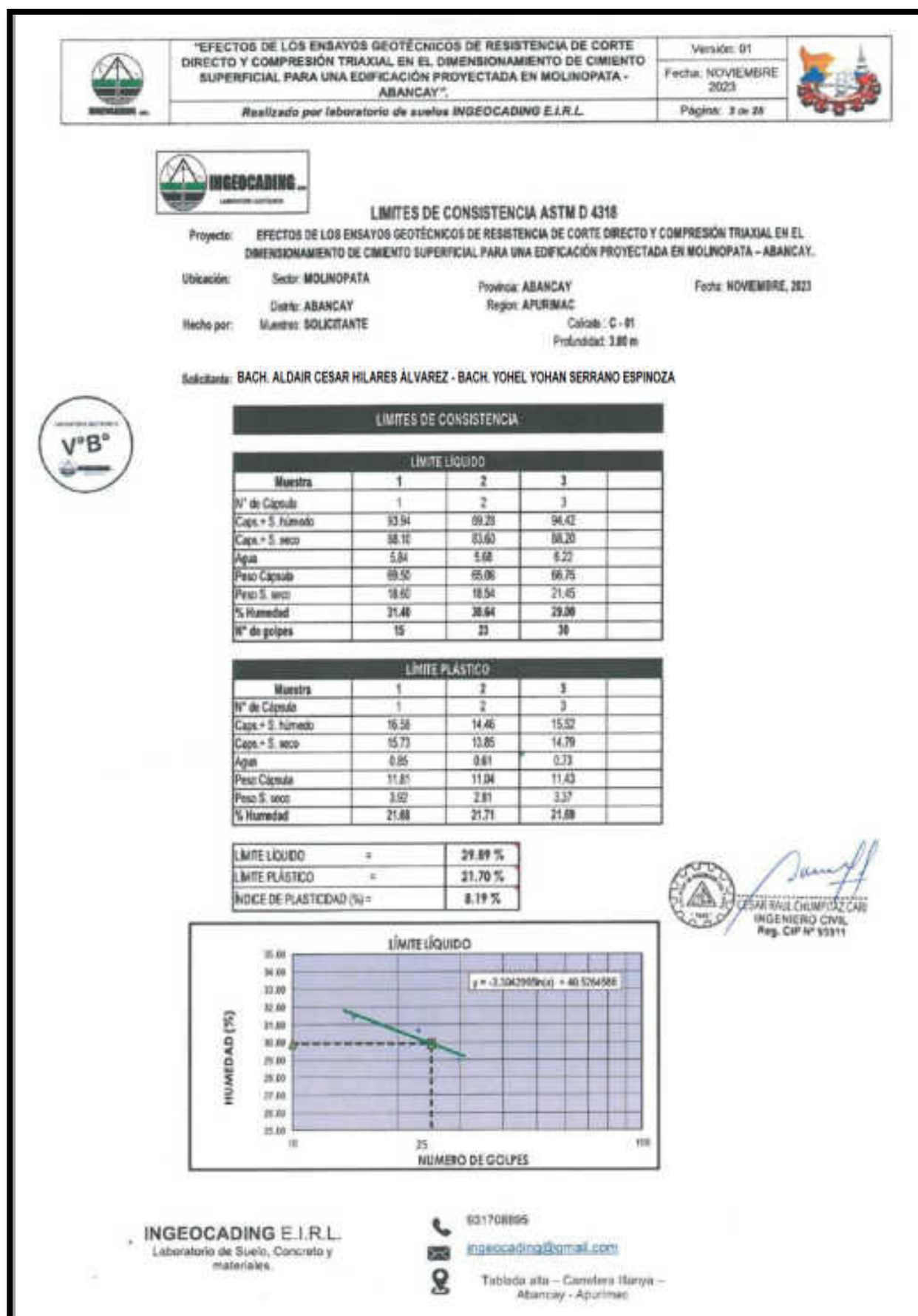


Figura 71 — Límite de consistencia ASTM D 4318 de la calicata 01.

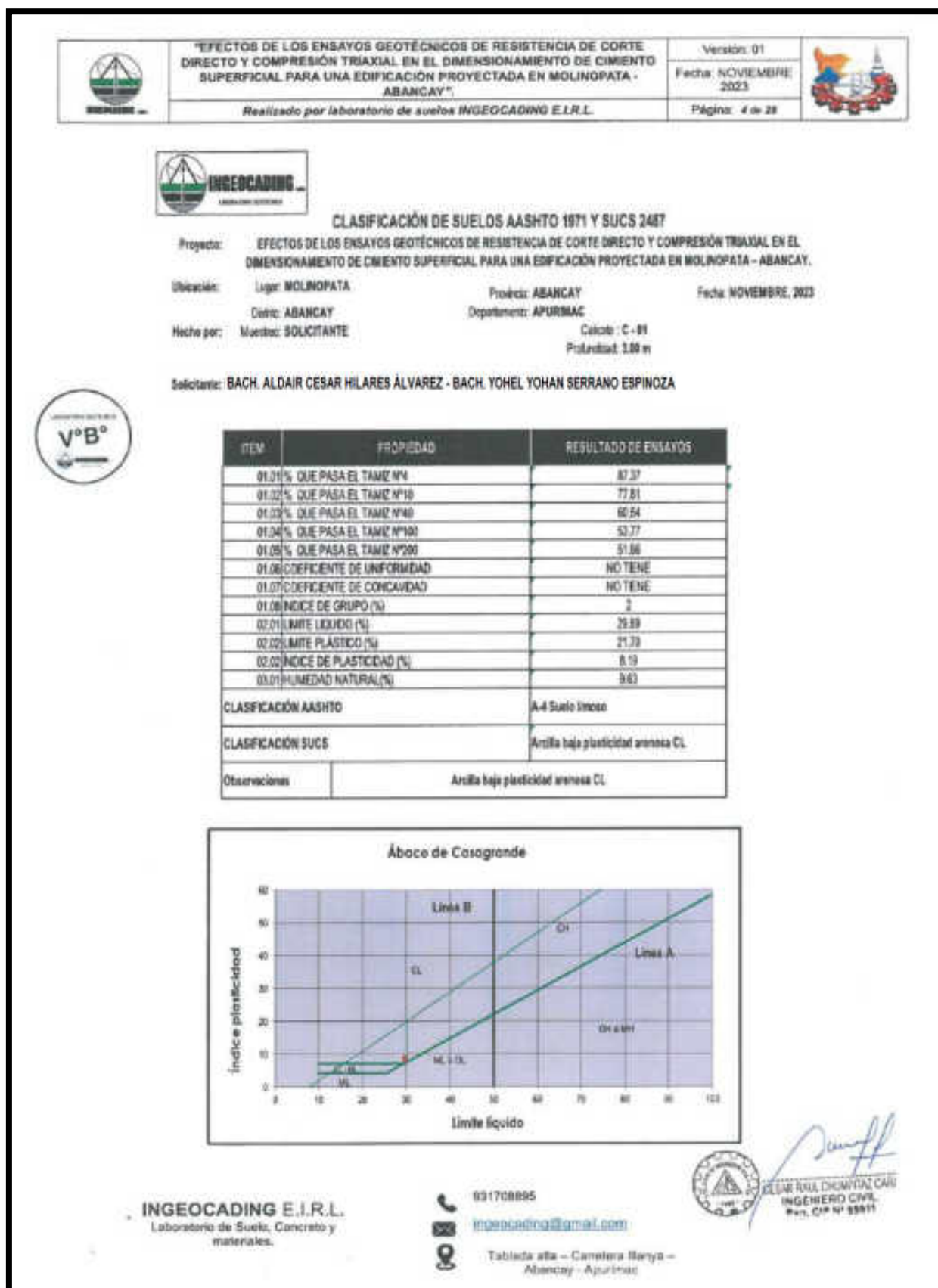


Figura 72 — Clasificación del suelo mediante AASHTO y SUCS de la calicata 01.

	"EFECTOS DE LOS ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE RESISTENCIA DE CORTE DIRECTO Y COMPRESIÓN TRIAXIAL EN EL DIMENSIONAMIENTO DE CEMENTO SUPERFICIAL PARA UNA EDIFICACIÓN PROYECTADA EN MOLINOPATA - ABANCAY"	Versión: 01 Fecha: NOVIEMBRE 2023 Página: 5 de 28
Realizado por laboratorio de suelos INGEACADINO E.I.R.L.		



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D 2216 DENSIDAD IN SITU CONO DE ARENA ASTM D-1556



Proyecto: EFECTOS DE LOS ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE RESISTENCIA DE CORTE DIRECTO Y COMPRESIÓN TRIAXIAL EN EL DIMENSIONAMIENTO DE CEMENTO SUPERFICIAL PARA UNA EDIFICACIÓN PROYECTADA EN MOLINOPATA - ABANCAY.

Ubicación: Sector MOLINOPATA Provincia ABANCAY Fecha: NOVIEMBRE, 2023
 Distrito: ABANCAY Región APURÍMAC
 Hecho por: Muestra: SOLICITANTE Calaza: C-01
 Profundidad: 3.00 m

Solicitante: BACH. ALDAIR CESAR HILARES ÁLVAREZ - BACH. YOHEL YOHAN SERRANO ESPINOZA



CONTENIDO DE HUMEDAD		
ENSAYO	1	
Cápsula N°	1	
Peso suelo húmedo + cápsula	256.12	
Peso suelo seco + cápsula	241.34	
Peso del agua	14.78	
Peso de la cápsula	37.86	
Peso neto del suelo seco	193.48	
% de Humedad	9.83	

w (%) Promedio =	9.83
------------------	------





DETERMINACIÓN DE DENSIDAD DE CAMPO		
Tipo de arena utilizada: Casera (Pluvial)		
Peso Unitario de la Arena: 1.48 g/cm ³		
DATOS DEL ENSAYO		
MUESTRA	1	
DENSIDAD N°	1	
PROFUNDIDAD (m)	0.00 - 3.00	
1 PESO DEL FRASCO + ARENA	(g)	7687
2 PESO DEL FRASCO + ARENA QUE QUEDA	(g)	4445
3 PESO DE LA ARENA EMPLEADA	(g)	3242
4 PESO DE ARENA EN EL CONO	(g)	1675
5 PESO DE LA ARENA EN LA EXCAVACION	(g)	1567
6 DENSIDAD DE LA ARENA	(g/cm ³)	1.45
7 VOLUMEN DEL MATERIAL EXTRAÍDO	(cm ³)	1081
8 PESO DEL RECIPIENTE + SUELO + GRAVA	(g)	2024
9 PESO DEL RECIPIENTE	(g)	0
10 PESO DEL SUELO + GRAVA	(g)	2024
11 DENSIDAD HUMEDA	(g/cm ³)	1.87
12 HUMEDAD	%	9.83
13 DENSIDAD SECA	(g/cm ³)	1.71

DENSIDAD NATURAL

$$\gamma_{natural} = \frac{w}{V_h}$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_{humeda}}{(1 + w)}$$

γ _{natural} =	1.87 g/cm ³
γ _d =	1.71 g/cm ³

NOTA: Muestra extraída y obtenida de la calicata.



INGEACADINO E.I.R.L.
Laboratorio de Suelo, Concreto y materiales.

931708895
 ingeocadino@gmail.com
 Tablada 5ta - Carretera Ilaya - Abancay - Apurímac

Figura 73 — Contenido de humedad ASTM D 2216 y determinación de densidad de campo ASTM D 1556 de la calicata 01

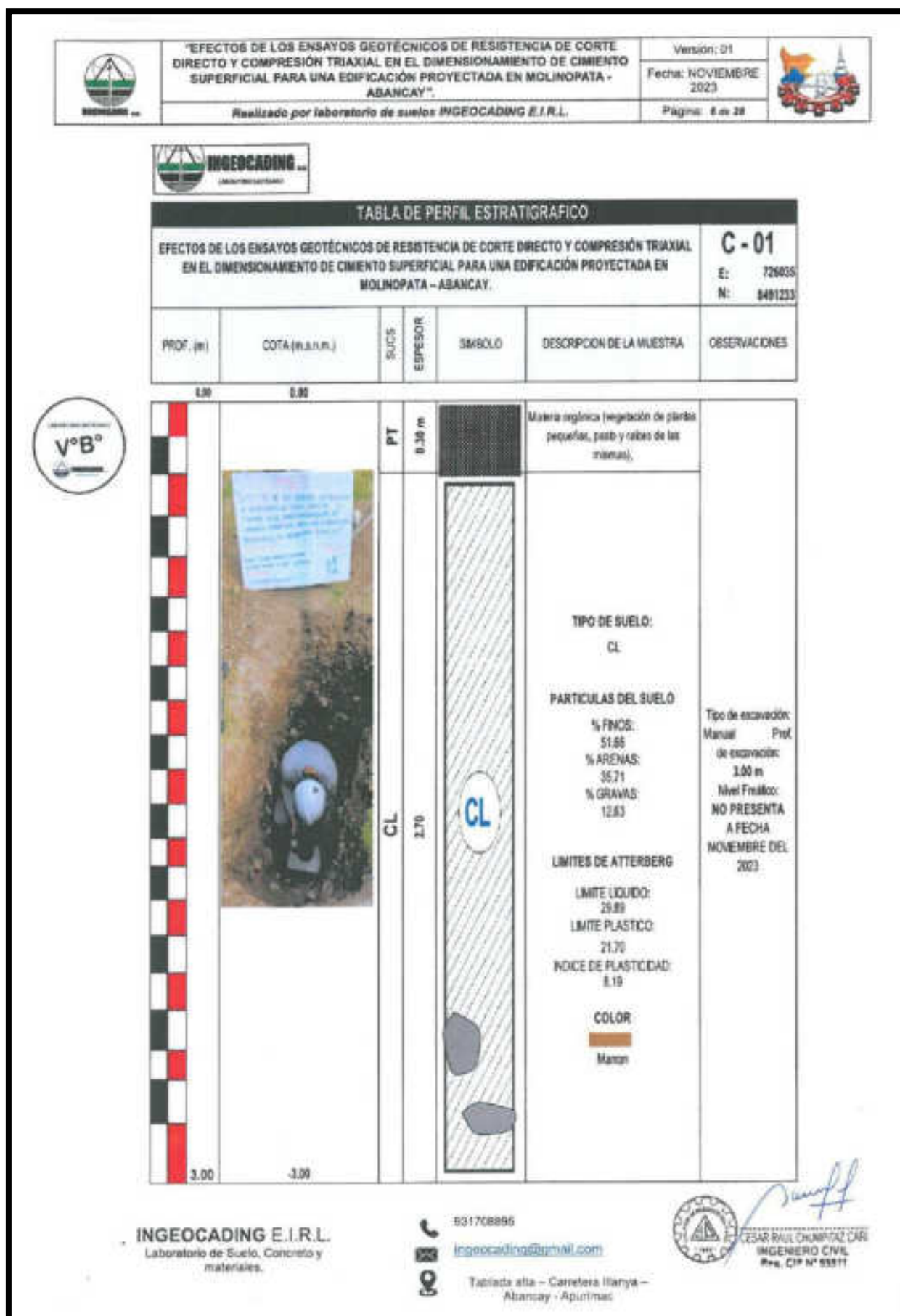


Figura 74 — Perfil estratigráfico de la calicata 01

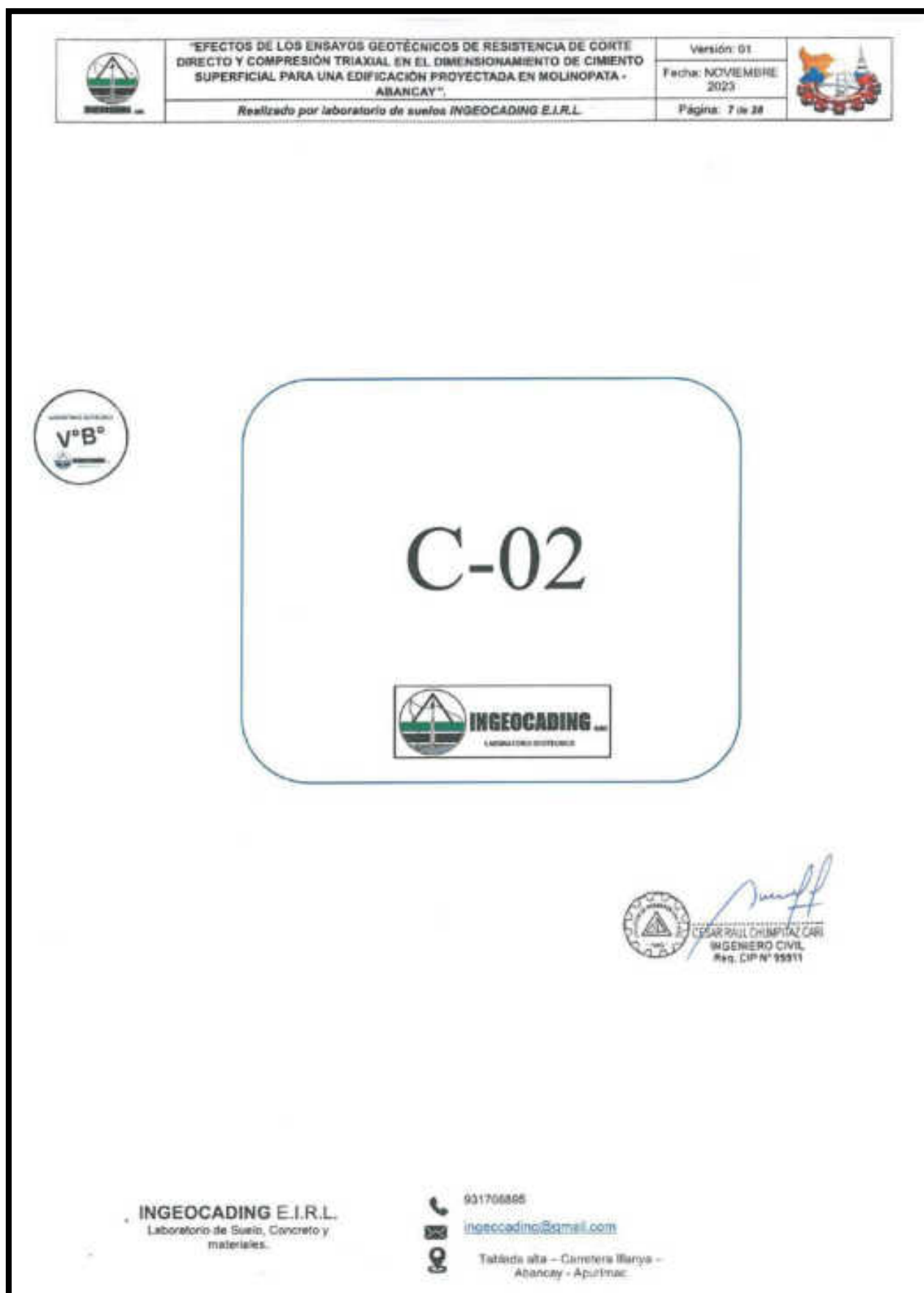


Figura 75 — Estudio de mecánica de suelos de la calicata 02

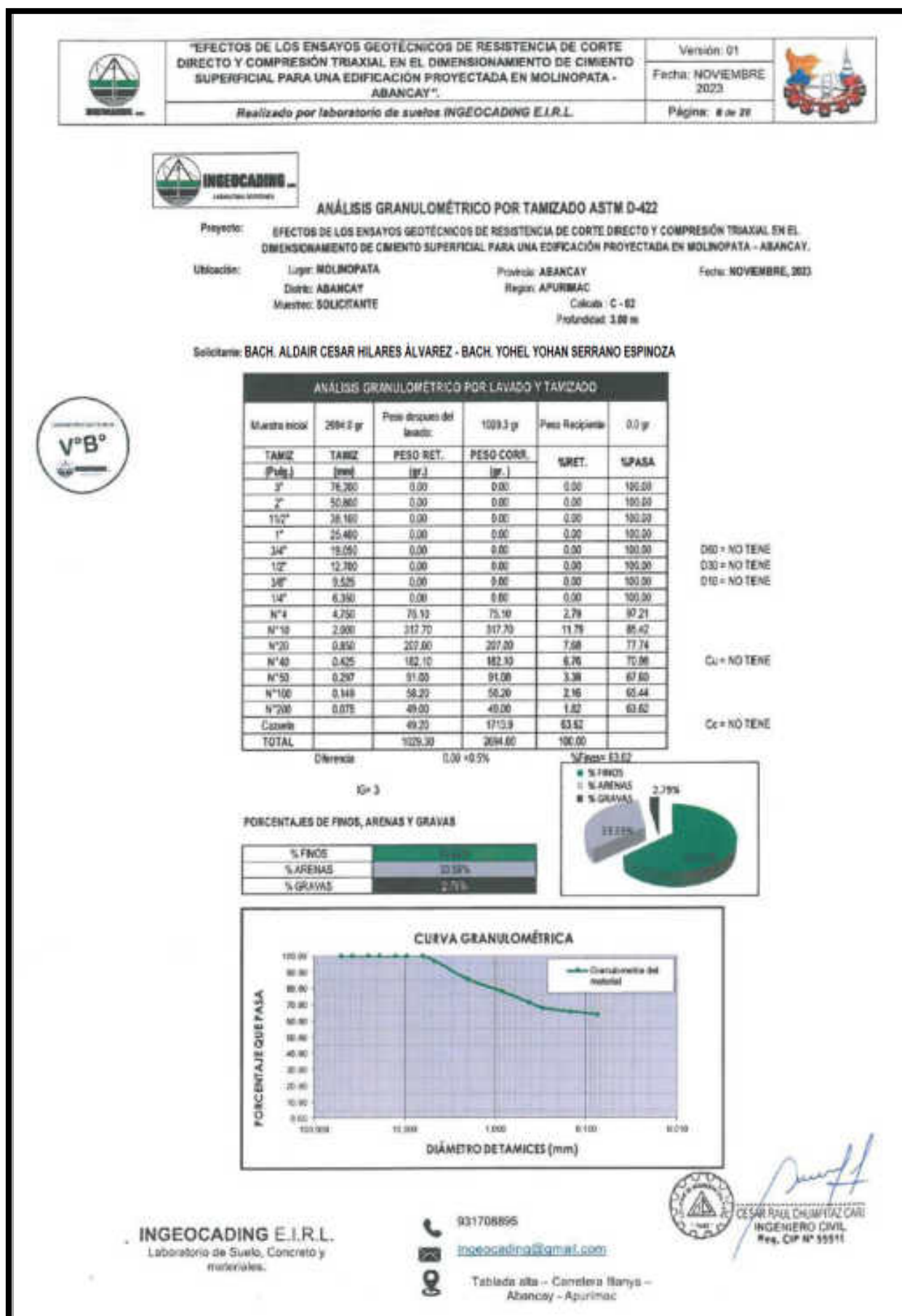


Figura 76 — Análisis granulométrico ASTM D 422 de la calicata 02.

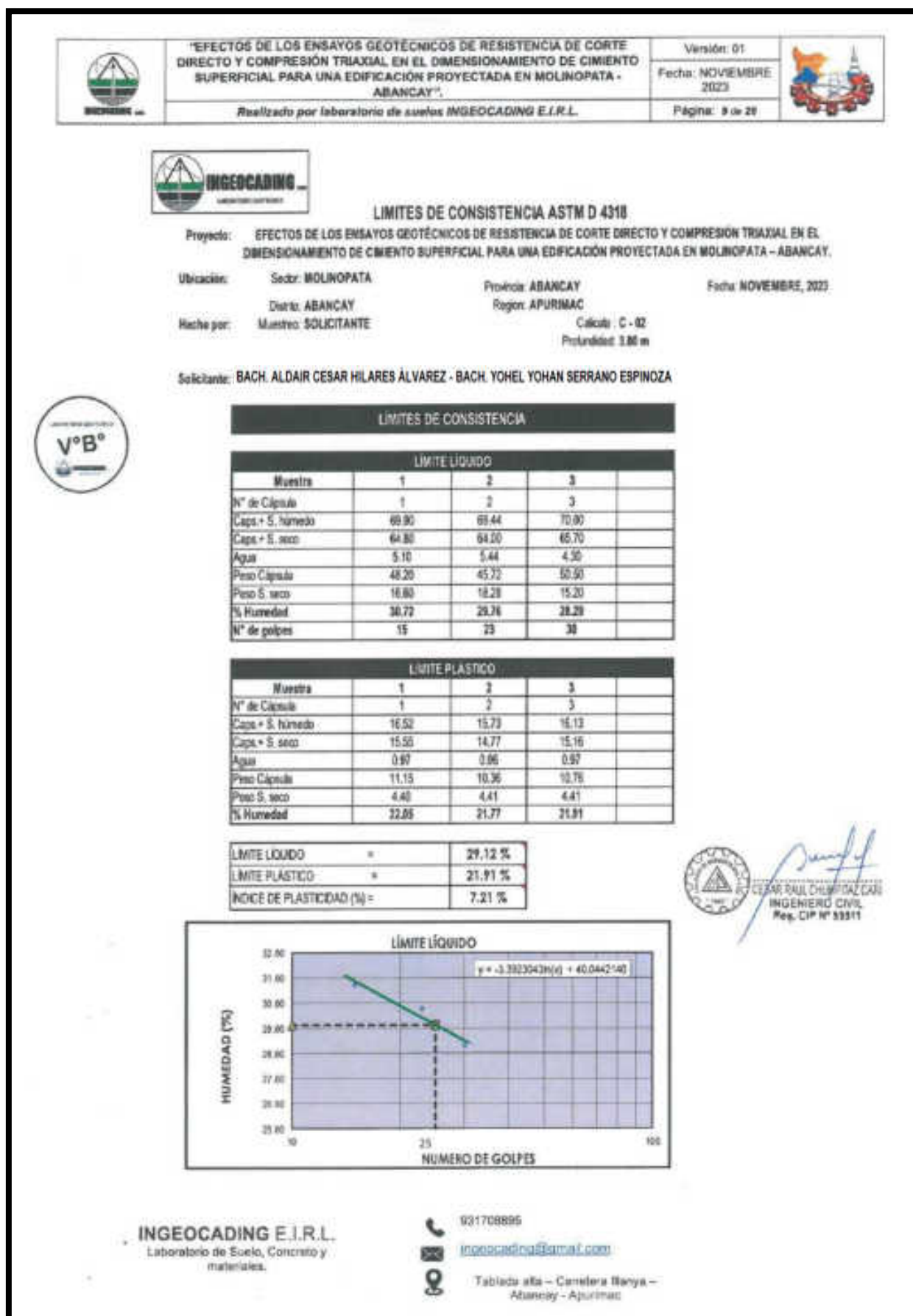


Figura 77 — Límite de consistencia ASTM D 4318 de la calicata 02

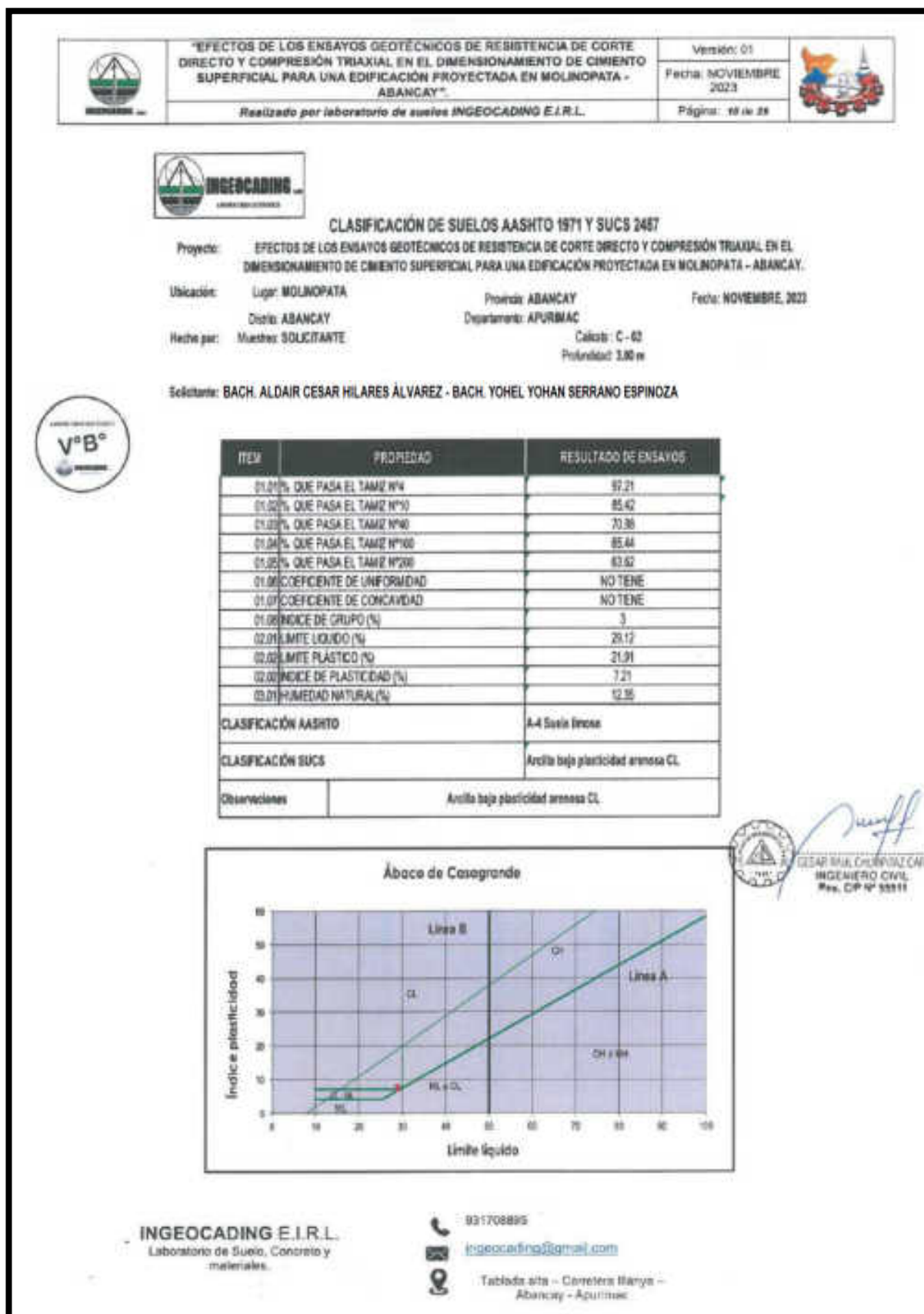


Figura 78 — Clasificación del suelo mediante AASHTO y SUCS de la calicata 02.

	"EFECTOS DE LOS ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE RESISTENCIA DE CORTE DIRECTO Y COMPRESIÓN TRIAXIAL EN EL DIMENSIONAMIENTO DE CIMIENTO SUPERFICIAL PARA UNA EDIFICACIÓN PROYECTADA EN MOLINOPATA - ABANCAY"	Versión: 01 Fecha: NOVIEMBRE 2023 Página: 11 de 38	
	Realizado por laboratorio de suelos INGEOCADINO E.I.R.L.		



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D 2216/DENSIDAD IN SITU CONO DE ARENA ASTM D-1556

Proyecto: EFECTOS DE LOS ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE RESISTENCIA DE CORTE DIRECTO Y COMPRESIÓN TRIAXIAL EN EL DIMENSIONAMIENTO DE CIMIENTO SUPERFICIAL PARA UNA EDIFICACIÓN PROYECTADA EN MOLINOPATA - ABANCAY.

Ubicación: Sector: MOLINOPATA Provincia: ABANCAY Fecha: NOVIEMBRE, 2023
 Distrito: ABANCAY Región: APURÍMAC

Hecho por: Muestra: SOLICITANTE Calado: C - 82 Profundidad: 3.00 m

Solicitante: BACH. ALDAIR CESAR HILARES ÁLVAREZ - BACH. YOHAN YOHAN SERRANO ESPINOZA



CONTENIDO DE HUMEDAD			
ENSAYO	1	2	3
Cápsula N°	1		
Peso suelo húmedo + cápsula	203.19		
Peso suelo seco + cápsula	238.52		
Peso del agua	23.67		
Peso de la cápsula	47.76		
Peso neto del suelo seco	191.73		
% de Humedad	12.35		
w (%) Promedio =		12.35	

DETERMINACIÓN DE DENSIDAD DE CAMPO		
Tipo de arena utilizada: Gruesa (Fina)		
Peso Unificado de la Arena: 1.45 gr/cm ³		
DATOS DEL ENSAYO		
MUESTRA		1
DENSIDAD N°		1
PROFUNDIDAD (m)		0.00 - 3.00
1 PESO DEL FRASCO + ARENA	(gr)	7394
2 PESO DEL FRASCO + ARENA QUE QUEDA	(gr)	4827
3 PESO DE LA ARENA EMPLEADA	(gr)	3367
4 PESO DE ARENA EN EL CONO	(gr)	1835
5 PESO DE LA ARENA EN LA EXCAVACIÓN	(gr)	1732
6 DENSIDAD DE LA ARENA	(gr/cm ³)	1.45
7 VOLUMEN DEL MATERIAL EXTRAÍDO	(cm ³)	1194
8 PESO DEL RECIPIENTE + SUELO + GRAVA	(gr)	2124
9 PESO DEL RECIPIENTE	(gr)	0
10 PESO DEL SUELO + GRAVA	(gr)	2124
11 DENSIDAD HUMEDA	(gr/cm ³)	1.78
12 HUMEDAD	%	12.35
13 DENSIDAD SECA	(gr/cm ³)	1.58

DENSIDAD NATURAL

$$\gamma_{natural} = \frac{w}{V_h}$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_{humeda}}{(1 + w)}$$

$\gamma_{natural} =$ 1.78 gr/cm³

$\gamma_d =$ 1.58 gr/cm³

NOTA: Muestra extraída y obtenida de la calicata.

INGEOCADINO E.I.R.L.
Laboratorio de Suelos, Concreto y materiales.

931706885
 ingeocadino@gmail.com
 Telfada alta - Carretera Ilaya - Abancay - Apurímac



CESAR SAUL CHUMPIARI CARR
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 34111

Figura 79 — Contenido de humedad ASTM D 2216 y determinación de densidad de campo ASTM D 1556 de la calicata 02

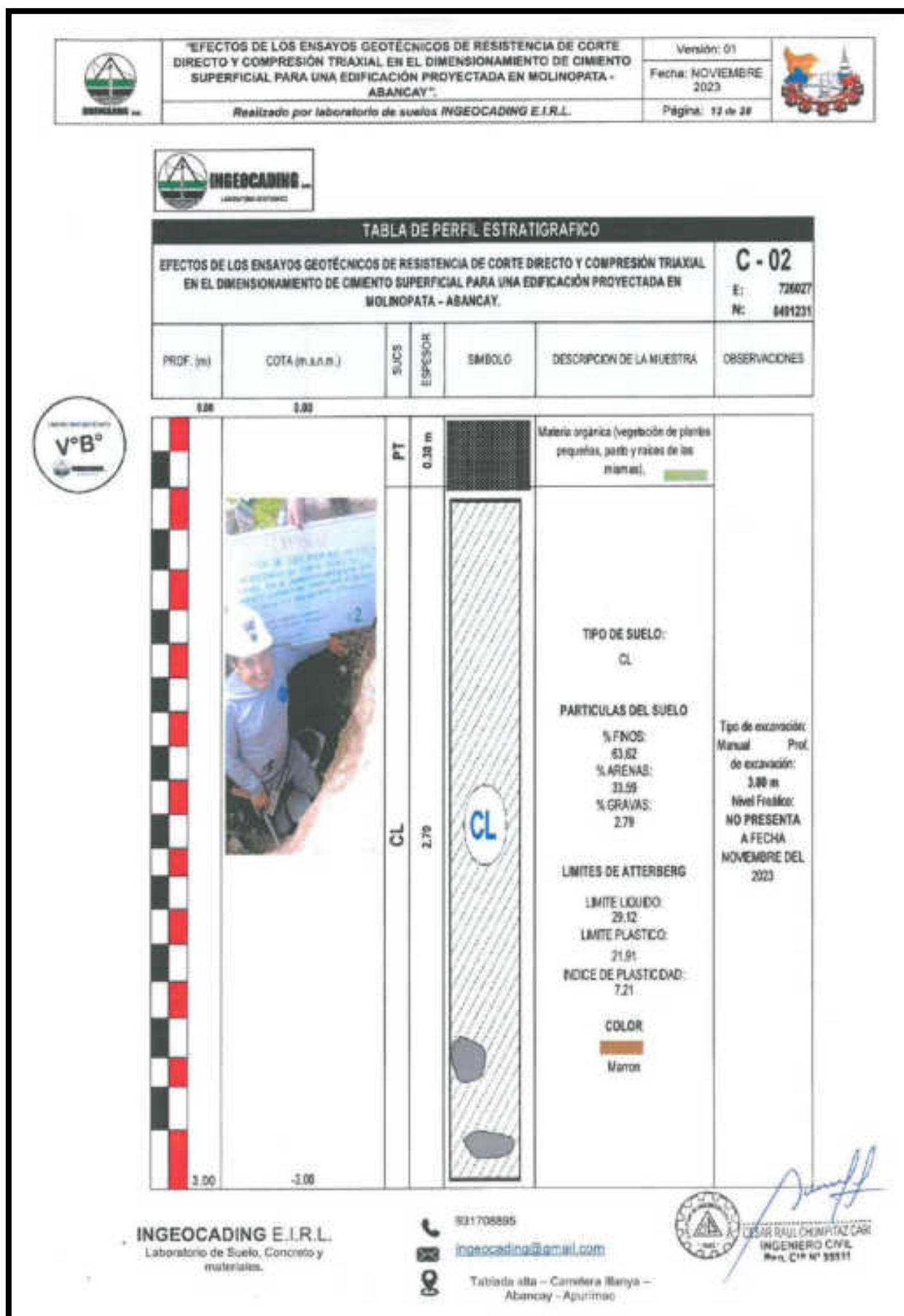


Figura 80 — Perfil estratigráfico de la calicata 02

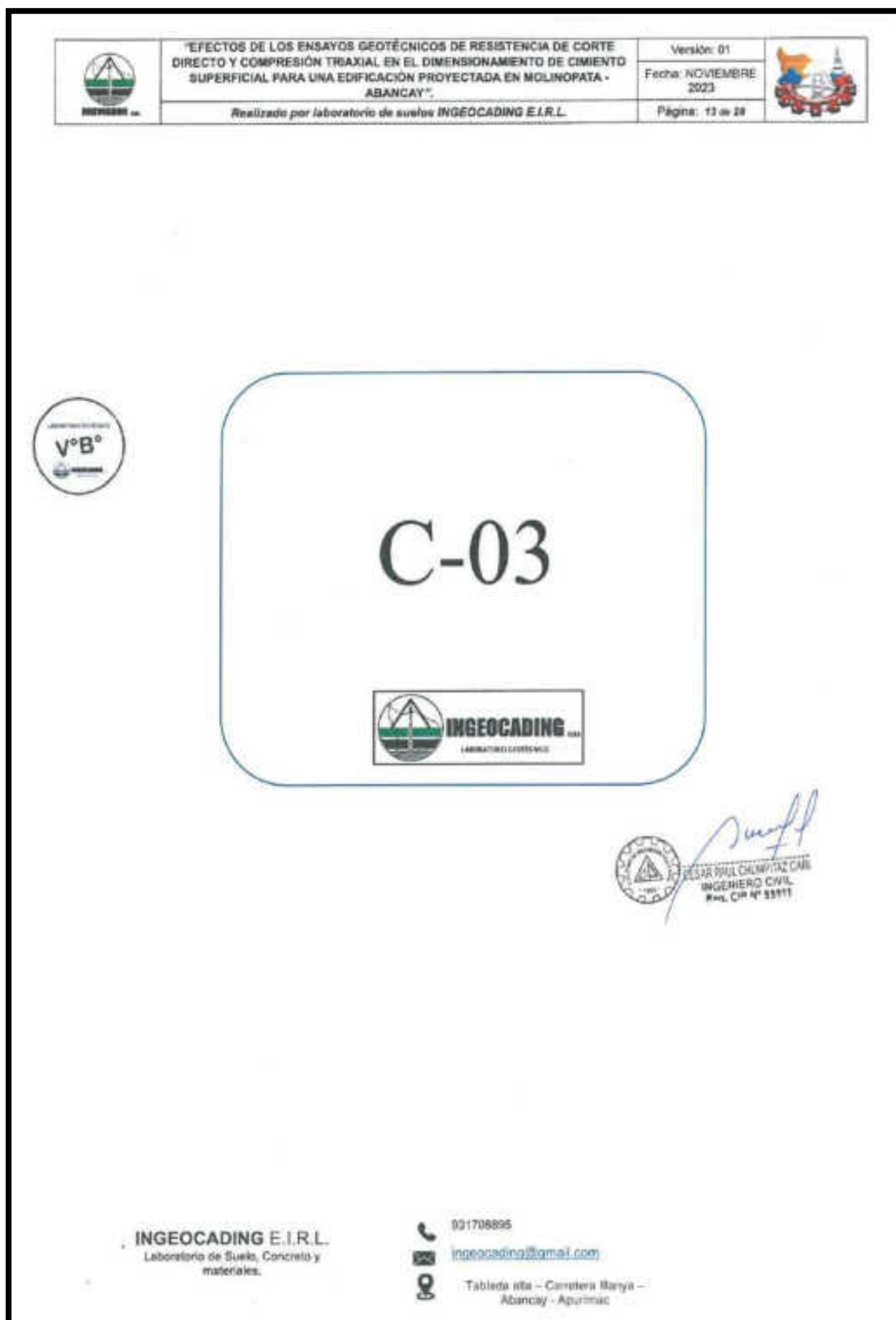


Figura 81 — Estudio de mecánica de suelos de la calicata 03

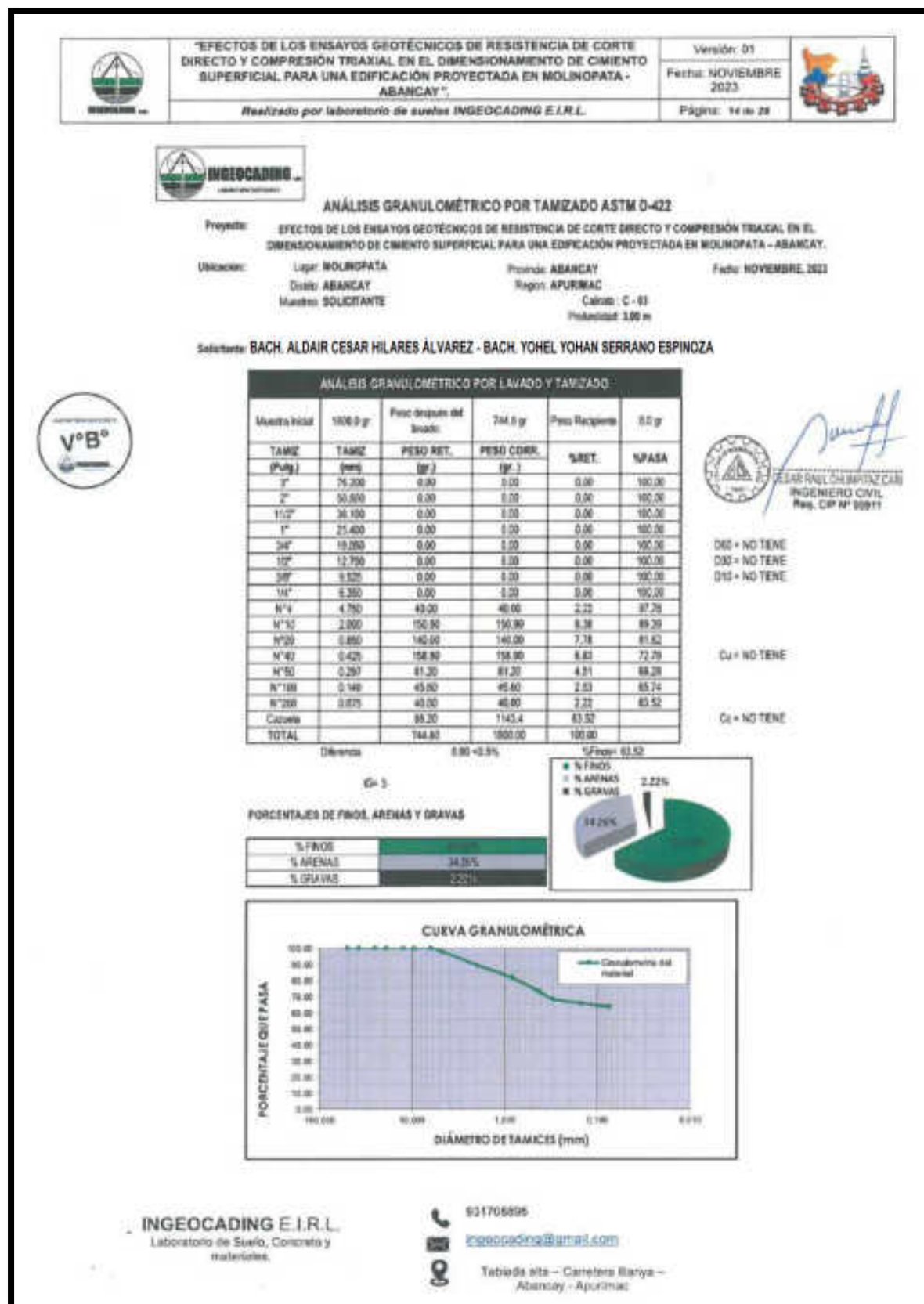


Figura 82 — Análisis granulométrico ASTM D 422 de la calicata 03

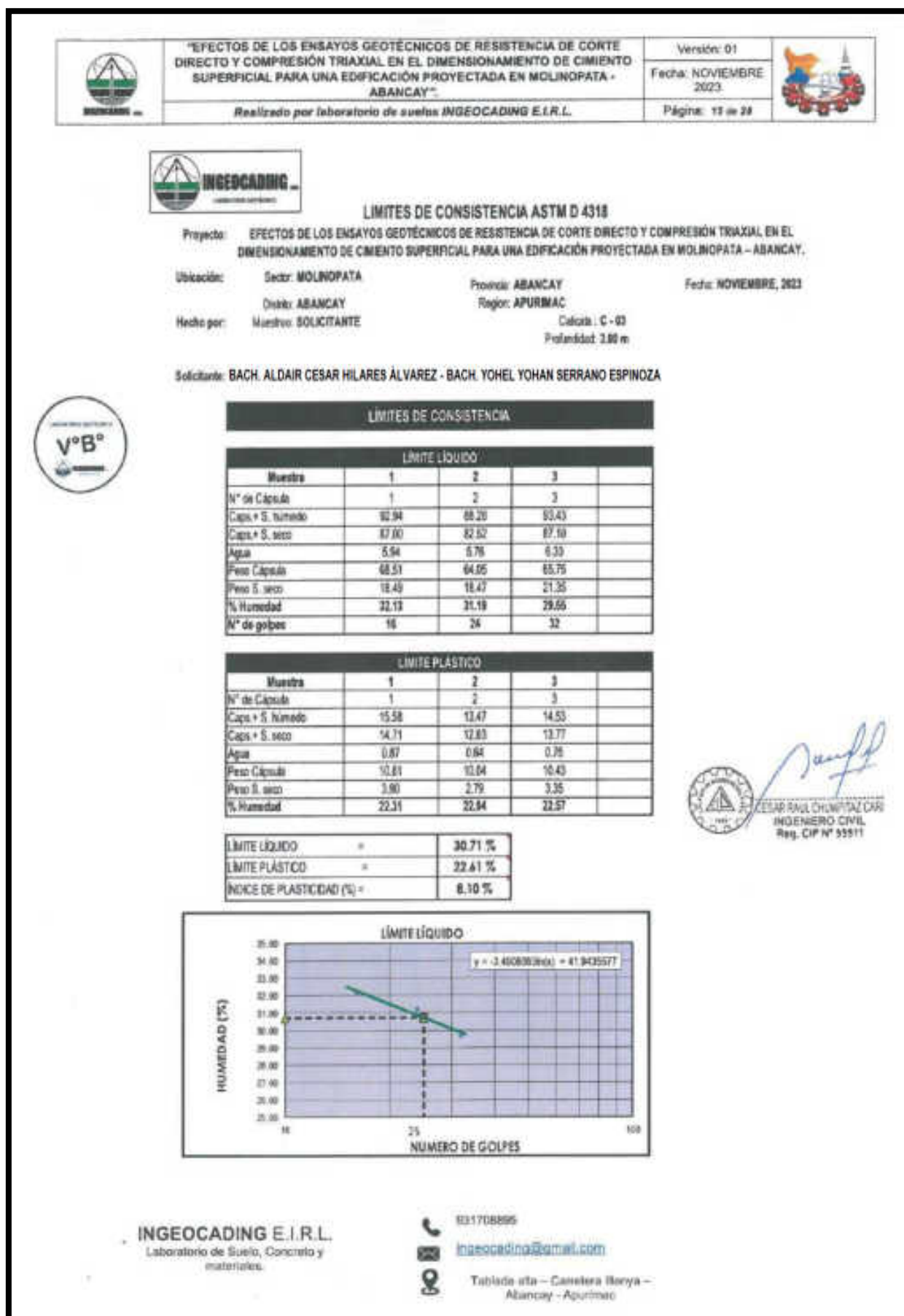


Figura 83 — Límite de consistencia ASTM D 4318 de la calicata 03

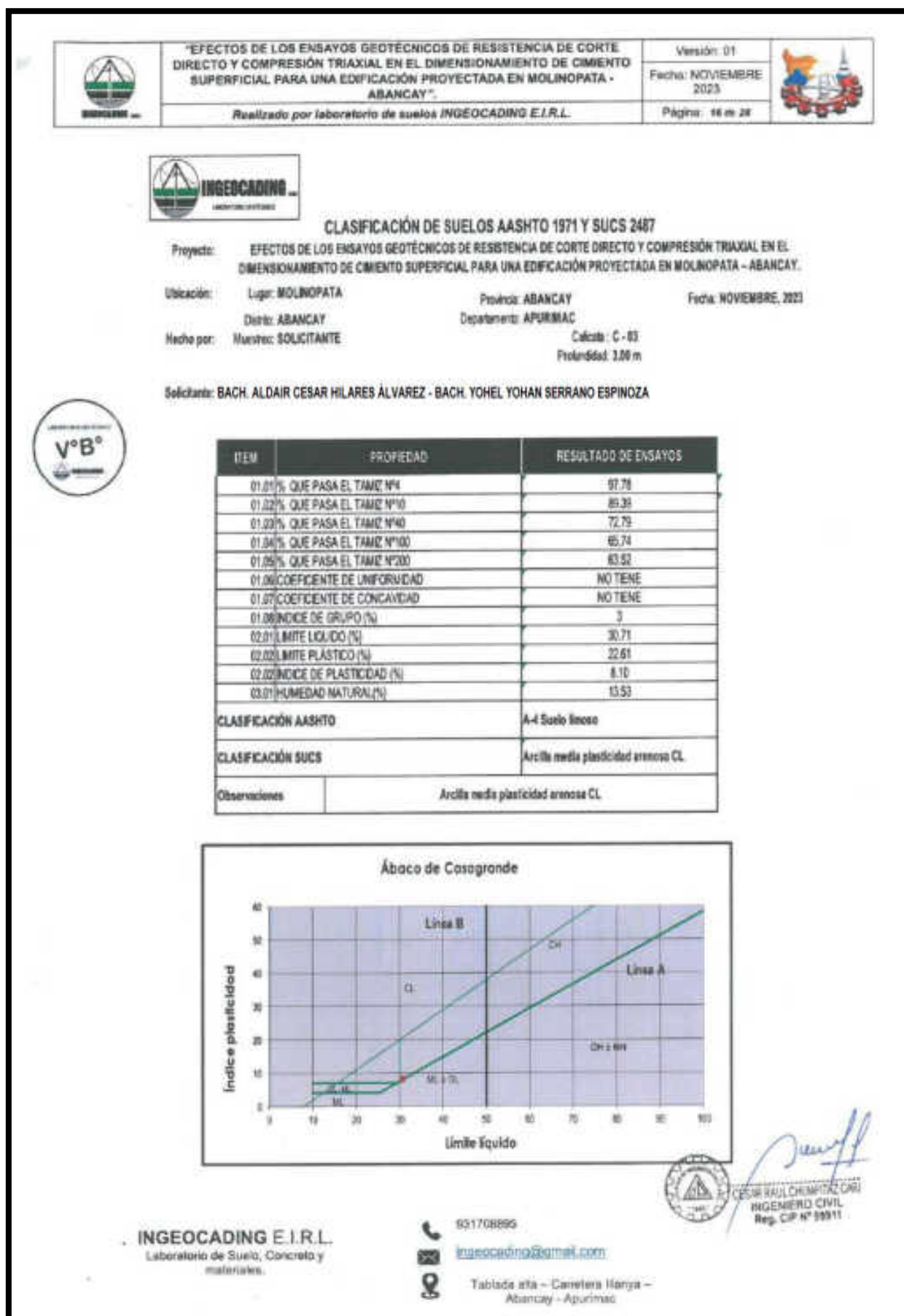


Figura 84 — Clasificación del suelo mediante AASHTO y SUCS de la calicata 03

	"EFECTOS DE LOS ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE RESISTENCIA DE CORTE DIRECTO Y COMPRESIÓN TRIAXIAL EN EL DIMENSIONAMIENTO DE CIMENTADO SUPERFICIAL PARA UNA EDIFICACIÓN PROYECTADA EN MOLINOPATA - ABANCAY"	Versión: 01 Fecha: NOVIEMBRE 2023 Página: 17 de 28	
Realizado por laboratorio de suelos INGEOCADING E.I.R.L.			



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D 2216/DENSIDAD IN SITU CONO DE ARENA ASTM D-1556

Proyecto: EFECTOS DE LOS ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE RESISTENCIA DE CORTE DIRECTO Y COMPRESIÓN TRIAXIAL EN EL DIMENSIONAMIENTO DE CIMENTADO SUPERFICIAL PARA UNA EDIFICACIÓN PROYECTADA EN MOLINOPATA - ABANCAY.

Ubicación: Sector: MOLINOPATA Provincia: ABANCAY Fecha: NOVIEMBRE, 2023
 Distrito: ABANCAY Region: APURIMAC

Hecho por: Maestro: SOLICITANTE Colado: G - 02
 Profundidad: 1.00 m

Solicitante: BACH. ALDAIR CESAR HILARES ÁLVAREZ - BACH. YOHAN YOHAN SERRANO ESPINOZA



CONTENIDO DE HUMEDAD		
ENSAYO	1	2
Cápsula N°	1	2
Peso tara húmedo + cápsula	300.00	300.00
Peso tara seco + cápsula	275.00	275.00
Peso del agua	25.00	25.00
Peso de la cápsula	80.00	80.00
Peso neto del suelo seco	184.80	184.80
% de Humedad	13.53	13.53

w (%) Promedio =	13.53
-------------------------	--------------

DETERMINACIÓN DE DENSIDAD DE CAMPO		
Tipo de arena utilizada: Guano (Pizarra)		
Peso Unitario de la Arena: 1.45 g/cm ³		
DATOS DEL ENSAYO		
MUESTRA	3	
DENSIDAD N°	3	
PROFUNDIDAD (m)	0.00 - 1.00	
1 PESO DEL FRASCO + ARENA (gr)	7609	
2 PESO DEL FRASCO + ARENA QUE QUEDA (gr)	4293	
3 PESO DE LA ARENA EMPLEADA (gr)	3307	
4 PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)	1875	
5 PESO DE LA ARENA EN LA EXCAVACIÓN (gr)	1632	
6 DENSIDAD DE LA ARENA (g/cm ³)	1.45	
7 VOLUMEN DEL MATERIAL EXTRAÍDO (m ³)	1126	
8 PESO DEL RECIPIENTE + SUELO + GRAVA (gr)	2155	
9 PESO DEL RECIPIENTE (gr)	0	
10 PESO DEL SUELO + GRAVA (gr)	2155	
11 DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)	1.91	
12 HUMEDAD (%)	13.53	
13 DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.68	

DENSIDAD NATURAL

$$\gamma_{natural} = \frac{w}{V_h}$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_{humeda}}{(1 + w)}$$

$\gamma_{natural}$ =	1.91 g/cm ³
γ_d =	1.68 g/cm ³

NOTA : Muestra extraída y obtenida de la calicata.

INGEOCADING E.I.R.L.
Laboratorio de Suelo, Concreto y materiales.

931708895
 ingecadings@gmail.com
 Tablada alta - Carretera Ilaya - Abancay - Agurimaq



CESAR RAUL CHURPATAZ CARR
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 39911

Figura 85 — Contenido de humedad ASTM D 2216 y determinación de densidad de campo ASTM D 1556 de la calicata 03.

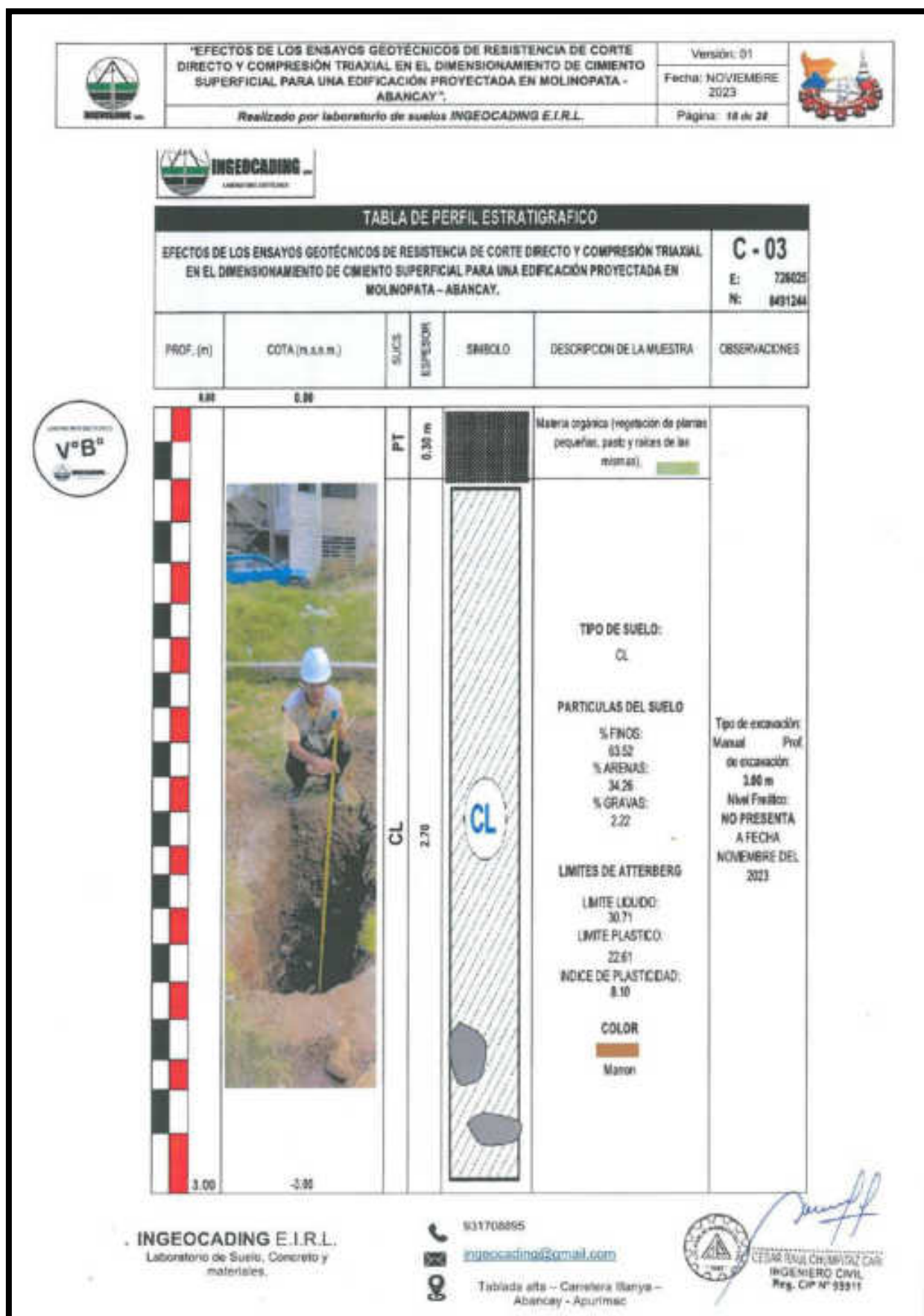


Figura 86 — Perfil estratigráfico de la calicata 03

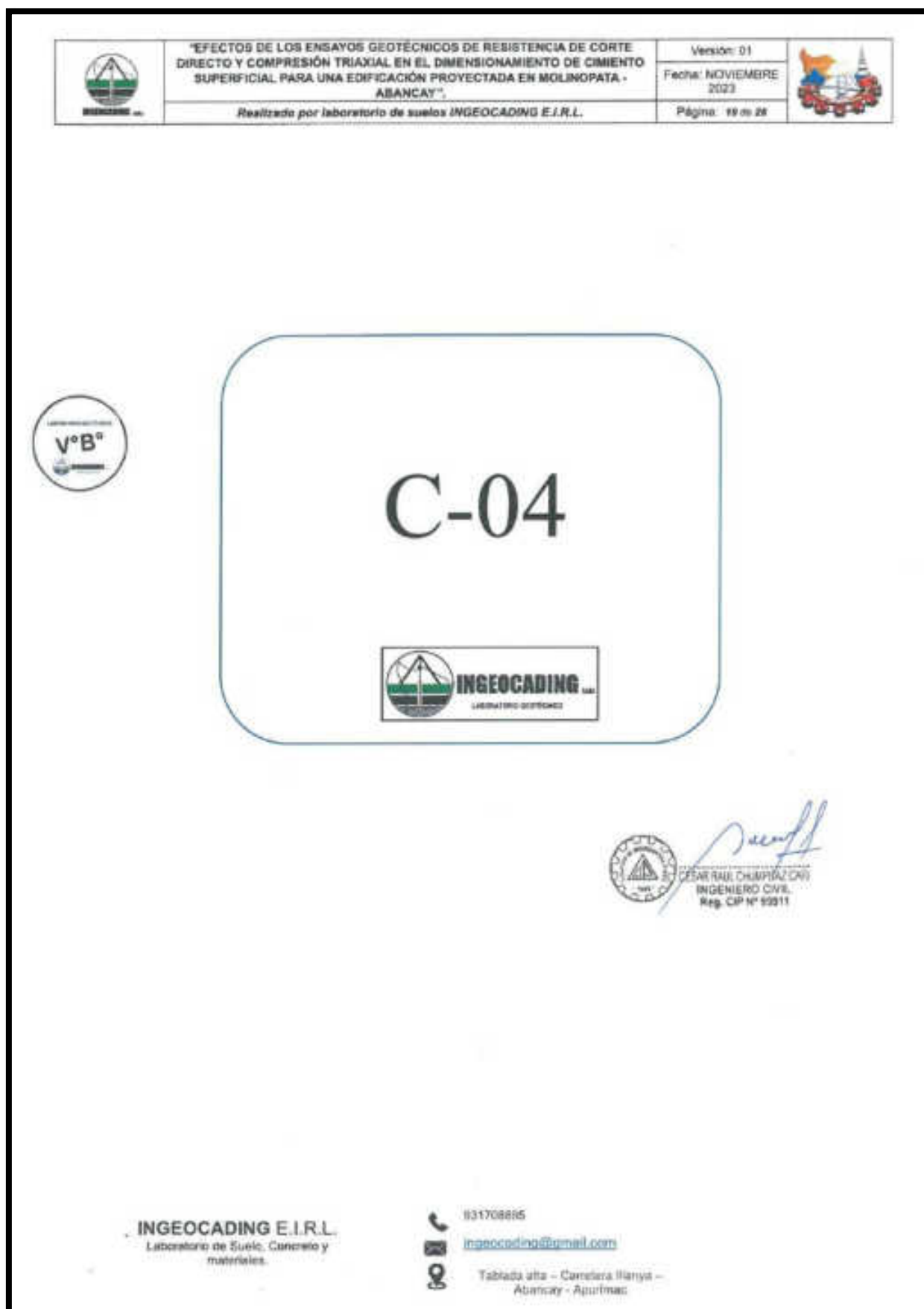


Figura 87 — Estudio de mecánica de suelos de la calicata 04

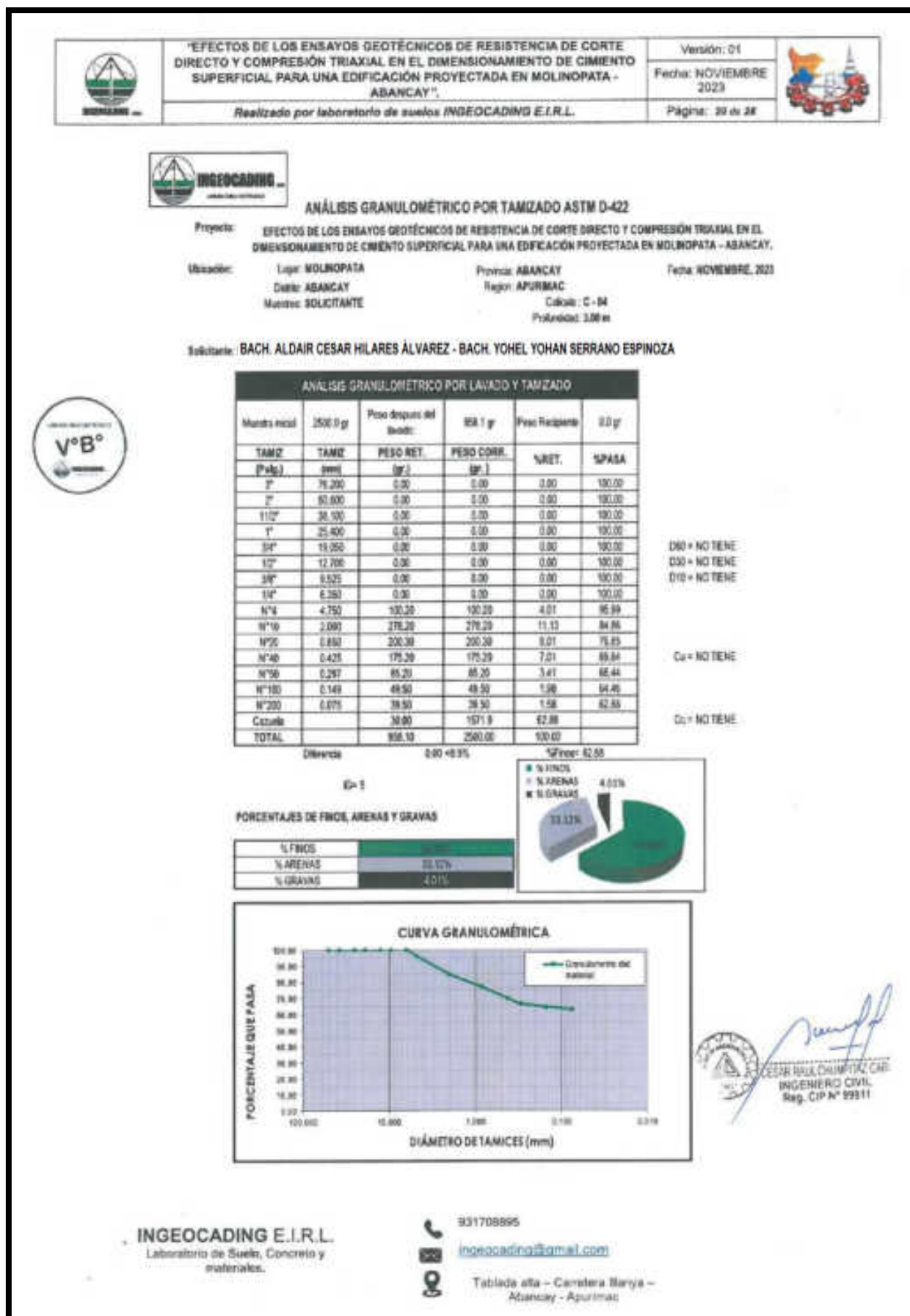


Figura 88 — Análisis granulométrico ASTM D 422 de la calicata 04.

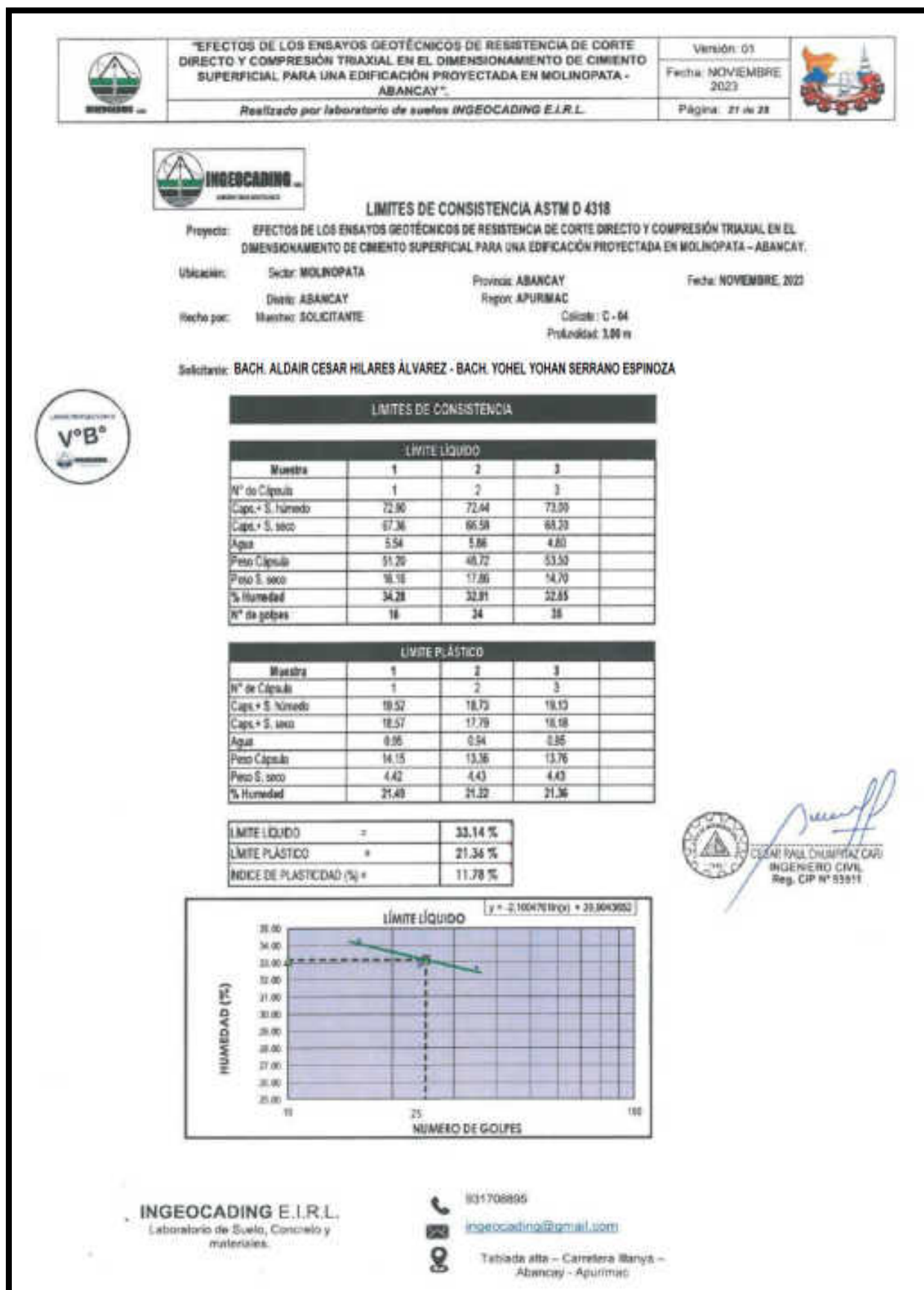


Figura 89 — Límite de consistencia ASTM D 4318 de la calicata 04.

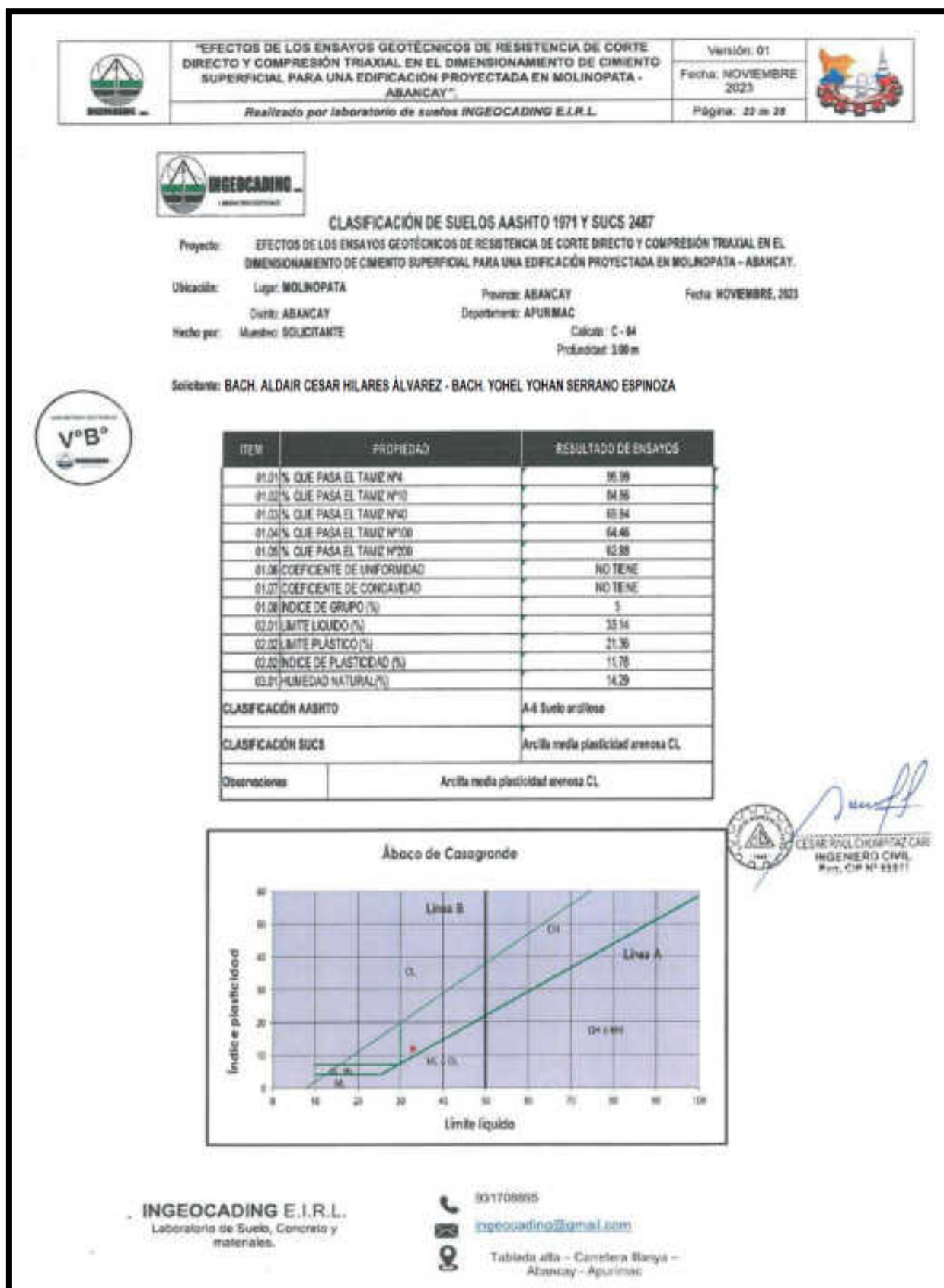


Figura 90 — Clasificación del suelo mediante AASHTO y SUCS de la calicata 04.

	"EFECTOS DE LOS ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE RESISTENCIA DE CORTE DIRECTO Y COMPRESIÓN TRIAXIAL EN EL DIMENSIONAMIENTO DE CIMIENTO SUPERFICIAL PARA UNA EDIFICACIÓN PROYECTADA EN MOLINOPATA - ABANCAY" <i>Realizado por laboratorio de suelos INGEOCADING E.I.R.L.</i>	Versión: 01 Fecha: NOVIEMBRE 2023 Página: 23 de 28	
---	---	--	---



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D 2216 / DENSIDAD IN SITU CONO DE ARENA ASTM D-1556

Proyecto: EFECTOS DE LOS ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE RESISTENCIA DE CORTE DIRECTO Y COMPRESIÓN TRIAXIAL EN EL DIMENSIONAMIENTO DE CIMIENTO SUPERFICIAL PARA UNA EDIFICACIÓN PROYECTADA EN MOLINOPATA - ABANCAY.

Ubicación: Sector: MOLINOPATA Provincia: ABANCAY Fecha: NOVIEMBRE, 2023
 Distrito: ABANCAY Región: APURÍMAC

Hecho por: Muestra: SOLICITANTE Calote: C-04 Profundidad: 1.00 m

Solicitante: BACH. ALDAIR CESAR HILARES ÁLVAREZ - BACH. YOHEL YOHAN SERRANO ESPINOZA



CONTENIDO DE HUMEDAD		
ENSAYO	1	
Cápsula IP	1	
Peso suelo húmedo + cápsula	306.20	
Peso suelo seco + cápsula	449.30	
Peso del agua	143.10	
Peso de la cápsula	82.20	
Peso neto del suelo seco	356.80	
% de Humedad	40.13	

w (%) Promedio =	40.13
------------------	-------

DETERMINACIÓN DE DENSIDAD DE CAMPO		
Tipo de arena utilizada: Grava (Prova)		
Peso Unitario de la Arena: 1.45 g/cm ³		
DATOS DEL ENSAYO		
MUESTRA		4
DENSIDAD N°		4
PROFUNDIDAD (m)		0.20 - 0.30
PESO DEL FRASCO + ARENA	(gr)	7325
PESO DEL FRASCO + ARENA QUE QUEDA	(gr)	3761
PESO DE LA ARENA EMPLEADA	(gr)	3564
PESO DE ARENA EN EL CONO	(gr)	1676
PESO DE LA ARENA EN LA EXCAVACIÓN	(gr)	1908
DENSIDAD DE LA ARENA	(g/cm ³)	1.45
VOLUMEN DEL MATERIAL EXTRAÍDO	(cm ³)	1337
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO + GRAVA	(gr)	2915
PESO DEL RECIPIENTE	(gr)	0
PESO DEL SUELO + GRAVA	(gr)	2915
DENSIDAD HUMEDA	(g/cm ³)	1.88
DENSIDAD	%	40.13
DENSIDAD SECA	(g/cm ³)	1.64

DENSIDAD NATURAL

$$\gamma_{natural} = \frac{w}{1+w}$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_{humeda}}{(1+w)}$$

$\gamma_{natural} =$	1.88	g/cm ³
$\gamma_d =$	1.64	g/cm ³



CESAR RUIZ CHUMINTAZ CANO
 INGENIERO CIVIL
 Prof. CIP N° 88811

INGEOCADING E.I.R.L.
 Laboratorio de Suelo, Concreto y materiales.

931708895
ingeocading@gmail.com
 Tablada alta - Carretera Hanga - Abancay - Apurímac

Figura 91 — Contenido de humedad ASTM D 2216 y determinación de densidad de campo ASTM D 1556 de la calicata 04

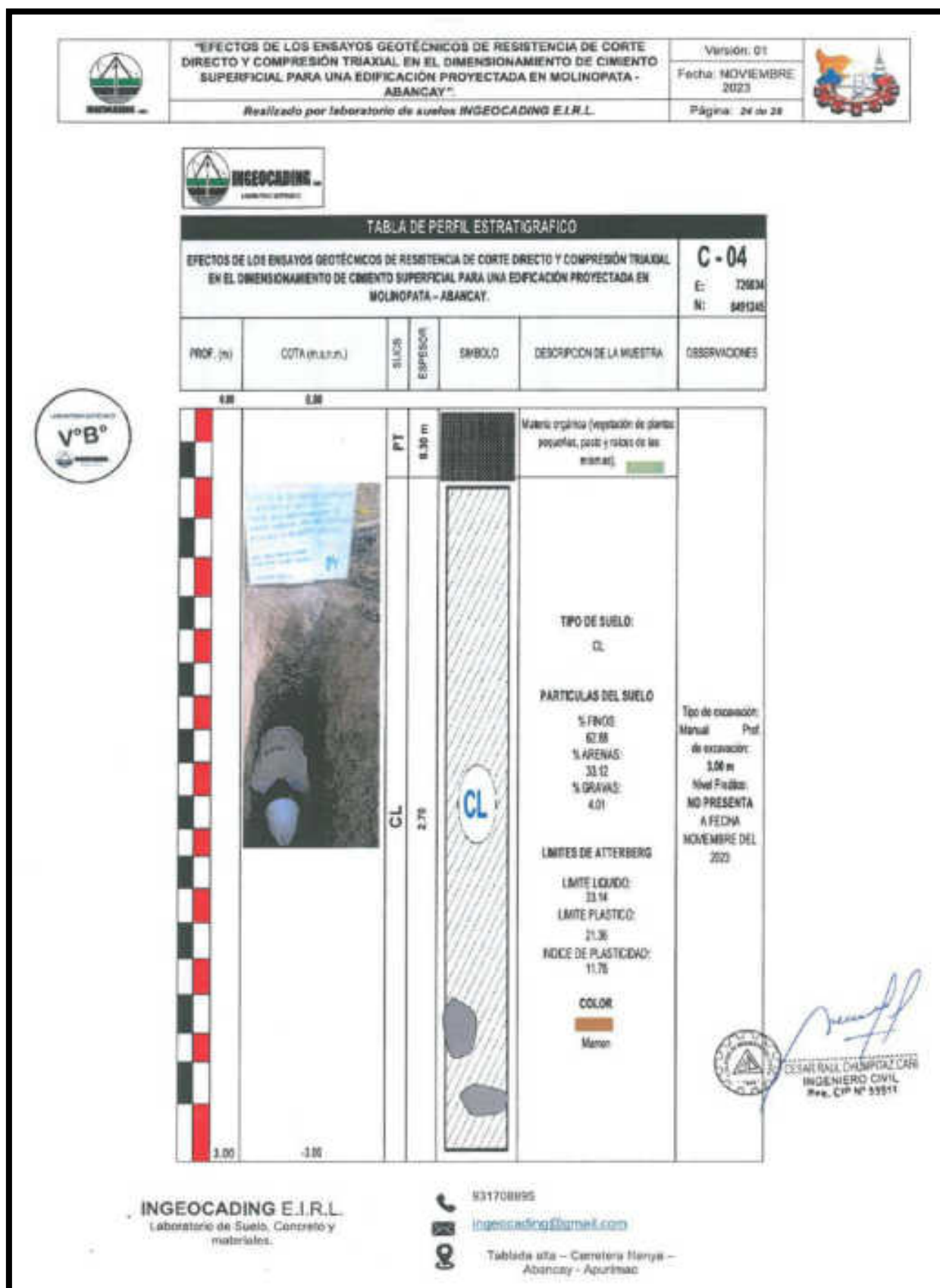


Figura 92 — Perfil estratigráfico de la calicata 04

	"EFECTOS DE LOS ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE RESISTENCIA DE CORTE DIRECTO Y COMPRESIÓN TRIAXIAL EN EL DIMENSIONAMIENTO DE CIMIENTO SUPERFICIAL PARA UNA EDIFICACIÓN PROYECTADA EN MOLINOPATA - ABANCAY" <i>Realizado por laboratorio de suelos INGEOCADING E.I.R.L.</i>	Versión: 01 Fecha: NOVIEMBRE 2023 Página: 25 de 28	
---	---	--	---



DENSIDAD RELATIVA DEL SUELO DR(%)





CESAR IVÁN CHUMPEAZ CARO
INGENIERO CIVIL
Reg. CP N° 95911

INGEOCADING E.I.R.L.
Laboratorio de Suelo, Concreto y materiales.

931706865
 ingecadino@gmail.com

 Tablada alta – Carretera Ilabaya – Abancay - Apurímac

Figura 93 — Densidad relativa del suelo

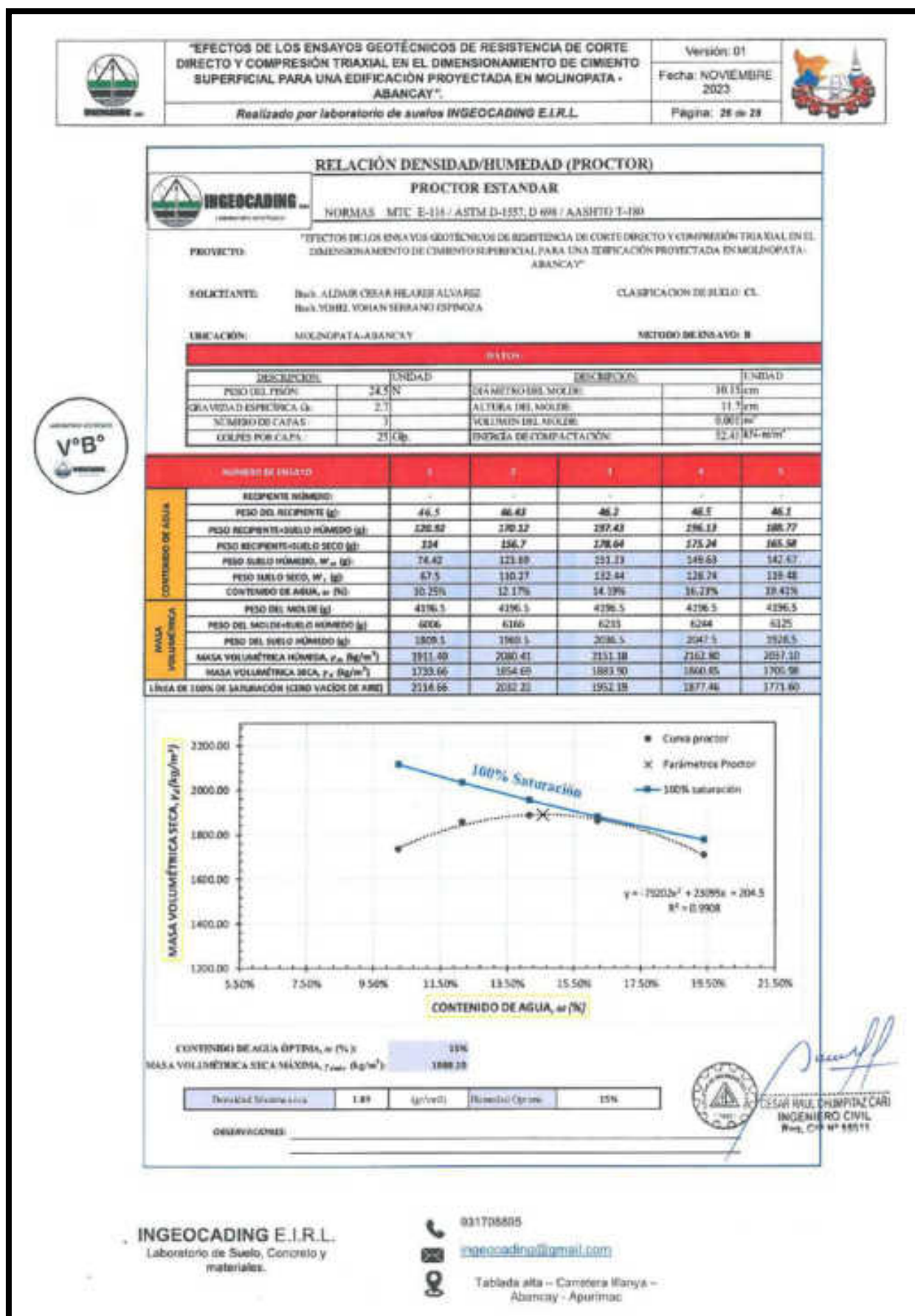


Figura 94 — Proctor estándar del suelo ASTM D 1557 y determinación de la densidad máxima

	"EFECTOS DE LOS ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE RESISTENCIA DE CORTE DIRECTO Y COMPRESIÓN TRIAXIAL EN EL DIMENSIONAMIENTO DE CEMENTO SUPERFICIAL PARA UNA EDIFICACIÓN PROYECTADA EN MOLINOPATA - ABANCAY"	Versión: 01 Fecha: NOVIEMBRE 2023 Página: 27 de 28	
Realizado por laboratorio de suelos INGEOCADING E.I.R.L.			



DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD MINIMA

NORMAS: MTC E-116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-199

"EFECTOS DE LOS ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE RESISTENCIA DE CORTE DIRECTO Y COMPRESIÓN TRIAXIAL EN EL DIMENSIONAMIENTO DE CEMENTO SUPERFICIAL PARA UNA EDIFICACIÓN PROYECTADA EN MOLINOPATA-ABANCAY"

PROYECTO:

SOLICITANTE Ruc: ALDAIR CESAR HILARES ALVAREZ

Ruc: YOFEL YOHAN SERRANO ESPINOZA

UBICACIÓN: MOLINOPATA-ABANCAY

CLASIFICACIÓN DE SUELO: CL



UBICACIÓN: MOLINOPATA-ABANCAY

CALCULO DE LA DENSIDAD MINIMA DEL SUELO

DESCRIPCION	UNIDAD
DIÁMETRO DEL MOLDE:	10.15 cm
ALTURA DEL MOLDE:	11.7 cm
VOLUMEN DEL MOLDE:	946.69 cm ³

$$y_d \text{ min} = \frac{(W1 - Mm)}{V}$$

Numero de ensayo		1	2	3
Peso del molde (gr)	Mm	4196.5	4196.5	4196.5
Peso del molde + suelo (gr)	W1	5405	5415	5380
Volumen del molde (cm ³)	V	946.69	946.69	946.69
y _d min (gr/cm ³)	y _d min	1.28	1.29	1.25

y_d min = 1.27 gr/cm³



Cesar Raul Chumbeza Cari

INGENIERO CIVIL

RUC: 2724747112

INGEOCADING E.I.R.L.

Laboratorio de Suelos, Concreto y materiales.

901708895

ingecadins@gmail.com

Talabada alta - Cametara Ilabaya - Abancay - Apurímac

Figura 95 — Determinación de la densidad mínima del suelo ASTM D 1557

	"EFECTOS DE LOS ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE RESISTENCIA DE CORTE DIRECTO Y COMPRESIÓN TRIAXIAL EN EL DIMENSIONAMIENTO DE CIMENTO SUPERFICIAL PARA UNA EDIFICACIÓN PROYECTADA EN MOLINOPATA - ABANCAY" <i>Realizado por laboratorio de suelos INGEOCADING E.I.R.L.</i>	Versión: 01 Fecha: NOVIEMBRE 2023 Página: 28 de 28	
---	--	--	---

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD RELATIVA DR%

Proyecto: "EFECTOS DE LOS ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE RESISTENCIA DE CORTE DIRECTO Y COMPRESIÓN TRIAXIAL EN EL DIMENSIONAMIENTO DE CIMENTO SUPERFICIAL PARA UNA EDIFICACIÓN PROYECTADA EN MOLINOPATA-ABANCAY"

Ubicación: Lugar: Molinopata Provincia: Abancay
 Distrito: Apurímac Departamento: Apurímac
Hecho por: Muestreo: Solicitante Perforación: 3 m

Solicitante: Bach. Aldair Cesar Hillares Alvarez
 Bach. Yohel Yohan Serrano Espinoza




CÁLCULO DE LA DENSIDAD RELATIVA DEL SUELO (DR%)

DONDE:		DATOS:	
yd min:	Densidad mínima del suelo	yd min:	1.27 gr/cm ³
yd :	Densidad natural del suelo seco	yd :	1.65 gr/cm ³
yd max:	Densidad máxima del suelo	yd max:	1.89 gr/cm ³

$$DR\% = \frac{yd \text{ max} * (yd - yd \text{ min})}{yd * (yd \text{ max} - yd \text{ min})} * 100\%$$

$$DR\% = 70\%$$

ESTADO DEL SUELO SEGUN LA DENSIDAD RELATIVA- TERZAGUI

ESTADO DEL SUELO	DENSIDAD RELATIVA (DR%)
Muy suelto	0-15
Suelto	15-35
Medio	35-65
Denso	65-85
Muy denso	85-100

$$\text{ESTADO DEL SUELO} = \text{Denso}$$



Cesar Raul Chumpeaz Cari
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 22111

INGEOCADING E.I.R.L.
 Laboratorio de Suelos, Cimentación y materiales.

081708815
ingeocading@gmail.com
 Tablado aña - Carretera Hilaris -
 Abancay - Apurímac

Figura 96 — Determinación de la densidad relativa (DR%) del suelo

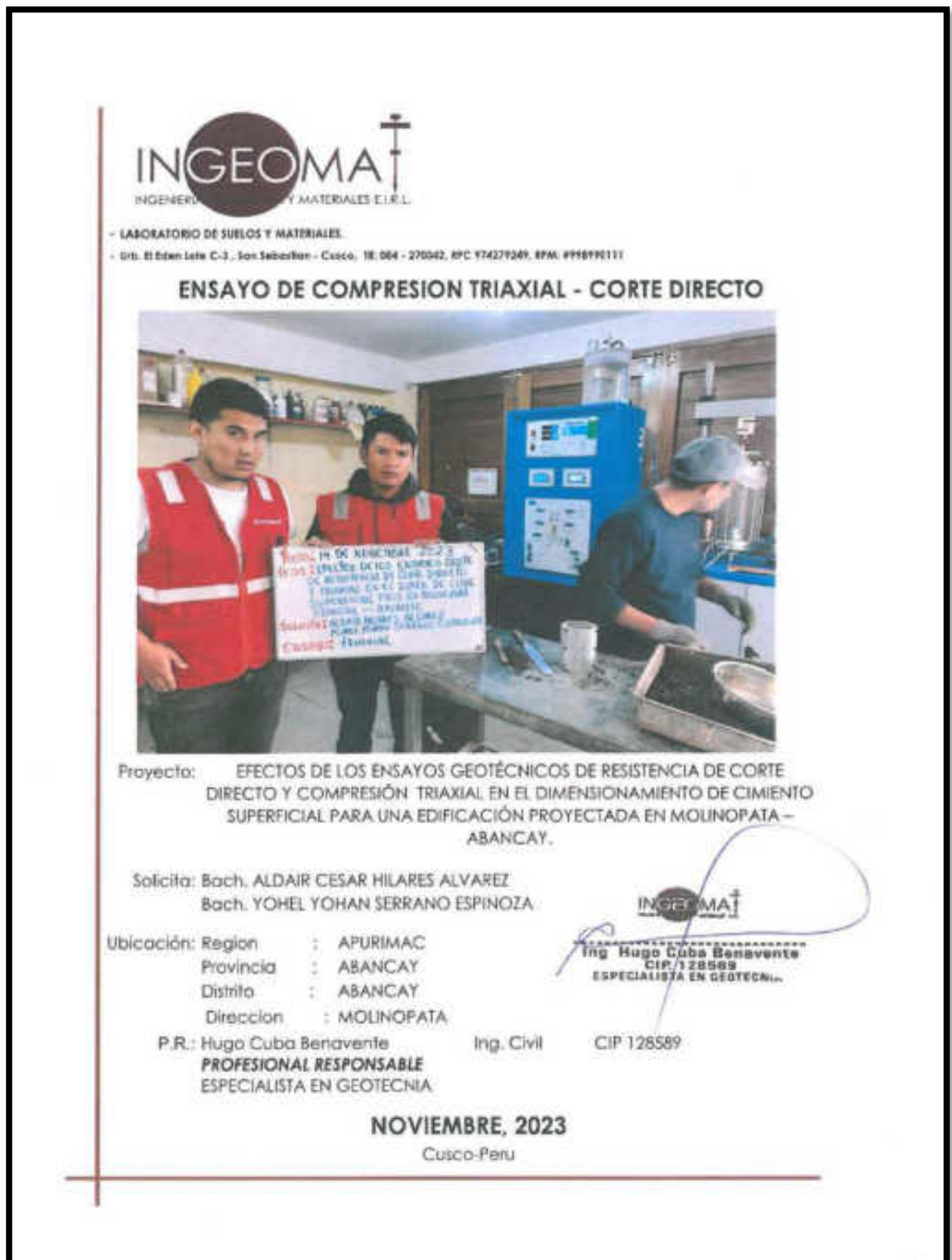


Figura 97 — Ensayo de compresión triaxial y corte directo.







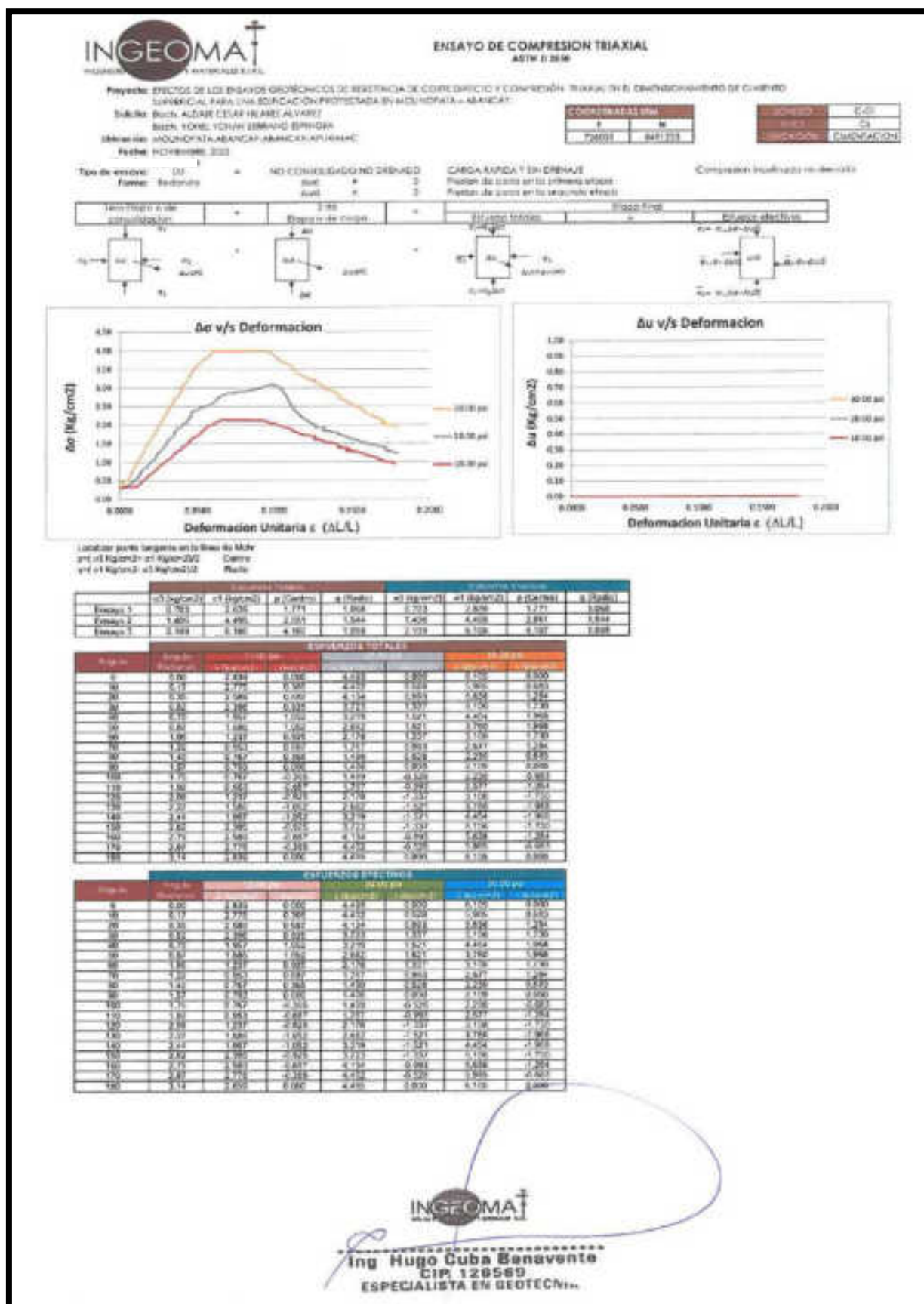


Figura 101 — Esfuerzos totales y efectivos del ensayo de compresión triaxial ASTM D 2850 de la calicata 01

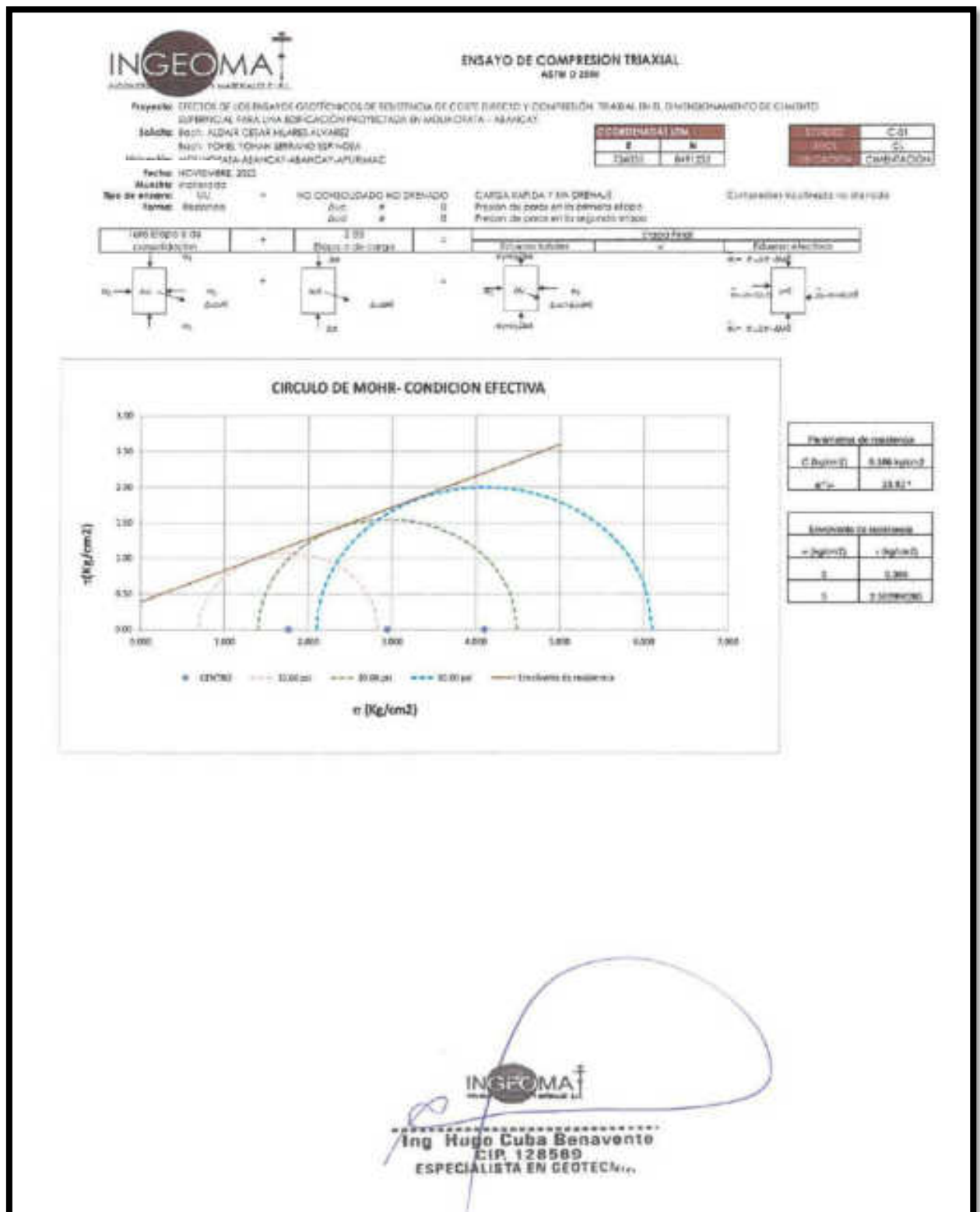


Figura 103 — Circulo de Mohr en condiciones efectivas del ensayo de compresión triaxial ASTM D 2850 de la calicata 01



ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NTP 339.159 (ASTM 3080-90, INVE 154-07)

Proyecto: EFECTOS DE LOS ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE RESISTENCIA DE CORTE DIRECTO Y COMPRESIÓN TRIAXIAL EN EL
DIMENSIONAMIENTO DE CIMIENTO SUPERFICIAL PARA UNA EDIFICACIÓN PROYECTADA EN MOLINOPATA –
ABANCAY.

Solicitante: Bach. ALDAR CESAR HILARES ALVAREZ
Bach. YOHAN YOHAN SERRANO ESPINOZA

Ubicación: MOLINOPATA-ABANCAY-ABANCAY-APURIMAC

Fecha: NOVIEMBRE, 2023

Tipo de ensayo: UU = NO CONSOLIDADO NO DRENADO

Forma: Redonda

CAUCATA	C-1
SUCS	CL
UBICACIÓN	CIMENTACIÓN

CAUCATA	C-1
SUCS	CL
UBICACION	CIMENTACION

DATOS DEL EQUIPO

Diameter o Lode	D=	5.08 cm
Area	A=	20.27 cm ²
Altura	H=	2.15 cm
Volumen	V=	43.58 cm ³

DENSIDAD DE LA MUESTRA

Peso=	81.68 gr.
Peso Unitario Humedo=	1.87 gr/cm ³
Contenido de Humedad=	9.61%
Peso Unitario Seco=	1.71 gr/cm ³

VALORES DE ESFUERZOS CORTANTES Y NORMALES PARA LA CARGA APLICADA DE

4.00 KG

[illegible]

INGEOMA
INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.
Ing. Hugo Cuba Benavente
CIP 128589
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA

Figura 104 — Ensayo de corte directo ASTM D 3080 de la calicata 01 para una carga de 4 kg.

[illegible]

Figura 105 — Ensayo de corte directo ASTM D 3080 de la calicata 01 para una carga de 8 kg.

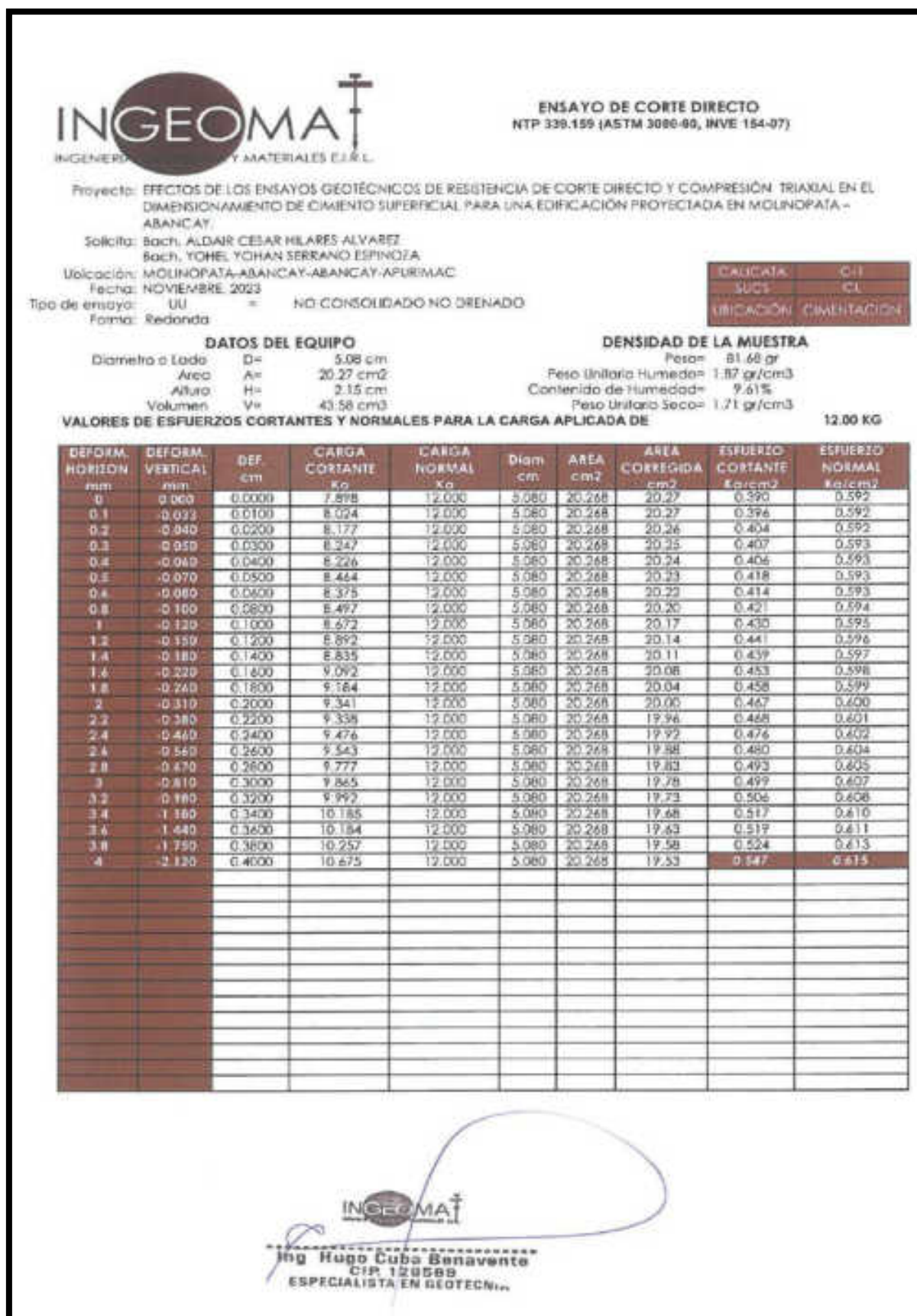


Figura 106 — Ensayo de corte directo ASTM D 3080 de la calicata 01 para una carga de 12 kg.

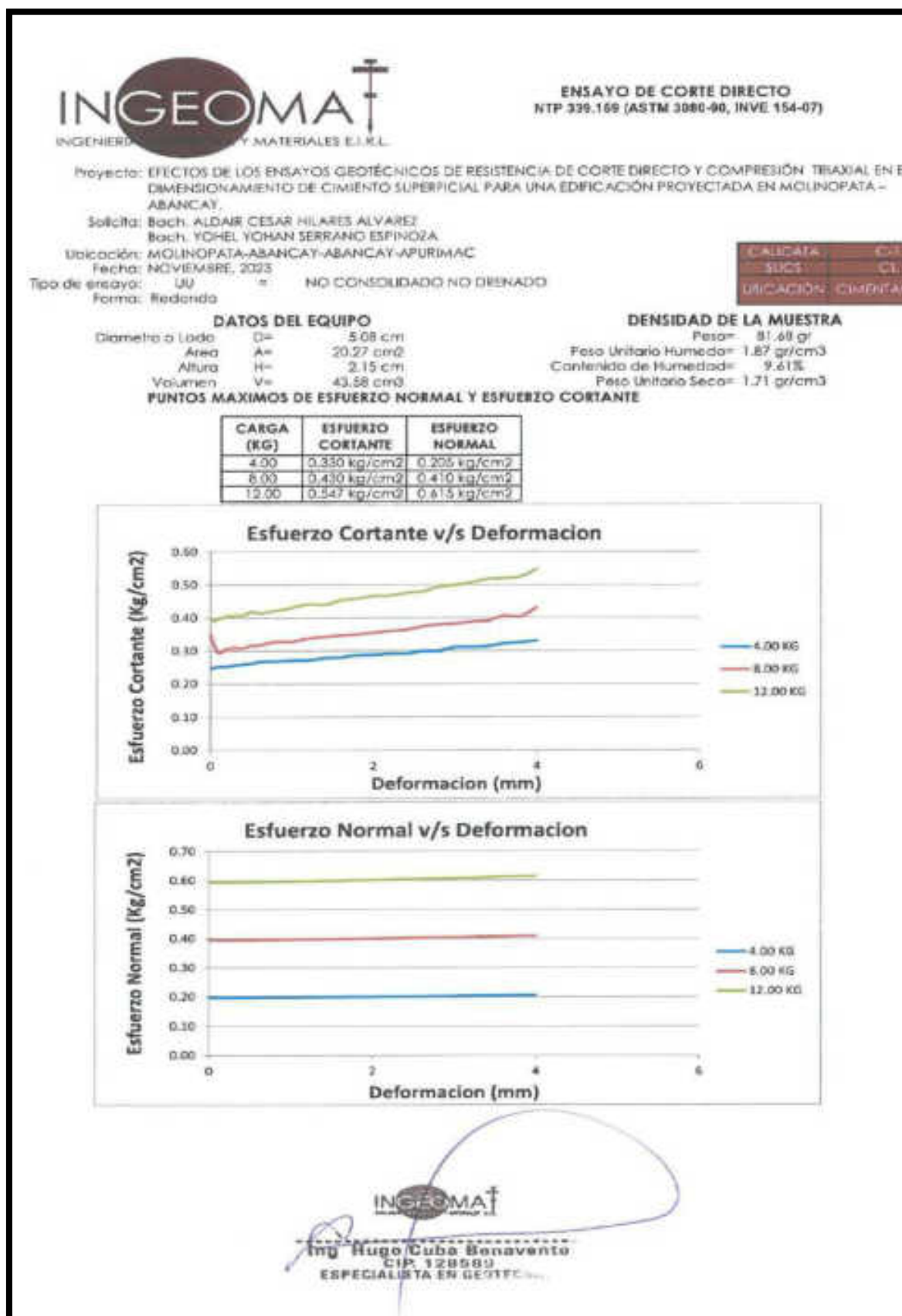


Figura 107 — Puntos máximos del esfuerzo normal y esfuerzo cortante del ensayo de corte directo ASTM D 3080 de la calicata 01

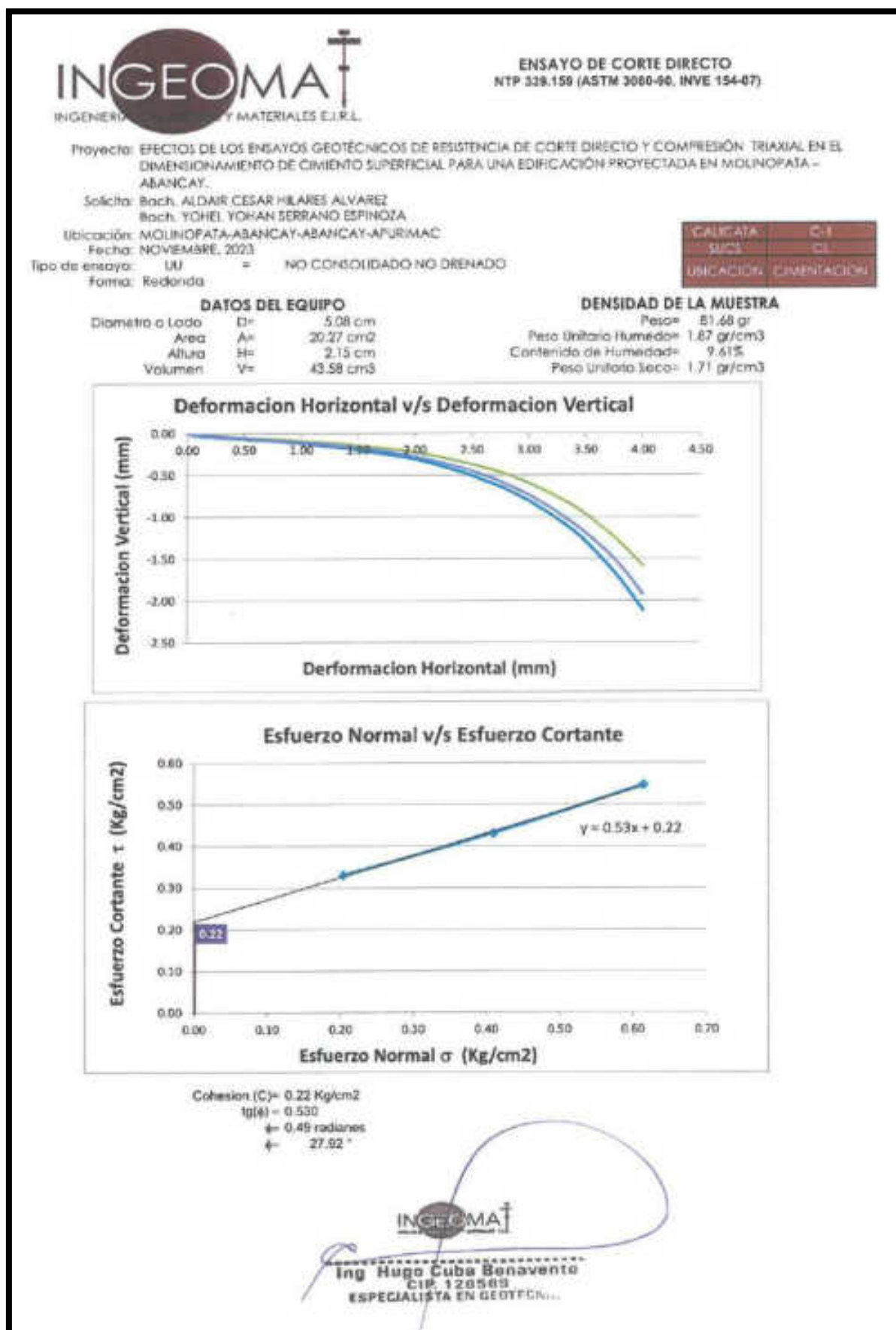


Figura 108 — Resultado de cohesión y ángulo de fricción del ensayo de corte directo para la calicata 01





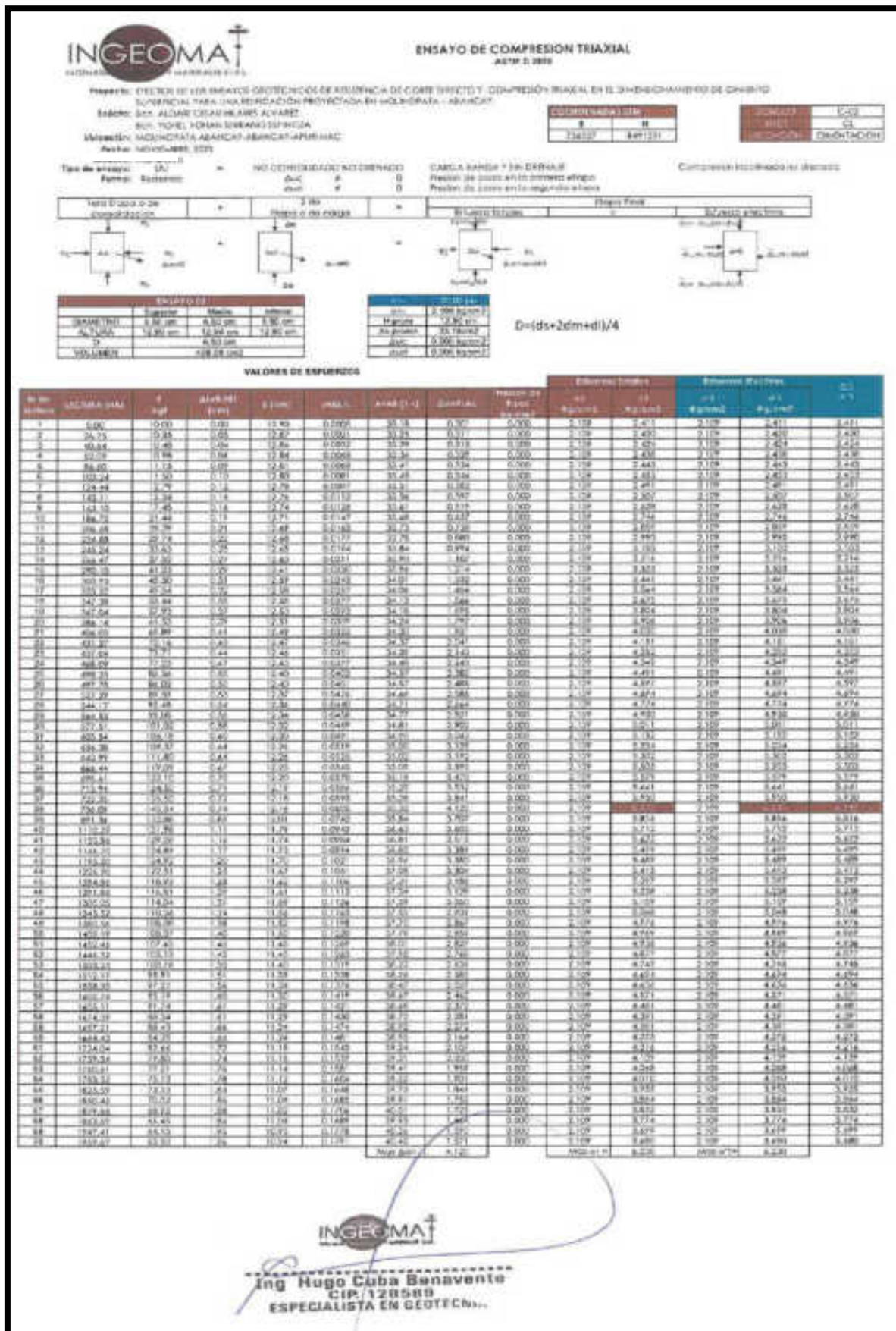


Figura 111 — Ensayo de compresión triaxial ASTM D 2850 para $\sigma = 30$ psi de la calicata 02





Figura 113 — Circulo de Mohr en condiciones totales del ensayo de compresión triaxial de la calicata 02

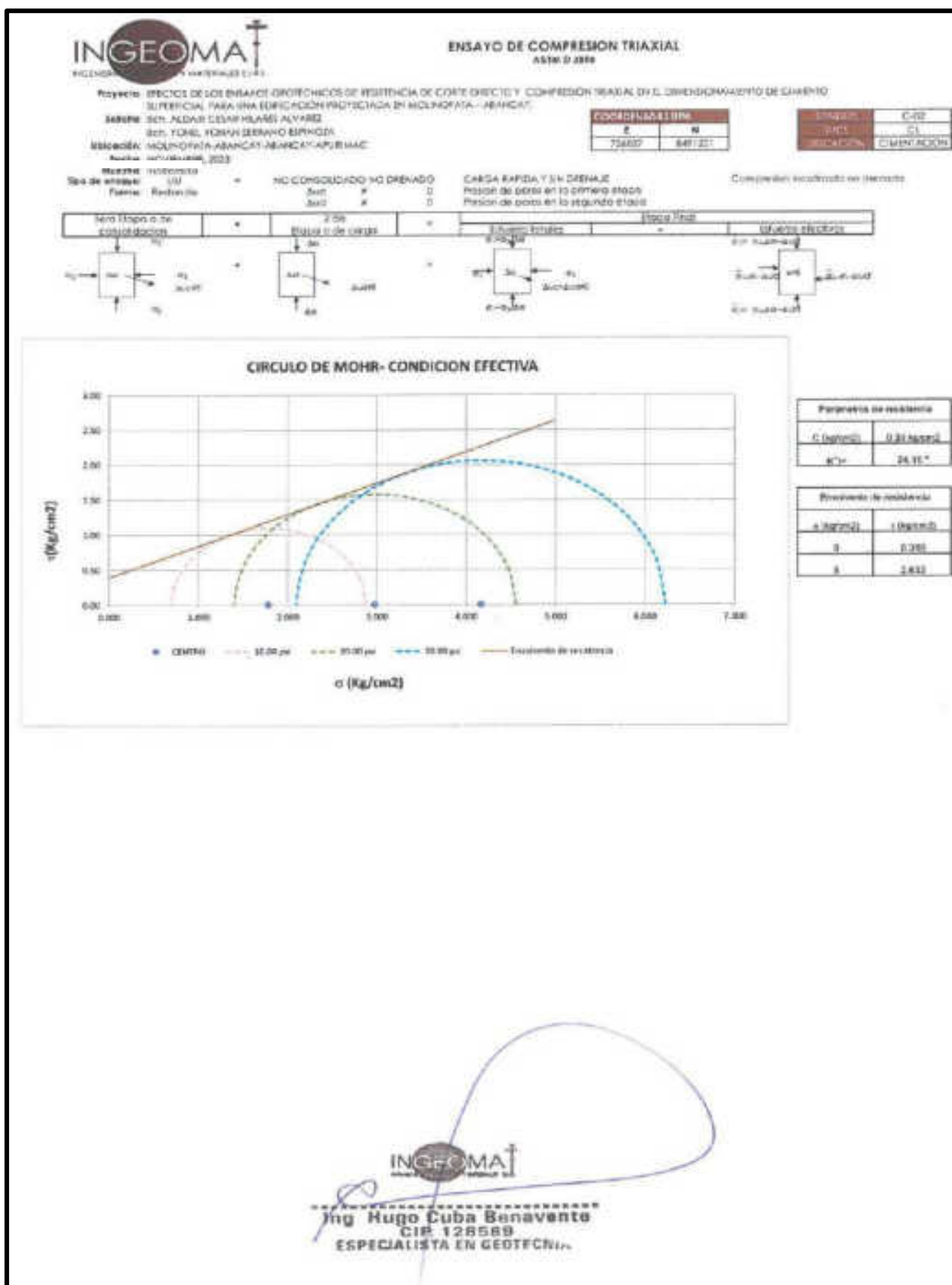


Figura 114 — Circulo de Mohr en condiciones efectivas del ensayo de compresión triaxial de la calicata 02

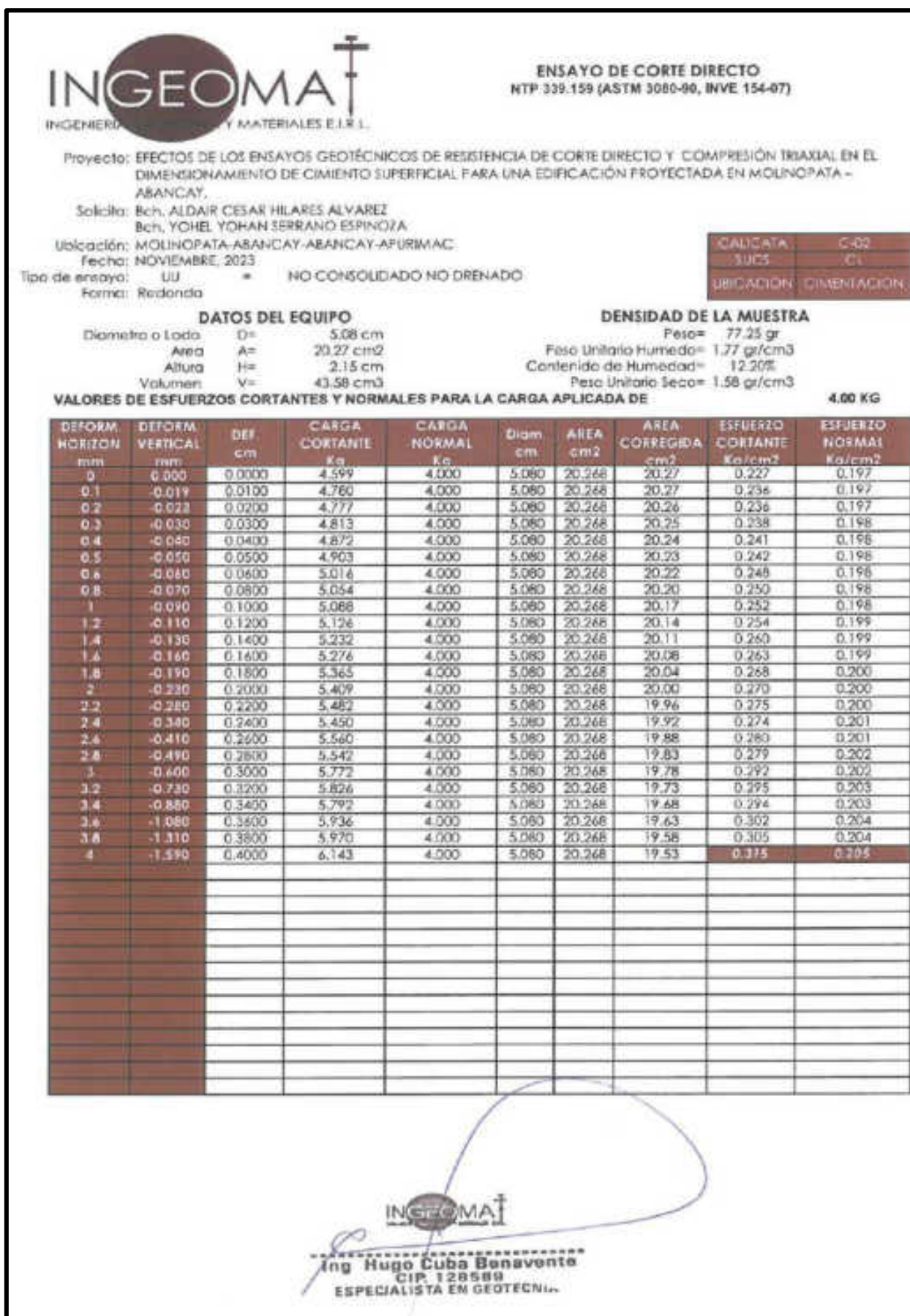


Figura 115 — Ensayo de corte directo ASTM D 3080 de la calicata 02 para una carga de 4 kg.

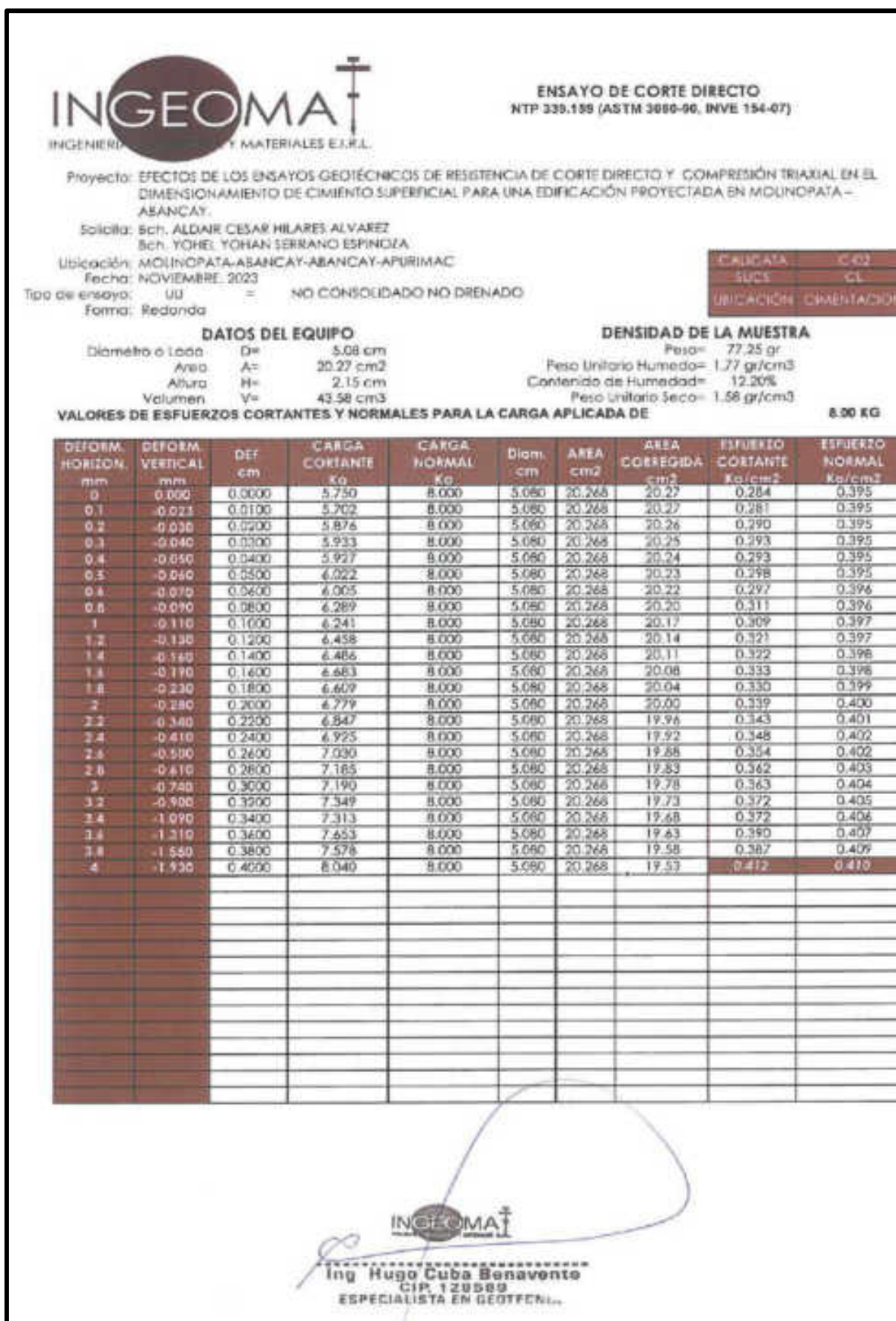


Figura 116 — Ensayo de corte directo ASTM D 3080 de la calicata 02 para una carga de 8 kg.

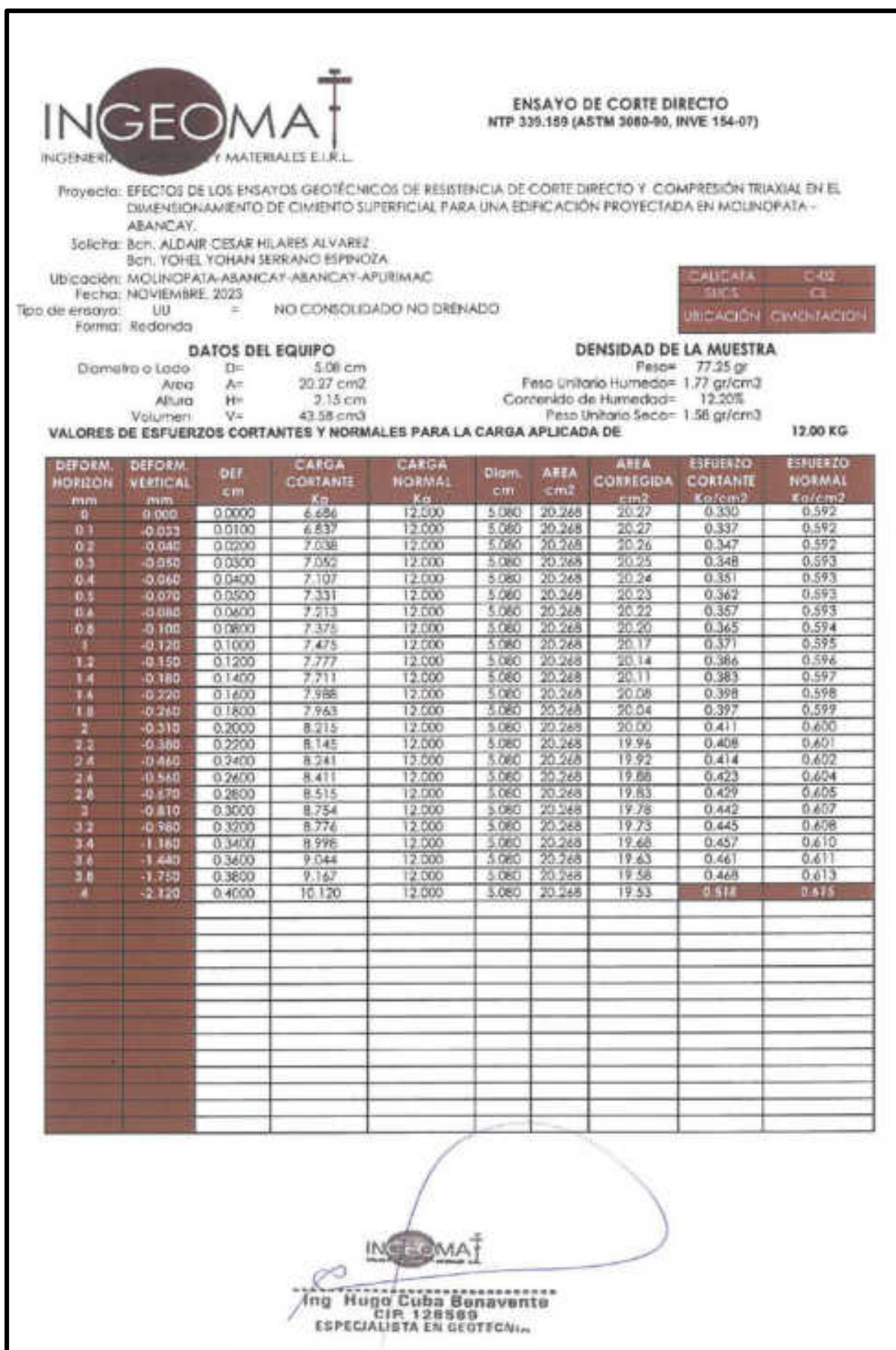


Figura 117 — Ensayo de corte directo ASTM D 3080 de la calicata 02 para una carga de 12 kg.

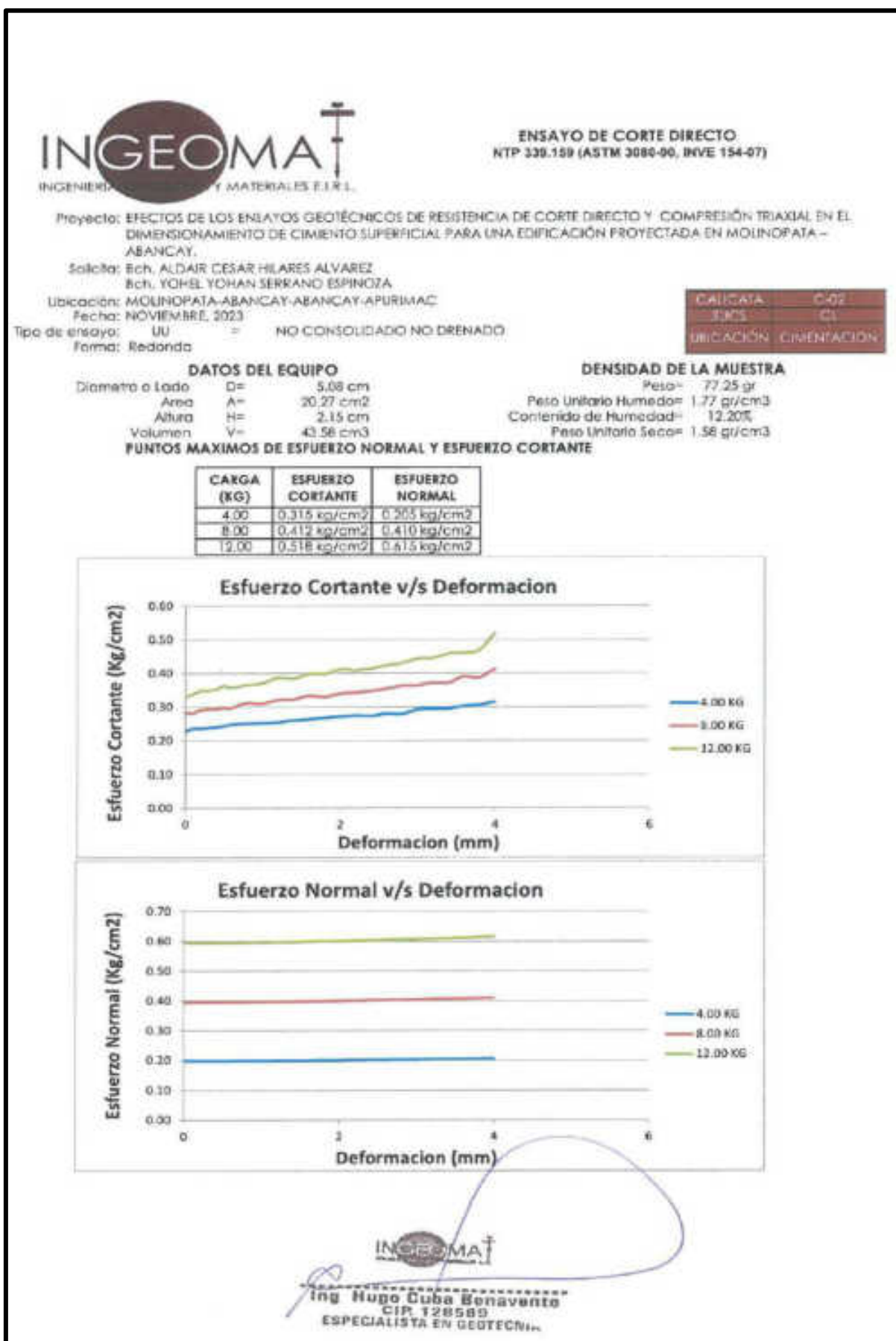


Figura 118 — Puntos máximos del esfuerzo normal y esfuerzo cortante del ensayo de corte directo ASTM D 3080 de la calicata 02

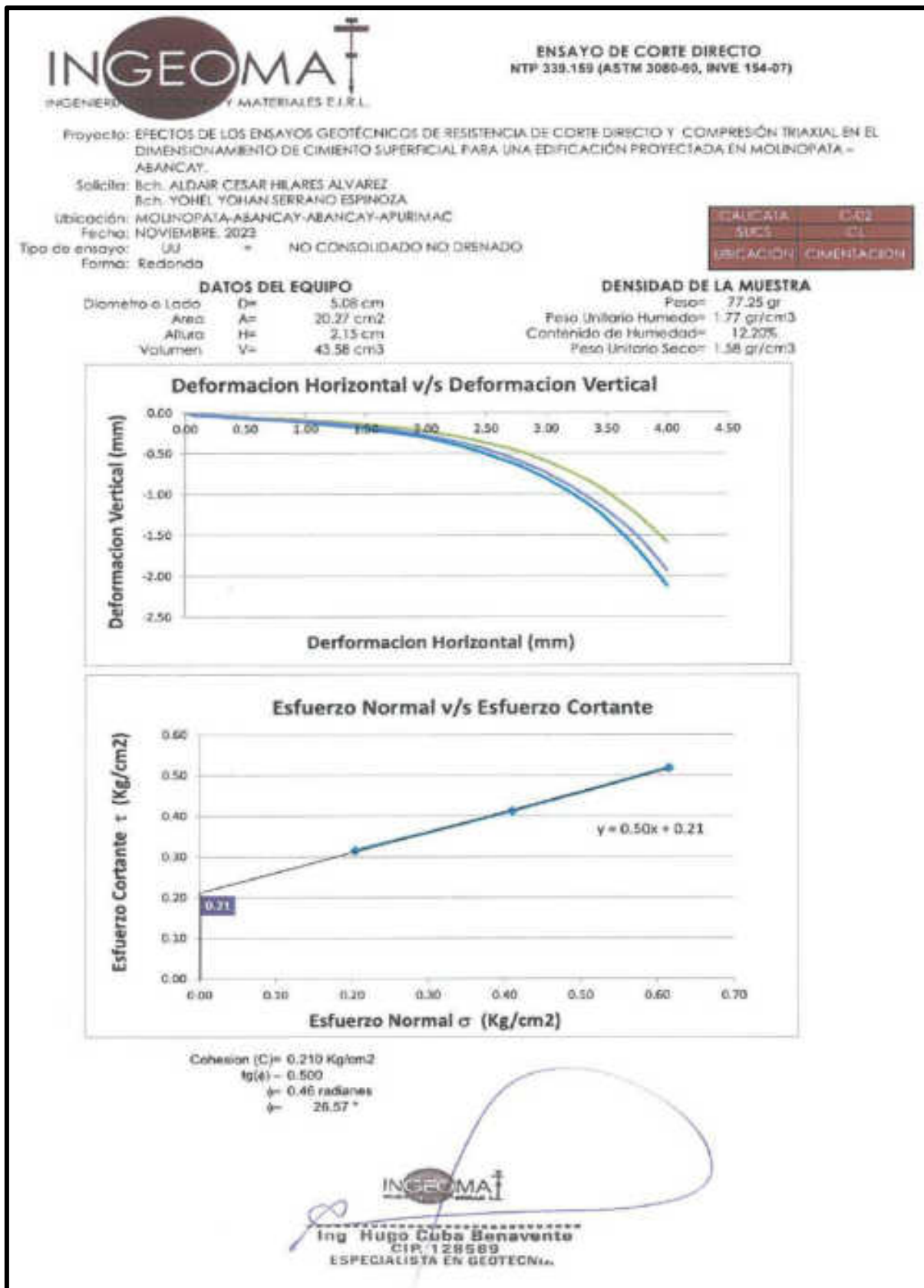


Figura 119 — Resultado de cohesión y ángulo de fricción del ensayo de corte directo para la calicata 02

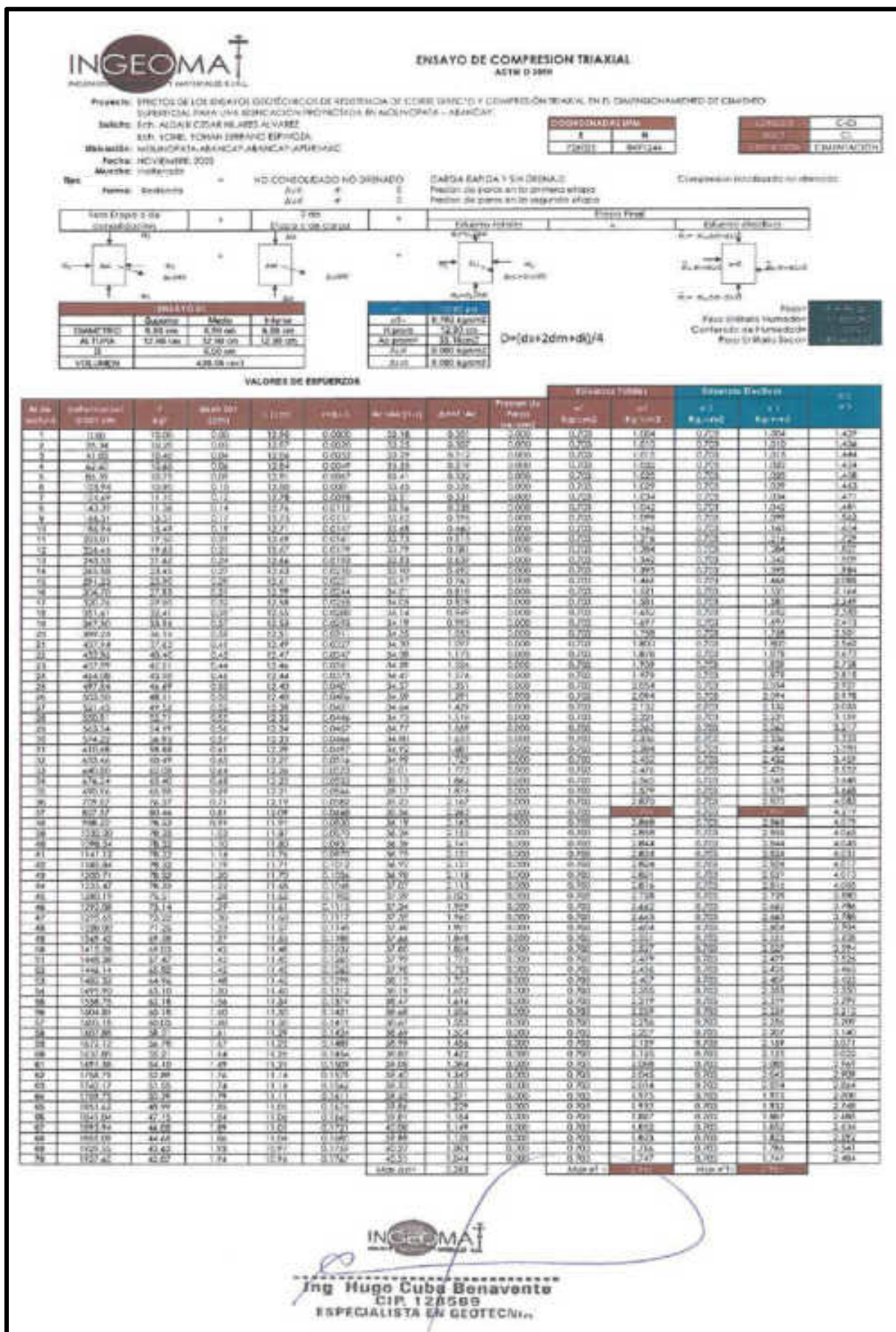


Figura 120 — Ensayo de compresión triaxial ASTM D 2850 para $\sigma = 10$ psi de la calicata 03



Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

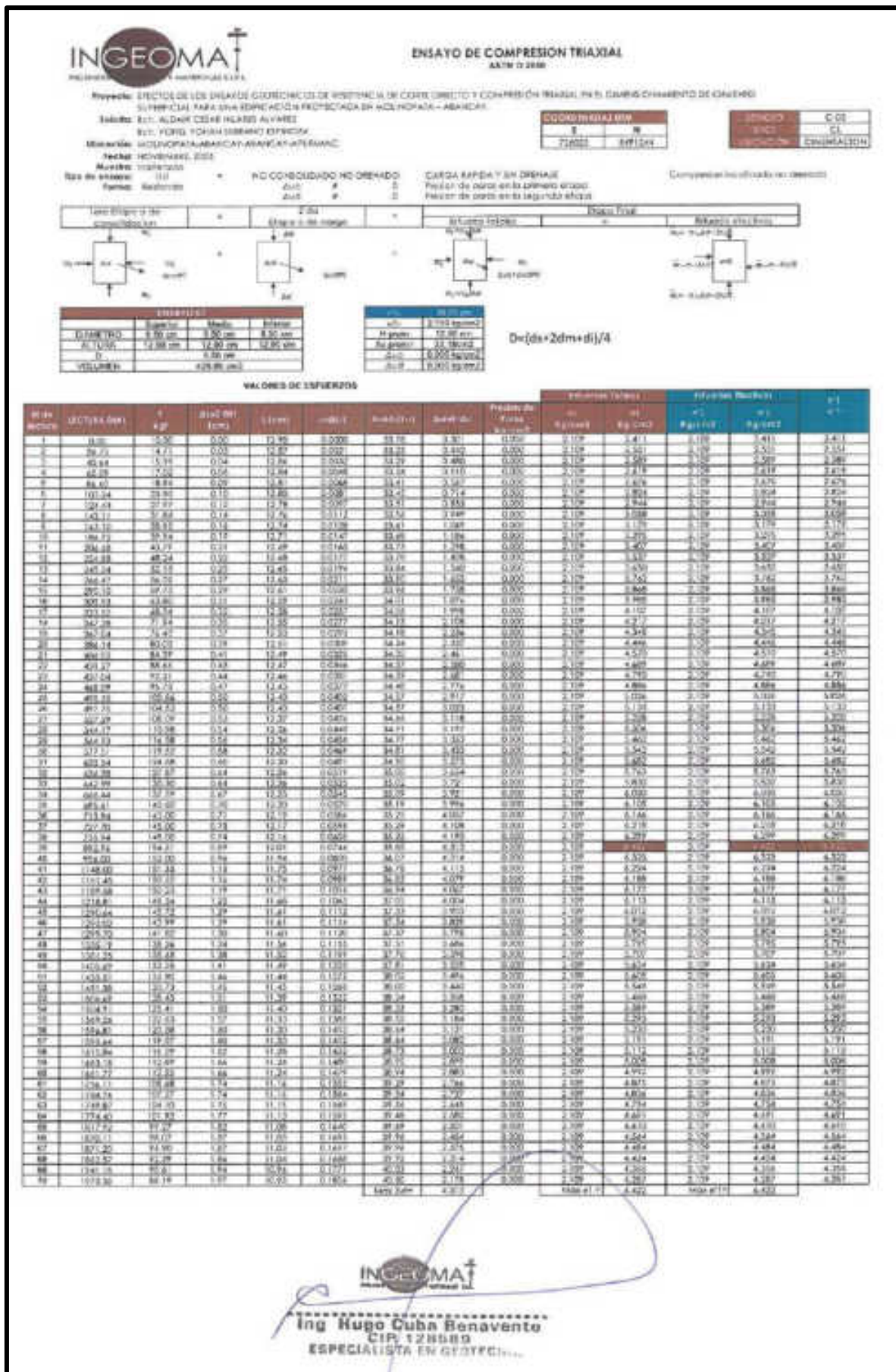


Figura 122 — Ensayo de compresión triaxial ASTM D 2850 para $\sigma = 30$ psi de la calicata 03



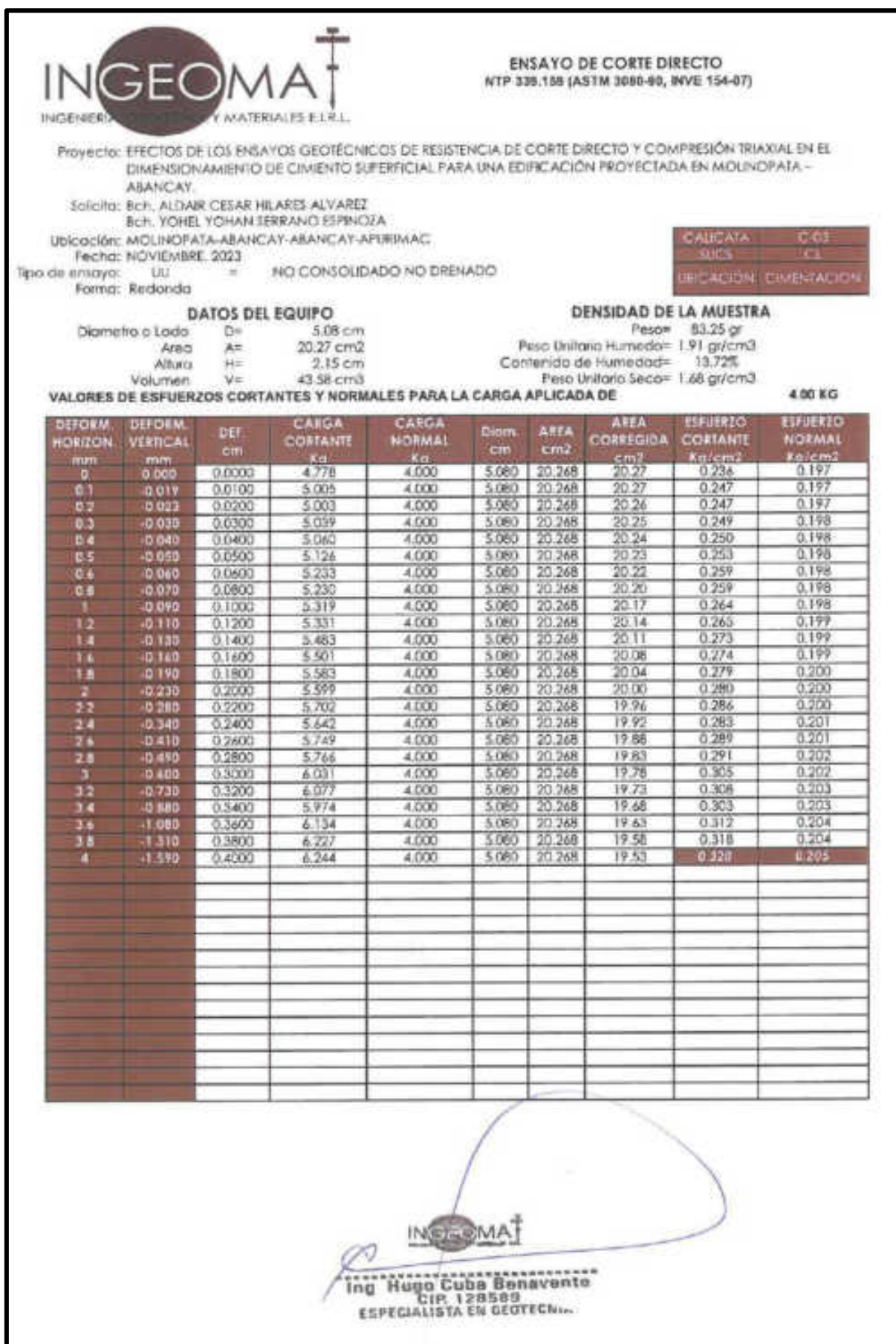


Figura 126 — Ensayo de corte directo ASTM D 3080 de la calicata 03 para una carga de 4 kg.

[illegible]

Figura 127 — Ensayo de corte directo ASTM D 3080 de la calicata 03 para una carga de 8 kg.

[illegible]

Figura 128 — Ensayo de corte directo ASTM D 3080 de la calicata 03 para una carga de 12 kg.

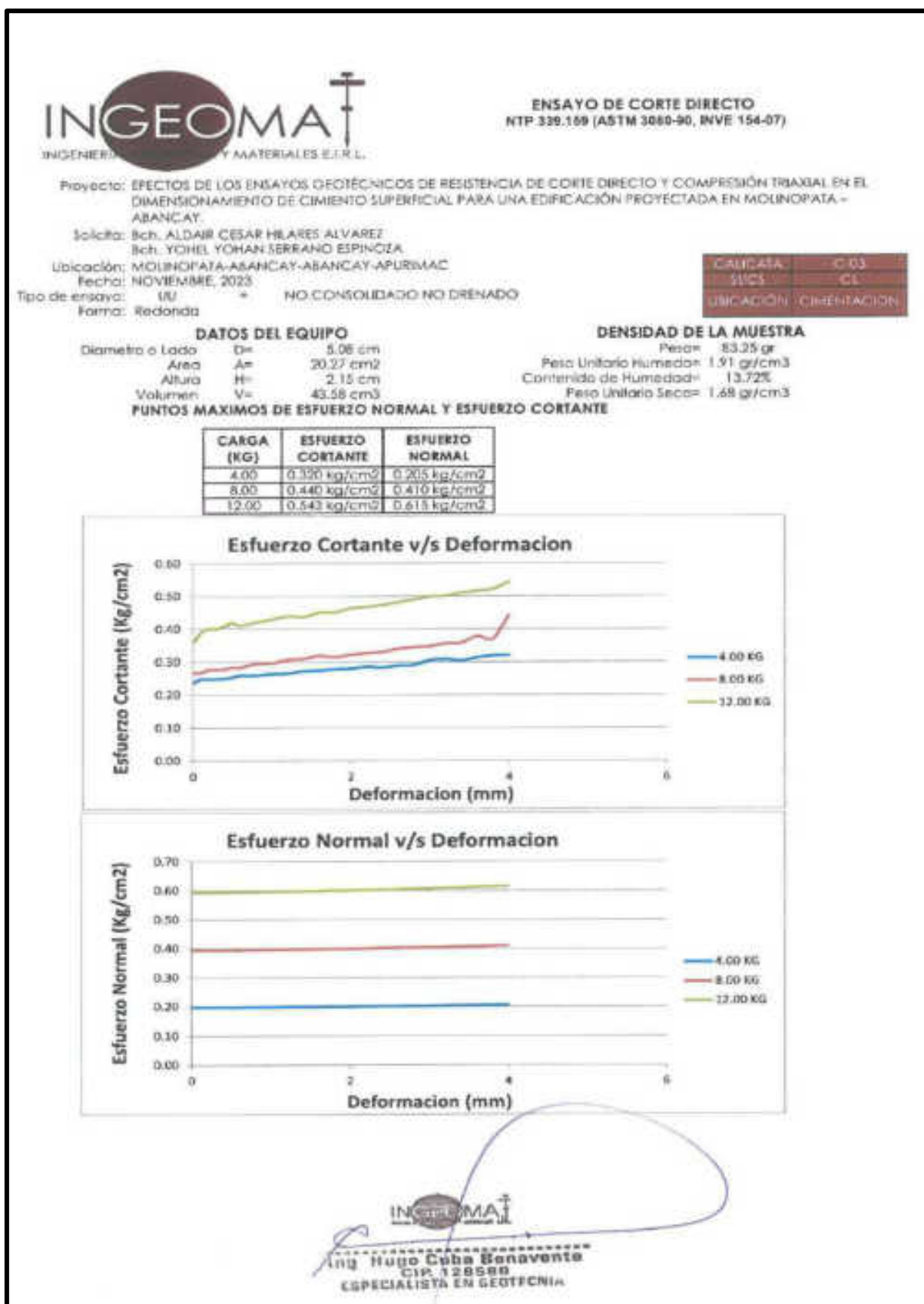


Figura 129 — Puntos máximos del esfuerzo normal y esfuerzo cortante del ensayo de corte directo ASTM D 3080 de la calicata 03

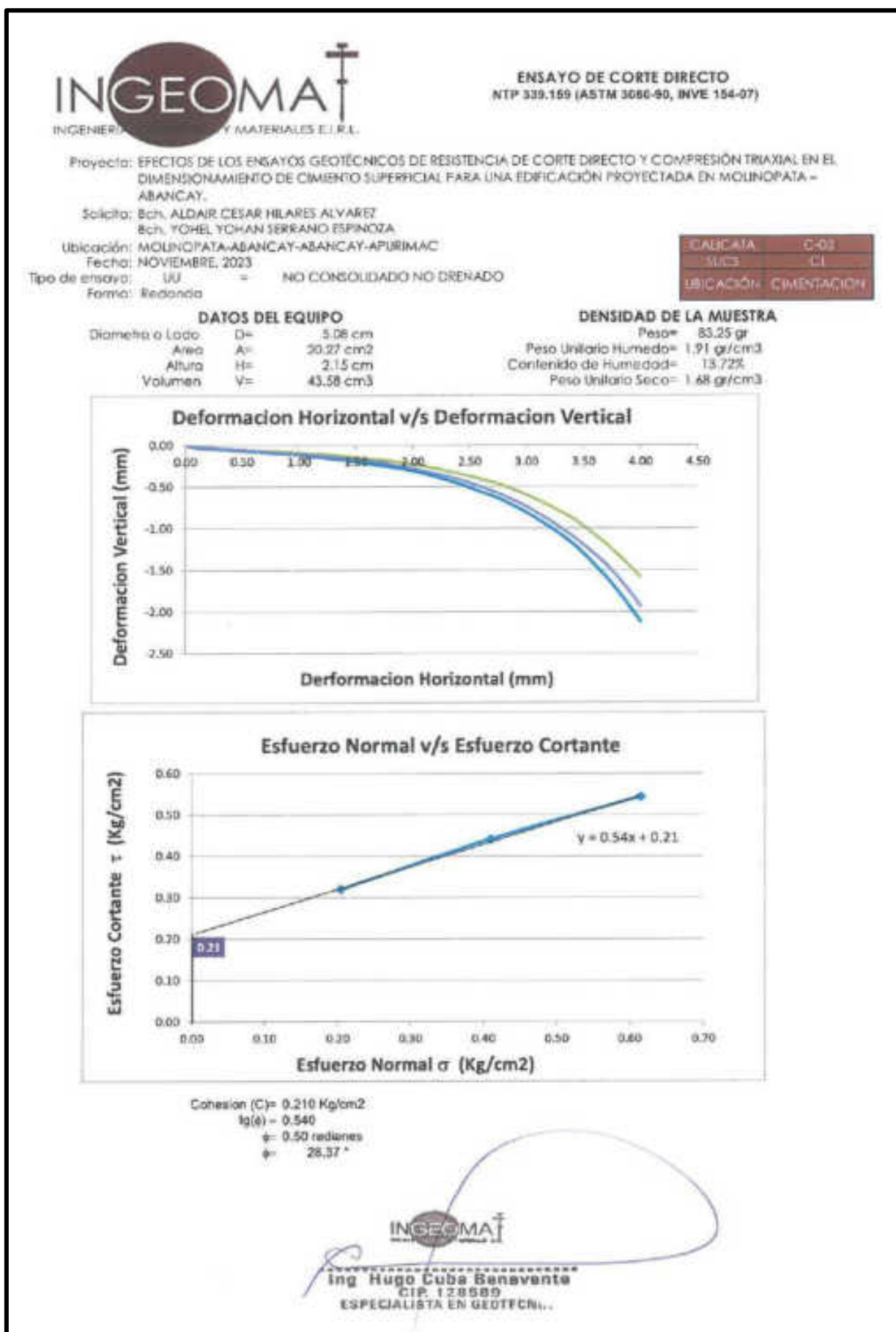


Figura 130 — Resultado de cohesión y ángulo de fricción del ensayo de corte directo para la calicata 03





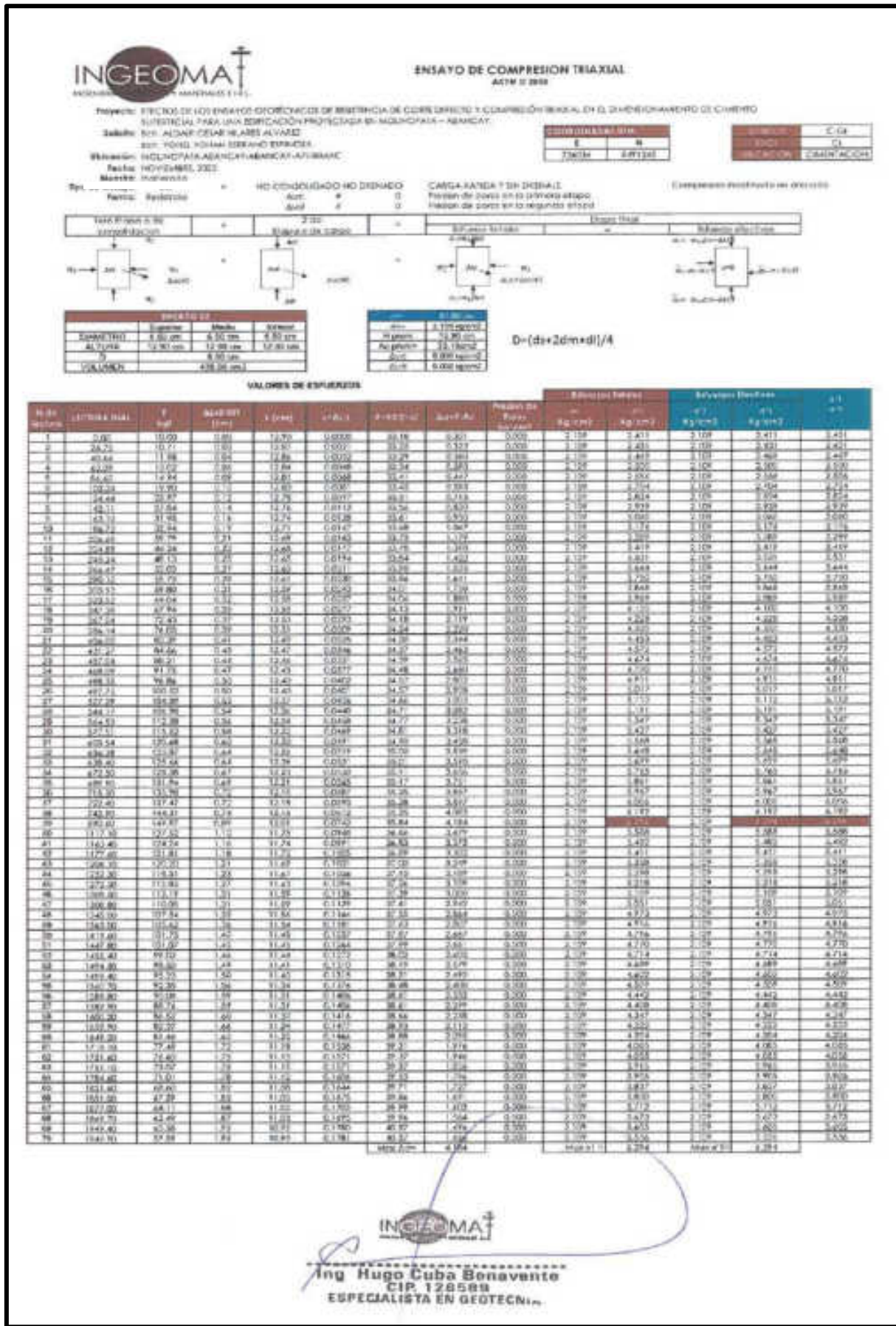


Figura 133 — Ensayo de compresión triaxial ASTM D 2850 para $\sigma = 30$ psi de la calicata 04





Figura 135 — Circulo de Mohr en condiciones totales del ensayo de compresión triaxial de la calicata 04

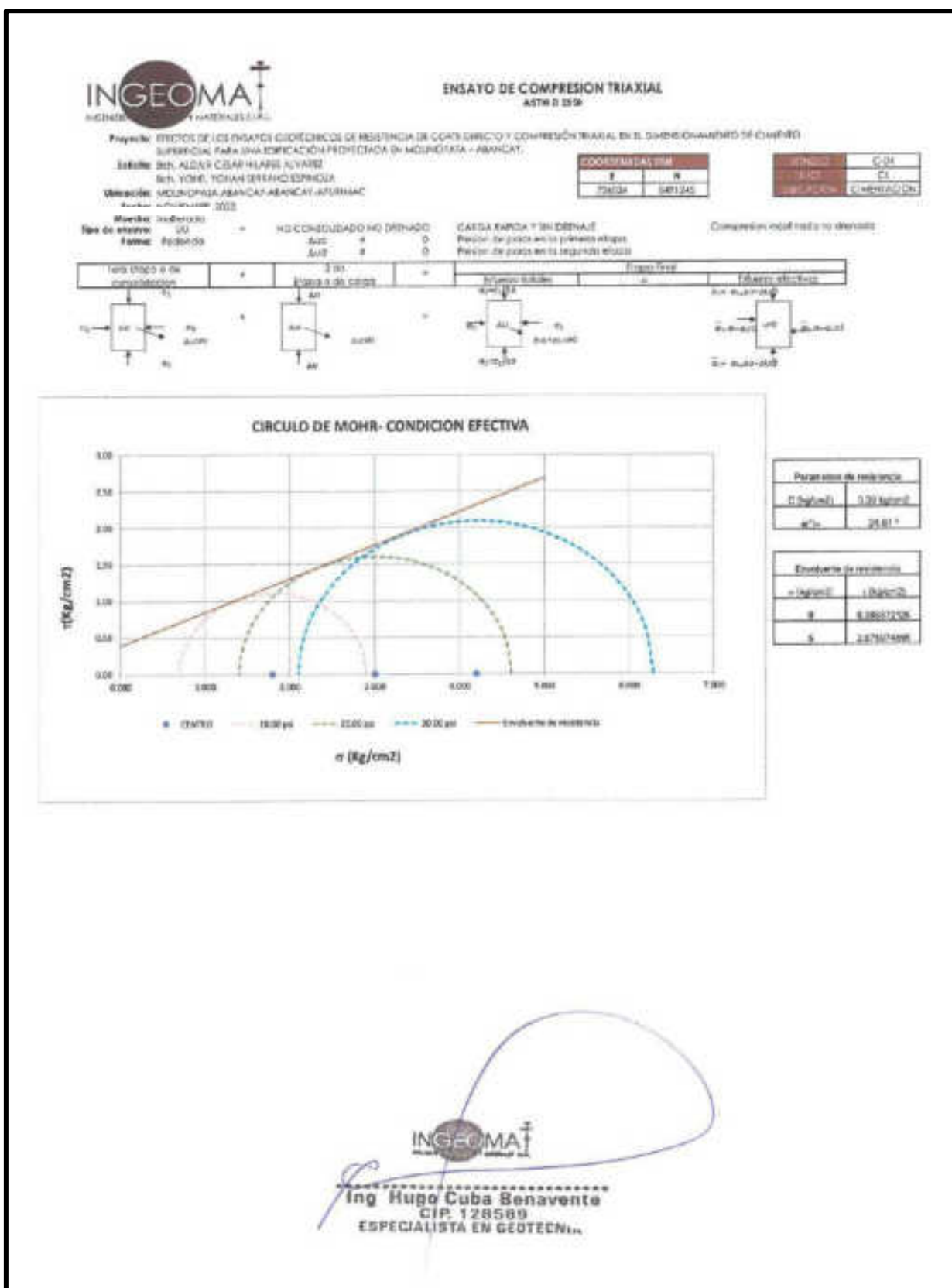


Figura 136 — Círculo de Mohr en condiciones efectivas del ensayo de compresión triaxial de la calicata 04

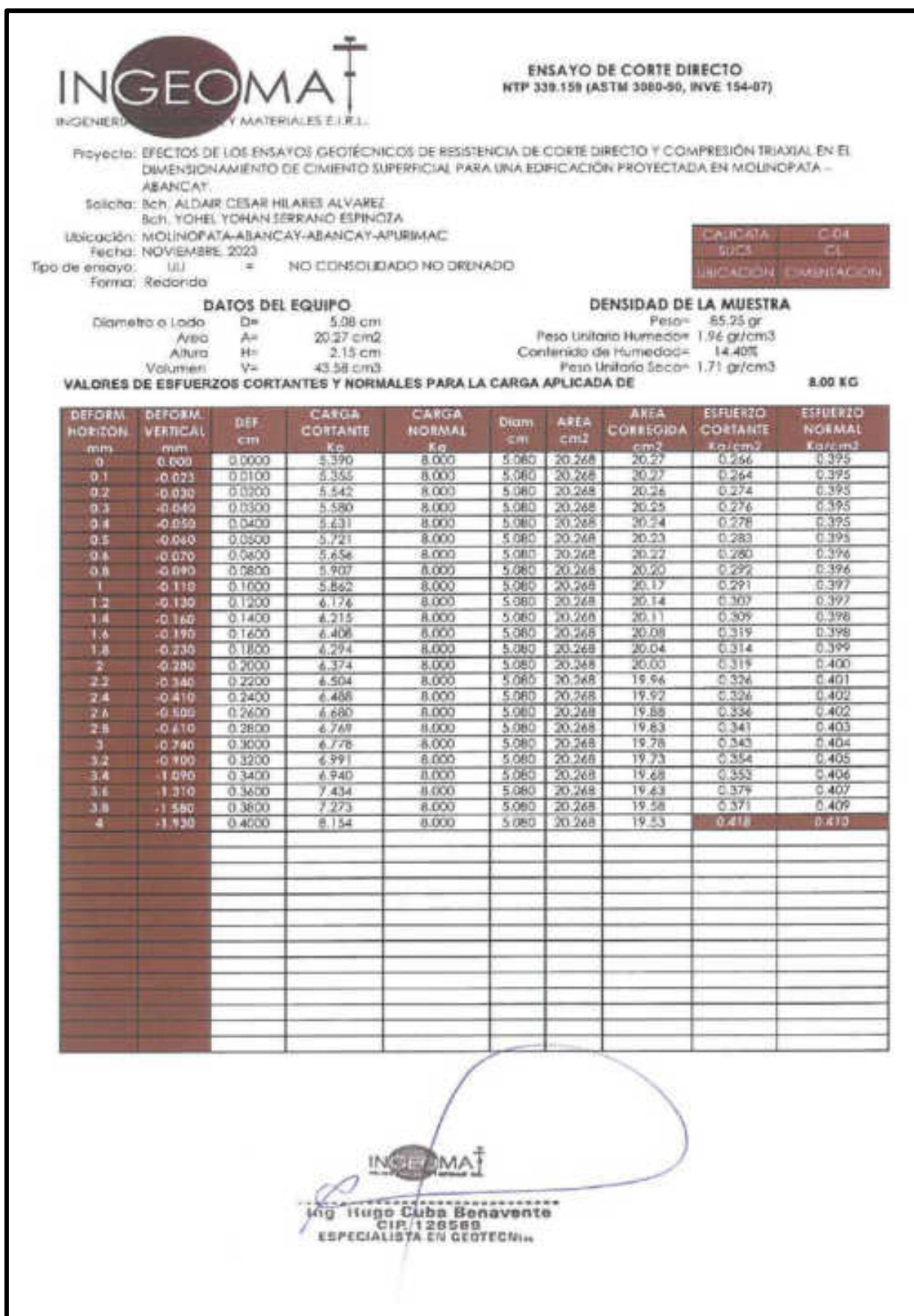


Figura 138 — Ensayo de corte directo ASTM D 3080 de la calicata 04 para una carga de 8 kg.

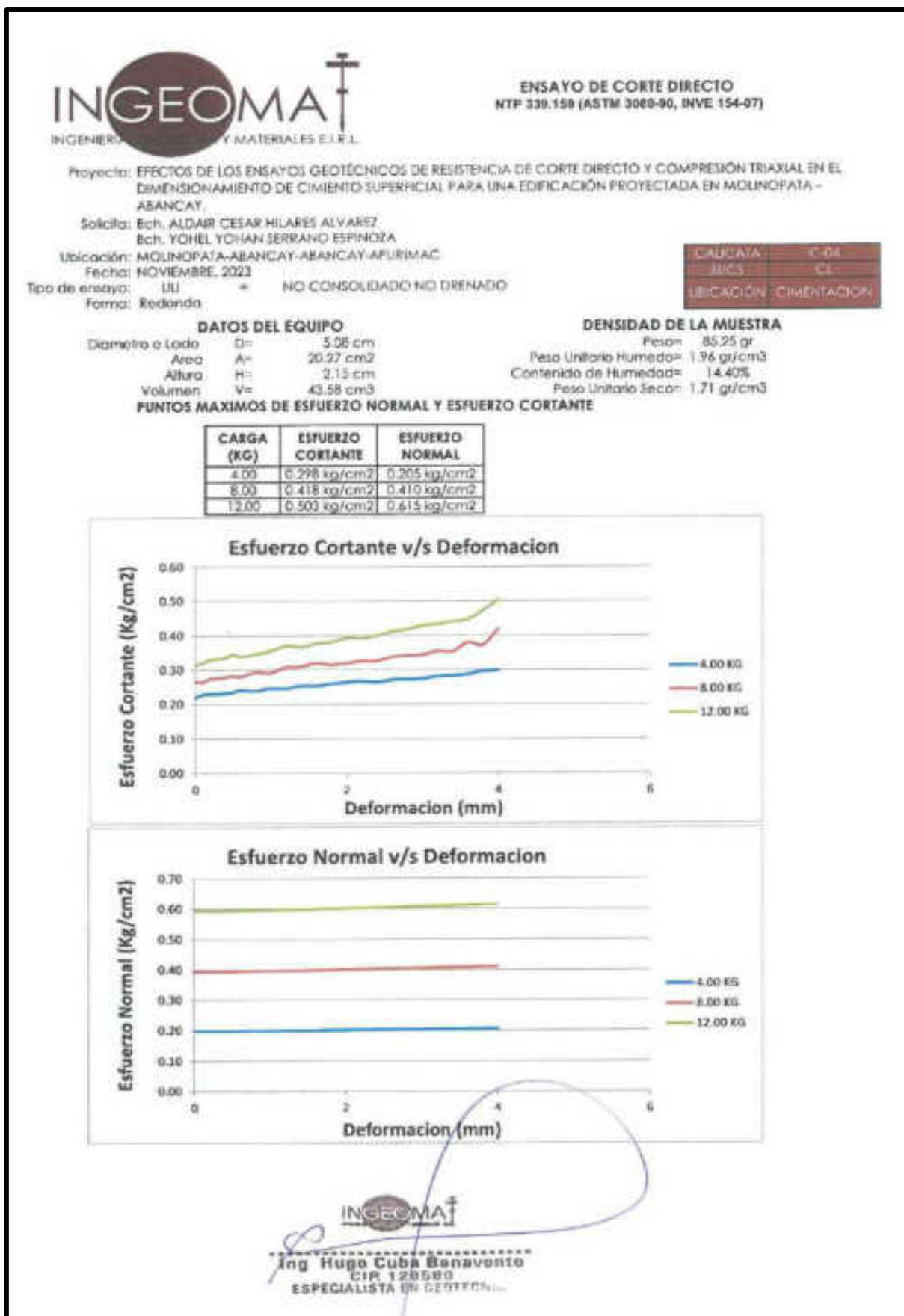


Figura 140 — Puntos máximos del esfuerzo normal y esfuerzo cortante del ensayo de corte directo ASTM D 3080 de la calicata 04

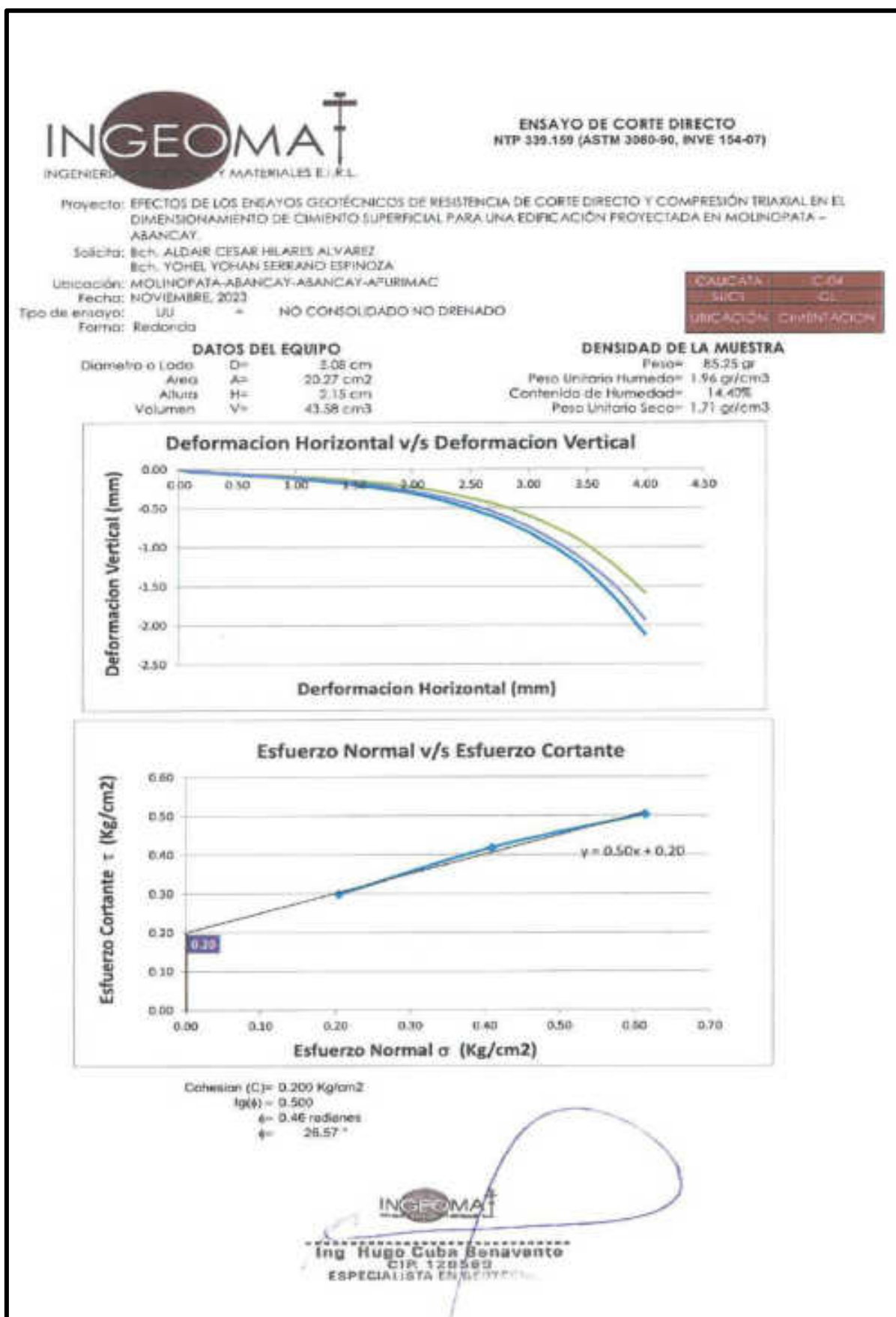


Figura 141 — Resultado de cohesión y ángulo de fricción del ensayo de corte directo para la calicata 04

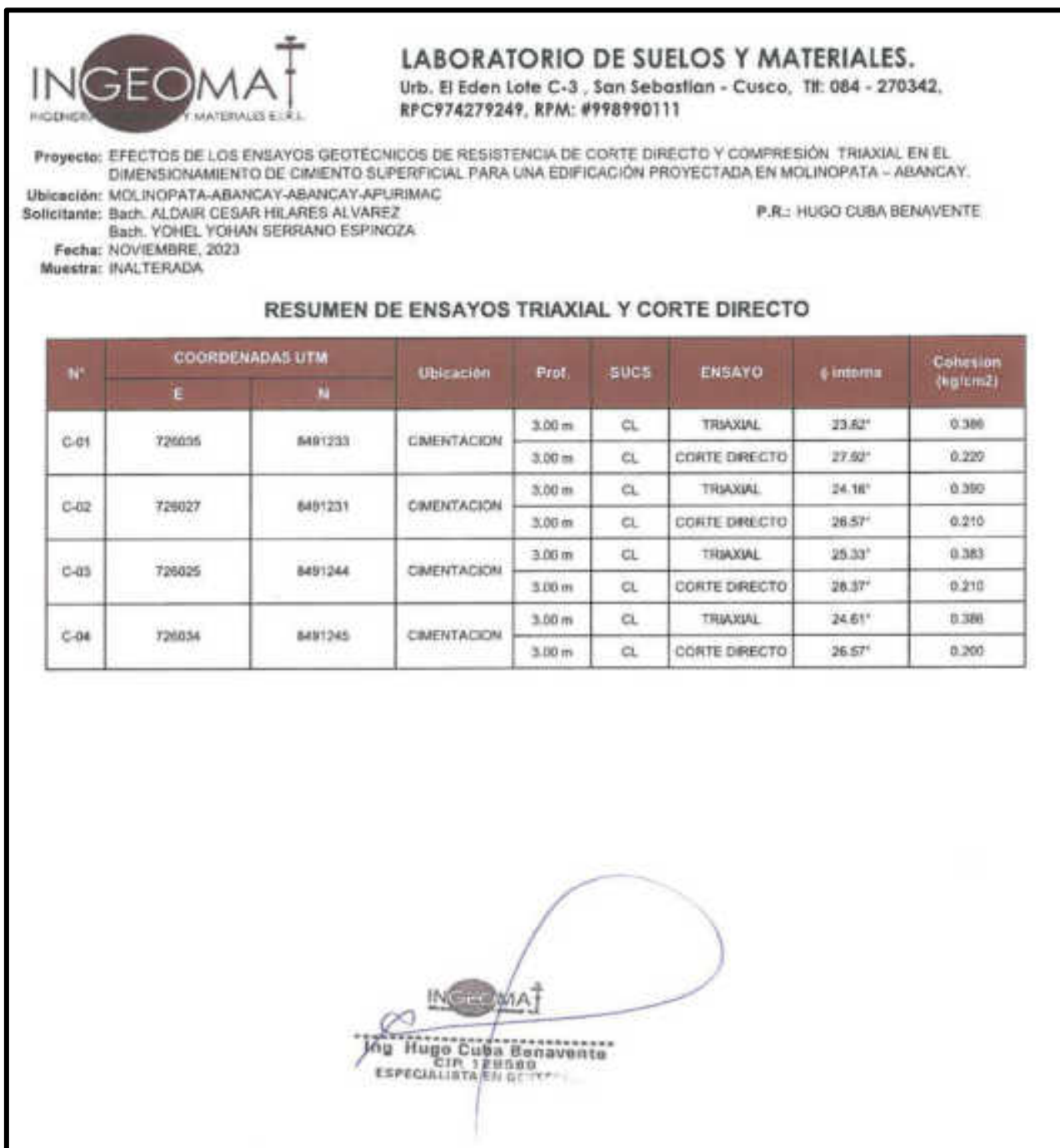


Figura 142 — Resumen de los resultados de los parámetros geotécnicos de los ensayos de corte directo y compresión triaxial de 4 calicatas.

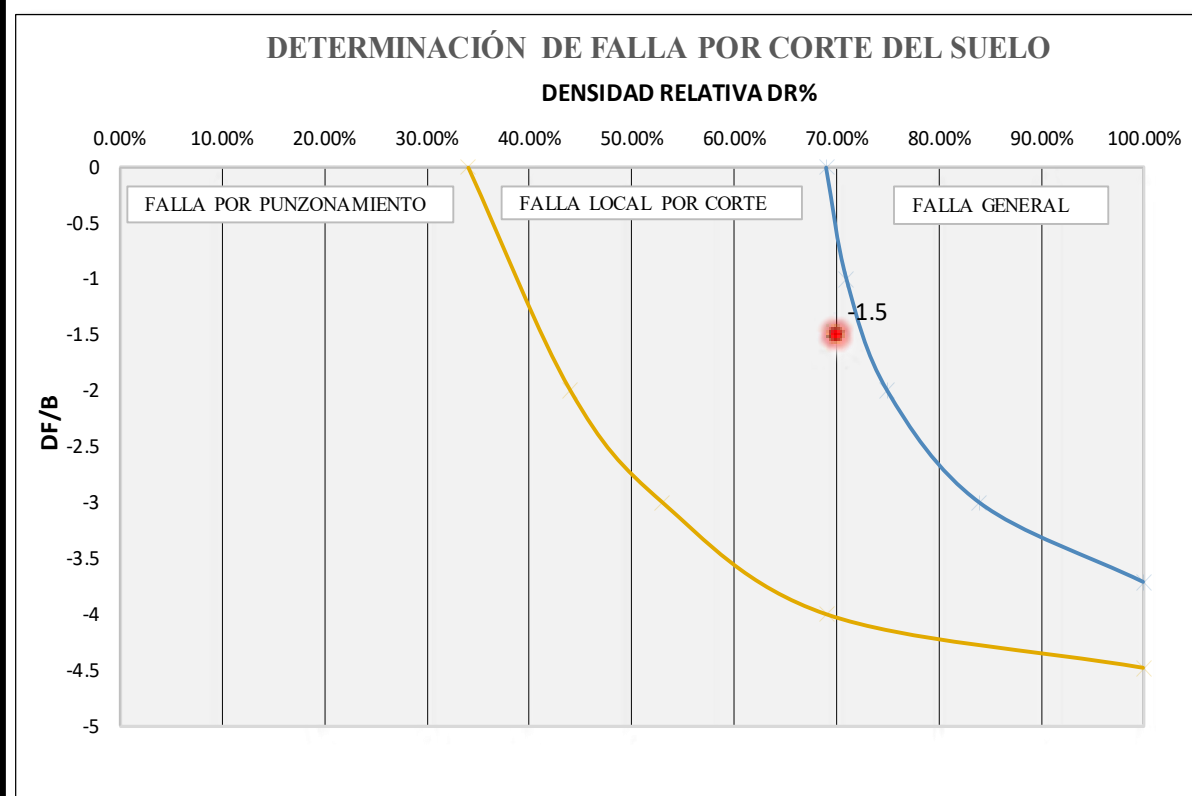
DETERMINACIÓN DE FALLA POR CORTE DEL SUELO

Proyecto: "EFECTOS DE LOS ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE RESISTENCIA DE CORTE DIRECTO Y COMPRESIÓN TRIAXIAL EN EL DIMENSIONAMIENTO DE CIMENTO SUPERFICIAL PARA UNA EDIFICACIÓN PROYECTADA EN MOLINOPATA-ABANCAY"

Ubicación: Lugar: Molinopata Provincia: Abancay
 Distrito: Apurímac Departamento: Apurímac
 Hecho por: Muestreo: Solicitante Profundidad: 3.00 m

Solicitante: Bach. Aldair Cesar Hilaes Alvarez
 Bach. Yohel Yohan Serrano Espinoza

Condición del terreno	Calicata comprendidas	Df	Densidad relativa Dr%	B (M)	L (M)	Df/B	Tipo de falla
Natural	Todas	1.5	70%	1	1	-1.5	FALLA LOCAL



NOTA: Debido a que la falla que produce es de tipo local al haberse encontrado suelos tales como arcillosos con baja plasticidad, terzagui corrige el ángulo de fricción y cohesión para tomar en cuenta los efectos de forma de la cimentación (B/L).

Figura 143 — Determinación del tipo de falla por corte del suelo

CORRECCIÓN POR FALLA LOCAL DE RESULTADOS DE CORTE DIRECTO Y TRIAXIAL

Proyecto: "EFECTOS DE LOS ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE RESISTENCIA DE CORTE DIRECTO Y COMPRESIÓN TRIAXIAL EN EL DIMENSIONAMIENTO DE CIMIENTO SUPERFICIAL PARA UNA EDIFICACIÓN PROYECTADA EN MOLINOPATA-ABANCAY"

Ubicación: Lugar: **Molinopata**

Provincia: **Abancay**

Distrito: **Apurímac**

Departamento: **Apurímac**

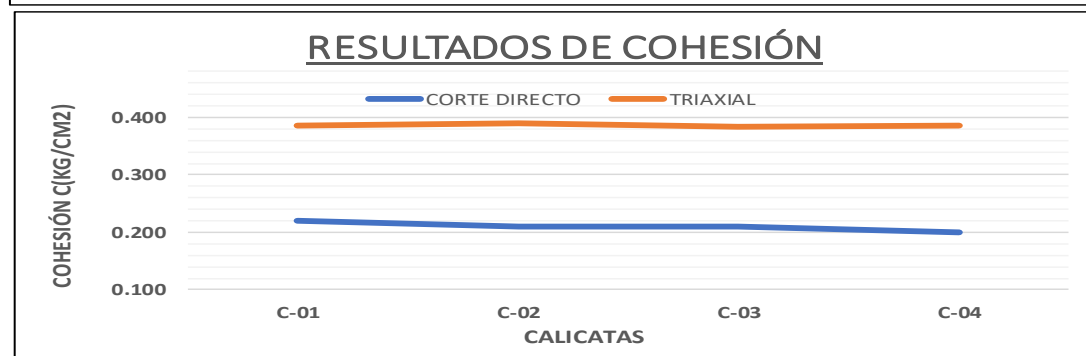
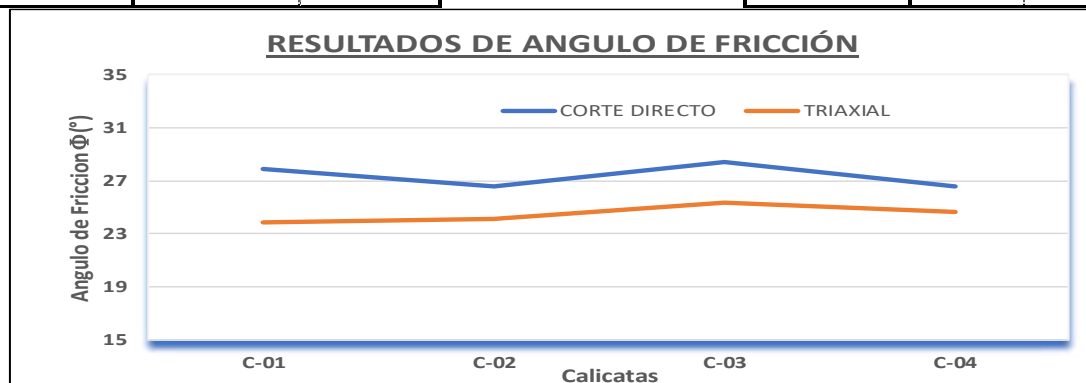
Hecho por: Muestreo: **Solicitante**

Profundidad: **3.00 m**

Solicitante: Bach.Aldair Cesar Hilares Alvarez
Bach.Yohel Yohan Serrano Ezpinoza

RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS ENSAYOS EN LABORATORIO

CORTE DIRECTO			TRIAxIAL		
CALICATA	$\Phi(^{\circ})$	C(kg/cm ²)	CALICATA	$\Phi(^{\circ})$	C(kg/cm ²)
C-01	27.92	0.220	C-01	23.82	0.386
C-02	26.57	0.210	C-02	24.16	0.390
C-03	28.37	0.210	C-03	25.33	0.383
C-04	26.57	0.200	C-04	24.61	0.386



RESUMEN DE RESULTADO FINAL DE ENSAYOS DE CORTE DIRECTO Y TRIAXIAL

ENSAYO	$\Phi(^{\circ})$	C(kg/cm ²)	γ_d (gr/cm ³)	$\gamma_{natural}$ (gr/cm ³)
CORTE DIRECTO	27.36	0.210	1.65	1.86
TRIAxIAL	24.48	0.386	1.65	1.86

CORRECCIÓN DE DATOS POR FALLA POR CORTE LOCAL $\Phi(^{\circ})$ Y C(kg/cm²)

ENSAYO	$\Phi'(^{\circ})$	C'(kg/cm ²)	γ_d (gr/cm ³)	$\gamma_{natural}$ (gr/cm ³)
CORTE DIRECTO	19.03°	0.140	1.65	1.86
TRIAxIAL	16.88°	0.258	1.65	1.86

Nota: Se ha determinado el promedio de los valores de cohesión y ángulo de fricción interna de las cuatro calicatas de los ensayo de corte directo y triaxial al ser el mismo tipo de suelo CL.

Figura 144 — Corrección por falla local del resultado de los parámetros geotécnicos de corte directo y compresión triaxial

DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN LA NORMA E.050

CORTE DIRECTO

Proyecto: "EFECTOS DE LOS ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE RESISTENCIA DE CORTE DIRECTO Y COMPRESIÓN TRIAXIAL EN EL DIMENSIONAMIENTO DE CIMIENTO SUPERFICIAL PARA UNA EDIFICACIÓN PROYECTADA EN MOLINOPATA-ABANCAY"

Ubicación: Lugar: **Molinopata** Provincia: **Abancay**
 Distrito: **Apurimac** Departamento: **Apurimac**
Hecho por: Muestreo: **Solicitante** Profundidad: **3.00 m**

Solicitante: Bach.Aldair Cesar Hilares Alvarez
 Bach.Yohel Yohan Serrano Ezpinoza

CAPACIDAD ULTIMA ADMISIBLE SEGÚN LA NORMA E.050 (SUELOS Y CIMENTACIONES)

$$q_{cu} = (Sc * i_c * C' * N_c + i_q * \gamma_1 * D_f * N'_q + 0.5 * S_\gamma * i_\gamma * B' * \gamma_2 * N'_\gamma)$$

DONDE:		DATOS:		
qcu :	Capacidad de Carga Última	B:	1.50	m
C' :	Cohesión Efectiva (tn/m)	L:	1.00	m
γ :	Peso Específico del Suelo (tn/m3)	C':	1.38	tn/m2
B :	Ancho de la Zapata (m)	Df:	1.50	m
L :	Longitud de la Zapata (m)	γ_1 =	1.86	tn/m3
Df :	Profundidad de Desplante (m)	γ_2 =	1.65	tn/m3
Φ :	Angulo de Fricción Interna (°)	Φ :	19.03	°
FS :	Factor de Seguridad	FS:	3.00	
qadm:	Capacidad de Carga Admisible	N'q:	5.82	
Factores de capacidad de carga debido a:		N'c:	13.96	
N'c :	cohesión	N'γ:	2.42	
N'q :	sobrecarga	lc:	1.00	
N'γ :	Peso del Suelo	iq:	1.00	
Coeficientes de correccion debido a:		iγ:	1.00	
ic	Inclinacion de la carga correspondiente a la cohesion	Sγ:	1.00	
iq	Inclinacion de la carga correspondiente a la sobre carga	Sc:	1.00	
iγ	Inclinacion de la carga correspondiente a la friccion			
Sγ	Forma de la cimentacion correspondiente a la friccion			
Sc	Forma de la cimentacion correspondiente a la cohesion			
Df :	Profundidad de Desplante (m)			

CAPACIDAD ULTIMA ADMISIBLE SEGÚN LA NORMA E.050 (SUELOS Y CIMENTACIONES)

$$q_{cu} = (Sc * i_c * C' * N_c + i_q * \gamma_1 * D_f * N'_q + 0.5 * S_\gamma * i_\gamma * B' * \gamma_2 * N'_\gamma)$$

qcu	=	38.48	ton/m2
qadm	=	qcu/F.S	ton/m2
qadm	=	12.83	ton/m2
qadm	=	1.28	kg/cm2

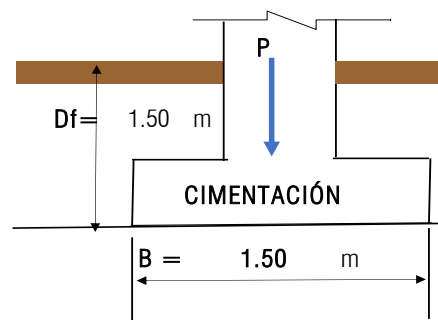


Figura 145 — Determinación de capacidad portante del ensayo corte directo por la norma E.050



ECUACION GENERAL DE CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO

CORTE DIRECTO

Proyecto: "EFECTOS DE LOS ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE RESISTENCIA DE CORTE DIRECTO Y COMPRESIÓN TRIAXIAL EN EL DIMENSIONAMIENTO DE CIMIENTO SUPERFICIAL PARA UNA EDIFICACIÓN PROYECTADA EN MOLINOPATA-ABANCAY"

Ubicación: Lugar: Molinopata

Provincia: Abancay

Distrito: Apurimac

Departamento: Apurimac

Hecho por: Muestreo: Solicitante

Profundidad: 3.00 m

Solicitante: Bach.Aldair Cesar Hilares Alvarez

Bach.Yohel Yohan Serrano Ezpinoza

CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA ADMISIBLE (SUELOS Y CIMENTACIONES)

$$q_{cu} = (C' \cdot N'_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N'_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + 0.5 \cdot B' \cdot \gamma \cdot N'_\gamma \cdot F_{\gamma s} \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i})$$

DONDE:		DATOS:		
qcu :	Capacidad de Carga Última	B:	1.50	m
C' :	Cohesión Efectiva (tn/m)	q:	2.48	tn/m ²
γ :	Peso Específico del Suelo (tn/m ³)	C':	1.38	tn/m ²
B :	Ancho de la Zapata (m)	Df:	1.50	m
q :	Esfuerzo efectivo (tn/m ²)	γ =	1.65	tn/m ³
Df :	Profundidad de Desplante (m)	Φ:	19.03	°
Φ :	Angulo de Fricción Interna (°)	FS:	3.00	
FS :	Factor de Seguridad	N'q:	5.82	
qadm:	Capacidad de Carga Admisible	N'c:	13.96	
N'q, N'γ, N'c	Factores de capacidad de carga	N'γ:	4.70	
Fci, Fqi, Fyi	Factores de inclinacion de carga	Fci, Fqi, Fyi :	1.00	
Fcd, Fqd, Fyd	Factores de profundidad de carga	Fcd, Fqd, Fyd:	1.00	
Fcs, Fqs, Fys	Factores de forma de carga	Fcs, Fqs, Fys:	1.00	

CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA ADMISIBLE SEGÚN LA ECUACION GENERAL

$$q_{cu} = (C' \cdot N'_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N'_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + 0.5 \cdot B' \cdot \gamma \cdot N'_\gamma \cdot F_{\gamma s} \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i})$$

qcu	=	39.48	ton/m ²
qadm	=	qcu/F.S	ton/m ²
qadm	=	13.16	ton/m ²
qadm	=	1.32	kg/cm ²

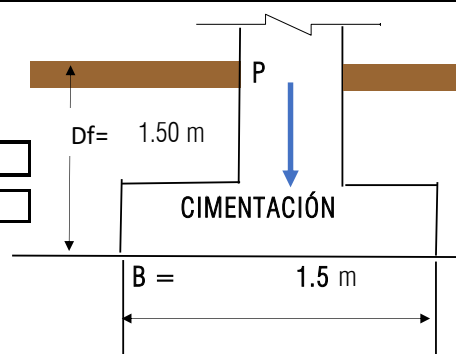


Figura 146 — Determinación de capacidad portante del ensayo corte directo por la ecuación general de Meyerhof

CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA ADMISIBLE FINAL CORTE DIRECTO

Proyecto: "EFECTOS DE LOS ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE RESISTENCIA DE CORTE DIRECTO Y COMPRESIÓN TRIAXIAL EN EL DIMENSIONAMIENTO DE CIMENTO SUPERFICIAL PARA UNA EDIFICACIÓN PROYECTADA EN MOLINOPATA-ABANCAY"

Ubicación: Lugar: **Molinopata** Provincia: **Abancay**
Distrito: **Apurimac** Departamento: **Apurimac**
Hecho por: Muestreo: **Solicitante** Profundidad: **3.00 m**

Solicitante: Bach.Aldair Cesar Hilares Alvarez
Bach.Yohel Yohan Serrano Ezpinoza

CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA ADMISIBLE PROMEDIO DE LA NORMA E.050 Y LA ECUACION GENERAL

$$q_{adm}(\text{Promedio}) = \frac{q_{adm}(E.050) + q_{adm}(E. General)}{2}$$

DONDE:		DATOS:		
$q_{adm}(E.050)$	Capacidad admisible según la Norma E.050	$q_{adm}(E.050)$:	1.28	kg/cm ²
$q_{adm}(E.General)$	Capacidad admisible según la Ecuacion General	$q_{adm}(E.General)$:	1.32	kg/cm ²
$q_{adm}(\text{Promedio})$	Capacidad admisible promedio final	$q_{adm}(\text{Promedio})$:	1.3	kg/cm ²

$$q_{adm}(\text{Promedio}) = 1.30 \text{ kg/cm}^2$$

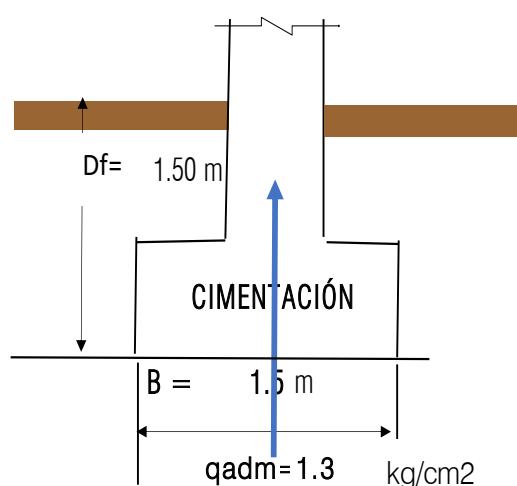


Figura 147 — Determinación de capacidad admisible del ensayo corte directo por la norma E.050 y la ecuación general de Meyerhof

DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE

TRIAxIAL

Proyecto: "EFECTOS DE LOS ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE RESISTENCIA DE CORTE DIRECTO Y COMPRESIÓN TRIAXIAL EN EL DIMENSIONAMIENTO DE CIMENTO SUPERFICIAL PARA UNA EDIFICACIÓN PROYECTADA EN MOLINOPATA-ABANCAY"

Ubicación: Lugar: **Molinopata** Provincia: **Abancay**
 Distrito: **Apurimac** Departamento: **Apurimac**
Hecho por: Muestreo: **Solicitante** Profundidad: **3.00 m**

Solicitante: Bach.Aldair Cesar Hilares Alvarez
 Bach.Yohel Yohan Serrano Ezpinoza

CAPACIDAD ULTIMA ADMISIBLE SEGÚN LA NORMA E.050 (SUELOS Y CIMENTACIONES)

$$q_{cu} = (Sc * i_c * C' * N_c + i_q * \gamma_1 * D_f * N'_q + 0.5 * S_\gamma * i_\gamma * B' * \gamma_2 * N'_\gamma)$$

DONDE:

DATOS:

qcu :	Capacidad de Carga Última	B:	1.50	m
C' :	Cohesión Efectiva (tn/m)	L:	1.00	m
γ :	Peso Específico del Suelo (tn/m3)	C':	2.53	tn/m2
B :	Ancho de la Zapata (m)	Df:	1.50	m
L :	Longitud de la Zapata (m)	γ 1 =	1.86	tn/m3
Df :	Profundidad de Desplante (m)	γ 2 =	1.65	tn/m3
Φ :	Angulo de Fricción Interna (°)	Φ:	16.88	°
FS :	Factor de Seguridad	FS:	3.00	
qadm:	Capacidad de Carga Admisible	N'q:	4.72	
Factores de capacidad de carga debido a:		N'c:	12.25	
N'c :	cohesión	N'γ:	1.63	
N'q :	sobrecarga	ic:	1.00	
N'γ :	Peso del Suelo	iq:	1.00	
Coeficientes de correccion debido a:		iγ:	1.00	
ic	Inclinacion de la carga correspondiente a la cohesion	Sγ:	1.00	
iq	Inclinacion de la carga correspondiente a la sobre carga	Sc:	1.00	
iγ	Inclinacion de la carga correspondiente a la friccion			
Sγ	Forma de la cimentacion correspondoente a la friccion			
Sc	Forma de la cimentacion correspondoente a la cohesion			
Df :	Profundidad de Desplante (m)			

CAPACIDAD ULTIMA ADMISIBLE SEGÚN LA NORMA E.050 (SUELOS Y CIMENTACIONES)

$$q_{cu} = (Sc * i_c * C' * N_c + i_q * \gamma_1 * D_f * N'_q + 0.5 * S_\gamma * i_\gamma * B' * \gamma_2 * N'_\gamma)$$

qcu	=	46.18	ton/m2
qadm	=	qcu/F.S	ton/m2
qadm	=	15.39	ton/m2
qadm	=	1.54	kg/cm2

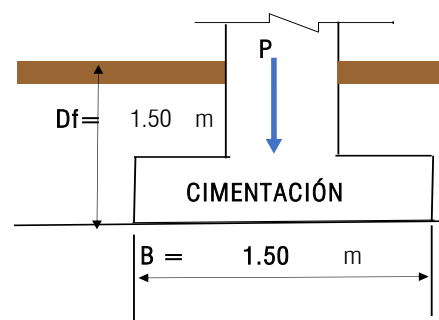


Figura 148 — Determinación de capacidad portante del ensayo compresión triaxial por la norma E. 050

ECUACION GENERAL DE CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO TRIAXIAL

Proyecto: "EFECTOS DE LOS ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE RESISTENCIA DE CORTE DIRECTO Y COMPRESIÓN TRIAXIAL EN EL DIMENSIONAMIENTO DE CIMIENTO SUPERFICIAL PARA UNA EDIFICACIÓN PROYECTADA EN MOLINOPATA-ABANCAY"

Ubicación: Lugar: **Molinopata**

Provincia: **Abancay**

Distrito: **Apurimac**

Departamento: **Apurimac**

Hecho por: Muestreo: **Solicitante**

Profundidad: **3.00 m**

Solicitante: Bach.Aldair Cesar Hilares Alvarez
Bach.Yohel Yohan Serrano Ezpinoza

CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA ADMISIBLE (SUELOS Y CIMENTACIONES)

$$q_{cu} = (C' \cdot N'_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N'_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + 0.5 \cdot B' \cdot \gamma \cdot N'_\gamma \cdot F_{\gamma s} \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i})$$

DONDE:		DATOS:		
qcu :	Capacidad de Carga Última	B:	1.50	m
C' :	Cohesión Efectiva (tn/m)	q:	2.48	tn/m ²
γ :	Peso Específico del Suelo (tn/m ³)	C':	2.53	tn/m ²
B :	Ancho de la Zapata (m)	Df:	1.50	m
q :	Esfuerzo efectivo (tn/m ²)	γ =	1.65	tn/m ³
Df :	Profundidad de Desplante (m)	Φ:	16.88	°
Φ :	Angulo de Fricción Interna (°)	FS:	3.00	
FS :	Factor de Seguridad	N'q:	4.72	
qadm:	Capacidad de Carga Admisible	N'c:	12.25	
N'q ,N'γ,N'c	Factores de capacidad de carga	N'γ:	3.47	
Fci ,Fqi,Fyi	Factores de inclinacion de carga	Fci ,Fqi,Fyi :	1.00	
Fcd ,Fqd,Fyd	Factores de profundidad de carga	Fcd ,Fqd,Fyd:	1.00	
Fcs ,Fqs,Fys	Factores de forma de carga	Fcs ,Fqs,Fys:	1.00	

CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA ADMISIBLE SEGÚN LA ECUACION GENERAL

$$q_{cu} = (C' \cdot N'_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N'_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + 0.5 \cdot B' \cdot \gamma \cdot N'_\gamma \cdot F_{\gamma s} \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i})$$

$$q_{cu} = 46.98 \text{ ton/m}^2$$

$$q_{adm} = q_{cu} / F.S = 15.66 \text{ ton/m}^2$$

$$q_{adm} = 15.66 \text{ ton/m}^2$$

$$q_{adm} = 1.57 \text{ kg/cm}^2$$

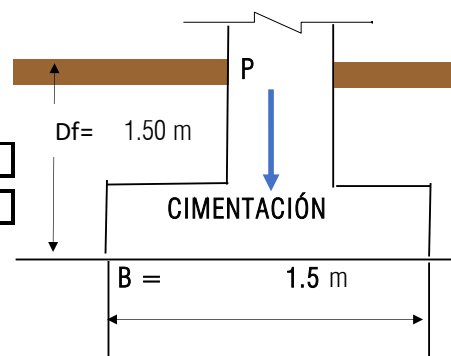


Figura 149 — Determinación de capacidad portante del ensayo compresión triaxial por la ecuación general de Meyerhof

CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA ADMISIBLE FINAL TRIAxIAL

Proyecto: "EFECTOS DE LOS ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE RESISTENCIA DE CORTE DIRECTO Y COMPRESIÓN TRIAXIAL EN EL DIMENSIONAMIENTO DE CIMIENTO SUPERFICIAL PARA UNA EDIFICACIÓN PROYECTADA EN MOLINOPATA-ABANCAY"

Ubicación: Lugar: **Molinopata** Provincia: **Abancay**
Distrito: **Apurimac** Departamento: **Apurimac**
Hecho por: Muestreo: **Solicitante** Profundidad: **3.00 m**

Solicitante: Bach.Aldair Cesar Hilaes Alvarez
Bach.Yohel Yohan Serrano Ezpinoza

CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA ADMISIBLE PROMEDIO DE LA NORMA E.050 Y LA ECUACION GENERAL

$$q_{adm}(\text{Promedio}) = \frac{q_{adm}(E.050) + q_{adm}(E. General)}{2}$$

DONDE:		DATOS:		
$q_{adm}(E.050)$	Capacidad admisible según la Norma E.050	$q_{adm}(E.050)$:	1.54	kg/cm ²
$q_{adm}(E.General)$	Capacidad admisible según la Ecuacion General	$q_{adm}(E.General)$:	1.57	kg/cm ²
$q_{adm}(\text{Promedio})$	Capacidad admisible promedio final	$q_{adm}(\text{Promedio})$:	1.56	kg/cm ²

$$q_{adm}(\text{Promedio}) = 1.56 \text{ kg/cm}^2$$

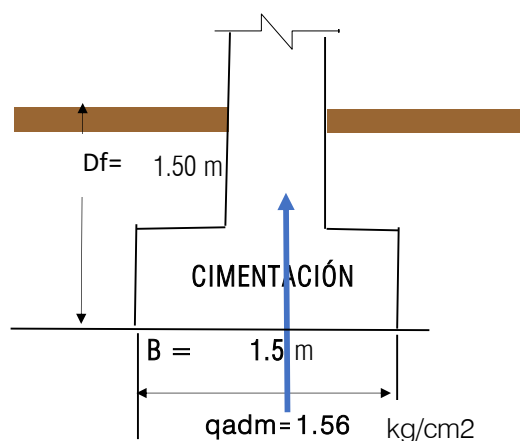


Figura 150 — Determinación de capacidad admisible del ensayo compresión triaxial por la norma E. 050 y la ecuación general de Meyerhof



LABORATORIO S.A.C.
LABORATORIO DE METROLOGÍA
ESPECIALIZADO EN INGENIERÍA CIVIL

CALIDAD Y RESPONSABILIDAD
ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN – LABORATORIO DE FUERZA
Calibration Certificate – Laboratory of Force

NÚMERO: 603-2022-0017
Pág. 1 de 5

OBJETO DE PRUEBA: Rangos Dirección de carga FABRICANTE Modelo Serie Ubicación de la máquina Norma utilizada Intervalo calibrado Temperatura de prueba Inspección general Solicitante Dirección Ciudad PATRON(ES) UTILIZADO(S) Tipo / Modelo Fabricante No. serie Certif. de calibr. Fecha de validez Incert. Med. (%) Unidades de medida FECHA DE CALIBRACIÓN FECHA DE EXPIRACIÓN FIRMAS AUTORIZADAS	EQUIPO DE CORTE DIRECTO DIGITAL 2500 N Compresión PINZUAR LTDA. PS – 107D 184 LAB.SUELO, CONCRETO Y ASFALTO DE INGEOMAT E.I.R.L NTC – ISO 7500 – 1 (2002 – 09 – 18) Escala (s) 2500 N De ... a 20% – 100% Temp. Inicial 19.4 °C Temp. Final 19.4 °C La máquina se encuentra en buen estado de funcionamiento. INGEOMAT E.I.R.L MZA. C-LOTE. 3 APV EL EDEN CUSCO - CUSCO - SAN SEBASTIAN CUSCO T31P / DEF – A OHAUS / KELI B632871732 / AHK2580 N°CC – 0135 – 2022 2022 – 11 – 27 ± 0.032 Sistema Internacional de Unidades (SI) 2022 – 12 – 01 2022 – 12 – 14
---	--

Téc. Gilmer Antonio Huamán Poozuloma,
Responsable del Laboratorio de Metrología.




Av. Miraflores Mz. E Lt. 60 Urb Santa Elisa II Etapa. Los Olivos - Lima

Correos:

Firmado digitalmente por:
HUAMAN POOZULOMA GILMER

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO S.A.C.

Figura 151 — Certificado de calibración del equipo de corte directo digital



LABORATORIO S.A.C.
LABORATORIO DE METROLOGÍA
ESPECIALIZADO EN INGENIERÍA CIVIL

CALIDAD Y RESPONSABILIDAD
ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza
Calibration Certificate - Laboratory of Force

661 - 2022 GLF

Page / Page Total 1

Objeto de Prueba <i>Test Object</i>	MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN	Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se menciona en esta página. El laboratorio que lo emite no es responsable de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.
Instrumento <i>Instrument</i>	CELDA DE CARGA TIPO "N" DE EQUIPO TRIAXIAL	
Fabricante <i>Manufacturer</i>	PRUJAR (INDICADOR / MARCO) / NO PRESENTA (CELDA DE CARGA TIPO "N")	
Modelo <i>Model</i>	PS-841-2 (INDICADOR / MARCO) / NO PRESENTA (CELDA DE CARGA TIPO "N")	Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
Número de Serie <i>Serial Number</i>	106 (INDICADOR / MARCO) o 2103040528 (CELDA DE CARGA TIPO "N")	
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	NO PRESENTA	El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.
Capacidad Máxima <i>Maximum Capacity</i>	3 kN	
División de Escala <i>Scale Division</i>	0.001 kN	The results issued in this Certificate relate to the date and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that appears in page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments, provides the information provided by the customer.
Solicitante <i>Customer</i>	PROBOMAT E.I.R.L.	
Dirección <i>Address</i>	NZA, C. LOTE 2 APV EL EDEN CLUSCO - CUSCO - SAN SEBASTIÁN	This Calibration Certificate documents and assures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).
Ciudad <i>City</i>	CUSCO	The user is responsible for calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.
Fecha de calibración <i>Date of calibration</i>	2023-12-21	
Fecha de Emisión <i>Date of issue</i>	2023-12-18	

Número de páginas del certificado, incluyendo anexo
Number of pages of the certificate and documents attached

5

En la aprobación del Laboratorio de Metrología S.A.C., Laboratorio no se puede reproducir el Certificado, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que compromete la seguridad que las partes del Certificado do se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the G&L Laboratory Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the Certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan el Certificado
Signatures Authorizing the Certificate






Firmado digitalmente por:
HUMANO POQUOMA OLIVER
ANTONIO FR 44372719 hard
Motivo: RESPONSABLE DEL
LABORATORIO DE METROLOGÍA
Fecha: 12/12/2023 14:30:21-0500

Av. Miraflores Mz. E LL 60 Urb Santa Elisa II Etapa. Los Olivos - Lima

Correos: certificados@gylcorporation.com / laboratorio@gylcorporation.com
laboratorio@gylaboratorioigmar.com

Teléfono: 011 622 - 58 - 74 **Celular:** 992 - 302 - 885 / 927 - 801 - 430

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO S.A.C.

Figura 152 — Certificado de calibración del equipo de compresión triaxial



VENTA - ALQUILER - SERVICIO TECNICO

CERTIFICADO DE CALIBRACION 0032-23

Lima 06 de Agosto 2023
 Av Buganvilla 210, Surco

PROXIMA CALIBRACION:	06 DE ENERO DEL 2024
INSTRUMENTO:	ESTACION TOTAL
MODELO:	M3 TRIMBLE 2"
SERIE No.:	C602874
CLIENTE:	JESUS MANUEL ESPINOZA SANCHEZ

METODOS Y TRAZABILIDAD APLICADA DE LOS PATRONES

El control y calibración de ángulos se constatan con un nivel Colimador KERN GK-23 -FB1090A con Telescopio 30X cuyo retículo enfocado al infinito el grosor de sus trazos está dentro de 01".

Colimador KERN NK-3 con Telescopio 30X grosor del retículo enfocado al infinito sus Trazos están dentro de 01".

Verificado periódicamente con Teodolito KERN DKM-2" con precisión de 01" lectura directa e inversa y Tendolito WILD MOD. T-2 con precisión de 01" lectura directa e inversa.

El control de distancia y calibrarlo constante promedio en distancias, se hacen las mediciones en una base establecida con una ESTACION TOTAL SOKKIA MOD. SET-330R Nueva de precisión en distancias +/- (2mm+2ppm) línea de base medidas.

El control de ángulos se realiza en base fijada a la pared fuera de vibraciones e influencias del clima con los retículos enfocados al infinito.

Las distancias son medidas con ESTACION TOTAL con base fijada en la pared y el prisma estacionado sobre un trípode con bastón contrador en cada punto de control establecido.- Teniendo en cuenta la temperatura y la presión atmosférica.

NORMAS: Desviación estándar ISO 9001/ISO-9001/2000

PROCEDENCIA: JAPON-SOKKIA-CORPORATION


DM TOPOGRAPHY
 MELANYE J. OLIVERA TRINIDAD
 DNI: 74829838
 GERENTE GENERAL

 dm.topography

 dm.topography.06@gmail.com

 993 807 262

 DM TOPOGRAPHY

Figura 153 — Primera parte del certificado de calibración del equipo topográfico estación total M3 TRIMBLE 2"



VENTA - ALQUILER - SERVICIO TECNICO

CERTIFICADO DE CALIBRACION 0032-23

Lima 06 de Agosto 2023
 Av Buganvilla 210, Surco

PRUEBA PRECISION ANGULO HORIZONTAL					
TARGETS		A1	A2	A3	A4
DATOS	CARA 1	00°00'00"	276°33'50"	315°12'40"	00°00'00"
	CARA 2	180°00'00"	96°33'50"	135°12'40"	180°00'00"
	ERROR	0	0	0	0
	PRECISION INSTRUMENTO	3"	ERROR AVER:		0

PRUEBA PRECISION ANGULO VERTICAL			
TARGETS		A1	A2
DATOS	CARA 1	90°00'10"	120°55'30"
	CARA 2	269°59'45"	239°04'25"
	REDUCIDO	360°00'00"	360°00'00"
	PRECISION INSTRUMENTO	2"	ERROR AVER:

PRUEBA PRECISION EDM			
TEMPERATURA:	13°C	PRECISION:	1/400000
		FACTOR CORRECCION:	0.0000
CORTA DISTANCIA			
11.388	11.390	11.388	11.389
AVG:		11.389	11.389
		DIST VERDADERA	
		11.388	
		= ERROR 2mm	
LARGA DISTANCIA			
300.617	300.617	300.617	300.617
AVG:		300.617	300.617
		DIST VERDADERA	
		300.617	
		= ERROR 2mm	
ERROR CORTA DISTANCIA		1mm	PRECISION ESTANDAR:
ERROR LARGA DISTANCIA		3mm	1/400000

POSICION LED	POSICION DIODO RECEPTOR	PRUEBA POSICION DIODO
		
		ARRIBA 5'00"
		3'45" IZQ.
		3'30" DERECHA
		ABAJA 5'00"

PLOMADA LASER	OK	VERSION SOFT:	ACCES 2014
NIVEL ELECTRONICO	X= 01	Y= 01	ESPAÑOL
TECNICO: MELANIE OLIVERA	Y		
COMENTARIOS: El equipo se encuentra 100% operativo.			

DM TOPOGRAPHY
 MELANIE J. OLIVERA TRUJILLO
 DNI: 74819618
 SERVICIO TECNICO

 dm.topography

 dm.topography.06@gmail.com

 993 867 262

 DM TOPOGRAPHY

Figura 154 — Segundo parte del certificado de calibración del equipo topográfico estación total

Validación de instrumentos

I. DATOS GENERALES

Título de trabajo de investigación

Efectos de los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial en el dimensionamiento de cimiento superficial para una edificación proyectada en Molinopata – Abancay

Investigador:

Bach. Aldair Cesar Hilares Alvarez

Bach. Yobel Yohan Serrano Espinoza

II. DATOS DEL EXPERTO

Nombres y Apellidos

Rosbel Antero Quispe Merino

Especialidad:

Especialista en geotecnia

Cargo e Institución donde labora:

Especialista en geotecnia - ANTECON S.A.C

III. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Indique su opinión sobre el cuestionario marcando con una X dentro del cuadro de valorización, eligiendo solo una opción por cada criterio.

(1) Muy bajo (2) Bajo (3) medio (4) Alto (5) Muy alto

Componente	Indicadores	valoración cuantitativa	Valoración				
			1	2	3	4	5
Forma	1.Redacción	Está redactado considerando los elementos necesarios				X	
	2.Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado					X
	3.Objetividad	Esta expresado con conducta observable				X	
Contenido	4.Relevancia	Es relevante y adecuado al avance de la ciencia y tecnología					X
	5.Suficiencia	Evalúa las dimensiones de las variables en cantidad y calidad					X
	6.Coherencia	Los resultados y conclusiones están coherentemente alineados con los objetivos del estudio					X
Estructura	7.Organización	Existe una lógica de organización y secuencial				X	
	8.Consistencia	Se basa en fundamentos teóricos y científicos.				X	
	9.Metodología	La metodología es adecuada y se ajusta al propósito del estudio					X
	10.Rigor Científico	Se ha seguido un enfoque riguroso y meticuloso en la investigación				X	

Figura 155 — Primera parte de la validación de instrumento Ing. Rosbel Antero Quispe Merino

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD
Procede a la aplicación del
Instrumento.

V. REVISADO EL INSTRUMENTO

Procede a su aplicación ☒ Debe corregirse ()

Abancay, 21 de octubre del 2023


Ing. Rosbel A. Quispe Merino
Especialista en Geotecnia
ING. CIVIL CIP-171304

Sello y Firma del Experto

DNI: 44006488

Figura 156 —Segunda parte de la validación de instrumento Ing. Rosbel Antero Quispe Merino

Validación de instrumentos

I. DATOS GENERALES
Título de trabajo de investigación
 Efectos de los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial en el dimensionamiento de cimiento superficial para una edificación proyectada en Molinopata – Abancay
 Investigador:
 Bach. Aldair Cesar Hilares Alvarez
 Bach. Yohel Yohan Serrano Espinoza

II. DATOS DEL EXPERTO
 Nombres y Apellidos
Cesar Raúl Chumpitaz Cari
 Especialidad:
Especialista de Mecánica de Suelos
 Cargo e Institución donde labora:
Especialista en geotecnia - Consorcio Neptuno

III. ASPECTOS DE VALIDACIÓN
 Indique su opinión sobre el cuestionario marcando con una X dentro del cuadro de valorización, eligiendo solo una opción por cada criterio.
 (1) Muy bajo (2) Bajo (3) medio (4) Alto (5) Muy alto

Componente	Indicadores	valoración cuantitativa	Valoración				
			1	2	3	4	5
Forma	1.Redacción	Está redactado considerando los elementos necesarios					X
	2.Claredad	Esta formulado con lenguaje apropiado				X	
	3.Objetividad	Esta expresado con conducta observable				X	
Contenido	4.Relevancia	Es relevante y adecuado al avance de la ciencia y tecnología					X
	5.Suficiencia	Evalúa las dimensiones de las variables en cantidad y calidad				X	
	6.Coherencia	Los resultados y conclusiones están coherentemente alineados con los objetivos del estudio				X	
Estructura	7.Organización	Existe una lógica de organización y secuencial					X
	8.Consistencia	Se basa en fundamentos teóricos y científicos.				X	
	9.Metodología	La metodología es adecuada y se ajusta al propósito del estudio					X
	10.Rigor Científico	Se ha seguido un enfoque riguroso y metódico en la investigación				X	

Figura 157 — Primera parte de la validación de instrumento Ing. Cesar Raúl Chumpitaz Cari

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

V. REVISADO EL INSTRUMENTO

Procede a su aplicación ☒ Debe corregirse ()

Abancay, 23 de octubre del 2023

CEsar RAÚL CHUMpITAZ CARi
INGENIERO CIVIL
R.N. CIP Nº 43911

Sello y Firma del Experto

DNI: 40814887

Figura 158 — Segunda parte de la validación de instrumento Ing. Cesar Raúl Chumpitaz Cari

Validación de instrumentos

I. DATOS GENERALES

Título de trabajo de investigación

Efectos de los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial en el dimensionamiento de cimiento superficial para una edificación proyectada en Molinopata – Abancay

Investigador:

Bach. Aldair Cesar Hilares Alvarez

Bach. Yohel Yohan Serrano Espinoza

II. DATOS DEL EXPERTO

Nombres y Apellidos

Marco Antonio Galvez Quintana

Especialidad:

Gestión de Proyectos – Geotecnia

Cargo e Institución donde labora:

Coordinador de Proyectos de Inversión / GORE Abancay

III. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Indique su opinión sobre el cuestionario marcando con una X dentro del cuadro de valorización, eligiendo solo una opción por cada criterio.

(1) Muy bajo (2) Bajo (3) medio (4) Alto (5) Muy alto

Componente	Indicadores	valoración cuantitativa	Valoración				
			1	2	3	4	5
Forma	1.Redacción	Está redactado considerando los elementos necesarios				X	
	2.Clareidad	Esta formulado con lenguaje apropiado					X
	3.Objetividad	Esta expresado con conducta observable					X
Contenido	4.Relevancia	Es relevante y adecuado al avance de la ciencia y tecnología				X	
	5.Suficiencia	Evalúa las dimensiones de las variables en cantidad y calidad				X	
	6.Coherencia	Los resultados y conclusiones están coherentemente alineados con los objetivos del estudio					X
Estructura	7.Organización	Existe una lógica de organización y secuencial					X
	8.Consistencia	Se basa en fundamentos teóricos y científicos.					X
	9.Metodología	La metodología es adecuada y se ajusta al propósito del estudio				X	
	10.Rigor Científico	Se ha seguido un enfoque riguroso y metódico en la investigación					X

Figura 159 — Primera parte de la validación de instrumento Ing. Marco Antonio Galvez Quintana

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

V. REVISADO EL INSTRUMENTO

Procede a su aplicación ☒ Debe corregirse ()

Abancay, 18 de octubre del 2023


MARCO ANTONIO
GALVEZ QUINTANA
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 182975

Sello y Firma del Experto

DNI: 44903575

Figura 160 — Segunda parte de la validación de instrumento Ing. Marco Antonio Galvez Quintana

Validación de instrumentos

I. DATOS GENERALES

Título de trabajo de investigación

Efectos de los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial en el dimensionamiento de cimiento superficial para una edificación proyectada en Molinopata – Abancay

Investigador:

Bach. Aldair Cesar Hilares Alvarez

Bach. Yohel Yohan Serrano Espinoza

II. DATOS DEL EXPERTO

Nombres y Apellidos

Ing. Thalya Nikol Ilasaca Colque

Especialidad:

Metodólogo de Investigación

Cargo e Institución donde labora:

Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac - Docente

III. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Indique su opinión sobre el cuestionario marcando con una X dentro del cuadro de valorización, eligiendo solo una opción por cada criterio.

(1) Muy bajo (2) Bajo (3) medio (4) Alto (5) Muy alto

Componente	Indicadores	valoración cuantitativa	Valoración				
			1	2	3	4	5
Forma	1.Redacción	Está redactado considerando los elementos necesarios					X
	2.Clareidad	Esta formulado con lenguaje apropiado					X
	3.Objetividad	Esta expresado con conducta observable				X	
Contenido	4.Relevancia	Es relevante y adecuado al avance de la ciencia y tecnología				X	
	5.Suficiencia	Evalúa las dimensiones de las variables en cantidad y calidad					X
	6.Coherencia	Los resultados y conclusiones están coherentemente alineados con los objetivos del estudio					X
Estructura	7.Organización	Existe una lógica de organización y secuencial					X
	8.Consistencia	Se basa en fundamentos teóricos y científicos.					X
	9.Metodología	La metodología es adecuada y se ajusta al propósito del estudio					X
	10.Rigor Científico	Se ha seguido un enfoque riguroso y metódico en la investigación				X	

Figura 161 — Primera parte de la validación de instrumento Ing. Thalya Nikol Ilasaca Colque

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD
Aplicable

V. REVISADO EL INSTRUMENTO

Procede a su aplicación ☒ Debe corregirse ()

Abancay, 17 de octubre del 2023


Ing. Thalya N. Ilasaca Colque
INOCENTE

Sello y Firma del Experto
DNI: 72029348

Figura 162 — Segunda parte de la validación de instrumento Ing. Thalya Nikol Ilasaca Colque

Validación de instrumentos

I. DATOS GENERALES

Título de trabajo de Investigación

Efectos de los ensayos geotécnicos de resistencia de corte directo y compresión triaxial en el dimensionamiento de cimiento superficial para una edificación proyectada en Molinopata - Abancay

Investigador:

Bach. Aldair Cesar Hilares Alvarez

Bach. Yoheí Yoheí Serrano Espinoza

II. DATOS DEL EXPERTO

Nombres y Apellidos

Ing. Mijael Carbajal Céspedes

Especialidad:

Estructuras

Cargo e Institución donde labora:

CONSULTORA Y CONSTRUCTORA SOTICOR/ Especialista Estructuras

III. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Indique su opinión sobre el cuestionario marcando con una X dentro del cuadro de valorización, eligiendo solo una opción por cada criterio.

(1) Muy bajo (2) Bajo (3) medio (4) Alto (5) Muy alto

Componente	Indicadores	valoración cuantitativa	Valoración				
			1	2	3	4	5
Forma	1.Redacción	Está redactado considerando los elementos necesarios				X	
	2.Clareza	Esta formulado con lenguaje apropiado			X		
	3.Objetividad	Esta expresado con conducta observable			X		
Contenido	4.Relevancia	Es relevante y adecuado al avance de la ciencia y tecnología				X	
	5.Suficiencia	Evalúa las dimensiones de las variables en cantidad y calidad				X	
	6.Coherencia	Los resultados y conclusiones están coherentemente alineados con los objetivos del estudio			X		
Estructura	7.Organización	Existe una lógica de organización y secuencia				X	
	8.Consistencia	Se basa en fundamentos técnicos y científicos.					X
	9.Metodología	La metodología es adecuada y se ajusta al propósito del estudio				X	
	10.Rigor Científico	Se ha seguido un enfoque riguroso y metódico en la investigación				X	

Figura 163 — Primera parte de la Validación de instrumento Ing. Mijael Carbajal Céspedes

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

V. REVISADO EL INSTRUMENTO

Procede a su aplicación ☒ Debe corregirse ()

Abancay, 20 de octubre del 2023

 
Ing. MIJUEL CARBAJAL CESPEDES
CIP N° 296773
VERIFICADOR COMÚN
CIV N° 018621VCZRX

Sello y Firma del Experto

DNI: 47489445

Figura 164 — Segunda parte de la validación de instrumento Ing. Mijael Carbajal Céspedes

Tabla 53 — Validación de instrumento -Alfa de Cronbach

Encuestados	Ítems										suma
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
ING. MARCO ANTONIO GALVEZ QUINTANA	4	5	5	4	4	5	5	5	4	5	46
ING. CESAR RAUL CHUMPITAZ CARI	5	4	4	5	4	4	5	4	5	4	44
ING. ROSBEL ANTERO QUISPE MERINO	4	5	4	5	5	5	4	4	5	4	45
ING. THALYA NIKOL ILASACA COLQUE	5	5	4	4	5	5	5	5	5	4	47
ING. MIJAEEL CARVAJAL CESPEDES	4	3	3	4	4	3	4	5	4	4	39
Varianza	0.24	0.64	0.40	0.24	0.24	0.64	0.24	0.24	0.24	0.16	
Sumatoria de Varianzas	3.28										
Varianza de la suma de los ítems	10.00										

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\sum s^2}{ST^2} \right]$$

Donde,
 k = El número de ítems
 $\sum s^2$ = Sumatoria de varianzas de los ítems.
 sT^2 = Varianza de la suma de los ítems.
 α = Coeficiente de alfa de Cronbach

Figura 165 — Formula de coeficiente de alfa de Cronbach

Tabla 54 — Resultados del Alfa de Cronbach

α :	Coeficiente de Alfa de Cronbach.	0.75
k:	Numero de ítems	10.0
	Sumatoria de varianza de los ítems	3.28
sT^2 :	Varianza de la suma de los ítems	10.00



Figura 166 — Levantamiento topográfico del terreno de estudio



Figura 167 — Levantamiento topográfico del terreno de estudio con estación total en el sector de Molinopata



Figura 168 — Excavación y muestreo de la calicata 01



Figura 169 — Estratigrafía de la calicata 01



Figura 170 — Excavación y muestreo de la calicata 02



Figura 171 — Perfil estratigráfico de la calicata 02



Figura 172 — Excavación y muestreo de la calicata 03



Figura 173 — Perfil estratigráfico de la calicata 03



Figura 174 — Excavación y muestreo de la calicata 04



Figura 175 — Perfil estratigráfico de la calicata 04 y ubicación



Figura 176 — Realización del ensayo de densidad in-situ de la calicata 01



Figura 177 — Densidad de campo in-situ en la calicata 01



Figura 178 — Realización del ensayo de densidad in-situ de la calicata 02



Figura 179 — Densidad de campo in-situ en la calicata 03



Figura 180 — Realización del ensayo de densidad in-situ de la calicata 04



Figura 181 — Densidad de campo in-situ en la calicata 04



Figura 182 — Realización del Cuarteo manual de la calicata 01



Figura 183 — Realización del Cuarteo manual de la calicata 02



Figura 184 — Realización del Cuarteo manual de la calicata 03.



Figura 185 — Realización del Cuarteo manual de la calicata 04.



Figura 186 — Realización del ensayo granulométrico por tamizado de la calicata 01



Figura 187 — Ensayo granulométrico de la calicata 01



Figura 190 — Realización del ensayo granulométrico por tamizado de la calicata 03



Figura 191 — Ensayo granulométrico de la calicata 03



Figura 192 — Realización del ensayo granulométrico por tamizado de la calicata 04



Figura 193 — Ensayo granulométrico de la calicata 04



Figura 194 — Realización del ensayo limite liquido de la calicata 01

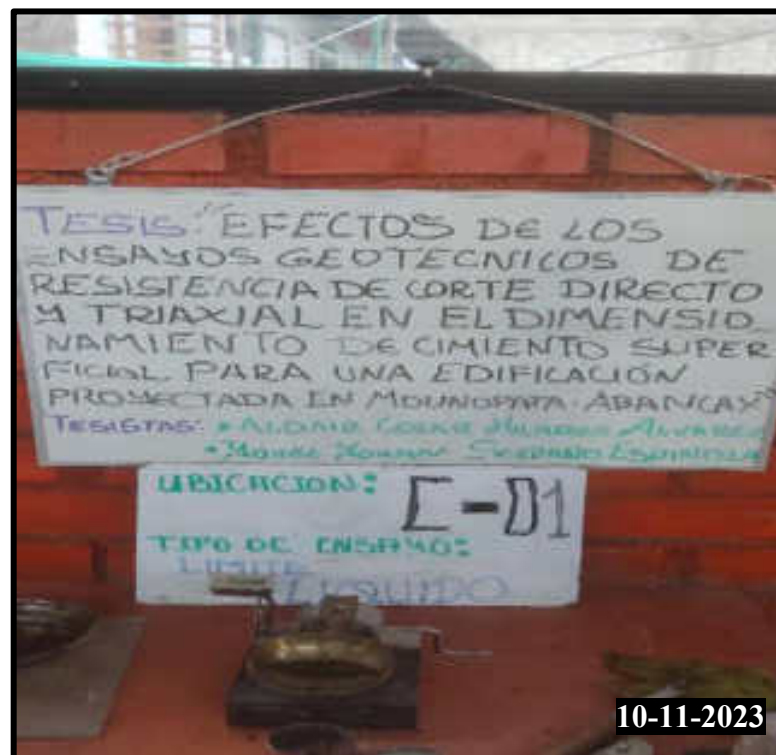


Figura 195 — Realización del ensayo limite liquido de la calicata 01



Figura 196 — Realización del del ensayo limite liquido de la calicata 02



Figura 197 — Realización del del ensayo limite liquido de la calicata 02



Figura 198 — Realización del del ensayo limite liquido de la calicata 03



Figura 199 — Realización del del ensayo limite liquido de la calicata 04



Figura 200 — Realización del del ensayo de limite plástico de la calicata 01

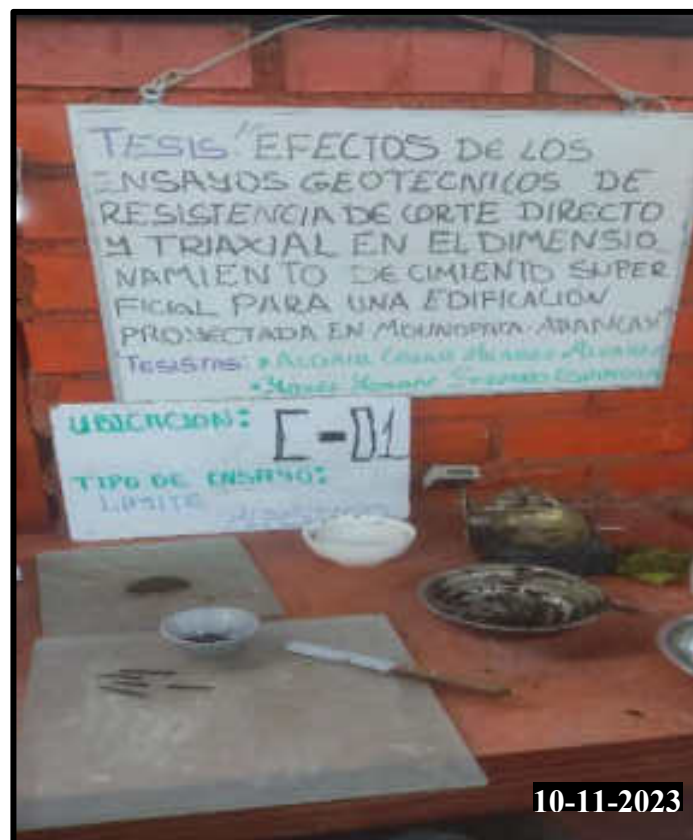


Figura 201 — Realización del ensayo de limite plástico de la calicata 01.



Figura 202 — Realización del ensayo de limite plástico de la calicata 02



Figura 203 — Realización del ensayo limite plástico de la calicata 02



Figura 204 — Realización del ensayo de limite plástico de la calicata 03



Figura 205 — Realización del ensayo limite plástico de la calicata 03



Figura 206 — Realización del ensayo de limite plástico de la calicata 04



Figura 207 — Realización del ensayo limite plástico de la calicata 04



Figura 208 — Realización del ensayo de contenido de humedad de la calicata 01



Figura 209 — Realización del ensayo de contenido de humedad de la calicata 02



Figura 210 — Realización del ensayo de contenido de humedad de la calicata 03



Figura 211 — Realización del ensayo de contenido de humedad de la calicata 04



Figura 212 — Realización del ensayo de compresión triaxial, preparación de muestra



Figura 213 — Preparación y moldeamiento de la muestra 01 del ensayo de compresión triaxial



Figura 214 — Realización del ensayo de compresión triaxial muestra moldeado para realizar el ensayo



Figura 215 — Preparación y moldeamiento de la calicata 01 muestra 01 del ensayo de compresión triaxial



Figura 216 — Realización del ensayo de compresión triaxial, preparación de calicata 01 muestra 01



Figura 217 — Realización del ensayo de compresión triaxial, preparación de calicata 01 muestra 02



Figura 218 — Ejecución del ensayo de compresión triaxial, preparación de calicata 01 muestra 02



Figura 219 — Realización del ensayo de compresión triaxial, preparación del espécimen de calicata 01 muestra 03



Figura 220 — Realización del ensayo de compresión triaxial, preparación del espécimen de calicata 02 muestra 01



Figura 221 — Realización del ensayo de compresión triaxial, preparación del espécimen de calicata 02 muestra 02



Figura 222 — Realización del ensayo de compresión triaxial, preparación del espécimen de calicata 02 muestra 03



Figura 223 — Realización del ensayo de compresión triaxial, preparación del espécimen de calicata 03 muestra 01



Figura 224 — Realización del ensayo de compresión triaxial, preparación del espécimen de calicata 03 muestra 02



Figura 225 — Realización del ensayo de compresión triaxial, preparación del espécimen de calicata 03 muestra 03



Figura 226 — Realización del ensayo de compresión triaxial, preparación del espécimen de calicata 04 muestra 01



Figura 227 — Realización del ensayo de compresión triaxial, preparación del espécimen de calicata 04 muestra 02



Figura 228 — Realización del ensayo de compresión triaxial, preparación del espécimen de calicata 04 muestra 03



Figura 229 — Especímenes del ensayo triaxial de las muestras 01,02 y 03 de la calicata 01



Figura 230 — Especímenes del ensayo triaxial de las muestras 01,02 y 03 de la calicata 02



Figura 231 — Especímenes del ensayo triaxial de las muestras 01,02 y 03 de la calicata 03



Figura 232 — Especímenes del ensayo triaxial de las muestras 01,02 y 03 de la calicata 04



Figura 233 — Realización del ensayo de corte directo de la calicata 01 muestra 01



Figura 234 — Realización del ensayo de corte directo de la calicata 01 muestra 02



Figura 235 — Realización del ensayo de corte directo de la calicata 01 muestra 03



Figura 236 — Especímenes del ensayo corte directo de las muestras 01,02 y 03 de la calicata 01



Figura 237 — Realización del ensayo de corte directo de la calicata 02 muestra 01



Figura 238 — Realización del ensayo de corte directo de la calicata 02 muestra 02



Figura 239 — Realización del ensayo de corte directo de la calicata 02 muestra 03



Figura 240 — Especímenes del ensayo corte directo de las muestras 01,02 y 03 de la calicata 02



Figura 241 — Realización del ensayo de corte directo de la calicata 03 muestra 01



Figura 242 — Realización del ensayo de corte directo de la calicata 03 muestra 02



Figura 243 — Realización del ensayo de corte directo de la calicata 03 muestra 03



Figura 244 — Especímenes del ensayo corte directo de las muestras 01,02 y 03 de la calicata 03



Figura 245 — Realización del ensayo de corte directo de la calicata 04 muestra 01



Figura 246 — Realización del ensayo de corte directo de la calicata 04 muestra 02



Figura 247 — Realización del ensayo de corte directo de la calicata 04 muestra 03



Figura 248 — Especímenes del ensayo corte directo de las muestras 01,02 y 03 de la calicata 04



Figura 249 — Realización del ensayo de compresión triaxial

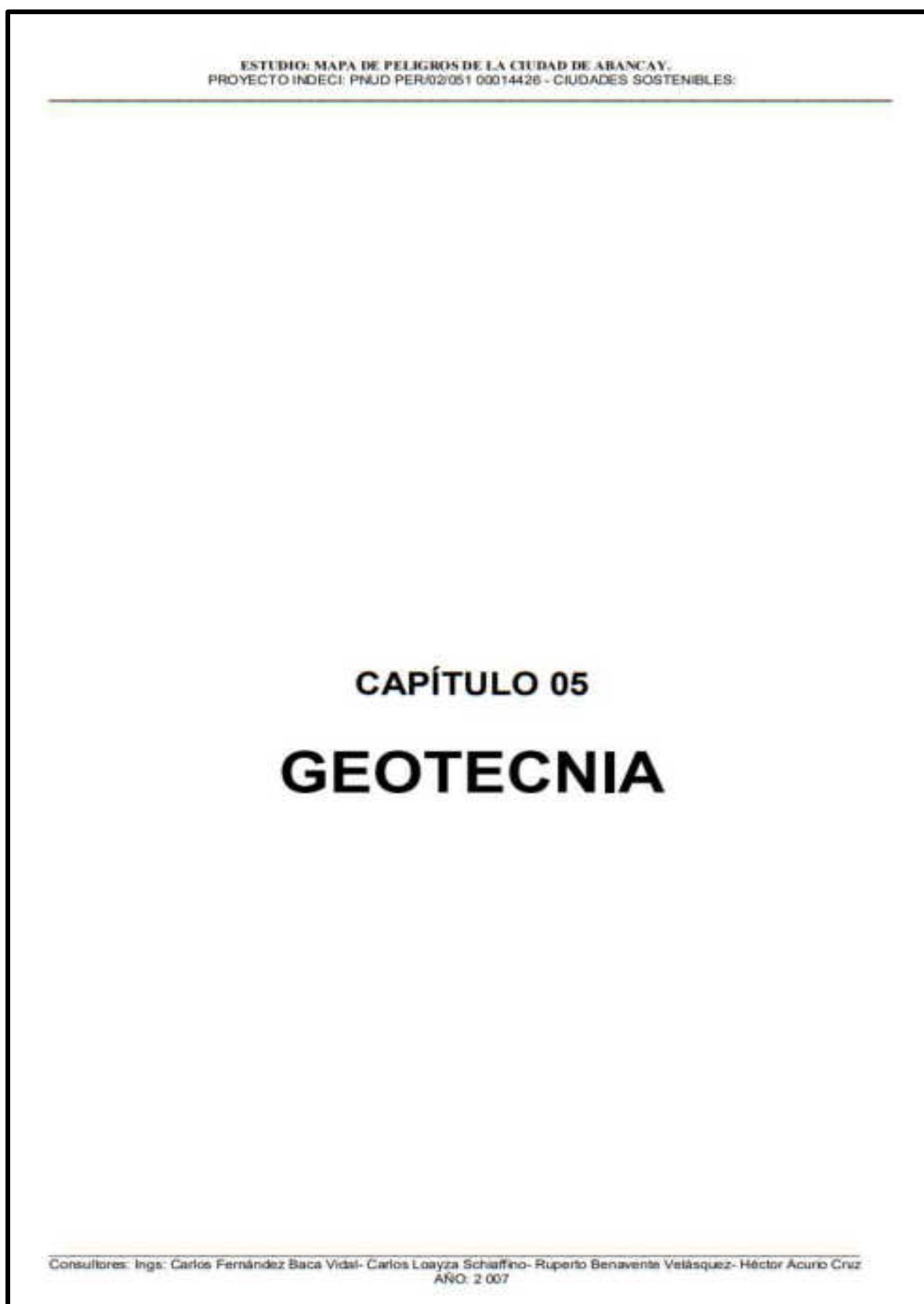


Figura 250 — Informe geotécnico de Indeci

5.1 GEOTECNIA EN DESASTRES NATURALES Y ANTRÓPICOS

Las amenazas que plantea la naturaleza a las zonas de ocupación humana son muy diversas y éstas dependen de las características topográficas, geológicas, geotécnicas e hidrológicas del sector.

En el caso de Abancay, la ciudad se ha emplazado en una zona de fuerte pendiente con materiales rocosos que se presentan en estado avanzado de alteración y diversos depósitos de suelos en los que se han formado profundos valles y cárcavas en actual evolución.

Ante esta realidad se hace evidente que las principales amenazas que se ciernen sobre los distintos sectores de la ciudad, están asociados al comportamiento geotécnico de los suelos y rocas que conforman el subsuelo de la ciudad. El agua con sus diversos modos de afectar a las propiedades del suelo, es un factor importante en la ocurrencia de fenómenos, que se presentan con frecuencia en la forma de deslizamientos y socavación.

En el presente estudio se han evaluado todas las posibles amenazas de índole geotécnico, como son, deslizamientos, asentamientos, hundimientos y otros que pueden ser de origen natural o antrópico pero se puede adelantar que tendrán mayor importancia los relacionados a deslizamientos de taludes.

La geotecnia, rama de la Ingeniería Civil que comprende a la Mecánica de Suelos y la Mecánica de Rocas, tiene fuerte vinculación con el problema de seguridad ante desastres naturales o de origen antrópico.

5.2 DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO.

El estudio genérico de peligros en el área del proyecto requiere de un mapa de suelos de la ciudad y zonas de expansión así como de mapas de capacidad portante, aparte de los mapas de peligro específico que se generen en el desarrollo del proyecto.

En la elaboración del mapa de peligros de la ciudad de Abancay se han identificado los fenómenos de deslizamientos y zonas de baja rigidez que podrían tener efectos de amplificación sísmica. Estos casos están delimitados en los mapas de tipos de suelos y de deslizamientos.

Para la identificación, evaluación y delimitación de los peligros geológico-climáticos (Geotécnicos) que afectan a la ciudad de Abancay y zonas de expansión, ha sido necesaria la elaboración de mapas temáticos que son:

- Mapa de tipos de suelos,
- Mapa de capacidad portante.
- Mapas de deslizamientos y Huaycos (flujos de lodo)

Figura 251 — Descripción del estudio geotécnico



5.3 MAPA DE TIPOS DE SUELOS

Para la confección del mapa de suelos de la ciudad de Abancay se ha recopilado toda la información existente que consiste en:

- Resultados de estudios geotécnicos existentes y recopilados para el proyecto (155pts).
- Puntos de Observación directa en taludes visibles de carreteras y cauces naturales (52pts).
- Calicatas excavadas específicamente para el presente proyecto (80pts).

Los puntos de investigados en estos estudios han sido ploteados y se presentan en color azul en el Mapa N° 11 de Ubicación de Calicatas. En la página siguiente se muestra una relación de la fuente de información básica empleada en el presente estudio.

5.3.1 LISTADO DE FUENTES DE INFORMACIÓN GEOTÉCNICA.

Tabla: GT - 01. - Estudios recopilados.

Puntos 1 al 3	ECRO	Encauzam. y Canaliz. Río El Olivo. Espinoza, M. Centeno. Tesis-FIC-UNSAAC – 91
4 al 20	PBLA	Pavimentación Barrio Las Américas. L. Benites, JJ Enciso. Tesis-FIC-UNSAAC – 89
21 al 34	PPJCM	Pav. Integral PPJJ Centenario y B. Magisterial. E. Galvez, Luis Pinto. Tesis FIC-UNSAAC – 2000
35 al 38	A3VAR	Abastecimiento de Agua y Alcantarillado de la Urb. Victor Acosta Rios. R. Villafuerte, Yuri Moscoso. Tesis FIC-UNSAAC – 2000
39 al 40	MTMA	Mejoramiento del Teatro Municipal. MTC-Apurímac. 2005
41 y 42	AMCA	Mercado Central. Valmar Ingenieros SRL. - 2004
43 al 45	AGRA	Ampliación del Gobierno Regional Apurímac. L. A. Benites- 2005
46 al 68	PCPA	Pavimentado de Calles de Patibamba Alta - MTC Apurímac - 99
69 al 77	PVEA	Vía Evitamiento (Trazo antiguo). D. Salas, M. Quispe. Tesis FIC-UNSAAC - 90
78 al 83	EC	Estadio Condebamba. UR Ingenieros Asociados SCRL - 2000
84 al 88	AUNMB	Pabellón de Aulas Generales de la UNAMBA. C. Fernández Baca - 2004
89 y 90	PC	Puente Circunvalación. C. Fernández Baca – 2003
101 al 104	CDAAA	Asf. Av. Argentina MTC – 2003
105 al 106	PBB	Av. Panamericana-Bellavista baja MTC – 2005
107 al 108	APVIS	APV-Isidro Salas R. MTC – 2003
109	CQ	Cantera Quillasol MTC – 2005
110 al 111	EC	Estadio Condebamba MTC – 2005
112	CEPVG	CEP Villagloria MTC – 2006
113	A90LC	Av. 09 Oct. La Cultura (Ver-Jard) MTC – 2004
114	CCSC	C. Convenciones SUBCAFAE MTC – 2003
115 al 135	VE	Vía de Evitamiento MTC – 2003
136 al 137	RSE	Residencial Santa Eulalia. CC JRLM SRLTDA. 2005
141 al 155	CSRFX	Condominio San Rafael. PRAXIS Valmar Ingenieros - 2003

Descripción de cortes existentes.

01 al 52	C - #	Cortes naturales o artificiales existentes, registrados por C. Fernández Baca V.
----------	-------	--

Calicatas municipio

01 al 80	Pz - #	Excavación, muestreo y tapado por Municipalidad Abancay, Ensayos de Campo y Laboratorio, pagados por PCS - PNUD.
----------	--------	--

Figura 252 — Mapa de tipo de suelos

5.3.2 ESTUDIOS GEOTÉCNICOS RECOPIADOS

Los estudios recopilados se dividen en 3 grupos:

- Estudios de mecánica de suelos de proyectos presentados al municipio de Abancay.
- Estudios realizados por el Ministerio de Transportes.
- Tesis universitarias encontradas en la Biblioteca Especializada de la UNSAAC.

De los proyectos conseguidos, se ha copiado fotostáticamente la información básica (sin procesar) referida a ensayos de laboratorio, perfiles estratigráficos y ubicación de las calcatas para ser procesadas en forma uniforme y en conjunto en el desarrollo del proyecto y de este modo minimizar los errores o diferencias de cálculo que se dan de acuerdo al tipo de obra al que pertenece cada estudio. Por ejemplo las obras viales emplean con mayor frecuencia el sistema de clasificación AASHTO y las obras de edificación emplean el sistema SUCS. Para el presente caso todos los datos han sido clasificados en base a una simplificación del sistema SUCS.

Las fotocopias extractadas de los documentos originales se han presentado en tomo aparte adjuntos al segundo informe y una copia de ellos se ha alcanzado a la municipalidad de Abancay, el resumen de datos obtenidos de estos documentos se presenta en los cuadros de las páginas siguientes.

El procedimiento seguido para sistematizar la información geotécnica recopilada es la siguiente:

- Se pone una clave a cada estudio para ayudar a ubicar el proyecto en referencia
- La granulometría se presenta como porcentajes de grava arena y finos.
- En esta recopilación no se incluye la proporción de piedra y bolonería que tiene cada suelo, se lleva a laboratorio el material menor a 2" y no indican el porcentaje de piedra que queda en campo.
- El tipo de suelo se ha determinado como se indica en el Título de Clasificación de Suelos que se presenta adelante.
- La plasticidad de los materiales que se reporta es la que corresponde a la fracción que pasa la malla #40 (0.425mm), de acuerdo a norma.
- Los parámetros de resistencia de ángulo de fricción interna " ϕ " y cohesión " c " no se indican en todos los estudios, y en todos los casos reportados, estos datos corresponden a la correlación de Meyerhof, basada en la densidad relativa, siendo estos datos de baja confiabilidad, por ello se ha preferido utilizar los datos obtenidos por ensayos propios.
- La densidad del suelo determinada generalmente por el método del cono de arena aparece en muy pocos estudios por lo que el resto de casillas ha sido llenado con el valor promedio de los datos existentes y en estos casos se presenta en letra cursiva.
- Los valores de humedad registrados en su mayoría son muy bajos, esto es debido a la alta permeabilidad del suelo gravoso que facilita la evaporación superficial del terreno, los valores de humedad alta generalmente corresponden a suelos arcillosos.
- Los datos de la capacidad de soporte CBR (California Bearing Ratio) abundan en los proyectos de pavimentos y corresponden a los suelos compactados al 95% de la densidad máxima Proctor Modificado.
- Se incluye también los pocos datos recopilados de ensayos de penetración y los valores de capacidad de carga calculados para cada proyecto.

Pag 120

Consultores: Ings. Carlos Fernández Baca Vidal - Carlos Loayza Schaffino - Ruperto Benavente Velásquez - Héctor Acuña Cruz
AÑO: 2 007

Figura 253 — Estudio geotécnicos recopilados



ESTUDIO: MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE ABANCAY.
PROYECTO INDECI: PNUD PER/02/051 00014426 - CIUDADES SOSTENIBLES:

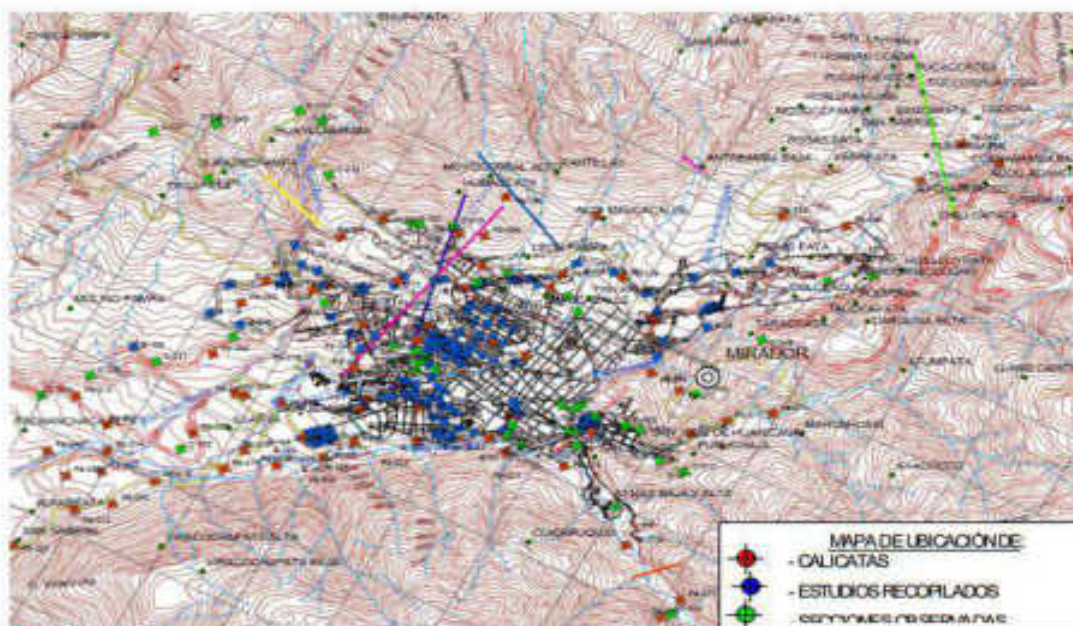


Figura GT- 01.- Muestra la ubicación de los puntos de los distintos tipos de investigación geotécnica

5.3.5 DESCRIPCIÓN ESTANDARIZADA DE SUELOS

Para aprovechar al máximo la información existente en la zona, que es relativamente escasa, se ha procedido a describir los numerosos cortes naturales y artificiales que se encuentran visibles en la ciudad de Abancay, conjuntamente que las paredes de las calicatas excavadas, para lo que se ha establecido un sistema estandarizado de descripción de suelos para evitar la subjetividad en este proceso y obtener de esta manera información confiable y valiosa.

En la ficha de descripción se muestran algunas iniciales que se usan para la descripción rápida en campo y que se presentan como sugerencia para ser usadas en cada caso, puede observarse que la misma letra puede tener significados diferentes en otras filas.

La descripción estandarizada ha sido acompañada con el registro fotográfico que se adjunta en el CD del presente informe, en el plano de ubicación de calicatas se han registrado estos puntos.

La interpretación de las tablas anteriores resulta en las descripciones completas que se muestran en el siguiente listado.

La descripción ha sido realizada personalmente por el especialista a cargo del presente estudio, empleando el formato que se muestra a continuación.

Pag 122

Consultores: Ings: Carlos Fernández Baca Vidal - Carlos Loayza Schiaffino - Ruperto Benavente Velásquez - Héctor Acurio Cruz.
AÑO: 2 007

Figura 254 — Descripción estandarizadas de suelos

Figura 255 — Ensayos de laboratorio

5.3.6 ENSAYOS DE LABORATORIO

- Contenido de Humedad:	ASTM: D 2216
- Granulometría.	ASTM D 421 y D 422
- Límite Líquido.	ASTM 4318
- Límite Plástico.	ASTM 4318
- Densidad in situ	ASTM 1556
- Consolidación.	ASTM D 2435
- Compresión no Confinada.	ASTM 2166
- Corte Directo.	ASTM D 3080
- Ensayo de Penetración PDL	DIN 4094

Pag.123

Consultores: Ings. Carlos Fernández Baca Vidal - Carlos Loayza Schiaffino - Ruperto Benavente Velásquez - Héctor Acurio Cruz
AÑO: 2007

ESTUDIO: MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE ABANCAY.
PROYECTO INDECI: PNUD PER/02/051 00014426 - CIUDADES SOSTENIBLES

Sobre plano impreso con las numerosas letras marcadas se determina áreas en las que predominan letras similares conformando contornos de cada material que representan las zonas geotécnicas de tipo de suelo del estudio.

No se ha realizado este trabajo de forma automatizada debido a que en algunos casos resultan en figuras demasiado intrincadas por la presencia de algunos puntos de material diferente al que predomina en la zona, en el trabajo realizado a mano se puede discriminar estos puntos pasando por un razonamiento asistido por la experiencia de la observación directa del campo.

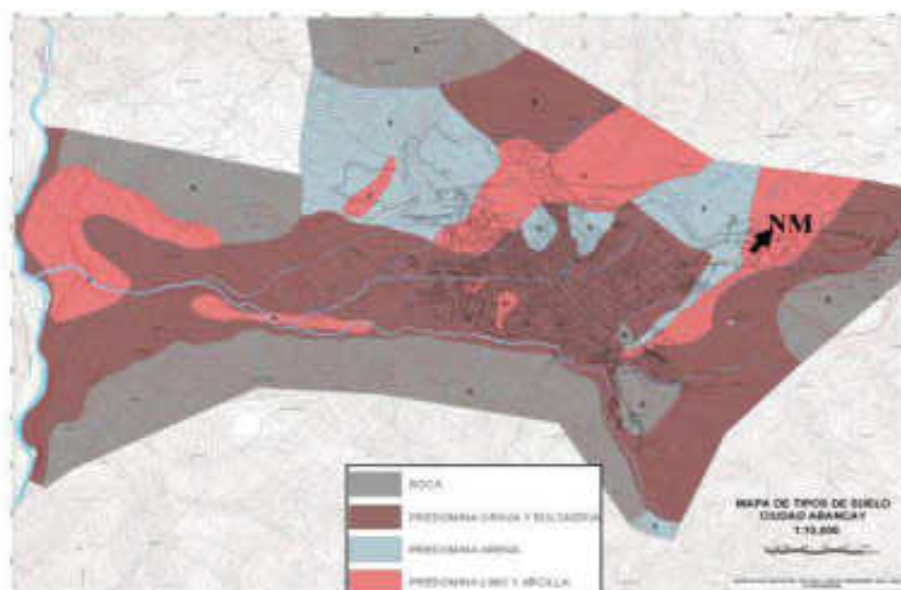


Figura GT - 02: Mapa de tipos de suelos.

A continuación se describe los tipos de materiales observados en el área en estudio de acuerdo a su ubicación en el plano de tipos de suelos confeccionado.

5.3.9.1 SUELOS FINOS (F)

En el presente estudio se agrupa bajo esta denominación a los suelos en los que predominan Arcillas y Limos resaltando que los más frecuentes son los suelos limosos. En general tienen coloración blanquecina grisácea y se presenta con grava en el área central de la ciudad pero hacia el sector Nor-Oeste tiene color rojizo y mayor plasticidad; hacia la parte baja en los terraplenes inferiores tiene coloración amarillenta y se presenta con arena fina. Las áreas de suelos finos se presentan en forma de intrusiones alargadas con respecto al material gravoso predominante.

5.3.9.2 ARENAS. (S)

Como se ha mencionado líneas arriba en el área del proyecto abundan los materiales arenosos finos de color rojizo que en estado húmedo pueden confundirse con arcillas puesto que tienen textura fina y permiten excavaciones verticales pero al secar o saturarse pierden su pseudo-cohesión (debida a la succión matricial) y se desmoronan.

Pag. 131

Consultores: Ings. Carlos Fernández Baca Vidal - Carlos Loayza Schiaffino - Ruperto Benavente Velásquez - Héctor Acuña Cruz
AÑO: 2 007

Figura 256 — Mapa de tipos de suelos

5.3.9.3 GRAVAS (G)

Los suelos gravosos presentan casi siempre abundante piedra grande y bolonería conformada por fragmentos de roca caliza de color superficial blanco pero negro en su interior (negro en fractura fresca). Los fragmentos de piedra grava y arena son duros y resistentes, los materiales finos presentan cierto grado de cementación por la solución calcárea que circula entre sus partículas. El material es denominado como caliche.

En algunos sectores la grava es de origen coluvial (pese a presentar cantos rodados) y abundan los paleocauces que se presentan en franjas de material con menos cantidad de finos. En las terrazas inferiores de la quebrada hacia el Rio pachachaca abundan los bolones de granito.

Los materiales identificados como gravosos son de alta resistencia y competentes para cimentación.

5.3.9.4 ROCA (R)

Los afloramientos de roca en la zona del proyecto se encuentran en las partes altas que circundan y flanquean al valle del Abancay. Hacia el Nor-Oeste son predominantemente calizas y areniscas, Hacia el Sur Oeste se presentan yesos y calizas menos competentes con indicios de karstificación y Hacia el Sur-Oeste se tienen Rocas metamórficas derivadas del Granito como son el Gneiss muy intemperizado hacia la superficie y con evidencias de intensa deformación plástica.

5.4 MAPA DE ESFUERZO ADMISIBLE

Existen numerosos indicadores de la resistencia de los suelos, estos son la resistencia al corte, la resistencia a la penetración dinámica, la capacidad de carga y otros. Existe cierta relación entre ellos aunque para diferentes tipos de suelos esta relación no es igual, siempre es directa pero tiene diferencias sustanciales.

En el presente proyecto se han elaborado como elementos de trabajo diversos mapas temáticos que han servido de referencia para la interpretación final que permite determinar las áreas de peligro. Sin embargo es el esfuerzo admisible, obtenido como una fracción de la capacidad portante la variable que ha servido para definir las áreas de riesgo ocasionado por suelos inestables para la construcción.

En el mapa de peligros, se ha incluido como material peligroso a los suelos con esfuerzo admisible menor de 1Kg/cm² y a estas áreas se ha sumado las que muestran presencia de suelos orgánicos.

5.4.1 CAPACIDAD PORTANTE

La capacidad portante es una propiedad que depende de los suelos y las cimentaciones. Por esta razón ha sido necesario asumir un tipo de cimentación para determinar este parámetro. Los estudios de suelos recopilados son elaborados para distintos tipos de proyectos por lo que los resultados de capacidad portante que presentan obedecen a diferentes criterios.

Figura 257 — Capacidad portante

ESTUDIO: MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE ABANCAY.
PROYECTO INDECI: PNUD PER/02/051 00014426 - CIUDADES SOSTENIBLES:

Todos estos valores se han planteado en el plano N° 13 de Capacidad Portante de Suelos para determinar las zonas que se muestra.

Se ha confeccionado el mapa de curvas de valor de esfuerzo admisible para la cimentación típica considerada, el resultado se muestra a continuación y en el se puede tener un valor aproximado de este parámetro en cualquier punto de la ciudad gracias a la interpolación automática realizada por el programa de computo utilizado.



Figura GT – 03: Mapa temático de curvas de esfuerzo admisible para la ciudad de Abancay.

No se indican los valores de capacidad de carga correspondientes a cada curva debido a que pueden ser mal utilizados para proyectos cuyas condiciones de cimentación no corresponden a las usadas para el presente estudio, sin embargo los rangos de esfuerzo admisible pueden inferirse de la tabla G-8 y G-9 del presente título.

Esta presentación no permite distinguir con claridad las zonas de mayor o menor capacidad portante con claridad, puesto que la presencia de algún punto con resistencia atípica genera toda una familia de curvas que no responden a la tendencia real de capacidad de carga en el sector, sin embargo se persiste en presentar el plano en el estudio debido a que es una etapa de trabajo para la obtención de mapa de capacidad portante por contornos que se ha elaborado. El mapa temático que se menciona se muestra a continuación, en él se han demarcado con colores los sectores de capacidad portante alta, media y baja.

Los colores empleados son:

- Naranja: Capacidad de carga alta.
- Rosado: Capacidad de carga media
- Verde: Capacidad de carga baja.

Pag. 136

Consultores: Ings: Carlos Fernández Baca Vidal - Carlos Loayza Schiaffino - Ruperto Benavente Velásquez - Héctor Acuña Cruz
AÑO: 2 007

Figura 258 — Mapa temático de curvas de esfuerzo admisible

En este caso también por motivos de seguridad se ha omitido indicar los rangos de esfuerzo admisible que corresponden a esta clasificación. Se recuerda que los cálculos de capacidad portante del suelo han sido realizados para un tipo de cimentación específico que se indica en el título correspondiente, y varían si son aplicados a otros tipos de cimentación, de otras dimensiones y fundamentalmente otra profundidad. Mas que proteger la responsabilidad del autor se pretende evitar que se perjudiquen los propietarios que podrían verse tentados a usar estos datos y no realizar un estudio de suelos para cada proyecto de acuerdo a reglamento.



Figura GT - 04: Mapa temático de capacidad portante .

Se aprecia que se presentan materiales de buena resistencia en 3 sectores de la ciudad y en la ladera rocosa del cerro Misauyarina y Wiracochapata y las zonas de baja resistencia en todas las laderas Norte y entre los sectores de Mirador y Aymas.

Es importante aclarar que en general no se ha encontrado suelos de muy baja resistencia en Abancay. Los materiales coluviales que predominan son en general de alta resistencia. Esta afirmación se ratifica con la existencia de laderas empinadas y cortes verticales muy altos, que de ser el suelo de baja resistencia no podrían mantenerse en pie.

5.5 DESLIZAMIENTOS DE TALUDES.

Estado de actividad: describe lo que se conoce sobre la ocurrencia y el tiempo del movimiento. El estado de actividad puede confundirse con el parámetro de velocidad, puesto que es obvio que si se puede reconocer una tasa de movimiento, es porque el deslizamiento está activo o reactivado, sin embargo es útil para describir el estado anterior al momento en que ocurriera el evento. Por ejemplo, si se habían tomado medidas o si había estado inactivo. Si no se tiene conocimiento sobre el comportamiento previo se debe clasificar el evento como activo. A continuación se describen los diferentes estados de actividad.

Figura 259 — Mapa temático de capacidad admisible



Figura 260 — Carta INDECI

Anexo A — Plano arquitectónico y estructural de la vivienda proyectada en el sector de Molinopata-Abancay

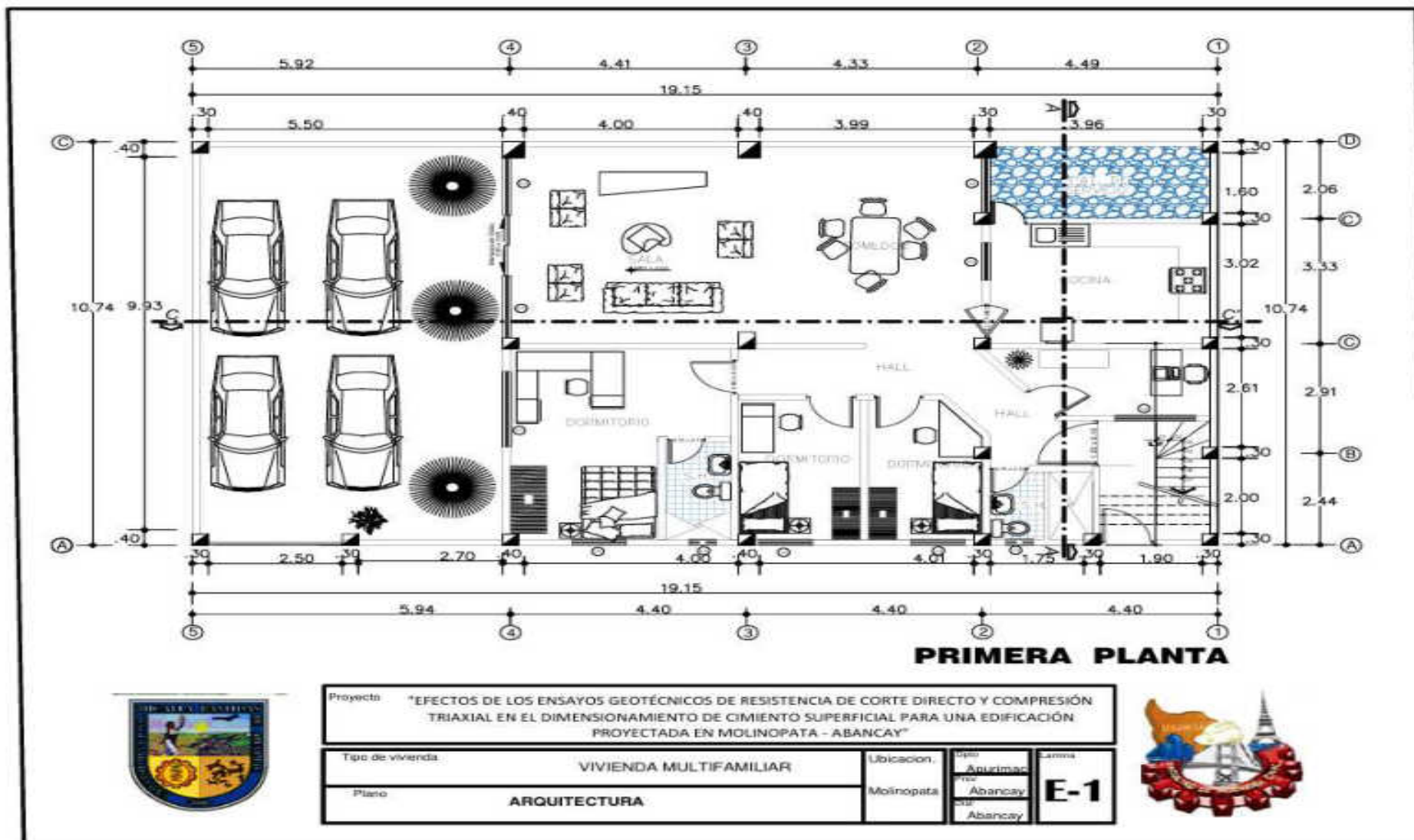


Figura 261 — Plano de arquitectura 1er nivel

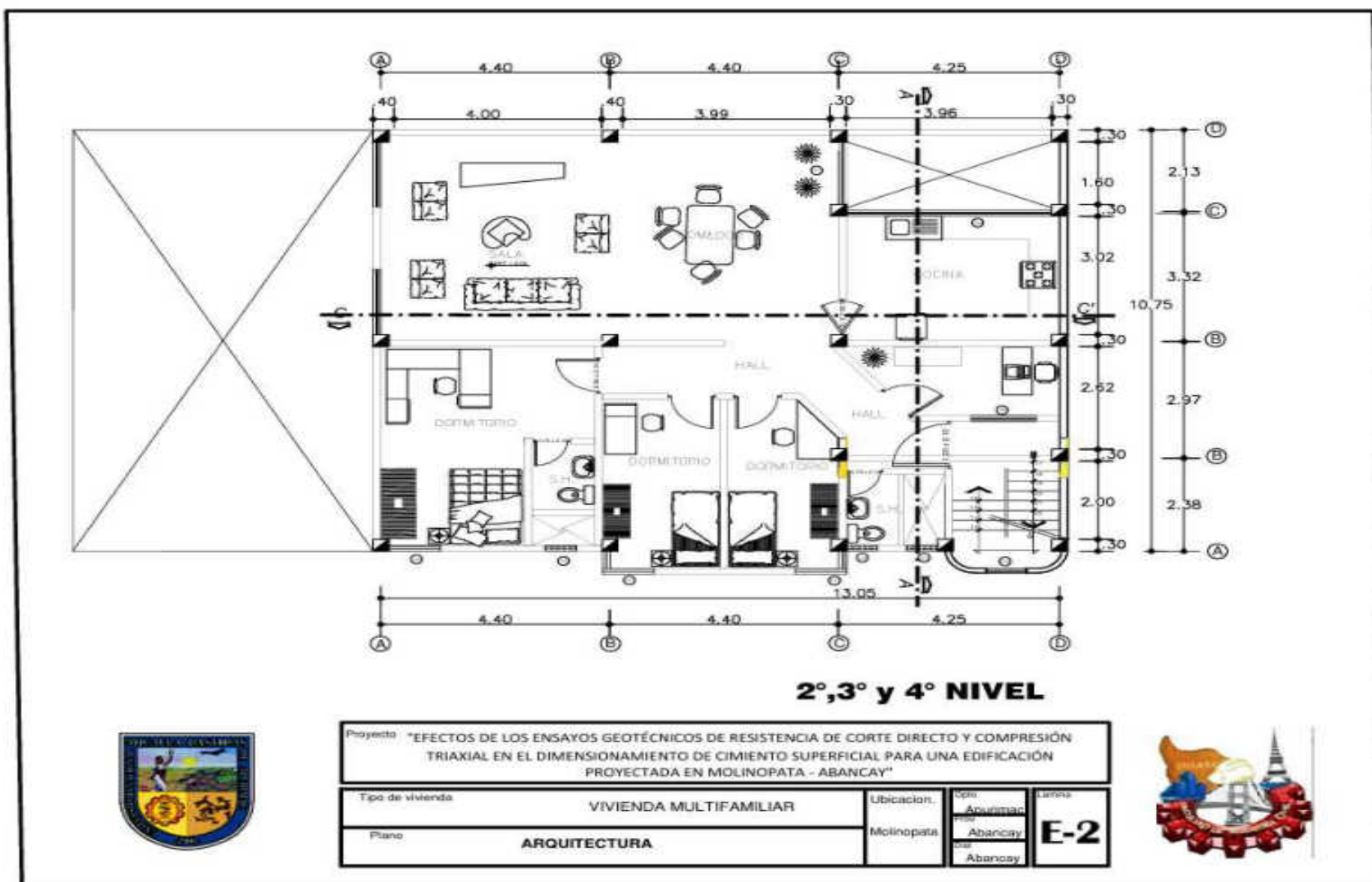


Figura 262 — Plano de arquitectura 2°, 3° y 4° nivel

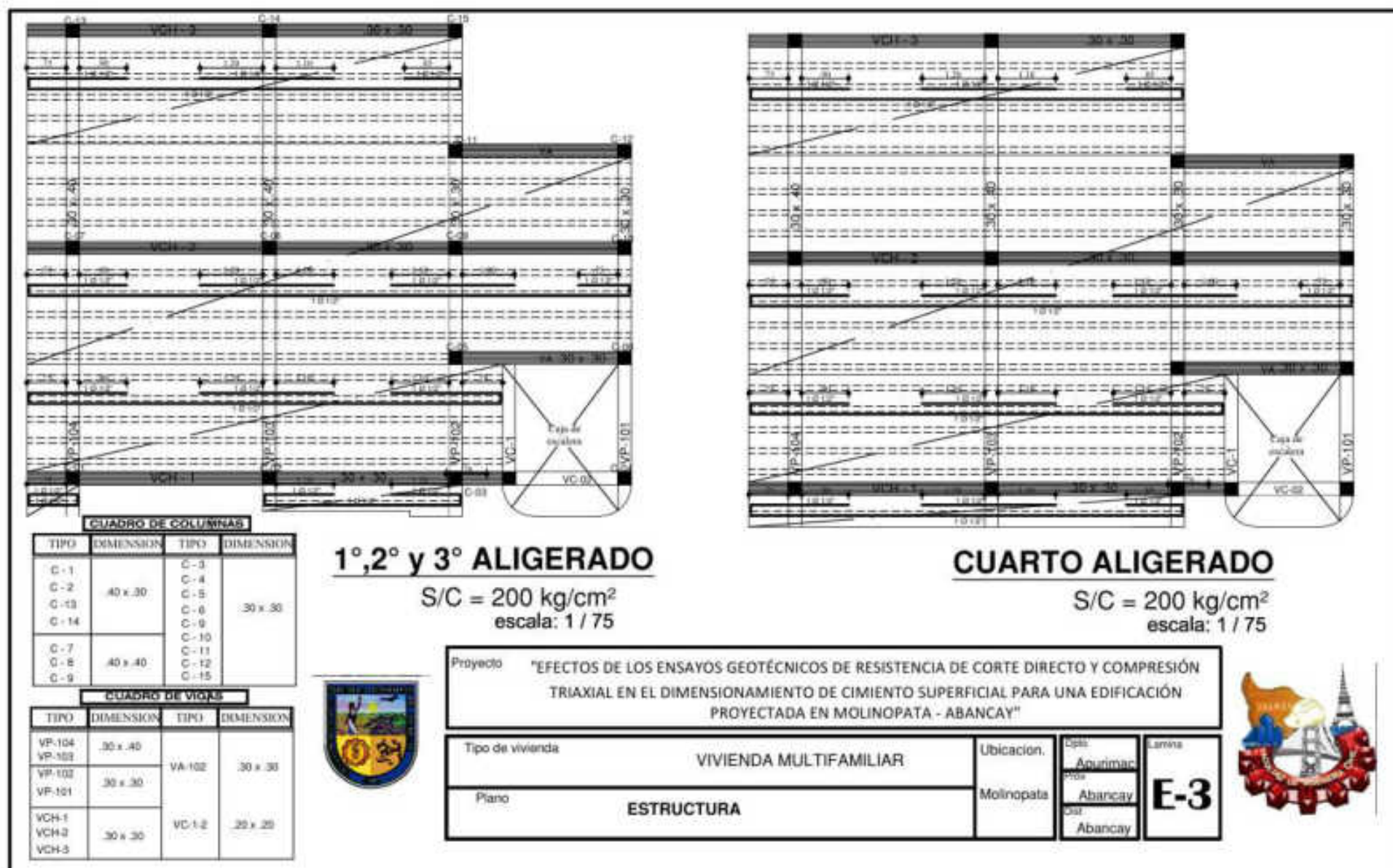


Figura 263 — Plano de aligerados típico

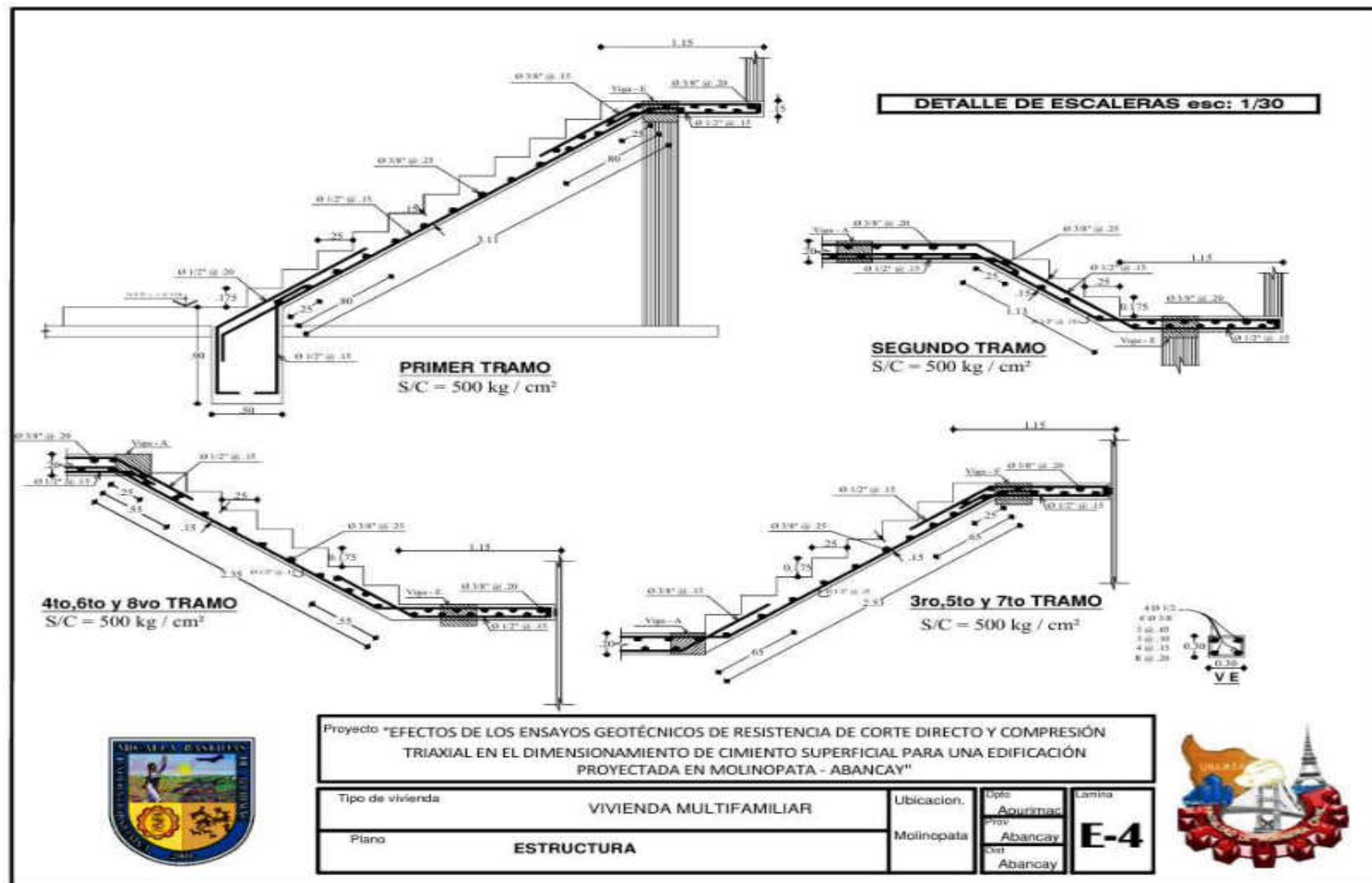


Figura 264 — Plano de escalera

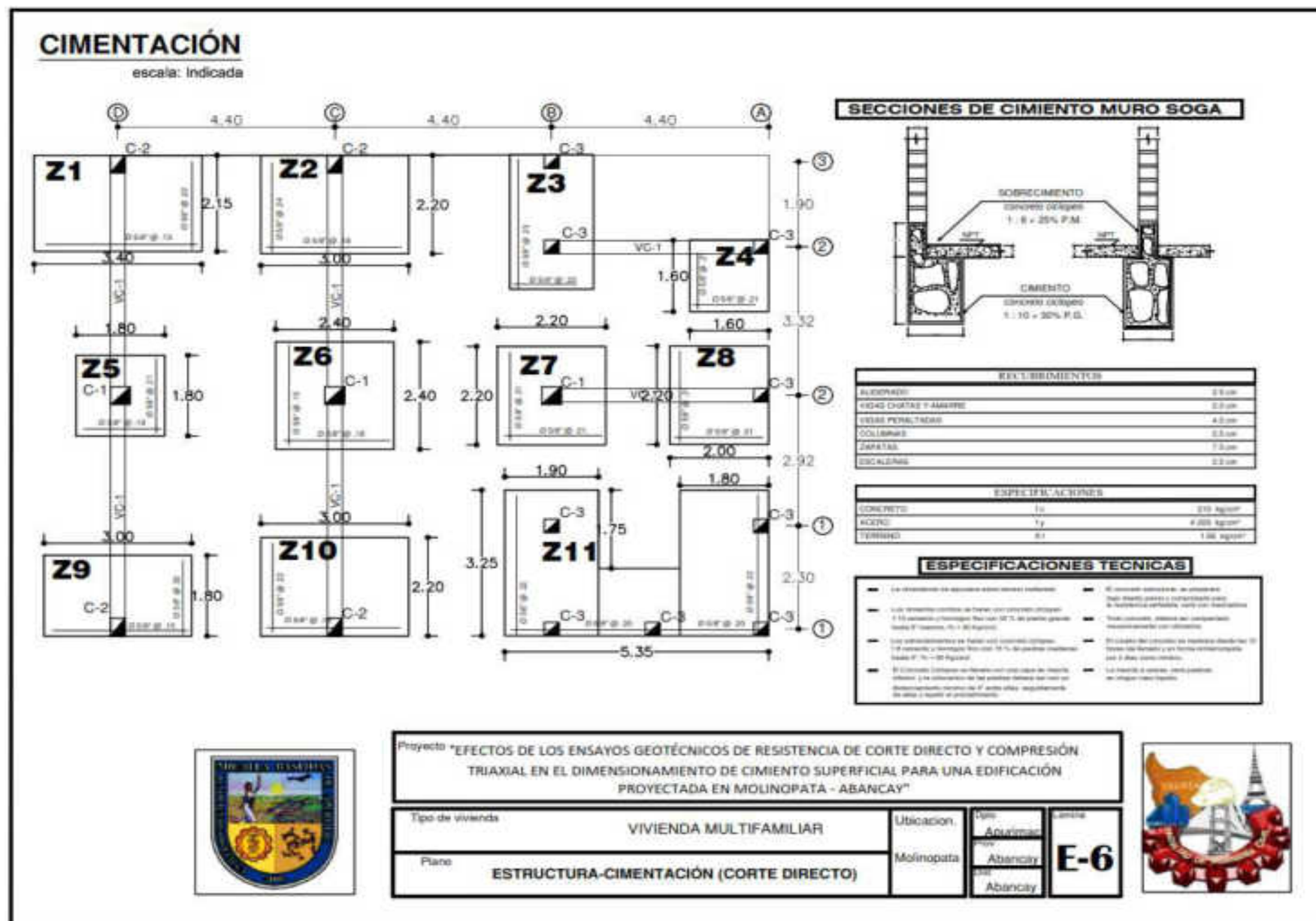
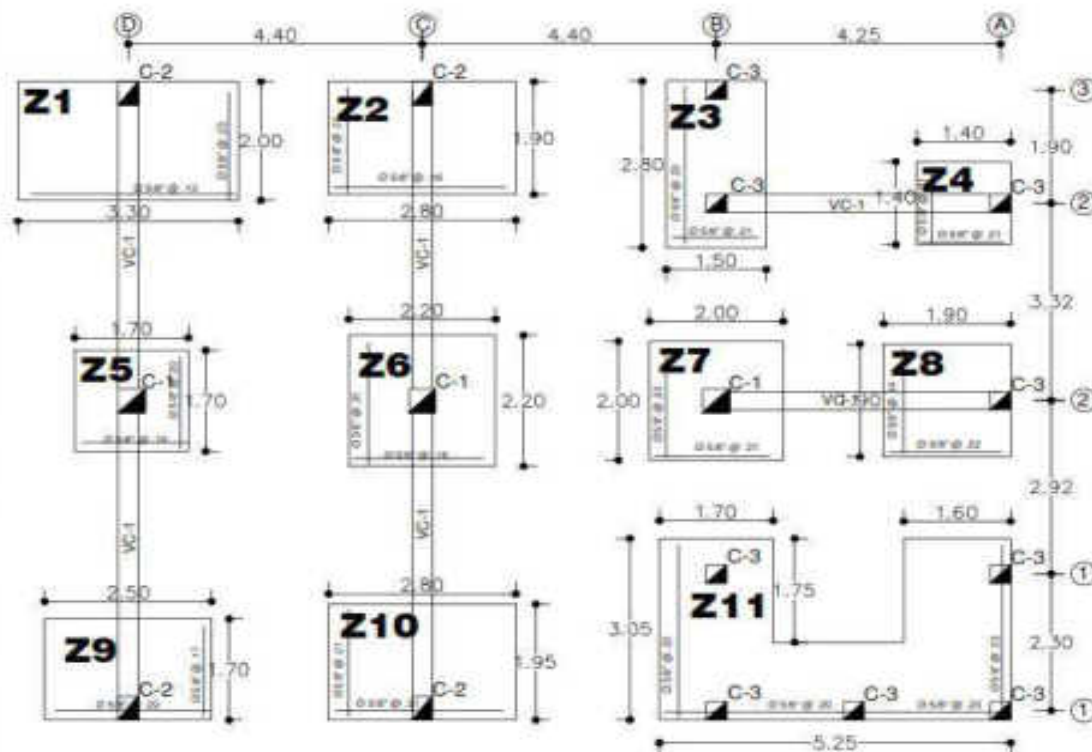


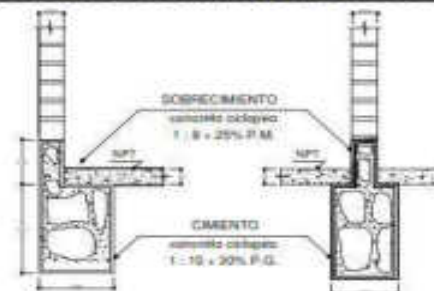
Figura 265 — Plano de cimentación (ensayo de corte directo)

CIMENTACIÓN

escala: Indicada



SECCIONES DE CIMIENTO MURO SOGA



RELAÇÃO DE MATERIAIS	
ALGOSTADO	22,0 m³
VEDAS (CANTAS E AMARRAS)	2,0 m³
VEDOS PERALTEZUS	4,0 m³
COLUMNAR	2,0 m³
ZAPATAS	7,0 m³
ESCALERAS	2,0 m³

ESPECIFICACIONES		
CONCRETO	FC	210 kg/cm ²
ACERO	Fy	4 200 kg/cm ²
TERRENO	B1	1.00 kg/cm ²

ESPECIFICACIONES TECNICAS

- [illegible]



Proyecto "EFECTOS DE LOS ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE RESISTENCIA DE CORTE DIRECTO Y COMPRESIÓN TRIAXIAL EN EL DIMENSIONAMIENTO DE CIMIENTO SUPERFICIAL PARA UNA EDIFICACIÓN PROYECTADA EN MOLINOPATA - ABANCAY"

Tipo de vivienda	VIVIENDA MULTIFAMILIAR	Ubicación:	Tipo Apurímac	Lamina E-5
Plano	ESTRUCTURA-CIMENTACIÓN(ENSAYO TRIAXIAL)	Molinopata	Proy Abancay Dir Abancay	



Figura 266 — Plano de cimentación (ensayo triaxial)

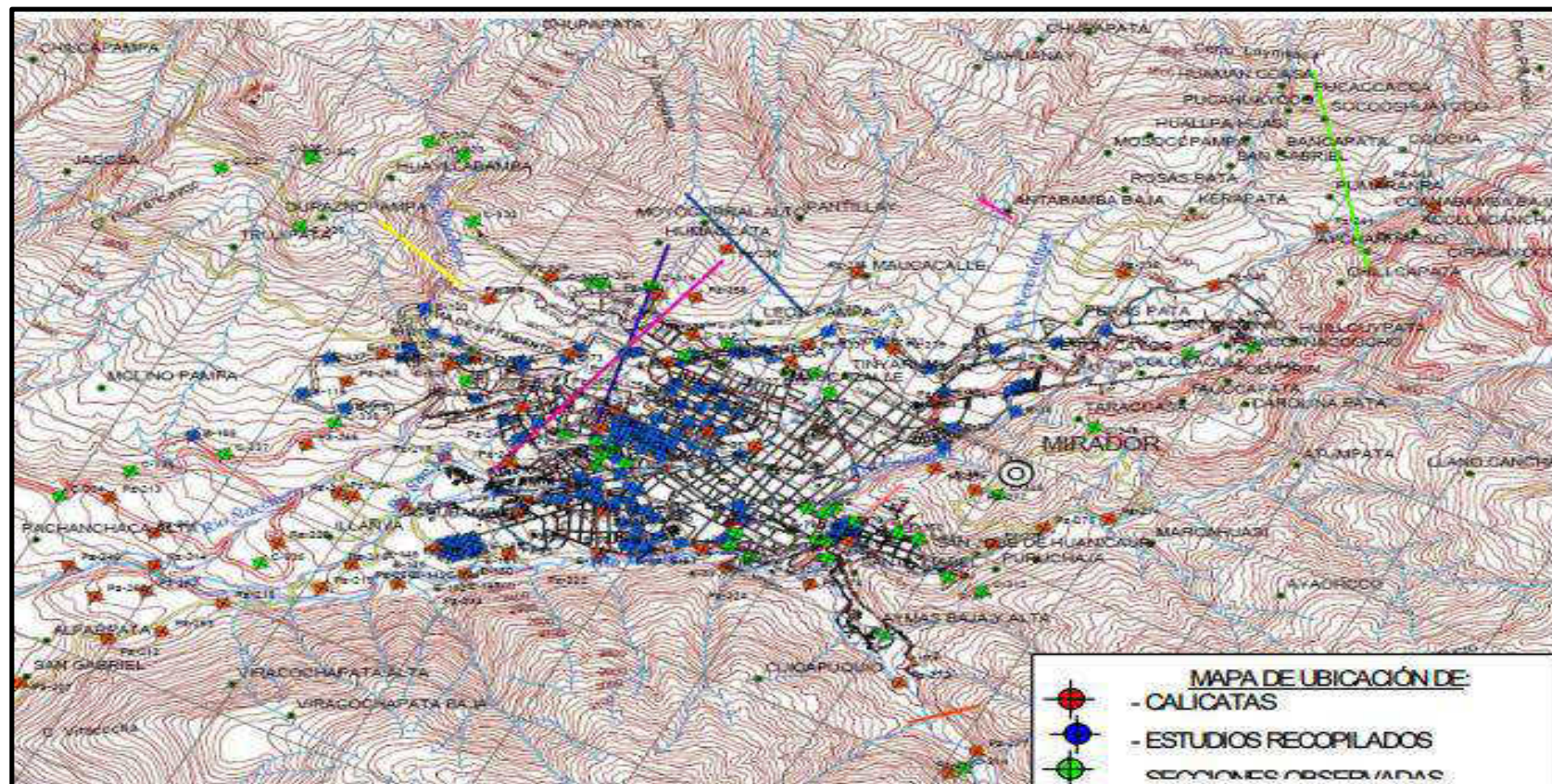


Figura 267 — Ubicación de puntos de exploración por INDECI en la ciudad de Abancay

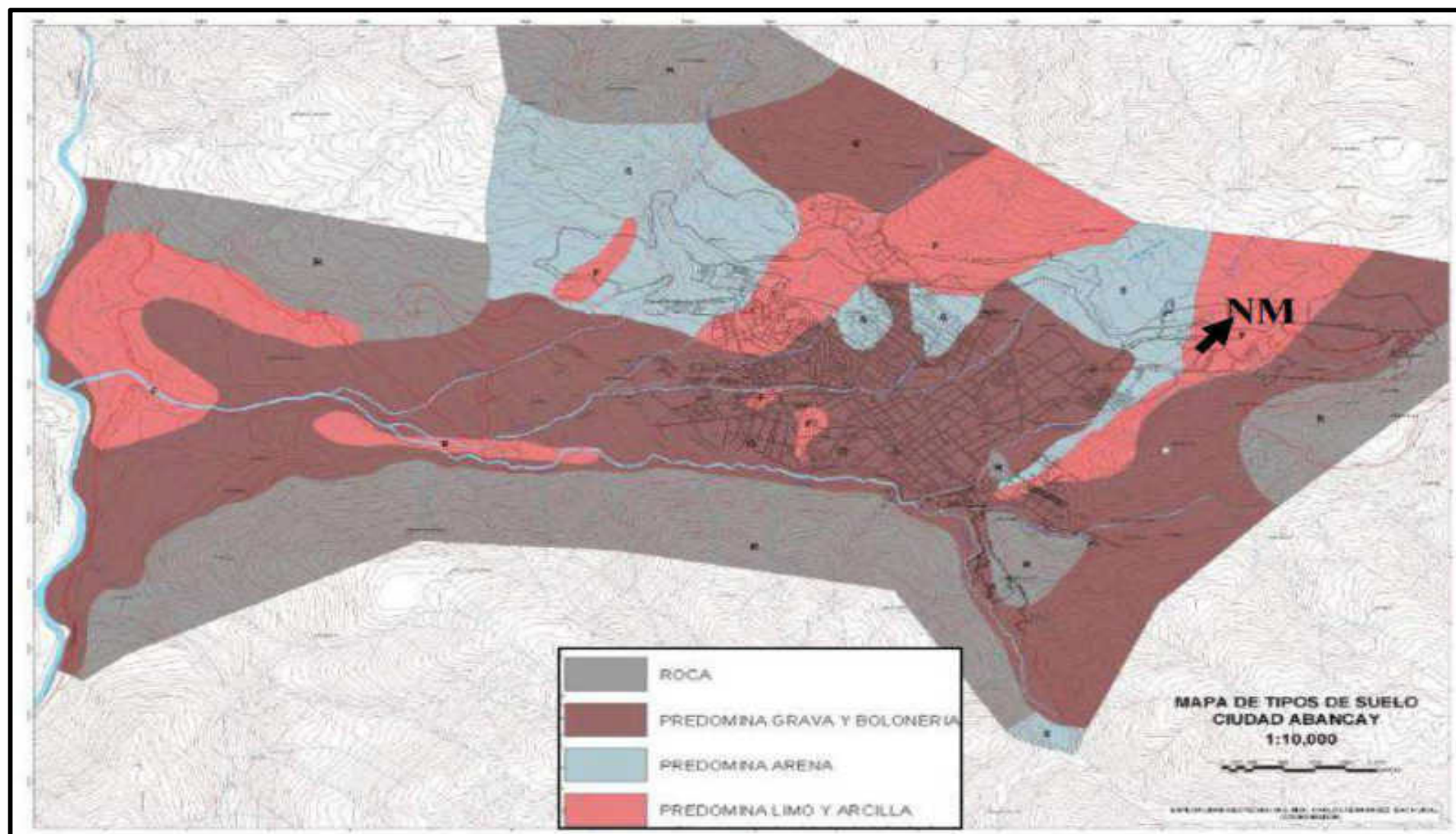


Figura 268 — Zonificación de tipo de suelos en la ciudad de Abancay – INDECI