



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“EVALUACIÓN DE LA CORRELACIÓN DEL ÍNDICE DE COMPRESIBILIDAD Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO DE LA URBANIZACIÓN EL GOLF, TRUJILLO 2017”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Br. Emide Mercelith Flores Escudero

Br. José Eduardo Serquén Santos

Asesor:

Ing. Iván Eugenio Vásquez Alfaro

Trujillo – Perú

2017

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por los Bachilleres **Emide Mercelith Flores Escudero** y **José Eduardo Serquén Santos**, denominada:

**“EVALUACIÓN DE LA CORRELACIÓN DEL ÍNDICE DE COMPRESIBILIDAD Y
LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO DE LA URBANIZACIÓN EL GOLF,
TRUJILLO 2017”**

Ing. Iván Eugenio Vásquez Alfaro

ASESOR

Ing. David Jonatan Tello Villarruel

JURADO

PRESIDENTE

Mg. Ing. Wiston Henry Azañedo Medina

JURADO

Mg. Ing. Roxana Milagros Aguilar Villena

JURADO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DE LA TESIS	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE ECUACIONES	xiii
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	17
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	26
A. ANTECEDENTES	26
B. BASES TEÓRICAS	31
<i>i. Suelo</i>	31
<i>ii. Asentamientos</i>	34
<i>iii. Consolidación de suelos</i>	41
<i>iv. Propiedades índice del suelo</i>	52
<i>v. Correlación entre el índice de compresibilidad y sus propiedades índice</i>	58
C. HIPÓTESIS	62
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA	63
3.1 Operacionalización de variables	63
3.2 Diseño de investigación	64
3.3 Unidad de estudio	64
3.4 Población	64
3.5 Muestra (muestreo o selección)	64
3.6 Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos.....	69
3.7 Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos	119
CAPÍTULO 4. INFORME TÉCNICO	126
4.1. Datos de la zona del proyecto de estudio	126
4.1.1. <i>Ubicación</i>	126
4.1.2. <i>Accesos al área de estudio</i>	126
4.1.3. <i>Topografía</i>	128
4.1.4. <i>Condiciones climáticas</i>	128
4.1.5. <i>Geología</i>	128
4.1.6. <i>Sismicidad</i>	129

4.2.	Trabajos de campo	130
4.2.1.	<i>Referencias y ubicación de la exploración</i>	130
4.3.	Normas para ensayos de laboratorio	133
4.4.	Trabajos de gabinete	134
4.4.1.	<i>Perfiles estratigráficos</i>	134
4.4.2.	<i>Descripción de Calicatas</i>	145
4.5.	Análisis de la cimentación	146
4.5.1.	<i>Profundidad de la cimentación</i>	146
4.5.2.	<i>Tipo de la cimentación</i>	146
CAPÍTULO 5. RESULTADOS		147
5.1.	Ensayos de laboratorio.....	147
5.1.1.	<i>Humedad natural</i>	147
5.1.2.	<i>Materia orgánica</i>	147
5.1.3.	<i>Análisis granulométrico</i>	148
5.1.4.	<i>Limite líquido</i>	150
5.1.5.	<i>Límite plástico</i>	151
5.1.6.	<i>Límite de contracción</i>	152
5.1.7.	<i>Actividad de arcillas</i>	153
5.1.8.	<i>Clasificación de suelos</i>	153
5.1.9.	<i>Gravedad específica</i>	155
5.1.10.	<i>Peso volumétrico en suelos cohesivos</i>	155
5.1.11.	<i>Densidad relativa</i>	156
5.1.12.	<i>Compresión no confinada</i>	156
5.1.13.	<i>Proctor modificado</i>	157
5.1.14.	<i>Consolidación unidimensional de suelos</i>	157
5.1.15.	<i>Esfuerzo efectivo</i>	165
5.1.16.	<i>Salinidad y pH</i>	167
5.2.	Resumen comparativo de calicatas	168
5.3.	Correlaciones para obtener el índice de compresibilidad.....	169
5.3.1.	<i>Correlación lineal simple</i>	169
5.3.2.	<i>Correlación lineal compuesta</i>	173
CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN		177
CONCLUSIONES		199
RECOMENDACIONES		200
REFERENCIAS		201
APÉNDICE		204
APÉNDICE I: Información del lugar de la extracción de las muestras de suelo		204
APÉNDICE II: Panel fotográfico		205
APÉNDICE III: Cálculo de muestra		209
APÉNDICE IV: Desagregado de resultados de ensayos		210
APÉNDICE V: Ejemplo de asentamiento por consolidación		213

ANEXOS	217
ANEXO A: Clasificación de suelos	217
ANEXO B: Mapa de capa freática	221
ANEXO C: Mapa de peligro según capacidad portante	222
ANEXO D: Tablas de ensayos	223
ANEXO E: Relación de brazo de palanca en consolidómetro	224
ANEXO F: Certificados de ensayos	225
ANEXO G: Certificados de calibración	303

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Diferencia entre arenas y limos	34
Tabla 2: Diferencia entre limos y arcillas	34
Tabla 3: Métodos de cálculo de asentamiento para cimentación	35
Tabla 4: Ecuaciones para estimar la Elasticidad, Es	38
Tabla 5: Asentamiento máximo y módulo de balasto, según E-030-2014	40
Tabla 6: Distorsión angular (α), límites estructurales	41
Tabla 7: Consistencia de suelos cohesivos	55
Tabla 8: Valores de actividad de arcilla y potencial	56
Tabla 9: Densidad seca natural	58
Tabla 10: Ecuaciones del índice de compresibilidad	60
Tabla 11: Operacionalización de variables	63
Tabla 12: Resultado de las pruebas de laboratorio, de la investigación de Bonilla	67
Tabla 13: Ensayos normados de suelos	69
Tabla 14: Cantidad mínima para humedad natural	72
Tabla 15: Toma de datos de humedad natural	73
Tabla 16: Toma de datos de material orgánico	74
Tabla 17: Intervalos para materia orgánica	75
Tabla 18: Cantidad mínima para análisis por lavado	75
Tabla 19: Toma de datos de material más fino que el tamiz N° 200	76
Tabla 20: Serie de tamices ASTM E11	77
Tabla 21: Toma de datos análisis granulométrico por tamizado	78
Tabla 22: Valores de la profundidad del Hidrómetro 151-H	80
Tabla 23: Toma de datos análisis granulométrico por sedimentación	82
Tabla 24: Toma de datos límite líquido	83
Tabla 25: Rangos para determinar el grado de expansión	84
Tabla 26: Toma de datos límite plástico	85
Tabla 27: Rangos para determinar el grado de plasticidad	85
Tabla 28: Toma de datos de límite de contracción	87
Tabla 29: Hinchamiento potencial de Ranga-Nathan	88
Tabla 30: Suelo de partículas gruesas	89
Tabla 31: Rangos para determinar la gradación del suelo grueso	90
Tabla 32: Cantidad mínima para gravedad específica	93
Tabla 33: Toma de datos gravedad específica	93
Tabla 34: Gravedad específica de algunos suelos	94
Tabla 35: Toma de datos de peso volumétrico	95
Tabla 36: Toma de datos de densidad relativa in situ	96
Tabla 37: Toma de datos de densidad relativa seca suelta	96
Tabla 38: Toma de datos de densidad relativa compactada	97
Tabla 39: Correlación entre densidad relativa y N (SPT)	97
Tabla 40: Característica del espécimen	99
Tabla 41: Toma de datos compresión no confinada	100
Tabla 42: Correlación entre el q_u y N (SPT)	100
Tabla 43: Método para proctor modificado	100
Tabla 44: Toma de datos de proctor modificado	102
Tabla 45: Características del espécimen de consolidación	105
Tabla 46: Formato para las lecturas por carga de consolidación	106
Tabla 47: Rangos del índice de compresibilidad	117
Tabla 48: Toma de datos de salinidad, conductividad eléctrica, TDS	117

Tabla 49: Valores de conductividad eléctrica y salinidad	118
Tabla 50: Rangos de pH	119
Tabla 51: Indicadores del grado de correlación.....	122
Tabla 52: Indicadores del grado de determinación.....	122
Tabla 53: Parámetros de sismicidad	129
Tabla 54: Coordenadas UTM de ubicación de las exploraciones.....	130
Tabla 55: Perfil estratigráfico, calicata (T-1 a T-6).....	144
Tabla 56: Resultados de humedad natural.....	147
Tabla 57: Resultados de material orgánico	148
Tabla 58: Composición de la muestra por estrato de cada calicata	150
Tabla 59: Resultados de límite líquido	151
Tabla 60: Resultados de límite plástico.....	151
Tabla 61: Resultados, variación y desviación estándar de límite de contracción	152
Tabla 62: Relación de contracción	152
Tabla 63: Cambio volumétrico por contracción	152
Tabla 64: Límites e índices de consistencia.....	153
Tabla 65: Resultado de actividad de arcilla, ACT	153
Tabla 66: Clasificación SUCS de las calicatas en evaluación	154
Tabla 67: Resultados de gravedad específica.....	155
Tabla 68: Resultados de peso volumétrico, suelos cohesivos	155
Tabla 69: Resultados densidad relativa, Dr (en arenas)	156
Tabla 70: Resultados de compresión no confinada.....	156
Tabla 71: Resultados de proctor modificado	157
Tabla 72: Densidad húmeda, densidad seca, obtenidos del ensayo de consolidación	157
Tabla 73: Índice de compresibilidad, expansión y esfuerzo de preconsolidación	157
Tabla 74: Tiempo y deformación de las curvas de consolidación de la calicata 1	160
Tabla 75: Esfuerzo total, presión de poros, efectivo.....	165
Tabla 76: Resultado de salinidad y pH.....	167
Tabla 77: Matriz de correlación que muestra la relación lineal entre grupos de dos variables.....	169
Tabla 78: Correlaciones de la presente investigación	176
Tabla 79: Resultados de la investigación de Bonilla	209
Tabla 80: Distribución normal estandarizada (Z).....	209
Tabla 81: Desviación estándar de tres resultados de humedad – Material orgánico	210
Tabla 82: Análisis granulométrico por tamizado	210
Tabla 83: Análisis granulométrico por hidrometría	211
Tabla 84: Resultados de tres muestras de los límites de Atterberg	212
Tabla 85: Resultados de tres muestras de la gravedad específica	212
Tabla 86: Influencia del incremento de presión (Ic), con respecto de m_1 y n_1	214
Tabla 87: Calculo del incremento de presión ($\Delta\sigma_{prom}$)	215
Tabla 88: Coeficientes de consolidación de la calicata N° 1	216
Tabla 89: Clasificación de suelos, método SUCS	217
Tabla 90: Corrección por temperatura (Ct) de las lecturas del hidrómetro	223
Tabla 91: Factor K para cálculo del diámetro en hidrometría	223
Tabla 92: Viscosidad (μ), peso específico del agua (γ_w), por temperatura (T°)	223
Tabla 93: Relación de brazo palanca en consolidómetro	224

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Torre de Pisa.....	17
Figura 2: Recorrido de las quebradas en La Libertad	20
Figura 3: Proyecto edificio El Mirador del Golf y edificios comunes en las Flores del Golf	21
Figura 4: Fallas en una construcción frente del Mirador del Golf.	22
Figura 5: Fases del suelos, con su relación peso- volumen.....	31
Figura 6: Minerales primarios y secundarios en suelos.....	32
Figura 7: Estructura de los minerales arcillosos	33
Figura 8: Tipos de asentamientos	36
Figura 9: Asentamiento inmediato.....	36
Figura 10: Asentamiento por consolidación primaria.....	38
Figura 11: Módulo de balasto en una cimentación	39
Figura 12: Asentamiento diferencial	40
Figura 13: Proyecciones de la consolidación del suelo	42
Figura 14: Esfuerzo efectivo vertical	43
Figura 15: Distribución de esfuerzos por profundidad en cimientos	44
Figura 16: Consolidación primaria del 0% y del 100% sobre el tiempo	45
Figura 17: Suelo normalmente consolidado	46
Figura 18: Suelo sobreconsolidado	46
Figura 19: Condiciones de drenaje.....	48
Figura 20: Tramos de una curva de compresibilidad.....	50
Figura 21: Relación de vacíos sobre presión aplicada	50
Figura 22: Índice de compresibilidad secundaria en el tiempo	51
Figura 23: Estados del agua presente en el suelo	52
Figura 24: Estados del suelo dependiendo del contenido de agua	53
Figura 25: Comportamiento de la expansión por el paso de estados.....	54
Figura 26: Cambio de potencial de volumen para arcillas.....	56
Figura 27: Grado de saturación.....	57
Figura 28: Calle Los Manzanos – Urb. El Golf	64
Figura 29: Zonificación general de usos de suelo del continuo urbano de Trujillo	65
Figura 30: Número de pisos construidos en la Urb. El Golf.....	66
Figura 31: Circuito de procedimiento experimental	70
Figura 32: Muestras inalteradas y alteradas de la calicata 1	71
Figura 33: Muestra de la cara vertical de la calicata 2	71
Figura 34: Muestras secado al aire, taller de concreto UNT.....	72
Figura 35: Pasos en el ensayo de humedad, NTP 339.081	74
Figura 36: Pasos del ensayo de material orgánico, Laboratorio de suelos UNT	75
Figura 37: Pasos en el ensayo del material más fino tamiz N° 200, Laboratorio UNT	76
Figura 38: Pasos en el ensayo de análisis granulométrico	78
Figura 39: Pasos en el ensayo de análisis granulométrico (Hidrometría), Laboratorio UNT	82
Figura 40: Ensayo de límite líquido, Laboratorio UNT.....	84
Figura 41: Pasos en el ensayo de límite plástico, Laboratorio UNT	85
Figura 42: Equipos y materiales para el ensayo de límite de contracción	87
Figura 43: Pasos del ensayo de límite de contracción, Laboratorio UNT	88
Figura 44: Simbología del Sistema unificado de clasificación de suelos, NTP 339.134.....	89
Figura 45: Carta de plasticidad.....	91
Figura 46: Calibración de fiolas a temperaturas de 15 a 40°C	92
Figura 47: Ensayo de gravedad específica. Laboratorio UPN	94
Figura 48: Tallando la muestra inalterada en forma de cubo de 5x5x5cm. Calicata 1	95
Figura 49: Pasos del ensayo densidad relativa compactada, Laboratorio UNT	97
Figura 50: Ensayo de compresión no confinada, Laboratorio de Mecánica de Rocas UPN	98
Figura 51: Muestra después de aplicar la carga, Laboratorio Mecánica de Rocas UPN.....	98
Figura 52: Equipos y materiales para el ensayo de proctor modificado	102
Figura 53: Pasos en el ensayo de proctor modificado, Laboratorio de suelos UPN.....	102
Figura 54: Piedras porosas y dimensiones del anillo de consolidación	103
Figura 55: Tallado de espécimen y colocado en el anillo de consolidación, Calicata 1.....	103

Figura 56: Ensamblaje de la celda de consolidación.....	104
Figura 57: Toma de lecturas del dial, Laboratorio de suelos UPN – sede Olivos.....	105
Figura 58: Desmontaje de la celda, y colocado del anillo a la estufa	105
Figura 59: Pasos en el ensayo de consolidación, Laboratorio de suelos MTC	107
Figura 60: Método de Casagrande – Paso 1.....	108
Figura 61: Método de Casagrande – Paso 2.....	108
Figura 62: Método de Casagrande – Paso 3.....	109
Figura 63: Método de Casagrande – Paso 4.....	109
Figura 64: Método de Taylor – Paso 1	110
Figura 65: Método de Taylor – Paso 2	110
Figura 66: Método de Taylor – Paso 3	111
Figura 67: Método de Taylor – Paso 1	111
Figura 68: Pasos para determinar la presión de preconsolidación.....	114
Figura 69: Cc en suelos normalmente consolidados.....	115
Figura 70: Cc en suelos sobreconsolidados.....	116
Figura 71: Ensayo de salinidad – Laboratorio UNT.....	117
Figura 72: Ensayo de pH, Laboratorio UNT	118
Figura 73: Regresión simple, compuesta, no lineal.....	120
Figura 74: Diagramas de dispersión.....	121
Figura 75: Pasos para aplicar la regresión lineal en Excel 2013.....	124
Figura 76: Ejemplo de resumen de regresión lineal	125
Figura 77: Mapa de ubicación del distrito de Víctor Larco Herrera.....	126
Figura 78: Mapa de ubicación del área de estudio y alrededores	127
Figura 79: Mapa geológico de la región La Libertad	128
Figura 80: Zonas sísmicas del Perú	129
Figura 81: Ubicación de calicatas.....	133
Figura 82: Perfil estratigráfico, calicata 1 (C-1)	134
Figura 83: Perfil estratigráfico, calicata 2 (C-2)	135
Figura 84: Perfil estratigráfico, calicata 3 (C-3)	136
Figura 85: Perfil estratigráfico, calicata 4 (C-4)	137
Figura 86: Perfil estratigráfico, Estudio (E-1).....	138
Figura 87: Perfil estratigráfico, Estudio (E-2).....	139
Figura 88: Perfil estratigráfico, Estudio (E-3).....	140
Figura 89: Perfil estratigráfico, Estudio (E-4).....	141
Figura 90: Perfil estratigráfico, Estudio (E-5).....	142
Figura 91: Perfil estratigráfico, Estudio (E-6).....	143
Figura 92: Perfil estratigráfico, Estudio (T-7; T-8).....	144
Figura 93: Granulometría de la calicata 1 para los estratos 1, 2 y 3	148
Figura 94: Granulometría de la calicata 2 para los estratos 2, 3 y 4	149
Figura 95: Granulometría de la calicata 3 para los estratos 1, 2, 3 y 4	149
Figura 96: Granulometría de la calicata 4 para los estratos 1, 2, 3 y 4	150
Figura 97: Carta de plasticidad de Casagrande	154
Figura 98: Curvas de esfuerzo axial sobre deformación	156
Figura 99: Curvas de consolidación de la calicata 1	160
Figura 100: Curva de compresibilidad de la calicata 1	161
Figura 101: Curva de compresibilidad de la calicata 2	161
Figura 102: Curva de compresibilidad de la calicata 3	162
Figura 103: Curva de compresibilidad de la calicata 4	162
Figura 104: Curva de compresibilidad proyectada de la calicata 1	163
Figura 105: Curva de compresibilidad proyectada de la calicata 2	163
Figura 106: Curva de compresibilidad proyectada de la calicata 3	164
Figura 107: Curva de compresibilidad proyectada de la calicata 4	164
Figura 108: Esfuerzo efectivo de la calicata 1	165
Figura 109: Esfuerzo efectivo de la calicata 2.....	166
Figura 110: Esfuerzo efectivo de la calicata 3.....	166
Figura 111: Esfuerzo efectivo de la calicata 4.....	167
Figura 112: Resumen de los perfiles estratigráficos de la calicata C1, C2, C3, C4.....	168
Figura 113: Correlaciones por método lineal simple (2D)	173

Figura 114: Correlaciones por método lineal compuesto (3D)	176
Figura 115: Humedad natural por estrato.....	177
Figura 116: Materia orgánica por estrato	178
Figura 117: Límites de consistencia	179
Figura 118: Índice de plasticidad.....	179
Figura 119: Índice de contracción	180
Figura 120: Cambio volumétrico por contracción	181
Figura 121: Cantidad de muestra-Calicata 1	182
Figura 122: Cantidad de muestra-Calicata 2.....	183
Figura 123: Cantidad de muestra-Calicata 3.....	184
Figura 124: Cantidad de muestra-Calicata 4.....	185
Figura 125: Cambio de potencia de volumen.....	186
Figura 126: Compresión no confinada por calicata	187
Figura 127: Índice de compresibilidad y expansión.....	188
Figura 128: Densidad húmeda y seca in situ	189
Figura 129: Criterio de colapsabilidad de Gibbs.....	190
Figura 130: Saturación natural y óptima.....	191
Figura 131: Relación de vacíos natural y mínimo.....	191
Figura 132: Densidad seca compactada y densidad natural	192
Figura 133: Esfuerzos verticales en el suelo.....	193
Figura 134: Índice de compresibilidad in situ, laboratorio y mínima.	194
Figura 135: Correlación del índice de compresibilidad y las propiedades índice.	195
Figura 136: Correlación propuesta – correlación de otros autores.....	195
Figura 137: Conductividad eléctrica (mS/cm) y salinidad (ppm).....	196
Figura 138: pH en suelos	197
Figura 139: Vista aérea del distrito de Víctor Larco Herrera	204
Figura 140: Vista aérea del distrito de la urbanización el Golf	204
Figura 141: Vista panorámica de las calicatas 1, 2, 3 y 4	205
Figura 142: Vista de perfiles de las calicatas	206
Figura 143: Ensayos de consolidación, UPN – sede los Olivos (Lima)	207
Figura 144: Equipo de consolidación – Laboratorio MTC (Lima).....	207
Figura 145: Procedimiento alternativo para límite de contracción.....	208
Figura 146: Arcillas de alta plasticidad como: Rosada M1, Caolín M2, Bentonita M3.....	208
Figura 147: Área tributaria de una vivienda unifamiliar	213
Figura 148: Esfuerzo efectivo e incremento de esfuerzo	214
Figura 149: Uso de la correlación con la variable relación de vacíos (e)	215
Figura 150: Esfuerzo efectivo, preconsolidación e incremento de esfuerzo.....	216
Figura 151: Clasificación del suelo grueso (más de 50% retenido en la malla núm. 200).....	218
Figura 152: Clasificación del suelo fino (más de 50% retenido en la malla núm. 200).....	219
Figura 153: Clasificación del suelo fino orgánico (50% o más pasa la malla núm. 200)	220
Figura 154: Mapa del nivel freático	221
Figura 155: Mapa de peligro por capacidad portante	222

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Asentamiento total.....	35
Ecuación 2: Asentamiento inmediato, δ_i (cm)	36
Ecuación 3: Asentamiento por consolidación primaria, δ_p (cm)	38
Ecuación 4: Asentamiento por consolidación secundaria, δ_s (cm).....	39
Ecuación 5: Módulo de balasto, C_1 (kg/cm ³).....	39
Ecuación 6: Esfuerzo vertical efectivo, σ_0 (kg/cm ²)	42
Ecuación 7: Presión de poros, u (kg/cm ²)	42
Ecuación 8: Esfuerzo total, σ_T (kg/cm ²).....	42
Ecuación 9: Incremento del esfuerzo vertical efectivo.....	43
Ecuación 10: Normalmente consolidado	46
Ecuación 11: Suelo sobreconsolidado, cuando $\sigma_c > \sigma_0 + \Delta\sigma_{prom}$	47
Ecuación 12: Suelo sobreconsolidado, cuando $\sigma_0 + \Delta\sigma_{prom} > \sigma_c > \sigma_0$	47
Ecuación 13: Suelo parcialmente consolidado $\sigma_c < \sigma_0$	47
Ecuación 14: Relación de sobreconsolidación, OCR	47
Ecuación 15: Coeficiente de consolidación, C_v (cm ² /min)	49
Ecuación 16: Coeficiente de compresibilidad, a_v	49
Ecuación 17: Coeficiente de compresibilidad volumétrica, m_v	49
Ecuación 18: Índice de compresibilidad secundaria, C_α	51
Ecuación 19: índice de expansión, C_s	51
Ecuación 20: Coeficiente de permeabilidad, k	52
Ecuación 21: Índice de contracción, IC	54
Ecuación 22: Índice de consistencia, I_c	54
Ecuación 23: Índice de liquidez, IL	55
Ecuación 24: Actividad de arcilla, ACT.....	55
Ecuación 25: Relación de vacíos, e	56
Ecuación 26: Porosidad, n (%).....	57
Ecuación 27: Porosidad, en función de relación de vacíos	57
Ecuación 28: Grado de saturación, S (%)	57
Ecuación 29: Peso específico de la masa, γ_T (gr/cm ³)	58
Ecuación 30: Densidad seca natural, γ_d (gr/cm ³).....	58
Ecuación 31: Correlación del C_c , propuesta por Skempton	59
Ecuación 32: Correlación del C_c , propuesta por Terzaghi y Peck.....	59
Ecuación 33: Correlación del C_c , propuesta por Nishida	59
Ecuación 34: Correlación del C_c , propuesta por Azzout	59
Ecuación 35: Tamaño de muestra, variable cuantitativa	67
Ecuación 36: Humedad natural, W_n (%).....	73
Ecuación 37: Materia orgánica (%)	74
Ecuación 38: Porcentaje que pasa N° 200.....	77
Ecuación 39: Porcentaje retenido sobre cada tamiz	77
Ecuación 40: Porcentaje más fino	77
Ecuación 41: Lectura de hidrómetro más menisco, R	80
Ecuación 42: Lectura del hidrómetro corregido, R_c	80
Ecuación 43: Porcentaje más fino, P (%)	81
Ecuación 44: Corrección por gravedad específica (N° 200), a	81
Ecuación 45: Constante, K	81
Ecuación 46: Diámetro de partículas, D (mm).....	81
Ecuación 47: Porcentaje que pasa, (%)	81

Ecuación 48: Índice de plasticidad, IP	85
Ecuación 49: Peso de suelo húmedo inicial, M (gr).....	86
Ecuación 50: Peso de suelo seco, M _o (gr)	86
Ecuación 51: Humedad inicial de contracción, W (%)	86
Ecuación 52: Límite de contracción, LC (%)	86
Ecuación 53: Relación de contracción, R	87
Ecuación 54: Coeficiente de uniformidad, C _u	90
Ecuación 55: Coeficiente de curvatura, C _c	90
Ecuación 56: Gravedad específica, G _s (gr/cm ³).....	93
Ecuación 57: Peso volumétrico, γ _h (gr/cm ³).....	95
Ecuación 58: Densidad seca, γ _d (gr/cm ³).....	95
Ecuación 59: Deformación unitaria axial, ε.....	99
Ecuación 60: Área inicial promedio de la probeta, A ₀ (cm ²).....	99
Ecuación 61: Área corregida, A (cm ²)	99
Ecuación 62: Esfuerzo, (Kg/cm ²).....	99
Ecuación 63: Cohesión del suelo, C (kg/cm ²)	99
Ecuación 64: Densidad unitaria húmeda, γ _h (gr/cm ³).....	101
Ecuación 65: Densidad unitaria seca compactada, γ _d (gr/cm ³)	101
Ecuación 66: Grado de saturación, S _s	101
Ecuación 67: Densidad unitaria seca del suelo saturado, γ _{dz} (gr/cm ³)	101
Ecuación 68: Representa el 100 % de la consolidación primaria, D ₁₀₀	112
Ecuación 69: Deformación vertical, δ (mm)	112
Ecuación 70: Altura final, H (mm)	112
Ecuación 71: Altura de los sólidos, H _s (mm)	112
Ecuación 72: Altura de vacíos, H _v (mm)	112
Ecuación 73: Relación de vacíos, e	112
Ecuación 74: Índice de compresibilidad de laboratorio, C _c Lab.	113
Ecuación 75: Función para una curva de compresibilidad	113
Ecuación 76: Índice de compresibilidad in situ, C _c in situ	114
Ecuación 77: C _c , en suelos sobreconsolidados	116
Ecuación 78: C _c , en suelos parcialmente consolidados.....	116
Ecuación 79: Varianza, σ ² (%)	119
Ecuación 80: Desviación estándar, S (%)	119
Ecuación 81: Coeficiente de variación, CV (%).....	119
Ecuación 82: Regresión lineal simple.....	120
Ecuación 83: Regresión lineal múltiple.....	120
Ecuación 84: Coeficiente de correlación lineal, r.....	121
Ecuación 85: Coeficiente de determinación, R ²	122

RESUMEN

La presente investigación, estudia el comportamiento del suelo arcilloso de la urbanización El Golf; este suelo está expuesto a diferentes fenómenos como la consolidación de suelos que es el tema de esta investigación además de poseer características importantes para poder realizar este ensayo, el primero es que es un suelo compresible el cual está en función de la reducción del volumen de vacíos y otro punto es el nivel freático de la urbanización pues somete al suelo a un estado de saturación, entonces al aplicar presiones sobre este suelo va ocasionar que el agua contenido en sus vacíos escapen por el mismo; produciendo asentamientos de la estructura que se encuentra en esta área.

Por lo tanto, es primordial realizar un estudio de suelos o conocer los parámetros de la capacidad portante, asentamientos referentes al lugar antes de realizar un diseño de cimentación de un proyecto, con la finalidad de evitar problemas en la construcción de edificaciones u otras obras civiles. En esta investigación se evalúa la correlación de las propiedades índice con el índice de compresibilidad, considerando la teoría de consolidación para el cálculo de asentamientos. El uso de la correlación empírica va permitir predecir el asentamiento que se producirá en el área de estudio, siendo de gran ayuda principalmente para el área de ingeniería, obteniendo en menor tiempo el resultado de dichos asentamientos, el cual puede servir como fuente para una mejor estimación y su posible aplicación en esta zona del Golf o en un suelo similar al especificado en esta investigación, así mismo permitirá realizar un diseño más adecuado de cimentaciones.

Esta investigación servirá como base que permita realizar análisis preliminares de las condiciones de compresibilidad esperada en el sector del Golf, esto sin sustituir las pruebas que se deben hacer para obtener un análisis definitivo de dichas propiedades.

ABSTRACT

The present investigation, studies the behavior of the soil of the urbanization The Golf. This soil is exposed to different phenomena such as soil consolidation which is the subject of this investigation besides owning important features to be able to perform this test, the first is that is a compressible soil which is in function of the volume reduction of empty, another point is the water level of urbanization it subjects the floor to a saturation state, then applying pressure on the ground will cause the water content in their empty escape by the same; producing settlements of the structure found in this area.

Therefore it is essential to realize a study of soil or know the bearing capacity parameters, soil conditions and settlements regarding to the place before of realize a foundation design, to avoid problems in the construction of buildings or other civil works.

In this investigation will evaluate the correlation of the index properties with compressibility index, considering the consolidation theory for the calculation of settlements.

The use of the empirical correlation will allow predicting the settlement to be produced in the study area, being of great help especially for the project area, getting the result of these settlements in less time, which can serve as a reliable source for a best estimate and his possible application in this area of Golf or similar to that specified soil in this research, Likewise it will allow to realize a more appropriate design of foundations.

This research will serve as a basis to carry out preliminary analysis of the expected compressibility conditions in the urbanization the Golf.

NOTA DE ACCESO

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales

REFERENCIAS

- Acevedo Valle, M. E. (2014). *Determinación experimental del índice de compresión en las arcillas del valle de México y la relación que guarda con las propiedades índice*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Alva Hurtado, J. E. (2012). *Cimentaciones superficiales*. Lima: ICG.
- Alva Hurtado, J. E., & Rojas Foinquinos, J. J. (2011). *Arcillas y lutitas expansivas en el Norte y Nororiente Peruano*. Lima - Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Araujo Navarro, W. (2014). *Ecuaciones de correlación del CBR con propiedades índice de suelos para la ciudad de Piura*. Piura: Universidad de Piura.
- Arévalo Cervantes, G. & Chávez Negrete, C. (2009) *Manual de mecánica de suelos II*. [En línea] Recuperado el 23 de septiembre de 2015, de [http://www.fic.umich.mx/fic/documentos/Manual%20de%20Mecanica%20de%20Suelos%20II%20\(8o%20Semestre\).pdf](http://www.fic.umich.mx/fic/documentos/Manual%20de%20Mecanica%20de%20Suelos%20II%20(8o%20Semestre).pdf)
- Ayala Cardona, K. L. (2013). *Influencia de las propiedades índice en el índice de compresión en las arcillas del valle de México*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Azzouz, A. S. *et. al.* (1976): *Regression Analysis of Compressibility, Soils and Foundation*, Volumen 16, No.2, págs.19-29.
- Beltrán Martínez, R. (2009). *Diseño geotécnico y estructural de una cimentación en arcilla expansiva*. México: sUniversidad Nacional Autónoma de México.
- Beneyto , P. A. (2013). *Análisis de consolidación de suelos regionales en estado de saturación parcial mediante simulación numérica utilizando el método de los elementos finitos*. Argentina: Universidad Nacional de Nordeste.
- Bonilla Flores, A. (2013). *Influencia de las condiciones de compactación en la presión de preconsolidación de un suelo*. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya.
- Borselli, L. (2014). *GEOTECNIA I*. México: UASLP.
- Calvo Barriga, M. I., & Durán Alvarez, D. J. (2013). *Determinación del índice de compresibilidad e índice de expansión de los suelos cohesivos blandos en la zona de Tonsupa en la Provincia de Esmeraldas*. Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones, 5ta Edición*. México: LIMUSA.
- Cruz Monzon, J. A., Rivero Mendez, J. F., & Valderrama Ramos, I. (2006). *Manual de laboratorio de química analítica*. Trujillo - Perú: Universidad Nacional de Trujillo.
- Cruz Roque, D. (2004). *Estudio de las propiedades de compresibilidad de las arcillas de Coatzacoalcos, Ver.* México: Instituto Politecnico Nacional.
- Das, B. M. (2012). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*. México: Cengage Learning.
- Denise Quintela , M. (2009). *Rigidez edométrica del pampeano medio* . Argentina: Universidad de Buenos Aires.
- Durán, A. (2004). *Composición del suelo*. Recuperado el 27 de 01 de 2017, de https://es.slideshare.net/Rodriw_7/composicion-del-suelo-23034327

- Fernández Dimaté, W. F., González Acelas, Á. I., & Carrillo Pulido, J. F. (2008). *Análisis de asentamientos secundarios en los suelos de la zona 12 Barrios Unidos, en la ciudad de Bogotá D.C.* Bogotá D.C: Universidad de la Salle.
- Fine civil engineering software. (s.f.). Recuperado el 08 de 03 de 2017, de <http://www.finesoftware.es/ayuda-en-linea/geo5/es/indice-de-recompresion-01/>
- Fratelli, M. G. (1993). *Suelos fundaciones y muros*. Venezuela: Copyright.
- García Barcala, J. (23 de Julio de 2016). *Ciencia Historica*. Recuperado el 20 de 12 de 2016, de <http://www.cienciahistorica.com/2016/07/23/se-hunde-la-ciudad-mexico/>
- Gutiérrez Lazares, W. (2006). *Taller básico de mecánica de suelos*. Lima - Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Hernández Canales, J. C. (2008). *Características físicas y Propiedades mecánicas de los suelos y sus metodos de medición*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Gualemala.
- Hernández, J. P. (15 de 04 de 2016). *Cátedra de edafología* . Recuperado el 30 de 05 de 2017, de Agua en el suelo 2015: <https://es.slideshare.net/JuanPabloHernandez8/agua-en-el-suelo-60960624>
- Huanca Borda, A. R. (2010). *Mecánica de Suelos y cimentaciones*. Ica: Colegio de ingenieros del Perú.
- Juarez Badillo, E., & Rico Rodriguez, A. (2011). *Mecánica de suelos*. México: LIMUSA, S.A.
- Lambe , W., & Whitman, R. (2004). *Mecánica de Suelos*. México: Limusa.
- Landín, P. (28 de noviembre de 2013). *Tecnología ESO*. Recuperado el 30 de abril de 2016, de La torre de pisa: <http://pelandintecno.blogspot.pe/2013/11/la-torre-de-pisa-una-torre-con-forma-de.html>
- Luján Silva, E. F. (2011). *Microzonificación Geotécnica del distrito de Trujillo*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Manzollillo, J. E. (2003). *Mecánica no lineal aplicada a problemas geotécnicos regionales*. Argentina: Universidad Nacional del Nordeste.
- Mendrano C. (2008) *Mecánica de suelos II, Asentamientos por consolidación*. [En línea] Recuperado el 20 de septiembre de 2015, de <http://myslide.es/documents/libro-mecanica-de-suelos-ii-rodolfo-c-medrano-castillo-55c08e4a67236.html>
- Morales Güeto, J. (2005). *Tecnología de los materiales cerámicos*. Madrid - España: Días de Santos.
- Mudarra , J., & Rumiche , V. (2007). *Mejoramiento del parámetro CBR del suelo arcilloso en la urb. Las Hortencias del Golf*. Trujillo - Perú: Universidad Privada Antenor Orrego.
- Muelas Rodriguez, A. (2010). *Manual de mecánica de suelos y cimentaciones*. España: Universidad Nacional De Educación a Distancia.
- Nishida, Y. (1956): A brief Note on Compression Index of Soils, Journal of Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, Volumen 82, No.SM3, págs. 1027-1 a 1027-14.

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). Normas de ensayo de materiales_sección Suelos. Lima: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.
- Molina Vinasco, G. M., Hernández López, E., & Castillo Restrepo, C. C. (2012). *Determinación de la correlación entre el coeficiente de compresión y propiedades índice en suelo de expansión urbana de Pereira*. Colombia: Universidad Libre de Pereira.
- Norma E.050 suelos y cimentaciones. (2012) En *Reglamento Nacional de Edificaciones* (págs. 350-370). Perú: Grupo editorial Megabyte
- Norma E.030. “*Diseño sismorresistente*”, del *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Diario Oficial del Bicentenario El Peruano, Decreto supremo N° 003-2016-VIVIENDA, 24 de enero 2016. [En línea]. Recuperado de: <http://elperuano.com.pe/decreto-supremo-que-modifica-la-norma-tecnica-e030-diseno-decreto-supremo-n-003-2016-vivienda-1337531-1>
- Onyejekwe, S., Kang, X., & Ge, L. (2015). Assessment of empirical equations for the compression index of fine-grained soils in Missouri. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 705 - 716.
- Peña Guillén, C. (s.f.). *Minerales Arcillosos*. Recuperado el 24 de 01 de 2017, de Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales: <http://webdelprofesor.ula.ve/forestal/clifford/materias/suelos/coloides2ii.pdf>
- Rendón Pérez, S. A., Gómez Pasquett, M., & Aguillar Mora, A. (2015). *Relación entre el índice de compresión y las propiedades índice de algunos suelos en la ciudad de Puebla*. México: Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica.
- Rodríguez, C. (s.f.). *Por qué está inclinada la famosa Torre de Pisa*. En Blog: Escritores y escribientes. Recuperada el 28 de septiembre de 2015, desde <http://www.mundoprimaria.com/arte-primaria-mochila/la-torre-de-pisa.html>
- SACSA. (7 de 07 de 2015). *Servicios Agropecuarios de la Costa S.A.* Recuperado el 15 de 01 de 2017, de Características del suelo arcilloso: <http://www.gruposacsa.com.mx/caracteristicas-del-suelo-arcilloso/>
- SciELO . (s.f.). *Scientific Electronic Library Online*. Recuperado el 06 de 06 de 2017, de Estructura de las arcillas: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40421999000500013
- Skepton, A. W. (1944): Notes on the compressibility of clays, Quarterly Journal of Geological Society of London, Volumen 100, págs. 119-135.
- Tamez Gonzáles, E. (2001). *Ingeniería de cimentaciones*. México: TGC Geotecnia S.A.
- Universidad Nacional de Trujillo, & Instituto Nacional de defensa civil. (2002). *Mapa de peligros de la ciudad de Trujillo y zonas aledañas*. Trujillo - Perú: Instituto de Investigación en Desastres y Medio ambiente.
- Villareal Castro, G. (27 de 03 de 2015). *Ingeniería Estructural*. Recuperado el 10 de 06 de 2017, de Curso de ingeniería sismo-resistente (UPC-USMP-UPAO-UPN): https://www.4shared.com/office/LKEOWqf2ba/UPN_2015.html