



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

“Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil”

TRABAJO DE GRADUACION

Título del proyecto

**DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES PARA LA CORRELACIÓN
ENTRE ENSAYO SPT Y LA CAPACIDAD DE CARGA DE LOS SUELOS
EN EL BARRIO “NUEVO AMANECER”.**

Autor:

JUAN FERNANDO ROMERO HERRERA

Director:

Ing. Alexis Omar Martínez

Riobamba – Ecuador

AÑO

2015

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: Determinación de los coeficientes para la correlación entre Ensayo SPT y la Capacidad de carga de los suelos en el barrio “NUEVO AMANECER” presentado por: Juan Fernando Romero Herrera y dirigida por: Ing. Alexis Omar Martínez.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Alexis Omar Martínez

Presidente del Tribunal
Firma



Ing. Víctor Velásquez

Miembro del Tribunal
Firma



Ing. Armando Granizo

Miembro del Tribunal
Firma



DERECHO DE AUTOR

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente a: Juan Fernando Romero Herrera e Ing. Alexis Martínez; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo”.



Juan Fernando Romero Herrera
C.I. # 060333493-9

DEDICATORIA

Dedicado el presente trabajo de investigación a mi querido hermano Diego que me está mirando desde el cielo, a mis padres hermanos, familiares y amigos por su apoyo incondicional en todo el proceso educativo.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Chimborazo, a través de la Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, a todos los docentes y autoridades de la misma por habernos impartido todos los conocimientos que serán puestos en práctica en el ejercicio profesional

A. Índice General

A. Índice General	v
B. Índice de Tablas.	vi
C. Índice de Figuras.	vii
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	3
CAPÍTULO I	5
1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
1.1. TEORÍA DE LA CAPACIDAD DE CARGA DE TERZAGHI.....	7
1.2. ECUACIÓN GENERAL DE LA CAPACIDAD DE CARGA.....	12
1.3. CAPACIDAD DE CARGAR ADMISIBLE POR ASENTAMIENTO	16
1.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	19
CAPÍTULO II	25
2. METODOLOGÍA.....	25
2.1. Tipo de estudio	25
2.2. Población Muestra	25
2.3. Operacionalización de variables	26
2.4. Procedimientos	27
CAPÍTULO III	47
3. RESULTADOS	47
CAPÍTULO IV	58
4. DISCUSIÓN	58
4.1. Ensayo de penetración estándar.....	58
4.2. Ensayo Compresión triaxial según la norma ASTM -D2850-82	60
4.3. Esfuerzo admisible de los suelos	62
4.4. Ángulo de fricción interna de los suelos	62
CAPÍTULO V	63
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
5.1. Conclusiones.....	63
5.2. Recomendaciones	63
CAPÍTULO VI	64
6. PROPUESTA	64
6.1. Título de la propuesta	64
6.2. Introducción.....	64
6.3. Objetivos.....	65
6.4. Fundamentación Científico –Técnica.....	65
6.5. Descripción de la propuesta.....	66
6.6. Diseño Organizacional.	78
6.7. Monitoreo y Evaluación de la propuesta	79
CAPÍTULO VII	80
7. BIBLIOGRAFÍA	80
CAPÍTULO VIII	81
8. APÉNDICES Y ANEXOS	81

B. Índice de Tablas.

Tabla 1. Factores de capacidad de carga de Terzaghi.....	10
Tabla 2. Factores de capacidad de carga modificados de Terzaghi N'_c, N'_q, N'_γ	11
Tabla 3. Factores de capacidad de carga según Vesic (1963).....	14
Tabla 4. Factores de forma, profundidad e inclinación recomendados.....	15
Tabla 5. Corrección por la longitud de las barras n2.	19
Tabla 6. Corrección por la toma muestras n3.	19
Tabla 7. Corrección por el diámetro de penetración n4.	19
Tabla 8. Las variables, serán calificadas y cuantificadas de acuerdo al siguiente cuadro.....	26
Tabla 9. Valores de K para límite líquido según el número de golpes	42
Tabla 10. Resultados Barrio “Nuevo Amanecer”, Muestra 1	48
Tabla 11. Resultados Barrio “Nuevo Amanecer”, Muestra 2	49
Tabla 12. Resultados Barrio “Nuevo Amanecer”, Muestra 3	50
Tabla 13. Resultados Barrio “Nuevo Amanecer”, Muestra 4	51
Tabla 14. Resultados Barrio “Nuevo Amanecer”, Muestra 5	52
Tabla 15. Resultados Barrio “Nuevo Amanecer”, Muestra 6	53
Tabla 16. Resultados Barrio “Nuevo Amanecer”, Muestra 7	54
Tabla 17. Resultados Barrio “Nuevo Amanecer”, Muestra 8	55
Tabla 18. Resultados Barrio “Nuevo Amanecer”, Muestra 9	56
Tabla 19. Resultados Barrio “Nuevo Amanecer”, Muestra 10	57
Tabla 20. Resumen de resultados ensayo de Penetración Estándar.	59
Tabla 21. Resumen de resultados ensayo Triaxial	61
Tabla 22. Resultados de ángulo de fricción interna, utilizando las correlaciones Clásicas y Propuestas	77

C. Índice de Figuras.

Figura 1. Falla por capacidad de carga en el suelo bajo una cimentación rígida corrida.	8
Figura 2. Muestreador o tubo partido.....	29
Figura 3. Grafica de los Círculos de Mohr.....	37
Figura 4. Aparato de Casa Grande	42
Figura 5. Porcentaje de agua vs número de golpes	43
Figura 6. Determinación Del Limite Plástico	44
Figura 7. Picnómetro.....	46
Figura 8. Molde cónico	46
Figura 9. Esquema de diseño organizacional.....	78

RESUMEN

Esta tesis fue realizada con el fin de tener datos más exactos en el momento de realizar cálculos referentes a la capacidad portante del suelo y su ángulo de fricción específicamente de las arenas cuando tomamos como punto de partida el Ensayo de Penetración Estándar o también llamado S.P.T.

Se realizó la modificación de los factores de las fórmulas para obtener el ángulo de fricción de dos diferentes autores partiendo de un ensayo triaxial.

Para esto se tomaron muestras alteradas del suelo en estudio tanto para la realización del ensayo triaxial como también los respectivos ensayos S.P.T de diferentes puntos del suelo del sector en estudio.

Luego de obtenidos estos resultados se procedió a realizar la respectiva correlación de los mismos encontrado diferencias representativas entre las formulas clásicas y las propuestas en esta tesis.

El cálculo de correlación de las formulas propuestas se las realizo con la ayuda de la herramienta M. Excel.

Encontramos que efectivamente los valores de los factores utilizados en las fórmulas empleadas comúnmente para nuestros cálculos tanto de capacidad admisible de suelos como de ángulo de fricción están alejados de la real capacidad del mismo.

El presente estudio se lo realizo en forma específica, es decir, esta base de datos servirá simplemente como guía de estudio, los profesionales encargados del diseño y la construcción de algún proyecto en estos barrios deberán necesariamente realizar un estudio de suelos en el lugar específico de la edificación y con el método adecuado para el tipo de suelo.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CENTRO DE IDIOMAS



SUMMARY

Lic. Rosita Fernández

11 de Enero de 2016

This thesis was carried out in order to have more accurate data at the time of performing calculations concerning the soil bearing capacity and friction angle of sands specifically when we take it as a starting point the standard penetration test, It's also known as S.P.T.

Modifying formulas factors were performed to obtain friction angle of two different authors using a triaxial test.

For this work, we have taken disturbed soil samples under consideration for both the realization of the triaxial test also tests with the respective SPT soil from different parts of the sector under study.

After we have obtained these results, we so proceeded to perform the respective correlation of them, we found representative differences between classical formulas and proposals in this thesis.

The correlation calculations of the proposed formulas are performed with the help of M. Excel tool.

We found that indeed the values of the factors used in the formulas commonly used for our estimates of both carrying capacity of soils and friction angle are removed from the real capacity.

The present study was made in specific way, that is, the database will serve simply as a study guide, the responsible professionals for the design and construction of any project in these districts must make a previous study of soils in the specific place of building and with the appropriate method for the type of soil.

INTRODUCCIÓN

En todo el mundo se realizan edificaciones de diversos tipos las cuales con el pasar de los años se las va realizando cada vez con mayor minuciosidad en lo que se refiere comodidad y obviamente en lo constructivo. Todas estas edificaciones o estructuras se las realiza sobre la superficie terrestre la misma que dependiendo de su topología o clasificación se realizan las pruebas y cálculos respectivos.

Uno de los principales problemas para el estudio de suelos y más claramente en el cálculo de cimentaciones y muros de contención en suelos arenosos, se han venido realizando a partir de fórmulas foráneas y dentro de ellas coeficientes y constantes que no corresponden de ninguna manera a un tipo de suelo exacto al que existe en nuestro país y en especial nuestra ciudad. Es por ello que la exactitud en los cálculos se ve afectado y como consecuencia las pérdidas económicas ya sea por un sub-dimensionamiento o un sobre-dimensionamiento se hacen presentes, así como la desacreditación de profesionales que dedicados a esta rama de la ingeniería se ven limitados a la utilización de estos enunciados.

Se requiere de datos de factores y coeficientes exactos de suelo de nuestro lugar de estudio, para una mayor efectividad de los cálculos y la reducción de riesgos en estructuras cimentadas en este tipo de suelos en particular.

Este tipo de estudios van a llevar a los profesionales, estudiantes, docentes, a tener un mayor acercamiento a las realidades de lo que es cimentar o trabajar en este tipo de suelo.

Para ello se debe definir los factores para las correlaciones entre el ensayo S.P.T. y la capacidad de carga de los suelos analizados por la teoría de corte superficial del suelo en el barrio “NUEVO AMANECER” de la ciudad de Riobamba.

Los pasos a seguir para definir el proceso son:

Realizar el levantamiento topográfico y planímetro de los barrios en estudio.
Efectuar las perforaciones mediante ensayo de SPT y recolección de las muestras.
Realizar los ensayos de laboratorio de las muestras obtenidas.
Realizar ensayos triaxiales para definir la capacidad de carga del suelo por la teoría de corte.

No existen suficientes datos sobre la caracterización física y mecánica de los suelos del barrio “NUEVO AMANECER”.

El incremento de construcciones, especialmente de viviendas menores a dos plantas sin una planificación ni control de diseños estructurales y su construcción basados en la tipología del suelo.

El proyecto de investigación en este sector se lo realiza por la necesidad de contar con datos confiables y actuales sobre las características físicas, mecánicas y su respectiva zonificación, que servirán para efectuar una planificación y control por parte de los organismos pertinentes, al igual que será de utilidad para los profesionales de la Ingeniería Civil y afines.

CAPÍTULO I

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Una de las estructuras más sensibles a los asentamientos son aquellas compuestas por muros de mampostería portante. Dentro de este grupo, resulta muy interesante analizar las viviendas que construyen el estado o las cooperativas de vivienda para solucionar los problemas de alojamiento de las masas.

En los suelos colapsables, los estados de deformaciones son los que gobiernan el comportamiento de las fundaciones. En general, la rotura global del suelo (formación de los planos de falla) no se alcanza sin antes haber producido daños significativos a las estructuras.

La interacción suelo estructura en la interface suelo-cimiento, es de fundamental importancia en la estimación de los asentamientos. Este aspecto es tomado en cuenta muy pocas veces, sin embargo es bien conocido que la distribución de tensiones no posee una distribución uniforme debajo de una fundación.

Las fallas de fundación pueden provenir por distintas causas:

a.) Falta de exigencia en la exploración geotécnica. Generalmente la omisión no es del Ingeniero de suelos o geotécnico sino del proyectista, al no comprender la relación entre la importancia de la obra y el alcance y forma de la investigación necesaria.

b.) Hechos difícilmente predecibles como: deslizamientos, sismos en zonas de baja o nula sismicidad, etc.

A veces hay hundimientos provocados por la lenta consolidación de todo el entorno de un edificio, como sucede en la ciudad de México.

Otro ejemplo famoso de falla de fundaciones es el de la Torre de Pisa, donde fue construida entre 1174 y 1370, con la construcción hasta el tercer anillo de la torre,

ya se comenzó a inclinar como consecuencias de asentamientos diferenciales del terreno. Se interrumpieron entonces las obras en el tercer piso, lo cual permitió la lenta consolidación de las capas de arcilla bajo el peso de esa primera etapa de construcción.

Cuando se continuó y se terminó la construcción del resto de la torre, se fue inclinando a lo largo del tiempo.

Cuando se habla de cimentaciones se habla también de la parte más importante de una construcción y a la cual no debe ahorrarse ni material ni cuidados, pues a su deficiencia se deben siempre las grietas producidas, al recibir una cimentación una carga superior a su capacidad resistente.

De una fundación correcta depende el éxito de una estructura. La cimentación de un edificio debe cumplir con:

Transmitir al terreno las cargas estáticas

Transmitir las cargas dinámicas

Dimensiones ajustadas a la capacidad de resistencia del suelo en el tiempo.

Que los asentamientos no superen los límites admisibles.

Prevenir los asentamientos por sobre-consolidación.

Prevenir la licuefacción del suelo en casos de sismos.

Trabajar en conjunto, limitando los desplazamientos diferenciales, horizontales y verticales, entre los distintos puntos de cimentación.

Con toda la historia sísmica que tiene el Ecuador, el tema de riesgos de desastres está en una fase inicial. Uno de los factores más vulnerables tiene que ver con la calidad de las estructuras y la capacidad para resistir sismos.

Aunque no hay datos, se estima que entre un 60% y 70% de las viviendas en el país son de carácter informal o antiguas, que son potencialmente vulnerables, afirma Manuel Mera, asesor de la Secretaría Nacional de Riesgos y decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica.

La construcción en el país responde a la realidad económica de la gente, lo que deriva en la autoconstrucción sin los controles; esto pese a que entre 1970 y 1980

ya se comenzó a medir el peligro sísmico y desde el 2002 rige en el país el Código Ecuatoriano de la Construcción, ahora llamado Código de Prácticas Ecuatorianas.

Esa vulnerabilidad se ha hecho más evidente en terremotos como en la Bahía de Caráquez, donde se pusieron a prueba las estructuras modernas. De las 32 edificaciones sujetas a estudios y controles, cuatro fallaron totalmente, mientras el resto de ellas presentaron daños entre un 35% y 40%. “Son muchos daños para un sismo relativamente pequeño”

1.1.TEORÍA DE LA CAPACIDAD DE CARGA DE TERZAGHI

Terzaghi (1943) fue el primero en presentar una teoría completa para evaluar la capacidad de carga última de cimentaciones superficiales. De acuerdo con esta, una cimentación es superficial si la profundidad, D_f (figura 2), de la cimentación es menor o igual que el ancho de la misma. Sin embargo, investigadores posteriores sugieren que cimentaciones con D_f igual a 3 o 4 veces el ancho de la cimentación pueden ser definidas como cimentaciones superficiales.

Terzaghi sugirió que para una cimentación corrida (es decir, cuando la relación ancho entre longitud de la cimentación tiende a cero), la superficie de falla en el suelo bajo carga última puede suponerse similar a la mostrada en la figura 2 (Note que este es el caso para la falla general por corte como define la figura 1a.) El efecto del suelo arriba del fondo de la cimentación puede también suponerse reemplazado por una sobrecarga equivalente efectiva $q = \gamma * D_f$ (donde γ = peso específico del suelo). La zona de falla bajo la cimentación puede separarse en tres partes (véase el gráfico 1.1):

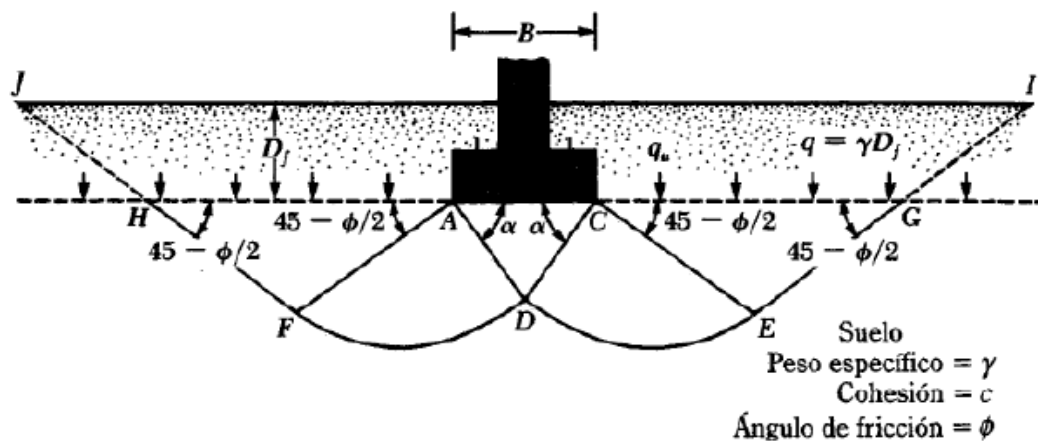


Figura 1. Falla por capacidad de carga en el suelo bajo una cimentación rígida corrida.
Fuente: Braja M. Das, "Principios de Ingeniería en Cimentaciones"

La zona triangular *ACD* inmediatamente abajo de la cimentación

Las zonas de corte radiales *ADF* y *CDE*, con las curvas *DE* y *DF* como arcos de una espiral logarítmica

Dos zonas pasivas de Rankine triangulares *AFH* y *CEG*.

Se supone que los ángulos *CAD* y *ACD* son iguales al Angulo de fricción del suelo, ϕ .

Note que, con el reemplazo del suelo arriba del fondo de la cimentación por una sobrecarga equivalente q , la resistencia de corte del suelo a lo largo de las superficies de falla *GI* y *HJ* fue despreciada.

Usando el análisis de equilibrio, Terzaghi expreso la capacidad de carga ultima en la forma.

$$q_u = c \cdot N_c + q \cdot N_q + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \quad (\text{Ec. 1.1})$$

Dónde:

c = cohesión del suelo

γ = peso específico del suelo

$q = \gamma \cdot D_f$

N_c, N_q, N_γ = factores de capacidad de carga adimensionales que están únicamente en función del ángulo ϕ de fricción del suelo.

Los factores de capacidad de carga, N_c, N_q y N_γ se definen mediante las expresiones:

$$N_c = \cot\phi \left[\frac{e^{2\left(\frac{3\pi-\phi}{2}\right)\tan\phi}}{2\cos^2\left(\frac{\pi+\phi}{2}\right)} - 1 \right] = \cot\phi \quad (\text{Ec. 1.2})$$

$$N_q = \frac{e^{2\left(\frac{3\pi-\phi}{2}\right)\tan\phi}}{2\cos^2\left(\frac{\pi+\phi}{2}\right)} \quad (\text{Ec. 1.3})$$

$$N_\gamma = \frac{1}{2} \left(\frac{K_{py}}{\cos^2\phi} - 1 \right) \tan\phi \quad (\text{Ec. 1.4})$$

Donde

K_{py} = coeficiente de empuje pasivo

Los factores de capacidad de carga definidos por estas ecuaciones se dan en la tabla 1.1 que está a continuación.

Para estimar la capacidad de carga última de cimentaciones cuadradas y circulares, la ecuación de que pueda modificarse a:

$$q_u = 1,3 \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,4 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \quad (\text{Cimentación cuadrada}) \quad (\text{Ec. 1.5})$$

y

$$q_u = 1,3 \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,3 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \quad (\text{Cimentación circular}) \quad (\text{Ec. 1.6})$$

En la ecuación para cimentaciones cuadradas, B es igual a la dimensión de cada lado de la cimentación; en la ecuación para cimentaciones circulares, B es igual al diámetro de la cimentación.

Tabla 1. Factores de capacidad de carga de Terzaghi.

\emptyset	N_c	N_q	N_γ	\emptyset	N_c	N_q	N_γ
0	5.70	1.00	0.00	26	27.09	14.21	9.84
1	6.00	1.10	0.01	27	29.24	15.90	11.60
2	6.30	1.22	0.04	28	31.61	17.81	13.70
3	6.62	1.35	0.06	29	34.24	19.98	16.18
4	6.97	1.49	0.10	30	37.16	22.46	19.13
5	7.34	1.64	0.14	31	40.41	25.28	22.65
6	7.73	1.81	0.20	32	44.04	28.52	26.87
7	8.15	2.00	0.27	33	48.09	32.23	31.94
8	8.60	2.21	0.35	34	52.64	36.50	38.04
9	9.09	2.44	0.44	35	57.75	41.44	45.41
10	9.61	2.69	0.56	36	63.53	47.16	54.36
11	10.16	2.98	0.69	37	70.01	53.80	65.27
12	10.76	3.29	0.85	38	77.50	61.55	78.61
13	11.41	3.63	1.04	39	85.97	70.61	95.03
14	12.11	4.02	1.26	40	95.66	81.27	115.31
15	12.96	4.45	1.52	41	106.81	93.85	140.51
16	13.68	4.92	1.82	42	119.67	108.75	171.99
17	14.60	5.45	2.18	43	134.58	126.50	211.56
18	15.12	6.04	2.59	44	151.95	147.74	261.60
19	16.56	6.70	3.07	45	172.28	173.28	325.34
20	17.69	7.44	3.64	46	196.22	204.19	407.11
21	18.92	8.26	4.31	47	224.55	241.80	512.84
22	20.27	9.19	5.09	48	258.28	287.85	650.67
23	21.75	10.23	6.00	49	298.71	344.63	831.99
24	23.36	11.40	7.08	50	347.50	415.14	1072.80
25	25.13	25.13	12.72	8.34			

Fuente: Kumbhojekar (1993). Braja M. Das, "Principios de Ingeniería en Cimentaciones"

Para cimentaciones que exhiben falla local por corte en suelos, Terzaghi sugirió modificarse a las ecuaciones de q_u .

$$q_u = \frac{2}{3} \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \quad (\text{Cimentación corrida}) \quad (\text{Ec. 1.7})$$

$$q_u = 0,867 \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,4 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \quad (\text{Cimentación cuadrada}) \quad (\text{Ec. 1.8})$$

$$q_u = 0,867 \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,3 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \quad (\text{Cimentación circular}) \quad (\text{Ec. 1.9})$$

N'_c , N'_q y N'_γ son los factores de capacidad de carga modificada. Estos se calculan usando las ecuaciones para el factor de capacidad de carga (para N_c , N_q , y N_γ) reemplazando \emptyset por:

$$\phi' = \tan^{-1} \left(\frac{2}{3} \tan \phi \right) \quad (\text{Ec. 1.10})$$

La variación de N'_c, N'_q, N'_γ con el ángulo ϕ de fricción del suelo, se da en la tabla 2.

Tabla 2. Factores de capacidad de carga modificados de Terzaghi N'_c, N'_q, N'_γ

ϕ	N'_c	N'_q	N'_γ	ϕ	N'_c	N'_q	N'_γ
0	5.70	1.00	0.00	26	15.53	6.05	2.59
1	5.90	1.07	0.005	27	16.30	6.54	2.88
2	6.10	1.14	0.02	28	17.13	7.07	3.29
3	6.30	1.22	0.04	29	18.03	7.66	3.76
4	6.51	1.30	0.055	30	18.99	8.31	4.39
5	6.74	1.39	0.074	31	20.03	9.03	4.83
6	6.97	1.49	0.10	32	21.16	9.82	5.51
7	7.22	1.59	0.128	33	22.39	10.69	6.32
8	7.47	1.70	0.16	34	23.72	11.67	7.22
9	7.74	1.82	0.20	35	25.18	12.75	8.35
10	8.02	1.94	0.24	36	26.77	13.97	9.41
11	8.32	2.08	0.30	37	28.51	15.32	10.90
12	8.63	2.22	0.35	38	30.43	16.85	12.75
13	8.96	2.38	0.42	39	32.53	18.56	14.71
14	9.31	2.55	0.48	40	34.87	20.50	17.22
15	9.67	2.73	0.57	41	37.45	22.70	19.75
16	10.06	2.92	0.67	42	40.33	25.21	22.50
17	10.47	3.13	0.76	43	43.54	28.06	26.25
18	10.90	3.36	0.88	44	47.13	31.34	30.40
19	11.36	3.61	1.03	45	51.17	35.11	36.00
20	11.85	3.88	1.12	46	55.73	39.48	41.70
21	12.37	4.17	1.35	47	60.91	44.45	49.30
22	12.92	4.48	1.55	48	66.80	50.46	59.25
23	13.51	4.82	1.74	49	73.55	57.41	71.45
24	14.14	5.20	1.97	50	81.31	65.60	85.75
25	147.80	5.60	2.25				

Fuente: Braja M. Das, "Principio de Ingeniería en Cimentaciones"

Las ecuaciones de capacidad de carga de Terzaghi se modificaron para tomar en cuenta los efectos de la forma de la cimentación (B/L), profundidad de empotramiento (D_f), e inclinación de la carga. Estas se dan en la ecuación General de la capacidad de Carga. Sin embargo, muchos ingenieros usan todavía la ecuación de la capacidad de carga de Terzaghi que proporciona resultados bastante buenos considerando la incertidumbre de las condiciones del suelo.

1.2.ECUACIÓN GENERAL DE LA CAPACIDAD DE CARGA

Las ecuaciones de la capacidad de carga última presentadas anteriormente, son únicamente para cimentaciones continuas, cuadradas y circulares.

Estas no se aplican al caso de cimentaciones rectangulares $\left(0 < \frac{B}{L} < 1\right)$.

Además, las ecuaciones no toman en cuenta la resistencia cortante a lo largo de la superficie de falla en el suelo arriba del fondo de la cimentación (porción se la superficie de falla marcada como GI y HJ en la figura 2). Además, la carga sobre la cimentación puede estar inclinada. Para tomar en cuenta todos los factores, Meyerhof (1963) sugirió la siguiente forma de la ecuación general de la capacidad de apoyo:

$$q_u = c \cdot N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q \cdot N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \cdot \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i} \quad (\text{Ec. 1.11})$$

Donde

c = cohesión

q = esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación

γ = peso específico del suelo

B = ancho de la cimentación (diámetro para cimentación circular)

$F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$ = factores de forma

$F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$ = factores de profundidad

$F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$ = factores por inclinación de la carga

N_c, N_q, N_γ = factores de capacidad de carga

Los factores de forma, profundidad e inclinación de carga son factores empíricos basados en datos experimentales.

Factores de la capacidad de carga

Con base en estudios de laboratorio y campo sobre capacidad de carga, la naturaleza básica de la superficie de falla en suelos sugerida por Terzaghi parece ahora ser correcta (Vesic, 1973).

Sin embargo, el ángulo α como se muestra en la figura 2 es más cercano a $45 + \frac{\phi}{2}$ que a ϕ .

Si se acepta el cambio, los valores de N_c , N_q , N_γ para un ángulo de fricción del suelo cambiara también respecto a los proporcionados en la tabla 1.

Con $\alpha = 45 + \frac{\phi}{2}$, las relaciones para N_c , N_q pueden obtenerse como

$$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \cdot \tan \phi} \quad (\text{Ec. 1.12})$$

$$N_c = (N_q + 1) \cdot \cot \phi \quad (\text{Ec. 1.13})$$

La ecuación para N_c fue originalmente obtenida por Prandtl (1921), y la relación para N_q fue presentada por Reissner (1924) Caquot y Kerisel (1953) y Vesic (1973) dieron la relación para N_γ como:

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi \quad (\text{Ec. 1.14})$$

La tabla 3 Muestra la variación de los factores de capacidad de carga anteriores con los ángulos de fricción del suelo.

Tabla 3. Factores de capacidad de carga según Vesic (1963).

\emptyset	N_c	N_q	N_γ	N_q/N_c	$\tan\emptyset$	\emptyset	N'_c	N'_q	N'_γ	N_q/N_c	$\tan\emptyset$
0	5.14	1.00	0.00	0.20	0.00	26	22.25	11.85	12.54	0.53	0.49
1	5.38	1.09	0.07	0.20	0.02	27	23.94	13.20	14.47	0.55	0.51
2	5.63	1.20	0.15	0.21	0.03	28	25.80	14.72	16.72	0.57	0.53
3	5.90	1.31	0.24	0.22	0.05	29	27.86	16.44	19.34	0.59	0.55
4	6.19	1.43	0.34	0.23	0.07	30	30.14	18.40	22.40	0.61	0.58
5	6.49	1.57	0.45	0.24	0.09	31	32.67	20.63	25.99	0.63	0.60
6	6.81	1.72	0.57	0.25	0.11	32	35.49	23.18	30.22	0.65	0.62
7	7.16	1.88	0.71	0.26	0.12	33	38.64	26.09	35.19	0.68	0.65
8	7.53	2.06	0.86	0.27	0.14	34	42.16	29.44	41.06	0.70	0.67
9	7.79	2.25	1.03	0.28	0.16	35	46.12	33.30	48.03	0.72	0.70
10	8.35	2.47	1.22	0.30	0.18	36	50.59	37.75	56.31	0.75	0.73
11	8.80	2.71	1.44	0.31	0.19	37	55.63	42.92	66.19	0.77	0.75
12	9.28	2.97	1.69	0.32	0.21	38	61.35	48.93	78.03	0.80	0.78
13	9.81	3.26	1.97	0.33	0.23	39	67.87	55.96	92.25	0.82	0.81
14	10.37	3.59	2.29	0.35	0.25	40	75.31	64.20	109.41	0.85	0.84
15	10.98	3.94	2.65	0.36	0.27	41	83.86	73.90	130.22	0.88	0.87
16	11.63	4.34	3.06	0.37	0.29	42	93.71	85.380	155.55	0.91	0.90
17	12.34	4.77	3.53	0.39	0.31	43	105.11	99.02	186.54	0.94	0.93
18	13.10	5.26	4.07	0.40	0.32	44	118.37	115.37	224.31	0.97	0.97
19	13.93	5.80	4.68	0.42	0.34	45	133.88	134.88	271.76	1.01	1.00
20	14.83	6.40	5.39	0.43	0.36	46	152.10	158.51	330.35	1.04	1.04
21	15.82	7.07	6.20	0.45	0.38	47	173.34	187.21	403.67	1.08	1.07
22	16.88	7.82	7.13	0.46	0.40	48	199.26	222.31	496.01	1.12	1.11
23	18.05	8.66	8.20	0.48	0.42	49	229.93	265.51	613.16	1.15	1.15
24	19.32	9.60	9.44	0.50	0.45	50	266.89	319.07	762.89	1.20	1.19
25	20.72	10.66	10.88	0.51	0.47						

Fuente: Braja M. Das, "Principio de Ingeniería en Cimentaciones"

Factores de forma, profundidad e inclinación

Las relaciones para los factores de forma, profundidad e inclinación recomendadas para usarse se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Factores de forma, profundidad e inclinación recomendados

Factor	Relación	Fuente
Forma ^a	$F_{cs} = 1 + \frac{B}{L} \frac{N_q}{N_c}$ $F_{qs} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) \tan \phi$ $F_{\gamma s} = 1 - 0,4 \frac{B}{L}$ <p>Donde L=longitud de la cimentación (L>B)</p>	De Beer (1970) Hansen (1970)
Profundidad ^b	<p>Condición (a): $\frac{D_f}{B} \leq 1$</p> $F_{cd} = 1 + 0,4 \frac{D_f}{B}$ $F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \text{sen} \phi)^2 \frac{D_f}{B}$ $F_{\gamma d} = 1$ <p>Condición (b): $\frac{D_f}{B} > 1$</p> $F_{cd} = 1 + (0,4) \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)$ $F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \text{sen} \phi)^2 \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)$ $F_{\gamma d} = 1$	Hansen (1970)
Inclinación	$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\beta^\circ}{90^\circ} \right)^2$ $F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\beta}{\phi'} \right)^2$ <p>Donde β= inclinación de la carga sobre la cimentación con respecto a la vertical</p>	Meyerhof (1963); Hanna y Meyerhof (1981)
<p>^a Estos factores de forma son relaciones empíricas basadas en numerosas pruebas de laboratorio</p> <p>^b El factor $\tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)$ está en radianes</p>		

Fuente: Braja M. Das, “Principio de Ingeniería en Cimentaciones”

1.3.CAPACIDAD DE CARGAR ADMISIBLE POR ASENTAMIENTO

Existen muchas clases de métodos para la determinación de la capacidad de carga admisible de los suelos.

El método más utilizado comúnmente en el medio ingenieril y las más sencillas dicho sea de paso es el método “determinación de la carga admisible del suelo en función del N del S.P.T.”

En donde el N no es más que la suma del número de golpes que resultan al hincar la cuchareta S.P.T. en sus últimos 30 centímetros.

El dueño de esta teoría es el Ing. Geotécnico. George Geoffrey Meyerhorf que en 1956 a base de varias experimentaciones, propuso la correlación entre la presión neta admisible de un determinado suelo, en función de la resistencia del ensayo S.P.T. con una corrección antes de su aplicación.

Meyerhorf se plantea un valor determinado para el asentamiento diferencial permitido para determinadas estructuras y este valor es de 2.5 centímetros y propuso la ecuación de capacidad de carga para este asentamiento en particular.

Como acotación e importante reseña se aclara que este método es aplicable solamente para arenas además que este método es un estudio empírico como se dijo en un principio hecho a base de experimentaciones y que el 2.5 cm. que utiliza como asentamiento en una estructura es netamente para este método.

Otra de las instrucciones importantes es que en esta teoría es solamente para los casos en que los asentamientos son inmediatos y más no para los asentamientos por consolidación.

Según la teoría de Meyerhorf se permite un asentamiento de la cimentación máximo estimado de 2,5 cm. y la capacidad neta de carga admisible está dado por la expresión.

Formula 1

$$Q_{neta(adm)} = 11.98 * N_{corr} \quad \text{Cuando } (B < 1.22\text{m}) \quad (\text{Ec. 1.15})$$

Dónde:

$$Q_{neta(adm)} = \text{Presión neta admisible en KN/m}^2$$

N_{corr} = N del S.P.T. corregido.

$$B = \text{Ancho de la zapata de cimentación.} \quad \left(\frac{3.28B+1}{3.28B} \right)^2$$

Formula 2

$$Q_{neta(adm)} = 7.97 * N_{corr} \quad \text{Cuando } (B > 1.22m) \quad (\text{Ec. 1.16})$$

Dónde:

$Q_{neta(adm)}$ = Presión neta admisible en kN/m^2

N_{corr} = N del S.P.T. corregido.

B = Ancho de la zapata de cimentación.

Esta fórmula limita a su aplicación puesto que le están dando una capacidad mucho menor a la que en realidad tiene es por ello que por muchos de sus homólogos tenían el criterio de que esta aplicación tenía una aplicación demasiado conservadora y por tanto poco precisa y sub-dimensionaba los cálculos.

Por esto es que luego de muchos años vendrían algunas correcciones a esta propuesta hecha por Meyerhorf.

La corrección de las propuestas de Meyerhorf (1956) de correlación para la capacidad de carga usando el ensayo de penetración Standard es presentado por Bowles (1977) para una solución permisible de 2,5cm como sigue:

Formula 1

$$Q_{neta(adm)} = 19.16 * \left(\frac{s}{25.4} \right) N_{corr} * f_d \quad \text{Cuando } (B > 1.22m) \quad (\text{Ec. 1.17})$$

Dónde:

F_d = factor de profundidad = $1 + 0,33 (Df / B) \leq 1.33m$

S = asentamiento tolerable

$Q_{neta(adm)}$ = Presión neta admisible en KN/m^2

N_{corr} = N del S.P.T. corregido.

B = Ancho de la zapata de cimentación.

Df = profundidad fundación

$$\left(\frac{3.28B + 1}{3.28B} \right)^2$$

Formula 2

$$Q_{neta(adm)} = 11.98 * N_{corr} \text{ Cuando } (B > 1.22m) \quad (\text{Ec. 1.18})$$

Dónde:

$Q_{neta(adm)}$ = Presión neta admisible en KN/m^2

N_{corr} = N del S.P.T. corregido.

B = Ancho de la zapata de cimentación.

Df = profundidad fundación

Cabe anunciar que en estas correcciones que Bowles incluye dentro de las formulas sus los factores de asentamiento con lo cual nos permite calcular la capacidad de carga del suelo en estudio para un factor determinado.

Como su nombre lo indica en este tipo de teorías se trabaja netamente en el rango elástico entonces se desconoce en su totalidad la capacidad ultima del suelo.

Numero de golpes Normalizado (*N* corregido)

Bowles en sus afinaciones de las propuestas de Meyerhorf también propone la corrección del número de golpes del S.P.T. normalizado N_s o N_{corr} , y dice que se puede calcular al corregir el valor promedio N por efecto de los siguientes factores:

Presión calculada por sobrecarga C_N .

Relación de energía del martillo $n1 = ER/Ers$

Longitud de las barras e perforación $n2$

Toma de muestras $n3$

Diámetro de la perforación $n4$

Es decir:

$$N_{corr} = N C_N n1 n2 n3 n4 \quad (\text{Ec. 1.19})$$

Donde las correcciones de cada factor son:

Tabla 5. Corrección por la longitud de las barras n2.

<i>Longitud de varilla</i>	<i>Factor de corrección (n2)</i>
>10 m	1,0
6 a 10 m	0,95
4 a 6 m	0,85
<4 m	0,75

Fuente: Braja M. Das, "Principio de Ingeniería en Cimentaciones"

Tabla 6. Corrección por la toma muestras n3.

<i>Con revestimiento</i>	
Arena densa, arcilla	1.0
Arena suelta	0.90
Sin revestimiento	
Arena suelta	1.0

Fuente: Braja M. Das, "Principio de Ingeniería en Cimentaciones"

Tabla 7. Corrección por el diámetro de penetración n4.

<i>Diámetro de la perforación</i>	
<i>Longitud de varilla</i>	<i>Factor de corrección (n2)</i>
60–120 mm	1.0
150mm	1.05
200mm	1.15

Fuente: Braja M. Das, "Principio de Ingeniería en Cimentaciones"

1.4.DEFINICIÓN DE TÉRMICOS BÁSICOS

Geotecnia.-

Es la aplicación de principios de ingeniería a la ejecución de obras públicas en función de las características de los materiales de la corteza terrestre.

Caracterización del terreno y detección de posibles anomalías y definición de la tipología de fundamentos.

Geología.-

Es la ciencia que estudia la composición y estructura interna de la tierra, y los procesos por los cuales ha ido evolucionando a lo largo del tiempo geológico.

La Geología comprende un conjunto de “Ciencias Geológicas”. Ofrece testimonios esenciales para comprender la Tectónica de Placas, la historia de la vida a través de la Paleontología, y como fue la evolución de esta, además de los climas del pasado. Juega también un rol importante en la Geotecnia y la Ingeniería Civil.

Suelo.-

Es la cubierta superficial de la mayoría de la superficie continental de la Tierra. Es un agregado de minerales no consolidados y de partículas orgánicas producidas por la acción combinada del viento, el agua y los procesos de desintegración orgánica.

Desde el punto de vista ingenieril se diferencia del término roca al considerarse específicamente bajo este término un sustrato formado por elementos que pueden ser separados sin un aporte significativamente alto de energía.

Se considera el suelo como un sistema multifase formado:

Sólidos, que constituyen el esqueleto de la estructura del suelo.

Fase líquida (generalmente agua).

Fase gaseosa (generalmente aire) que ocupa los intersticios entre los sólidos.

Principales tipos de suelos.-

De acuerdo con el origen de sus elementos, los suelos se dividen en dos grandes amplios grupos: suelo cuyo origen se debe a la descomposición física y/o química de las rocas, o sea los suelos inorgánicos, y suelos cuyo origen es principalmente orgánico.

Si en los suelos inorgánicos el producto del intemperismo de las rocas permanece en el sitio donde se formó, da origen a un suelo residual; en caso contrario forma un suelo transportado.

Rocas.-

La roca es considerada como un agregado natural de partículas minerales unidas mediante grandes fuerzas cohesivas. Y se llama roca a todo material que suponga su alta resistencia.

Obtención de muestras de suelo.-

Para determinar las propiedades del 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. De ahí la imperiosa necesidad de que el muestreo sea efectuado por personal conocedor de su trabajo. Las muestras pueden ser de dos tipos: alteradas o 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 inalterada en caso contrario.

Profundidad de las perforaciones.-

Es imposible establecer un grupo de reglas definitivas para determinar la profundidad que debe llegar las perforaciones. La profundidad hasta la cual debe investigarse un suelo puede estar basada en el tipo de suelo encontrado y en el tamaño y peso de la estructura que se va a construir, considerando que los esfuerzos desarrollados en el suelo dependen de la carga distribuida en todo el área cargada, además de las cargas debajo de las zapatas individuales.

Perfil de suelo.-

Cualquiera que sea el tipo de perforación que se ejecute, a medida que se va profundizando en ella se debe anotar los espesores de los distintos estratos atravesados, indicando cuales son gravas, arenas, limos, arcillas, o mezclas de los mismos: como son los granos de los materiales; donde son de tamaño uniforme o graduado de gruesos o finos; color, olor y aspereza de los granos. Con estos datos y los de las pruebas que a los materiales se los ejecute se hace un perfil de suelos.

Granulometría.-

El conocimiento de la composición granulométrica de un suelo grueso sirve para discernir sobre la influencia que puede tener en la densidad del material compactado. El análisis granulométrico se refiere a la determinación a la cantidad en porcentaje de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo. Para el conocimiento de la composición granulométrica de un determinado suelo existen diferentes procedimientos. Para clasificar por tamaños las partículas gruesas del procedimiento más expedito es el tamizado. Sin embargo, al aumentar la finura de los granos el tamizado se hace cada vez más difícil, teniendo entonces que recurrir a procedimientos por sedimentación. Conocida la composición granulométrica del material, se le representa gráficamente para formar la llamada curva granulométrica del mismo. Como tamaño de las partículas puede considerarse el diámetro de ellas cuando es divisible bajo la acción de una fuerza moderada, como la producida por un mazo de madera golpeando ligeramente.

Caracterizar.-

Se define como determinar los atributos peculiares de alguien o de algo, de modo que claramente se distinga de los demás en este contexto, la caracterización de suelos se entiende como la determinación de propiedades peculiares o particulares de estos materiales.

Caracterización mediante pruebas mecánicas.-

Desde mucho tiempo antes del inicio formal de la mecánica de suelos en la década de 1920, había interés entre los constructores en determinar las características de los suelos (caracterización de suelos), para poder diagnosticar el comportamiento de estos al construir sobre ellos, con ellos o dentro de ellos.

Ingeniería Geotécnica.-

Es la rama de la ingeniería civil que se encarga del estudio de las propiedades mecánicas, hidráulicas e ingenieriles de los materiales provenientes de la tierra. Los ingenieros geotécnicos investigan el suelo y las rocas por debajo de la

superficie para determinar sus propiedades y diseñar las cimentaciones para estructuras tales como: edificios, puentes, centrales hidroeléctricas, etc.

Clasificación de los suelos.-

Dada la gran variedad de suelos que se representan en la naturaleza, la Mecánica de suelos ha desarrollado algunos métodos de clasificación de los mismos. Cada uno de estos métodos tiene, prácticamente su campo de aplicación según la necesidad y uso que las haya fundamentado. y así se tiene la clasificación de los suelos según el tamaño de las partículas, la clasificación de la Asociación Americana de Funcionarios de Caminos Públicos (American Association State Highway Officials), la clasificación de la administración de Aeronáutica Civil (C:A:A), el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S), etc. la existencia de esta variedad de sistemas de clasificación de suelos se debe, posiblemente, al hecho de que tanto el ingeniero civil como el geólogo y el agrónomo analizan al suelo desde diferentes campos de aplicación de la Mecánica de Suelos.

Sistema de clasificación de los suelos (AASHTO)

Está destinada principalmente a clasificar los suelos de acuerdo a su adaptabilidad para ser usados en la construcción de pavimentos en carreteras y caminos. El sistema AASHTO se usa principalmente para clasificación de las capas de carreteras. No se usa en la construcción de cimentaciones.

Este sistema describe un procedimiento para clasificar suelos en siete grupos principales: desde A-1 hasta A-7, basado en el tamaño del grano (granulometría), en la plasticidad (límite líquido e índice de plasticidad). Para evaluación cualitativa de la conveniencia de un suelo como material para subrasante de un camino, se desarrolló también un número denominado índice de grupo (IG).

Sistema unificado de clasificación de los suelos (SUCS)

La forma original del sistema de clasificación de suelos fue desarrollada por Arthur Casagrande en 1942, como una herramienta para ser usada en las construcciones diseñadas por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados

Unidos durante la Segunda Guerra Mundial. En 1952 el Cuerpo de Ingenieros en cooperación con el US: Bureau Reclamation, reviso el sistema creado y es aún en la actualidad, es el más usado por los ingenieros en la clasificación de suelos.

Los suelos se designan por símbolos de grupo. El símbolo de cada grupo consta de un prefijo y un sufijo. Los prefijos son las iniciales de los nombres ingleses de los seis principales tipos de suelos (grava, arena, limo, arcilla, suelos orgánicos de grano fino y turba), mientras que los sufijos indican subdivisiones en dichos grupos.

Ensayo de penetración estándar (SPT)

Se emplea para conocer la resistencia de un terreno y su capacidad de deformarse, conocido también como ensayo dinámico está especialmente indicando para arenas debido a que en suelos arcillosos presentan bastantes dificultades de interpretación, también en suelos que contengan gravas deberá tenerse cuidado con la influencia del tamaño de partículas del suelo. Consiste en determinar el número de golpes necesarios (N) para hincar un muestreador a cierta profundidad en el suelo.

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

En el presente trabajo de investigación los medios a utilizar para la obtención de datos es: documental, de campo y experimental. De acuerdo al nivel de conocimientos es: exploratoria, descriptiva y explicativa. Según el campo de conocimientos en que se realiza es científica. El tipo de razonamiento empleado es el racional. En base al método utilizado es: analítico, deductivo-inductivo y por el número de investigadores es colectiva.

2.1. Tipo de estudio

La presente investigación tiene la finalidad de solucionar un problema permanente que existe en los barrios objeto de estudio, debido a la poca información de las características de los suelos en donde se realizan las distintas obras civiles, para los cual el proyecto se enfoca directamente al método de investigación particular con el método experimental, observación, investigación de campo y exploratoria.

2.2. Población Muestra

Debido a que la población es extensa, se ha tomado como muestra representativa del universo de estudio el barrio “EL DESPERTAR” que abarcan una superficie de 21.43 Has.

Por considerar que la investigación nos arrojará datos generales, estimamos realizar el muestreo mediante perforaciones en una retícula de 250 metros, y de acuerdo a las necesidades en el campo se lo realizará a una distancia menor; la toma de muestras se lo realizará entre 0.50 y 2 metros de altura para tomar las muestra necesarias para la comparación de resultados.

2.3.Operacionalización de variables

Tabla 8. Las variables, serán calificadas y cuantificadas de acuerdo al siguiente cuadro

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADOR	TÉCNICA DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	INDICE	INSTRUMENTO
Características físicas y propiedades mecánicas del suelo de los barrios en investigación.	<p>El suelo es una mezcla de materiales sólidos, líquidos (agua) y gaseosos (aire). La adecuada relación entre estos componentes determina la capacidad de hacer crecer las plantas y la disponibilidad de suficientes nutrientes para ellas.</p> <p>La proporción de los componentes determina una serie de propiedades que se conocen como propiedades físicas o mecánicas del suelo: textura, estructura, consistencia, densidad, aireación, temperatura y color.</p> <p>Para fines prácticos, se considera que en un buen suelo el 50 % corresponde a la fase sólida, del 15 al 35 % a la fase líquida y del 15 al 35 % a la fase gaseosa.</p> <p>Las variaciones de la composición en las fases líquida y gaseosa dependen de la cantidad de agua presente.</p>	Contenido de humedad	% de humedad del suelo	NORMA INEN 862	¿Qué características tiene el suelo de los barrios "Miraflores, Corazón de la Patria y Eucaliptos"	Equipo de laboratorio de suelos
		Gravedad específica del suelo	Densidad del suelo	NORMA ASTM D 854-92		
		Relaciones volumétricas del suelo.	Relación de vacíos, porosidad, grado de saturación	NORMA ASTM D 653-90		
		Granulométrico de los suelos	Clasificación de los suelos	NORMA ASTM C 136		
		Límites de Atterberg de los suelos.	Clasificación de los suelos	NORMA ASTM D 2487-ASTM D 4218		
		Compactación de suelos	Peso volumétrico seco máximo y la humedad óptima.	NORMA ASTM D 698-91		
		Parámetros del Esfuerzo Cortante	Cohesión y ángulo de fricción interna	Ensayo Triaxial ASTM D 2850-82		
		Capacidad portante del suelo	Esfuerzo admisible de diseño	Ensayo de S.P.T. ASTM D 1586-84		Equipo de S.P.T. y equipo de perforación a rotación y percusión.

Elaborado por: Juan Romero.

2.4.Procedimientos

Para la Determinación de los coeficientes para la correlación entre Ensayo SPT y la Capacidad de carga de los suelos del barrio “NUEVO AMANECER “sector denominado “San Martín de Veranillo” de la ciudad de Riobamba, fue necesario seguir y cumplir con lo siguiente:

Se recopiló información existente referente a la topografía y estudios de suelos.

Fue necesario contar con los datos físicos y operacionales de la Red Vial y Catastro de la ciudad de Riobamba, para lo cual se acudió al departamento técnico de: Catastro del Ilustre Municipio de Riobamba y la Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado EMAPAR.

Delimitación del Barrio.

Fue importante realizar una delimitación del barrio el cual fue escenario de estudio.

Socialización en el barrio “NUEVO AMANECER” sector denominado “San Martín de Veranillo”.

Se identificó a los dirigentes barriales y se planificó reuniones para informarles sobre el proyecto de estudio que se tenía planificado ejecutar para la respectiva aprobación del mismo, y a la vez asistió a las reuniones que realizan cada barrio para la respectiva presentación e información del proyecto.

Levantamiento topográfico de los barrios

El levantamiento topográfico consto de dos etapas que son:

- **Trabajos de campo:**

Recopilación de información topográfica del sector de estudio con la estación Total DR Trimble M3.

- **Trabajos de gabinete o de oficina:**

Procesamiento de la información recopilada a través de los programas informáticos para generar lo siguiente:

- Planimetría del sector
- Curvas de Nivel
- Ubicación de los puntos SPT y toma de muestras con barrena.

Sondeos de penetración estándar SPT

De acuerdo a la topografía del lugar se procedió mediante ensayos de SPT y toma de muestras que se lo realizaron en el área de los barrios de estudio.

Perforaciones a rotación y percusión o mediante ensayos de SPT y calicatas en toma de muestras que se lo realizarán en el área del barrio de estudio.

Ensayos de laboratorio de las muestras obtenidas.

En esta fase de la investigación se realizó los distintos ensayos que se requiere para hallar la correlación de los mismos y determinar los factores del suelo, los cuales son:

- Ensayo triaxial
- Porcentaje de humedad
- Peso específico.
- Limite líquido
- Limite plástico

Resumen de las normativas utilizadas en los diferentes ensayos

Determinación de la resistencia del suelo mediante el ensayo de penetración estándar norma INEN 689

Esta norma establece un método de ensayo para determinar indirectamente el grado de resistencia del suelo in situ.

El registro de la resistencia a la penetración permite determinar, en forma aproximada, el grado de compacidad o la consistencia del suelo in situ.

La recuperación de la muestra de suelo, que se inserta en el muestreador proporciona el material necesario para su descripción en el campo y para verificar sus propiedades físico-mecánicas en el laboratorio.

Aparatos

Equipo de perforación.- Puede aceptarse cualquier equipo de perforación e hincado y accesorios que permitan una limpieza adecuada del pozo, de tal manera que no altere el suelo antes de la inserción del muestreador.

Muestreador o tubo partido.- Debe tener las características y dimensiones indicadas en el grafico siguiente.

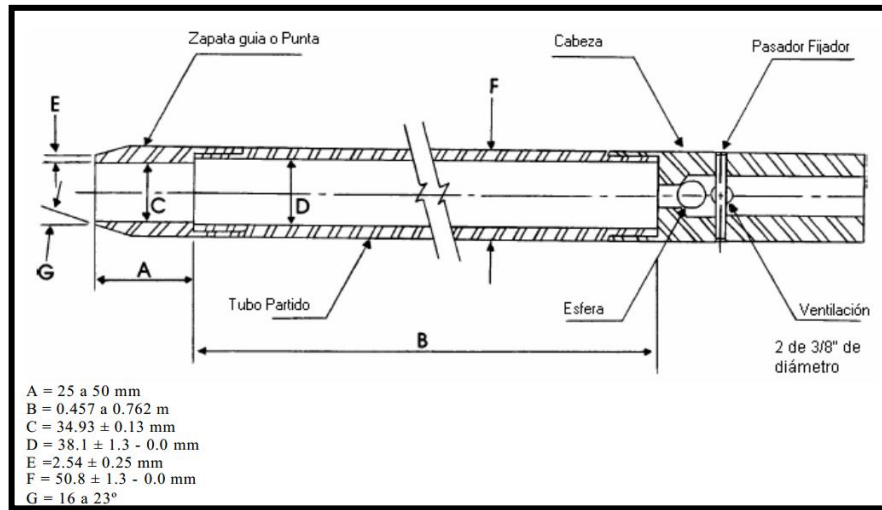


Figura 2. Muestreador o tubo partido
Fuente: ÁVILA, Aníbal. Mecánica de Suelos. Quito Ecuador.

La punta de hincado debe ser de acero duro (acero al cromo tungsteno) y el cabezal de ensamble debe tener dos o cuatro orificios de ventilación.

Dispositivo para aplicación de la carga

Debe tener características tales que la carga pueda aplicarse en forma dinámica, sin que pierda su energía, y estará constituido de:

- Martinete de 65 kg de masa total.
- Barra rígida de acero que sirve de guía en la caída del martinete.
- Vástago ensanchado o cabeza de golpe, constituido de acero duro (acero al cromo tungsteno).
- Dispositivo para accionar el martinete.
- Barras de conexión del diámetro AW o similar. Para profundidades mayores de 15 m, se recomienda de diámetro BW o similar.

Procedimiento del ensayo

Luego de apoyar el muestreador en el fondo del pozo perforado, se procede a hincarlo mediante golpes del martinete lanzado en caída libre desde una altura de 75 ± 5 cm sobre la cabeza de golpe.

Para el izaje del martinete debe usarse cabo de manila o similar y, en caso de ser accionado mecánicamente, el cabo no debe enrollarse más de dos vueltas en el malacate.

Debe cuidarse de que la barra rígida de acero que sirve de guía en la caída del martinete esté completamente vertical, con lo cual se asegura que la energía de los golpes no resulte disminuida por efecto de la fricción del martinete sobre dicha barra.

El muestreador debe penetrar en primer lugar 15 cm, lo cual se considera como un proceso necesario de preparación y ajuste para el ensayo, por lo que, el número de golpes necesarios para este primer tramo de hincado tiene únicamente un valor relativo de orientación.

Se inicia entonces el ensayo contando el número de golpes (N) necesarios para hacer penetrar el muestreador 30 cm (nota 3), lo cual determina la resistencia a la penetración de dicho suelo.

Un método para mantener una caída uniforme consiste en marcar la barra guía a los 70, 75 y 80 cm sobre la parte superior de la cabeza del golpe; de esta forma, el operador podrá levantar el martinete hasta que en su parte inferior aparezcan las marcas de los 70 o 75 cm, pero nunca la marca de los 80 cm.

Es conveniente registrar separadamente durante el hincado el número de golpes necesarios para la penetración de cada 15 cm.

Si al hincar este tramo se sobrepasan los 50 golpes, sin que hubiera penetrado la totalidad de la medida indicada en el numeral d, se debe anotar el número de golpes efectuados y la fracción o longitud de penetración del muestreador.

Luego del hincado y antes de extraer el muestreador a la superficie debe girarse por lo menos dos revoluciones, a fin de cortar la muestra por el fondo, luego de lo cual, se extrae el muestreador a la superficie, se lo abre y se determina la longitud de la muestra recuperada, se retira la muestra de suelo, desechando la parte superior que se considera no representativa.

La muestra se describirá según lo establecido en la Norma INEN 693, luego de lo cual se la debe acondicionar y cerrar herméticamente en un envase apropiado para su envío al laboratorio.

Cuando se utilice el tipo de muestreador mencionado en el numeral 2, una vez obtenida la muestra, se desarma el muestreador y se retira el tubo interior, se lo enrasa, sella y se lo envía al laboratorio.

Para la identificación de las muestras, los recipientes que las contengan deben etiquetarse adecuadamente.

Las etiquetas deben protegerse con un forro plástico y su inscripción debe hacerse con tinta indeleble, y constará de los siguientes datos:

- a) Designación del trabajo.
- b) Número de perforación.
- c) Número de la muestra.
- d) Profundidad o cota de extracción.
- e) Número de golpes (N) y todos los datos adicionales que sea útil para su fácil reconocimiento e identificación.

Cálculos

Determinación del N corregido

Con la expresión de PECK, (1974), de manera que:

$$N_c = N \times \left(0,77 \times \text{Log} \left(\frac{20}{q} \right) \right) \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Dónde:

N_c = Número de golpes corregido

N = Número de golpes en campo

Log = Logaritmo en base 10

q = Sobrecarga en Kg/cm²

q > 0.25 Kg/cm².

Determinación del ángulo de fricción interna

Regresión Logarítmica de las correlaciones propuestas por Osaki, Meyerhof y Schmertmann.

$$\phi = (3,612 \times \ln(N_c)) + 20,58 \quad (\text{Ec 2.2})$$

Dónde:

φ = Ángulo de fricción interna

N_c = Número de golpes corregido

Ln = Logaritmo natural

Determinación de la capacidad portante del suelo

Con la expresión MEYERHOF (1965), modificada por BOWLES (1977) determinaremos la capacidad portante.

MEYERHOF (1965)

$$Q_{neta(adm)} \frac{kN}{m^2} = 19.16 N_{cor} F_d \left(\frac{Se}{25.4} \right) \quad (\text{Para } B \leq 1.22 \text{ m}) \quad (\text{Ec 2.3})$$

BOWLES (1977)

$$Q_{neta(adm)} = 11.98 N_{cor} \left(\frac{3.28B+1}{3.28B} \right) F_d \left(\frac{Se}{25.4} \right) \quad (\text{Para } B > 1.22 \text{ m}) \quad (\text{Ec 2.4})$$

Dónde:

$Q_{neta(adm)}$ = Capacidad portante admisible del suelo

N_{cor} = Número de golpes corregido

$F_d = 1 + 0.33 (D_f/B) \leq 1.33$

B = Ancho de zapata en metros

St = Asentamiento tolerable en mm

Ensayo Compresión triaxial según la norma ASTM -D2850-82

(Compresión no-consolidada no-drenada)

Es un ensayo que nos permite obtener parámetros del suelo y también saber la relación esfuerzo-deformación a través de la determinación del esfuerzo cortante.

Es un ensayo muy complejo pero la información que se obtiene es la más representativa del esfuerzo cortante que sufre una muestra de suelo al ser sometida a cargas.

Es tan compleja que se necesita un sistema especial que contenga una muestra cilíndrica de suelo colocada en el interior de una membrana impermeable de caucho o goma, esta cámara es llenada de agua y sometida a cargas de presión en su interior. Una vez que dicha muestra está en equilibrio y manteniendo sus presiones laterales es sometida a cargas axiales hasta el momento de su falla.

Hay que obtener resultados de 3 ensayos y estos mismos tienen que realizarse con 3 tipos de presiones laterales diferentes para poderlos graficar en círculos de Mohr los cuales representan los esfuerzos de falla de cada muestra y trazando una línea

tangente a estos círculos se obtiene la cohesión (c) y el Angulo de fricción interna del suelo (ϕ).

Como las condiciones de en este caso la arena

Aparatos

Dispositivos de Carga Axial.- Puede aceptarse un dispositivo de carga o compresión hidráulica o neumática, o cualquier otro dispositivo de compresión con la capacidad de proporcionar control, velocidad de carga determinada y precisión según establece la norma.

Este dispositivo deberá tener vibraciones casi nulas según las normativas del ensayo además de que deberá estar calibrado para una medición exacta y detallada.

Dispositivo de Medición de Carga Axial.- El dispositivo de medición de carga axial puede ser un anillo de carga, una celda de carga electrónica o hidráulica, o cualquier otro dispositivo de medición de carga, capaz de producir la precisión señalada en este párrafo y puede ser una parte del dispositivo de carga axial.

Para suelos con un esfuerzo desviador en la falla de menos de 1 ton/pie² (100 KPa), el dispositivo de medición de carga axial deberá ser capaz de medir la carga axial unitaria con una precisión de 0.01 ton/pie² (1KPa); para suelos con un esfuerzo desviador en la falla de 1 ton/pie² o más, el dispositivo de medición de carga axial deberá ser capaz de medir la carga axial con una precisión del 1% de la carga axial en la falla.

Dispositivo de Medición de la Presión de Cámara.- El dispositivo de medición de la presión de cámara deberá ser capaz de aplicar y controlar la presión de cámara dentro de ± 0.01 ton/pie² (1 kPa) para presiones de cámara menores de 2 ton/pie² (200 kPa) y dentro de $\pm 1\%$ para presiones de cámara mayores que 2 ton/pie² (200 kPa).

Cámara de Compresión Triaxial.- Se deberá proveer un aparato en el que la muestra cilíndrica, encerrado por una membrana sellada en la tapa y en la base del espécimen, pueda ser colocado y sujeto a una presión hidrostática constante. El aparato deberá incluir un buje y pistón alineados con los ejes de la muestra, a través de los cuales la carga del dispositivo de carga axial pueda ser transmitida a la muestra, para que la muestra sea comprimida axialmente.

Tapa y Base del Especimen.- Deberán usarse una tapa y base impermeable y rígida para impedir el drenaje de la muestra. La tapa y la base de la muestra deberán ser construidas de un material impermeable anticorrosivo, y cada una

deberá tener una superficie plana circular de contacto con la muestra y una sección transversal circular.

Indicador de Deformación.- El indicador de deformación deberá ser un dial indicador graduado a 0.001 pulg. (0.03 mm.), teniendo un rango de al menos el 20% de la altura inicial del espécimen de prueba.

Membranas de Caucho.- La membrana de caucho utilizada para encerrar la muestra deberá proveer una protección confiable contra las fugas.

Dispositivos de Medición del Tamaño de la muestra.- Los dispositivos usados para medir la altura y el diámetro de la muestra deberán ser capaces de medir con aproximación al 0.01 pulg. (0.3 mm.).

Dispositivo para Pesado.- El dispositivo para pesado deberá ser apropiado para pesar la muestra de suelo. Especímenes de menos de 100 gramos serán pesados con aproximación a 0.01 gramos.

Aparatos Diversos.- un expansor de membrana, aparato de remoldeo, latas de contenido de humedad (agua), y hojas de datos como sean requeridos.

Procedimiento del ensayo

Dentro de una probeta normalizada o molde de compactación Harvard miniatura se deposita cuidadosamente la arena dentro de la membrana, utilizando un compactador, para mantener la forma y densidad de la muestra este relleno compactado se lo debe hacer por capas para una mejor consolidación de la muestra.

Una vez alcanzada la altura de la probeta, se coloca la placa de soporte y transmisión de carga y la placa base superior, enrollando hacia esta última la parte de membrana que queda fuera del molde, sellándola de la misma forma que en la parte inferior.

Con un pequeño nivel, se debe verificar que la placa base superior se encuentre totalmente horizontal.

Se realizan las conexiones de las placas base a la base de la cámara Triaxial y se aplica un vacío de 200 a 250 mm. de mercurio a la muestra.

Se retira el molde expansor o membrana y se examina que la membrana no presente filtraciones de lo contrario tenga que prepararse una nueva muestra.

Se determina 4 medidas de altura de la muestra preparada separadas aproximadamente cada 90° y lecturas de diámetro en la parte superior media e inferior.

Sellamos la cámara o tubo de cristal herméticamente para proceder a llenar la misma con agua fijándonos que no existan fugas y se lleva este a la máquina de compresión triaxial.

Cerramos la válvula de vació dejando la muestra cargada del mismo para que no tenga mayores alteraciones en el momento de cargar el agua y las presiones.

Con el pistón de carga hacemos un ligero contacto con en la parte superior de la muestra de tal manera que no quede ningún espacio entre ellos. Esto se hace para que el momento de dar cargas a la muestra de esfuerzo os datos arrojados sean precisos.

Luego de esto aplicamos la presión de confinamiento (σ_3) predeterminada, por medio del aire comprimido, abriendo luego la válvula de vació y comprobando que no existan filtraciones en la muestra de lo contrario se tendría que realizar el proceso nueva mente desde el principio.

Ante el contacto entre el pistón de cámara y la barra de carga de la maquina al aplicar (σ_3) el lector de carga habrá registrado una medición, por lo que deberá llevarse a cero a la misma.

Ajustamos el valor de la velocidad de carga con la que vamos a trabajar y este tendrá que estar entre 0.5 a 12.5 mm./min.

Procedemos con el ensayo aplicando cargas axiales hasta el momento que la muestra falle.

Sabremos que la muestra ha fallado en los siguientes casos.

- La carga que aplicamos se mantiene fija o constante.
- La carga que aplicamos disminuye.
- La deformación de la muestra sobrepasa el %20 unitaria previamente calculada.

Inmediatamente después de que falle la muestra, apagamos la máquina y descargamos el agua de su interior

Descargamos la muestra y colocamos una nueva para realizar 2 o 3 ensayos adicionales con presión de confinamiento (σ_3) diferente en cada una

Para la identificación de las muestras, los recipientes que las contengan deben etiquetarse adecuadamente.

Las etiquetas deben protegerse con un forro plástico y su inscripción debe hacerse con tinta indeleble, y constará de los siguientes datos:

- a) Designación del trabajo.
- b) Número de perforación.
- c) Número de la muestra.

- d) Profundidad o cota de extracción.
 e) Número de golpes (N) y todos los datos adicionales que sea útil para su fácil reconocimiento e identificación.

Cálculos

Obtenemos la altura inicial de la muestra (L_0) aplicado una media aritmética a las mediciones realizadas.

Calculamos el diámetro (D) de la probeta:

$$D = (d_i + 2 * d_m + d_3) / 4 \text{ (cm.)} \quad (\text{Ec 2.5})$$

Dónde:

d_i = diámetro inferior (cm.)

d_m = diámetro medio (cm.)

d_3 = diámetro superior (cm.)

Calculamos el área (A) y el volumen (V) de la probeta.

$$A = \pi * (D/2)^2 \text{ (cm}^2\text{) y} \quad (\text{Ec 2.6})$$

$$V = A * L_0 \text{ (cm}^3\text{)} \quad (\text{Ec 2.7})$$

Calcular la deformación unitaria (ϵ) para cada aplicación de carga mediante la expresión:

$$\epsilon = \Delta L / L_0 \quad (\text{Ec 2.8})$$

Dónde:

ΔL = variación de la altura de la probeta.

Calcular el área corregida (A_c) para cada aplicación de carga, mediante la expresión:

$$A_c = A / (1 - \epsilon) \text{ (cm}^2\text{)} \quad (\text{Ec 2.9})$$

Calcular el esfuerzo desviador (σ_c) para cada unidad de área mediante la expresión:

$$\sigma_c = P / A_c \text{ (kg / cm}^2\text{)} \quad (\text{Ec 2.10})$$

Dónde:

P = carga aplicada en (kg)

Graficar la deformación unitaria ($\epsilon * 10^{-2}$) contra el esfuerzo desviador para cada presión de confinamiento.

Dibujar los círculos de Mohr para todos los ensayos sobre un mismo gráfico y trazar una tangente o envolvente a estos. Obtener los parámetros ϕ y c del suelo, midiendo la pendiente de la tangente que corresponda al Angulo de fricción interna (ϕ) y el intercepto con la ordenada, que corresponderá a la cohesión.

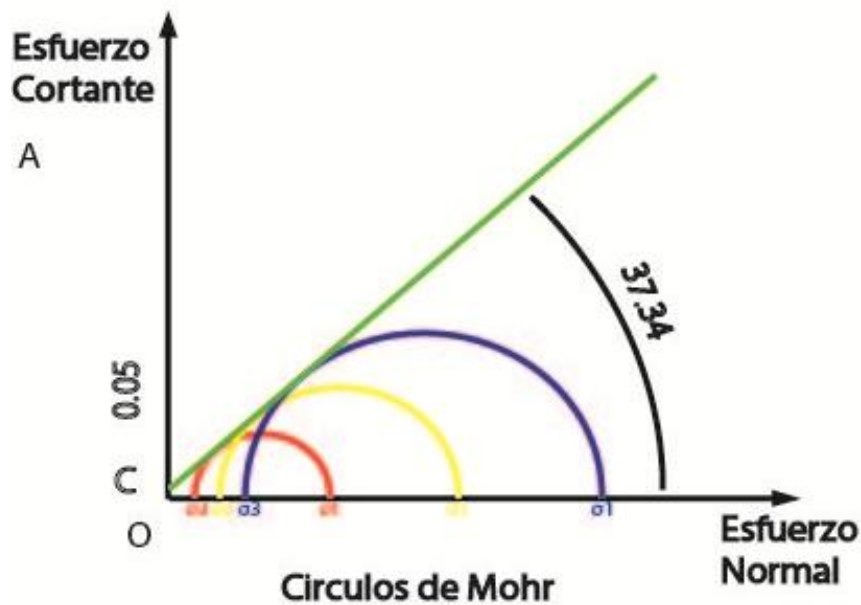


Figura 3. Grafica de los Círculos de Mohr.
Elaborado por: Juan Romero

Contenido de agua de un suelo según la norma INEN 690 **Contenido De Agua**

Esta propiedad física del suelo es de gran utilidad en la construcción civil y se obtiene de una manera sencilla, pues el comportamiento y la resistencia de los suelos en la construcción están regidos, por la cantidad de agua que contienen.

El contenido de humedad de un suelo es la relación del cociente del peso de las partículas sólidas y el peso del agua que guarda, esto se expresa en términos de porcentaje.

En Japón se han registrado contenidos de humedad de más de mil por ciento, esto indica grandes problemas de suelo debido a que el peso del agua supera quince veces el peso del material sólido.

El proceso de la obtención del contenido de humedad de una muestra se hace en laboratorios, el equipo de trabajo consiste en un horno donde la temperatura pueda ser controlable.

Una vez tomada la muestra del sólido en estado natural se introduce al horno. Ahí se calienta el espécimen a una temperatura de más de 100 grados Celsius, para producir la evaporación del agua y su escape a través de ventanillas.

Se debe ser cuidadoso de no sobrepasar el límite, para no correr el riesgo de que el suelo quede cremado con la alteración del cociente de la determinación del contenido de humedad.

El material debe permanecer un periodo de doce horas en el horno, por esta razón se acostumbra a iniciar el calentamiento de la muestra de suelo al final del día, para que así se deshidrate durante toda la noche.

Cumplidas ya las 12 horas de secado de la muestra de tamaño normal se procede a retirar y pesar, para así obtener el peso del suelo seco. El peso del agua será la diferencia entre el peso de la muestra en estado natural y la muestra seca de suelo. Para la ejecución de este ensayo se debe utilizar las siguientes normas: MOP E-120, AASHO T-93.

Fórmula Utilizada.

Fórmula utilizada para el cálculo del porcentaje de humedad contenido de humedad del suelo expresado como porcentaje:

$$\text{Humedad}(\%) = \frac{W_a - W_b}{W_b - W_r} \times 100 \quad (\text{Ec 2.11})$$

Dónde:

W_a = Masa en gramos del suelo seco al aire + recipiente.

W_b = Masa en gramos del suelo seco a 110°C + recipiente.

W_r = Masa en gramos del recipiente.

Relación entre la masa del agua intersticial o de poro y la masa de las partículas sólidas.

Esta propiedad se expresa como una proporción que puede ir de 0 (completamente seca) hasta el valor de la porosidad de los materiales en el punto de saturación.

Esta norma establece el método para determinar en el laboratorio el contenido de agua en los suelos mediante el secado al horno.

Aparatos

Horno de secado.- Horno de secado termostáticamente controlado, de preferencia uno del tipo tiro forzado, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C.

Balanzas.- De capacidad conveniente y con las siguientes aproximaciones: de 0.01 g para muestras de menos de 200 g de 0. 1 g para muestras de más de 200 g

Recipientes.- Recipientes apropiados fabricados de material resistente a la corrosión, y al cambio de peso cuando es sometido a enfriamiento o calentamiento continuo, exposición a materiales de Ph variable, y a limpieza.

Procedimiento del ensayo

Determinar y registrar la masa del recipiente m1 cuidando que este seco y limpio.

Colocar el recipiente la porción representativo del suelo a ensayarse.

Colocar el recipiente con la muestra húmeda en el horno de secado manteniendo una temperatura de 105 ± 5 °C.

Inmediatamente después de sacar del horno el recipiente con la muestra de suelo seca, determinar y registrar su masa si esto no es posible hacerlo inmediatamente, el recipiente debe colocarse en el desecador hasta cuando vaya a registrar su masa.

Cálculos

Se calcula el contenido de humedad de la muestra, mediante la siguiente fórmula:

$$w = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} \times 100 \quad (\text{Ec 2.12})$$

Dónde:

- w** = Contenido de humedad, (%)
- m1** = Masa del recipiente, en gramos
- m2** = Masa del recipiente y suelo húmedo, en gramos
- m3** = Masa del recipiente y suelo seco, en gramos

Límite líquido de los suelos según la norma INEN 691

Esta norma establece el método para determinar el límite líquido de un suelo secado al horno a 60°C secado al aire o en estado natural.

Este método de ensayo consiste en determinar el contenido de agua de un suelo, en el límite entre su comportamiento líquido y plástico, valiéndose de un dispositivo mecánico (Copa de Casagrande) en el que: Con un determinado número de golpes una porción de material partida 2mm., con el ranurador y al girar la manivela del aparato cierra 10mm. En un eje perpendicular a la copa, estableciendo así la fluencia del suelo en condiciones normalizadas.

El límite líquido es una medida de la resistencia al corte del suelo a un determinado contenido de humedad. A medida que el tamaño de los granos o partículas presentes en el suelo disminuyen, el límite aumenta.

Aparatos

Dispositivo mecánico (copa de casa grande).- Consiste en una copa de bronce o de acero resistente a la corrosión, cuya base debe ser de caucho vulcanizado o de madera.

Acanaladores.- debe ser de bronce o de acero resistente a la corrosión calibrado de acuerdo a las dimensiones indicadas.

Plato o fuente de mezclado.- recipiente de tamaño adecuado, apto para el mezclado de la muestra de suelo.

Espátulas.- deben ser de acero inoxidable, de tamaño adecuadas, apropiadas para el mezclado y el cortado de la muestra de suelo.

Disco de evaporación.- pueden utilizarse vidrios de reloj de tamaños adecuados o en su defecto una tela impermeable.

Equipo para determinar el contenido de agua.- como el descrito en la norma 690.

Botella de lavado.- fabricada preferentemente de plástico o un vaso de precipitación que contenga agua destilada.

Recipiente hermético.- deben ser de un material resistente a la corrosión y capaces de mantener alrededor de 200 a 250 gr. de suelo húmedo.

Calibrador.- puede ser metálico o de un material resistente a la corrosión.

Procedimiento de ensayo

Colocar una porción de esta pasta en la copa, sobre la parte que descansa en la base, extendiéndola rápido y cuidadosamente con la espátula, cuidando que no queden atrapadas burbujas de aire.

Nivelar el suelo con la espátula paralelamente a la base de tal manera que tenga una profundidad de 10 mm en la sección de espesor máximo, el suelo sobrante debe regresar al plato fuente de mezclado

Con el acanalador adecuado realizar un canal en la muestra evitando despegarla de la misma y que el acanalador se mantenga normal a la superficie de la copa procurando además repetir el paso del acanalador.

Para evitar la rotura de los lados del canal o el deslizamiento de la muestra en la copa, se permiten hasta 6 recorridos del acanalador, desde atrás hacia adelante o desde adelante hacia atrás: la profundidad del canal se incrementa con cada recorrido y solo el último debe topar el fondo de la copa.

Colocar la copa en su dispositivo mecánico cuidando que la superficie inferior de la copa y la superficie de la base se encuentren libres de suelo o agua girar el manubrio a una velocidad de 2 revoluciones por segundo contar los golpes necesarios para que las dos mitades de la muestra se pongan en contacto en el fondo del canal en una distancia continua de alrededor de 10 mm, por la fluencia del suelo y no por deslizamiento entre el suelo y la copa; medir esta distancia con el extremo del acanalador y anotar el número de golpes necesarios para que esto ocurra.

Si el número de golpes para la primera determinación esta entre 35 y 45 se continua normalmente, si no añadir más agua a secarlo al aire lo que fuera más apropiado y repetir hasta que esta condición se obtenga.

Regresar la muestra de la copa al plato o fuente de mezclado, mezclar completamente, limpiar y sacar la copa y el acanalador y repetir el procedimiento hasta que tres ensayos consecutivos den el mismo resultado.

Del lugar donde se juntan los bordes del canal, tonar con la espátula una porción del suelo de alrededor de 10 gr., colocarla en un recipiente adecuado y determinar el contenido de agua de acuerdo a la norma INEN 690.

Realizar el procedimiento por lo menos cuatro veces usando la misma muestra con nuevos incrementos de agua destilada, los cuales deben hacer de tal manera que el número de golpes se necesario para cerrar el canal varia de 45 a 5 de modo que dos ensayos estén bajo los 25 golpes y dos sobre los 25 golpes mezclando cada incremento de agua por lo menos cada 5 minutos.

Para efectuar los distintos ensayos hacer el amasado de la muestra únicamente mediante el aumento progresivo de agua de tal manera que la muestra de suelo se torne más fluida.

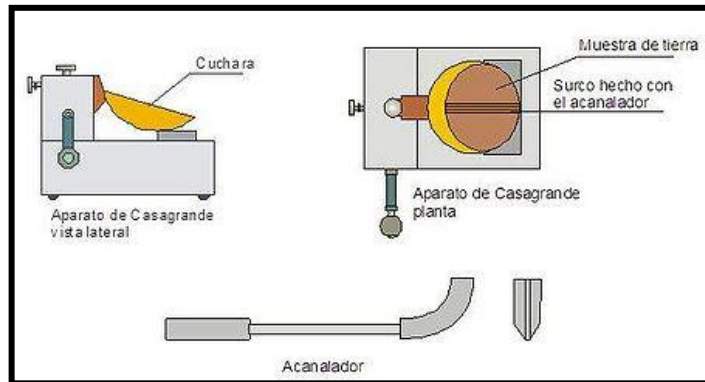


Figura 4. Aparato de Casa Grande
Fuente: Manual del Tecnico. Nelson J. Rodríguez

Cálculos

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo secado en el horno}} \times 100 \quad (\text{Ec 2.13})$$

$$LL = k * w^n \quad (\text{Ec 2.14})$$

Dónde:

N= Número de golpes que causan el cierre de la ranura para el contenido de humedad.

W= Contenido de humedad del suelo, para N golpes.

K= Factor dado en la Tabla N° 3.

Tabla 9. Valores de K para límite líquido según el número de golpes

N (Número de golpes)	K (Factor para límite líquido)
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022

Fuente: Norma ASTM E 11-197

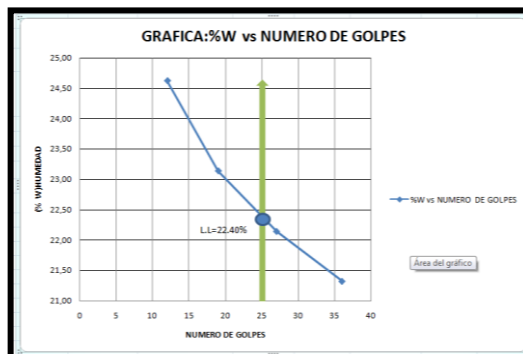


Figura 5. Porcentaje de agua vs número de golpes
Fuente: Norma ASSHTO T89-laboratorios MTOP-Chimborazo

Determinación del límite plástico norma INEN 692

Esta norma establece el método para determinar el límite plástico del suelo.

Este método de ensayo consiste en determinar el contenido de humedad, expresado en porcentaje, cuando las muestras de suelos al ser formados cilindros de 3mm., comienza agrietarse, al rodarlo con la mano sobre una superficie lisa y absorbente.

Aparatos

Plato o fuente de mezclado.- Recipiente de tamaño adecuado, apto para el mezclado de la muestra de suelo.

Espátulas.- Deben ser de acero inoxidable, de tamaño adecuadas, apropiadas para el mezclado y el cortado de la muestra de suelo.

Equipo para determinar el contenido de agua.- Como el descrito en la norma 690.

Placa de rodado.- Puede ser de vidrio, de mármol o de cualquier material que tenga una superficie lisa no absorbente de alrededor de 15 a 20 cm.

Varilla de calibración (opcional).- Debe ser de acero inoxidable de 3mm de diámetro y más o menos de 3 mm. de largo.

Procedimiento de ensayo

Tomar aproximadamente 10g de muestra, moldearla entre los dedos, en una bola luego amasar y rodar la bola entre las palmas de las manos hasta que aparezcan en

su superficie pequeñas fisuras con lo cual se asegura que el suelo tenga un suficiente secado.

Rodar esta bola entre las puntas de los dedos de una mano y la placa de vidrio con una presión suficiente para formar del suelo un rollo de 3 mm de diámetro en 5 a 15 movimientos completos hacia adelante y hacia atrás con la mano a una velocidad de 80 y 90 movimientos por minuto.

Si el rollo se desmenuza antes de alcanzar los 3 mm de diámetro añadir agua destilada a toda la masa del suelo. Volver a mezclar en plano, amasarlo completamente y repetir el proceso.

Si el rollo llega a los 3 mm de diámetro sin presentar fisuras o desmenuzamiento recoger el rollo y moldearlo nuevamente entre los dedos hasta que el rollo de 3mm se corte.

Recoger las porciones desmenuzadas de los rollos de suelo en un recipiente hermético y determinar el contenido de agua.

Dos muestras más serán tratadas como la primera muestra

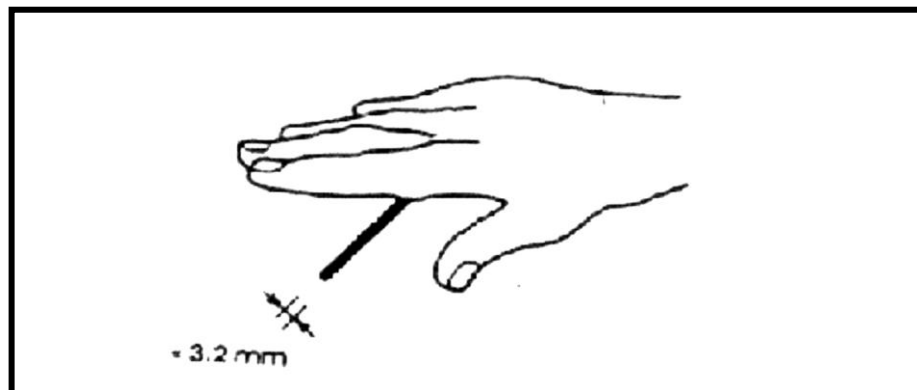


Figura 6. Determinación Del Límite Plástico
Fuente: GEOTECNIA - UNIDAD IV-Ing. M.Sc. Dante Bosch

Cálculos

El límite plástico es el promedio de las humedades de ambas determinaciones. Se expresa como porcentaje de humedad, con aproximación a un entero y se calcula así:

$$\text{Límite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua de suelo}}{P.\text{secado al horno}} \times 100 \quad (\text{Ec 2.15})$$

Se puede definir el índice de plasticidad de un suelo como la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico.

$$IP = LL - LP \quad (\text{Ec 2.16})$$

Dónde:

LL= Límite Líquido

LP= Límite Plástico

IP= Índice de plasticidad

LL y LP= Son números enteros

Cuando el límite líquido o el límite plástico no puedan determinarse, el índice de plasticidad se informará con la abreviatura **NP** (no plástico).

Peso específico norma INEN 856

Para encontrar en el laboratorio los datos del peso específico necesitamos los siguientes instrumentos: Balanza, que tenga una capacidad de 1kg o más, con sensibilidad de 0.01g; un picnómetro de 500cm³ de capacidad; un molde, (cónico); metálico, de 40 + 3mm de diámetro interior superior, 90 + 3mm de diámetro inferior, 75+3mm de altura, siendo el espesor del metal debe ser por lo menos de 0.8mm; una varilla de compactación, que debe ser metálica, recta de sección circular de 16mm de diámetro y de aproximadamente 600mm de longitud, con un extremo redondeado en forma semiesférica.

Procedimiento de ensayo

Pesar aproximadamente 1.000g de árido fino, para luego sobresaturar la muestra del mismo llenando el recipiente con agua durante 24 horas.

Luego de transcurrido este período de tiempo, retirar el agua contenida en el recipiente, con la precaución de evitar la pérdida de finos.

Luego secar la muestra esparciéndola sobre una superficie plana, revolviéndola continuamente para obtener un secado uniforme.

Tomar el molde cónico y asentarlos en una superficie lisa no absorbente, llenarlo en su totalidad con una parte del árido fino parcialmente seco para finalmente apisonar 25 veces con la varilla de compactación.

Levantar el molde en forma lenta y vertical; si la muestra conserva la forma del molde significa que la muestra todavía contiene humedad superficial, con lo que continuamos revolviendo la muestra hasta que el árido se desmorone un poco al retirar el molde, obteniendo así su estado de superficie saturado seco (SSS).

Pesar el picnómetro vacío, para luego tomar una cierta cantidad de la muestra en SSS (300 - 500g aproximadamente) e introducirla inmediatamente en el picnómetro; registrar el peso del picnómetro más árido en SSS.

Llenar con agua el picnómetro hasta un 90% de su capacidad, y enseguida agitar el mismo con movimientos lentos circulares para eliminar las burbujas de aire. Completar el nivel de agua hasta su aforamiento es decir hasta la marca de los 500 cm³; con la ayuda de una pipeta, pesar y registrar el conjunto picnómetro, agua y muestra.

Vaciar el picnómetro, limpiarlo y secarlo cuidadosamente. Posteriormente tabular la masa del picnómetro calibrado (llenarlo hasta la marca de 500 cm³ con agua destilada).

Calcular y tabular Masa del árido en SSS, volumen desalojado y finalmente el peso específico.



Figura 7. Picnómetro
Elaborado por: Juan Romero



Figura 8. Molde cónico
Elaborado por: Juan Romero

Cálculos

Ecuación para determinar el peso específico del agregado.

$$P_{\text{esp}} = \frac{A}{B+A-C} \quad (\text{Ec 2.17})$$

Dónde:

P_{esp} = Peso específico del agregado.

A = Masa de la muestra en estado saturado superficialmente seco.

B = Masa del picnómetro lleno de agua hasta la marca de 500 cm³.

C = Masa del picnómetro con la muestra y lleno de agua hasta la marca de 500.

Procesamiento y análisis

Los datos obtenidos tanto en el campo como en el laboratorio de la caracterización, capacidad portante del suelo mediante las técnicas antes mencionadas, permitirá obtener una representación gráfica y resultados tabulados para una mejor comprensión en programas de computación.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS

Luego de los ensayos preliminares tenemos los siguientes resultados que se verán en las siguientes tablas en lo que se refiere tanto al ensayo Triaxial como también el Ensayo S.P.T.

Estas tablas están etiquetadas con sus respectivos datos e información de campo además que tienen el orden en el que fueron tomados y ensayados.

Tabla 10. Resultados Barrio “Nuevo Amanecer”, Muestra 1

TABLA DE RESULTADOS DEL BARRIO “NUEVO AMANECER”.			
Provincia:	Chimborazo	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNACH	
Ciudad:	Riobamba	FECHA:	mar-15
Barrio:	Nuevo Amanecer	ELABORADO	Juan Romero
N- de perforación:	1		

Tabulación de Datos Ensayo S.P.T.

		Peck		Batanaba y Uchida			
		$\phi = (A) * \ln(Nc) + 20,58$		$\phi = ((B * Nc)^{0,5}) + 20$			
		A=3,612		B=20			
Toma #	Cota(cm)	No Golpes	N	Ncorr	Qneta adm	ϕ CLASICO	ϕ CLASICO
1	15	4					
	30	4					
	45	4	8	11,7230343	248,0675132	29,47113901	35,31210914

Tabulación de Datos Ensayo Triaxial

		0,006894757		0,001							
TOMA	Presión(psi)	Mpa σ_3	Respuesta(KN)	σ_1	Mpa σ_1	Deformación(mm)	Peso	ϕ	PROMEDIO	c	Prom c
1	25	0,172368932	1,8	935,3458547	0,935345855	7,569	342				
	50	0,344737865	3,15	1636,855246	1,636855246	8,996	327	37,2654178		0,05795554	
	75	0,517106797	4,68	2431,899222	2,431899222	13,174	325	40,0645112	38,66496448	0,01088795	0,03442175

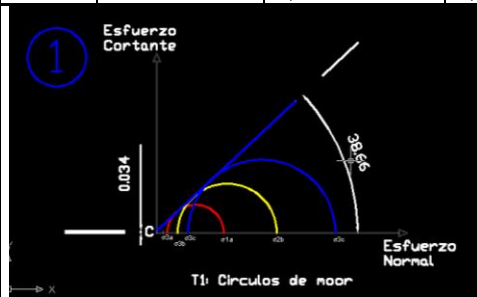


Tabla 11. Resultados Barrio “Nuevo Amanecer”, Muestra 2

TABLA DE RESULTADOS DEL BARRIO “NUEVO AMANECER”.			
Provincia:	Chimborazo	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNACH	
Ciudad:	Riobamba	FECHA:	mar-15
Barrio:	Nuevo Amanecer	ELABORADO	Juan Romero
N- de perforación:	2		

Tabulación de Datos Ensayo S.P.T.

Toma #	Cota(cm)	No Golpes	N	Ncorr	Qneta adm	Peck	Hatanaka y Uchida
						$\phi = (A) \cdot \ln(Nc) + 20,58$	$\phi = ((B \cdot Nc)^{0,5}) + 20$
						A=3,612	B=20
						ϕ CLASICO	ϕ CLASICO
2	15	4					
	30	4					
	45	4	8	11,7230343	248,0675132	29,47113901	35,31210914

Tabulación de Datos Ensayo Triaxial

0,006894757		0,001										
TOMA	Presión(psi)	Mpa σ_3	Respuesta(KN)	σ_1	Mpa σ_1	Deformación(mm)	Peso	ϕ	PROMEDIO	c	Prom c	
2	25	0,172368932	1,79	930,1494889	0,930149489	7,941	328					
	50	0,344737865	3,14	1631,65888	1,63165888	11,113	326	37,2654178		0,05666764		
	75	0,517106797	4,5	2338,364637	2,338364637	4,118	325	37,4334896	37,34945371	0,05389261	0,05528013	

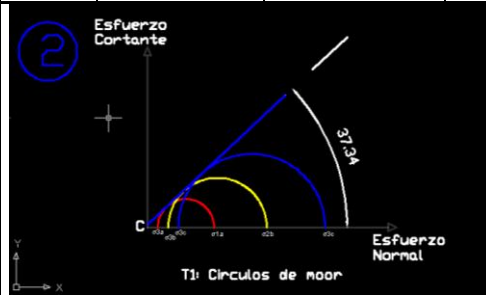


Tabla 12. Resultados Barrio “Nuevo Amanecer”, Muestra 3

TABLA DE RESULTADOS DEL BARRIO “NUEVO AMANECER”.			
Provincia:	Chimborazo	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNACH	
Ciudad:	Riobamba	FECHA:	mar-15
Barrio:	Nuevo Amanecer	ELABORADO	Juan Romero
N- de perforacion:	3		

Tabulación de Datos Ensayo S.P.T.

Toma #	Cota(cm)	No Golpes	N	Ncorr	Qneta adm	Peck	Hatanaka y Uchida
						$\phi = (A) * \ln(Nc) + 20,58$	$\phi = ((B * Nc)^{0,5}) + 20$
						A=3,612	B=20
						ϕ CLASICO	ϕ CLASICO
3	15	3					
	30	4					
	45	4	8	11,7230343	248,0675132	29,47113901	35,31210914

Tabulación de Datos Ensayo Triaxial

TOMA	Presión(psi)	Mpa σ_3	Respuesta(KN)	σ_1	Mpa σ_1	Deformación(mm)	Peso	ϕ	PROMEDIO	c	Prom c
3	25	0,172368932	1,82	945,7385864	0,945738586	4,44	333				
	50	0,344737865	3,11	1616,069782	1,616069782	10,659	339	36,2218076		0,06982812	
	75	0,517106797	4,642	2412,153032	2,412153032	10,301	339	40,0931463	38,15747696	0,00556132	0,03769472

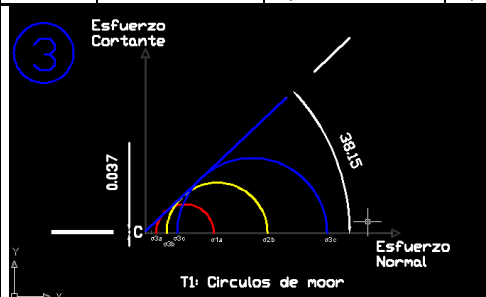


Tabla 13. Resultados Barrio “Nuevo Amanecer”, Muestra 4

TABLA DE RESULTADOS DEL BARRIO “NUEVO AMANECER”.			
Provincia:	Chimborazo	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNACH	
Ciudad:	Riobamba	FECHA:	mar-15
Barrio:	Nuevo Amanecer	ELABORADO	Juan Romero
N- de perforación:	4		

Tabulación de Datos Ensayo S.P.T.

Toma #	Cota(cm)	No Golpes	N	Ncorr	Qneta adm	Peck	Hatanaka y Uchida
						$\phi = (A) * \ln(Nc) + 20,58$	$\phi = ((B * Nc)^{0,5}) + 20$
						A=3,612	B=20
						ϕ CLASICO	ϕ CLASICO
4	15	3					
	30	3					
	45	3	6	8,79227574	186,0506349	28,43203137	35,31737178

Tabulación de Datos Ensayo Triaxial

0,006894757		0,001										
TOMA	Presión(psi)	Mpa σ_3	Respuesta(KN)	σ_1	Mpa σ_1	Deformación(mm)	Peso	ϕ	PROMEDIO	c	Prom c	
4	25	0,172368932	1,8	935,3458547	0,935345855	8,07	321					
	50	0,344737865	3,1	1610,873416	1,610873416	6,006	324	36,4000702		0,06562173		
	75	0,517106797	4,47	2322,775539	2,322775539	9,659	327	37,5999577	37,00001393	0,04602476	0,05582325	

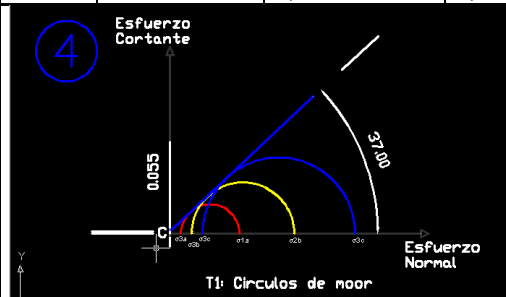


Tabla 14. Resultados Barrio “Nuevo Amanecer”, Muestra 5

TABLA DE RESULTADOS DEL BARRIO “NUEVO AMANECER”.			
Provincia:	Chimborazo	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNACH	
Ciudad:	Riobamba	FECHA:	mar-15
Barrio:	Nuevo Amanecer	ELABORADO	Juan Romero
N- de perforación:	5		

Tabulación de Datos Ensayo S.P.T.

Toma #	Cota(cm)	No Golpes	N	Ncorr	Qneta adm	Peck	Hatanaka y Uchida
						$\phi = (A) * \ln(Nc) + 20,58$	$\phi = ((B * Nc)^{0,5}) + 20$
						A=3,612	B=20
						ϕ CLASICO	ϕ CLASICO
5	15	3					
	30	4					
	45	4	8	11,7230343	248,0675132	29,47113901	35,31210914

Tabulación de Datos Ensayo Triaxial

TOMA	Presión(psi)	Mpa σ_3	Respuesta(KN)	σ_1	Mpa σ_1	Deformación(mm)	Peso	ϕ	PROMEDIO	c	Prom c
5	25	0,172368932	1,81	940,5422206	0,940542221	7,392	329				
	50	0,344737865	3,12	1621,266148	1,621266148	6,99	328	36,5765634		0,06537079	
	75	0,517106797	4,45	2312,382807	2,312382807	14,126	329	36,9243583	36,75046085	0,05968722	0,06252901

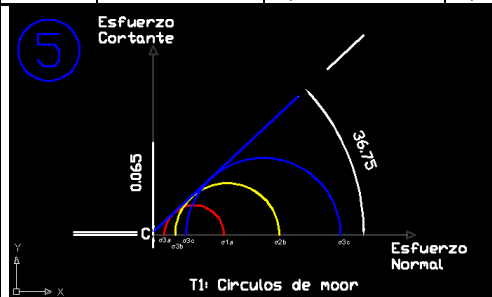


Tabla 15. Resultados Barrio “Nuevo Amanecer”, Muestra 6

TABLA DE RESULTADOS DEL BARRIO “NUEVO AMANECER”.			
Provincia:	Chimborazo	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNACH	
Ciudad:	Riobamba	FECHA:	mar-15
Barrio:	Nuevo Amanecer	ELABORADO	Juan Romero
N- de perforación:	6		

Tabulación de Datos Ensayo S.P.T.

Toma #	Cota(cm)	No Golpes	N	Ncorr	Qneta adm	Peck	Hatanaka y Uchida
						$\phi = (A) * \ln(Nc) + 20,58$	$\phi = ((B * Nc)^{0,5}) + 20$
						A=3,612	B=20
						ϕ CLASICO	ϕ CLASICO
6	15	4					
	30	4					
	45	4	8	11,7230343	248,0675132	29,47113901	35,31210914

Tabulación de Datos Ensayo Triaxial

0,006894757		0,001										
TOMA	Presión(psi)	Mpa σ_3	Respuesta(KN)	σ_1	Mpa σ_1	Deformación(mm)	Peso	ϕ	PROMEDIO	c	Prom c	
6	25	0,172368932	1,79	930,1494889	0,930149489	7,15	334					
	50	0,344737865	3,1	1610,873416	1,610873416	9,07	330	36,5765634		0,06275596		
	75	0,517106797	4,52	2348,757369	2,348757369	10,406	331	38,4091136	37,49283851	0,03264965	0,0477028	

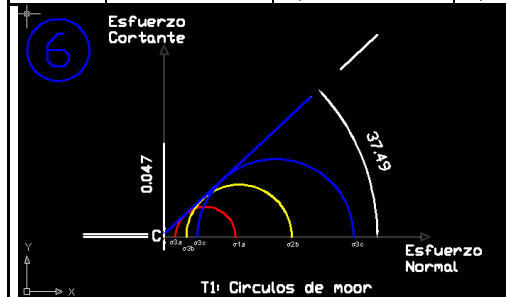


Tabla 16. Resultados Barrio “Nuevo Amanecer”, Muestra 7

TABLA DE RESULTADOS DEL BARRIO “NUEVO AMANECER”.			
Provincia:	Chimborazo	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNACH	
Ciudad:	Riobamba	FECHA:	mar-15
Barrio:	Nuevo Amanecer	ELABORADO	Juan Romero
N- de perforación:	7		

Tabulación de Datos Ensayo S.P.T.

Toma #	Cota(cm)	No Golpes	N	Ncorr	Qneta adm	Peck	Hatanaka y Uchida
						$\phi = (A) \cdot \ln(Nc) + 20,58$	$\phi = ((B \cdot Nc)^{0,5}) + 20$
						A=3,612	B=20
						ϕ CLASICO	ϕ CLASICO
7	15	4					
	30	4					
	45	4	8	11,7230343	248,0675132	29,47113901	35,31210914

Tabulación de Datos Ensayo Triaxial

TOMA	Presión(psi)	Mpa σ_3	Respuesta(KN)	σ_1	Mpa σ_1	Deformación(mm)	Peso	ϕ	PROMEDIO	c	Prom c
7	60	0,413685438	4,01	2083,74271	2,08374271	9,07	331				
	80	0,551580583	5,18	2691,717515	2,691717515	10,406	335	39,0680869		0,06186876	

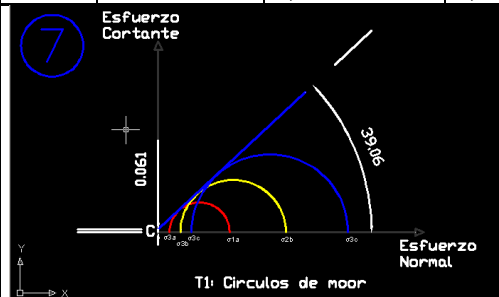


Tabla 17. Resultados Barrio “Nuevo Amanecer”, Muestra 8

TABLA DE RESULTADOS DEL BARRIO “NUEVO AMANECER”.			
Provincia:	Chimborazo	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNACH	
Ciudad:	Riobamba	FECHA:	mar-15
Barrio:	Nuevo Amanecer	ELABORADO	Juan Romero
N- de perforación:	8		

Tabulación de Datos Ensayo S.P.T.

Toma #	Cota(cm)	No Golpes	N	Ncorr	Qneta adm	Peck	Hatanaka y Uchida
						$\phi = (A) * \ln(Nc) + 20,58$	$\phi = ((B * Nc)^{0,5}) + 20$
						A=3,612	B=20
						ϕ CLASICO	ϕ CLASICO
8	15	3					
	30	3					
	45	4	7	10,257655	217,0590741	28,98882362	34,32316657

Tabulación de Datos Ensayo Triaxial

		0,006894757		0,001							
TOMA	Presión(psi)	Mpa σ_3	Respuesta(KN)	σ_1	Mpa σ_1	Deformación(mm)	Peso	ϕ	PROMEDIO	c	Prom c
8	60	0,413685438	4,14	2151,295466	2,151295466	9,07	331				
	80	0,551580583	5,15	2676,128418	2,676128418	10,406	335	35,7222159		0,14782798	

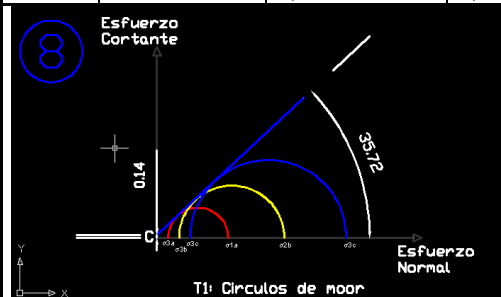


Tabla 18. Resultados Barrio “Nuevo Amanecer”, Muestra 9

TABLA DE RESULTADOS DEL BARRIO “NUEVO AMANECER”.			
Provincia:	Chimborazo	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNACH	
Ciudad:	Riobamba	FECHA:	mar-15
Barrio:	Nuevo Amanecer	ELABORADO	Juan Romero
N- de perforación:	9		

Tabulación de Datos Ensayo S.P.T.

Toma #	Cota(cm)	No Golpes	N	Ncorr	Qneta adm	Peck	Hatanaka y Uchida
						$\phi = (A) * \ln(Nc) + 20,58$	$\phi = ((B * Nc)^{0,5}) + 20$
						A=3,612	B=20
						ϕ CLASICO	ϕ CLASICO
9	15	3					
	30	4					
	45	4	8	11,7230343	248,0675132	29,47113901	35,31210914

Tabulación de Datos Ensayo Triaxial

0,006894757		0,001										
TOMA	Presión(psi)	Mpa σ_3	Respuesta(KN)	σ_1	Mpa σ_1	Deformación(mm)	Peso	ϕ	PROMEDIO	c	Prom c	
9	60	0,413685438	4,21	2187,670027	2,187670027	9,07	331					
	80	0,551580583	5,17	2686,521149	2,686521149	10,406	335	34,5326438		0,18168136		

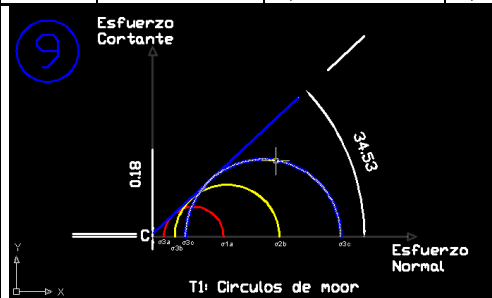


Tabla 19. Resultados Barrio “Nuevo Amanecer”, Muestra 10

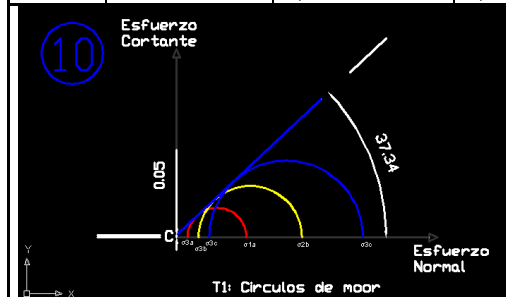
TABLA DE RESULTADOS DEL BARRIO “NUEVO AMANECER”.			
Provincia:	Chimborazo	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNACH	
Ciudad:	Riobamba	FECHA:	mar-15
Barrio:	Nuevo Amanecer	ELABORADO	Juan Romero
N- de perforación:	10		

Tabulación de Datos Ensayo S.P.T.

Toma #	Cota(cm)	No Golpes	N	Ncorr	Qneta adm	Peck	Hatanaka y Uchida
						$\phi = (A) \cdot \ln(Nc) + 20,58$	$\phi = ((B \cdot Nc)^{0,5}) + 20$
						A=3,612	B=20
						ϕ CLASICO	ϕ CLASICO
10	15	4					
	30	4					
	45	4	8	11,7230343	248,0675132	29,47113901	35,31210914

Tabulación de Datos Ensayo Triaxial

TOMA	Presión(psi)	Mpa σ_3	Respuesta(KN)	σ_1	Mpa σ_1	Deformación(mm)	Peso	ϕ	PROMEDIO	c	Prom c
		0,006894757			0,001						
10	25	0,172368932	1,79	930,1494889	0,930149489	7,941	328				
	50	0,344737865	3,14	1631,65888	1,63165888	11,113	326	37,2654178		0,05666764	
	75	0,517106797	4,5	2338,364637	2,338364637	4,118	325	37,4334896	37,34945371	0,05389261	0,05528013



CAPITULO IV

4. DISCUSIÓN

4.1. Ensayo de penetración estándar

El ensayo de SPT se encuentra estandarizado con la norma INEN 689.

Este es un método muy usado en la exploración de suelos (también muy económico), que permite determinar las características, espesor y estratificación de los materiales que se encuentran en el suelo, así como también permite conocer la resistencia a la penetración en función del número de golpes (N) de los diferentes estratos que conforman el subsuelo a diversas profundidades.

Este tipo de ensayo generalmente está indicado para arenas, en cambio, para suelos arcillosos presenta bastantes dificultades de interpretación. También, en suelos que contengan gravas debe tener cuidado con la influencia que genere el tamaño de partículas del suelo.

Tabla 20. Resumen de resultados ensayo de Penetración Estándar.

TABLA DE RESULTADOS DEL BARRIO "NUEVO AMANECER".							
Provincia:	Chimborazo			LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNAC			
Ciudad:	Riobamba			FECHA:	ene-15		
Barrio:	Nuevo Amanecer			ELABORADO	Juan Romero		
N- de perforacion:	u						
Tabulación de Datos Ensayo S.P.T.							
						Regresión logarítmica Ec (2.1) $\sigma = (A) \cdot \ln(Nc) + 20,58$ A=3,612	Hatanaka y Uchida $\sigma = ((B \cdot Nc)^{0,5}) + 20$ B=20
Toma #	Cota(cm)	No Golpes	N	Ncorr	Qneta adm	σ CLASICO	σ CLASICO
1	15	4					
	30	4					
	45	4	8	11.7230343	248.0675132	29.47113901	35.31210914
	cota(cm)	No Golpes					
2	15	4					
	30	4					
	45	4	8	11.7230343	248.0675132	29.47113901	35.31210914
	cota(cm)	No Golpes					
3	15	3					
	30	4					
	45	4	8	11.7230343	248.0675132	29.47113901	35.31210914
	cota(cm)	No Golpes					
4	15	3					
	30	3					
	45	3	6	8.79227574	186.0506349	28.43203137	33.2606755
	cota(cm)	No Golpes					
5	15	3					
	30	4					
	45	4	8	11.7230343	248.0675132	29.47113901	35.31210914
	cota(cm)	No Golpes					
6	15	4					
	30	4					
	45	4	8	11.7230343	248.0675132	29.47113901	35.31210914
	cota(cm)	No Golpes					
7	15	4					
	30	4					
	45	4	8	11.7230343	248.0675132	29.47113901	35.31210914
	cota(cm)	No Golpes					
8	15	3					
	30	3					
	45	4	7	10.257655	217.0590741	28.98882362	34.32316657
	cota(cm)	No Golpes					
9	15	3					
	30	4					
	45	4	8	11.7230343	248.0675132	29.47113901	35.31210914
	cota(cm)	No Golpes					
10	15	4					
	30	4					
	45	4	8	11.7230343	248.0675132	29.47113901	35.31210914

Elaborado por: Juan Romero

De la Tabla 20 obtenemos los siguientes datos.

Para obtener el N corregido recordamos que se utiliza la expresión de PECK, (1974) mencionada en el capítulo II (Ec 2.1).

Además para determinar el valor del ángulo y valiéndonos de la ecuación de Regresión Logarítmica de las correlaciones propuestas por Osaki, Meyerhof y Schmertmann. mencionada en el capítulo II (Ec 2.2).

Angulo de fricción Interna promedio del suelo:

$$\phi=29.31$$

Angulo de fricción Interna máxima del suelo:

$$\phi=29.47$$

Angulo de fricción Interna mínima del suelo:

$$\phi=28.98$$

4.2. Ensayo Compresión triaxial según la norma ASTM -D2850-82

(Compresión no-consolidada no-drenada)

Es un ensayo que nos permite obtener parámetros del suelo y también saber la relación esfuerzo-deformación a través de la determinación del esfuerzo cortante.

Es un ensayo muy complejo pero la información que se obtiene es la más representativa del esfuerzo cortante que sufre una masa del suelo al ser sometida a cargas.

Tabla 21. Resumen de resultados ensayo Triaxial

Tabulación de Datos Ensayo Triaxial						
		0.006894757			0.001	
TOMA	Presión(psi)	Mpa σ_3	Respuesta(KN)	σ_1	Mpa σ_1	ϕ
1	25	0.172368932	1.8	935.3458547	0.935345855	37.26541781
	50	0.344737865	3.15	1636.855246	1.636855246	40.06451116
	75	0.517106797	4.68	2431.899222	2.431899222	
2	25	0.172368932	1.79	930.1494889	0.930149489	37.26541781
	50	0.344737865	3.14	1631.65888	1.63165888	37.43348961
	75	0.517106797	4.5	2338.364637	2.338364637	
3	25	0.172368932	1.82	945.7385864	0.945738586	36.22180762
	50	0.344737865	3.11	1616.069782	1.616069782	40.09314631
	75	0.517106797	4.642	2412.153032	2.412153032	
4	25	0.172368932	1.8	935.3458547	0.935345855	36.40007018
	50	0.344737865	3.1	1610.873416	1.610873416	37.59995769
	75	0.517106797	4.47	2322.775539	2.322775539	
5	25	0.172368932	1.81	940.5422206	0.940542221	36.57656344
	50	0.344737865	3.12	1621.266148	1.621266148	36.92435825
	75	0.517106797	4.45	2312.382807	2.312382807	
6	25	0.172368932	1.79	930.1494889	0.930149489	36.57656344
	50	0.344737865	3.1	1610.873416	1.610873416	38.40911357
	75	0.517106797	4.52	2348.757369	2.348757369	
7	40	0.275790292	3.1	1610.873416	1.610873416	33.26078518
	60	0.413685438	4.01	2083.74271	2.08374271	39.06808694
	80	0.551580583	5.18	2691.717515	2.691717515	
8	40	0.275790292	3.1	1610.873416	1.610873416	36.40007018
	60	0.413685438	4.14	2151.295466	2.151295466	35.72221588
	80	0.551580583	5.15	2676.128418	2.676128418	
9	40	0.275790292	3.1	1610.873416	1.610873416	37.88749408
	60	0.413685438	4.21	2187.670027	2.187670027	34.53264382
	80	0.551580583	5.17	2686.521149	2.686521149	
10	40	0.275790292	3.05	1584.891587	1.584891587	38.87690792
	60	0.413685438	4.21	2187.670027	2.187670027	34.53264382
	80	0.551580583	5.17	2686.521149	2.686521149	

Elaborado por: Juan Romero

De la Tabla 21 obtenemos los siguientes datos.

Adema para determinar para la obtención del ángulo y valiéndonos de la las gráficas de los círculos de Mohr mencionada en el capítulo II el cual señala que trazar una tangente a las gráficas y el ángulo de esta línea nos dará el ángulo de fricción interna.

Angulo de fricción Interna promedio del suelo:

$$\phi=37.34$$

Angulo de fricción Interna mínima del suelo:

$$\phi=34.53$$

Angulo de fricción Interna máxima del suelo:

$$\phi=39.068$$

4.3.Esfuerzo admisible de los suelos

Esfuerzo Permisible Transmitido se obtiene empíricamente al observar que la presión máxima no causa daño estructural en diferentes condiciones de suelos. Esto no significa que ocurrirán asentamientos. Esta presión admisible es válida para tamaños de cimentación y tipos de estructuras para las cuales las reglas prácticas se han establecido. Los valores son conservadores y es difícil averiguar en qué datos han sido basados. Las fallas registradas se atribuyen a mala clasificación de suelos, en vez de mala regla empírica. En muchos casos se verifica con ensayos de carga, que pueden no ser significativos.

Si se considera la teoría de corte para determinar esfuerzos admisibles de los suelos los resultados obtenidos entre el ensayo S.P.T. y el ensayo Triaxial serán diferentes debido a que el ángulo de fricción interna tiene una variación considerable en los dos ensayos.

4.4.Ángulo de fricción interna de los suelos

El procedimiento para la obtención del ángulo de fricción interna nombrado en este estudio se obtiene de dos métodos, el primer, ha sido el propuesto para la relación N golpes del ensayo (SPT) / ángulo de rozamiento a través de la ecuación enunciada Con la expresión de PECK, (1974), de manera que se sitúa por el lado de la seguridad y se adapta mejor a suelos de carácter arenoso. De la misma forma mediante la obtención de las envolventes de falla que nos proporciona el ensayo triaxial se traza una línea tangente a las tres respuestas del suelo y como resultado de la misma tenemos como resultado un ángulo el cual corresponde al ángulo de fricción interna.

Conociendo el ángulo de fricción interna promedio y el N corregido promedio del ensayo S.P.T. se relacionan estas fórmulas para encontrar los coeficientes corregidos.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.Conclusiones.

- Se concluye que efectivamente los valores de los factores utilizados en las fórmulas empleadas comúnmente para nuestros cálculos tanto de capacidad admisible de suelos como de ángulo de fricción están alejados de la real capacidad del mismo.
- La cohesión se acerca a cero en todos los ensayos efectuados dando por sentado que el suelo tratado es una arena.
- Es lógico que las características de los suelos varíen de un sector a otro, y aún más si la diferencia es entre continentes y regiones
- En nuestro caso que utilizamos formulas ajustadas a suelos de otros países estaríamos sub-dimensionando la capacidad portante del suelo y por tanto sobre dimensionando nuestras cimentaciones, o siendo demasiado conservadores en los valores calculados.

5.2.Recomendaciones

- Continuar con los estudios referentes a las capacidades y propiedades físicas de los suelos de nuestra región ya que las fórmulas utilizadas en nuestros análisis no reflejan la realidad mecánica de los mismos.
- Realizar un estudio regional y realizar un Mapa geotécnico de nuestra provincia para una correcta utilización de los conceptos a estudiarse.
- Exigir la presentación del respectivo estudio de suelos para la construcción de edificaciones en los barrios urbano-marginales de la ciudad de

Riobamba, por parte de las autoridades relacionadas al control de edificaciones para evitar posible asentamiento en las edificaciones.

- Este estudio se lo realizo en forma específica, es decir, esta base de datos servirá simplemente como guía de estudio, los profesionales encargados del diseño y la construcción de algún proyecto en estos barrios deberán necesariamente realizar un estudio de suelos en el lugar específico de la edificación y con el método adecuado para el tipo de suelo.
- Actualizar continuamente los conocimientos referentes al tema de suelos para un trabajo de cálculo y diseño más preciso.
- El ensayo S.P.T. se lo debe realizar un número mayor de veces en el caso de que los valores varíen notoriamente para tener valores más acertados en el punto de muestreo.
- Ampliar el estudio a nivel del cantón y la provincia para poder generalizar de mejor manera las modificaciones propuestas.

CAPITULO VI

6. PROPUESTA

6.1. Título de la propuesta

“Modificación de los factores de correlación del N del SPT, para obtener el ángulo de fricción interna a partir del ensayo triaxial para aplicarlo en la teoría de Terzaghi”

6.2. Introducción

Las modificaciones a los factores de correlación nos servirán para tener valores más acertados para el cálculo de la capacidad portante del suelo en beneficio de estudiantes, ingenieros calculistas, docentes y usuarios evitando el sobre-dimensionamiento en el caso de estructuras de cimentación y reduciendo o abaratando costos en este tipo de estructuras para este sector de la ciudad en particular. Este tipo de análisis, estudios y modificaciones resultan de gran importancia para tomar en cuenta que en diferentes sectores de la ciudad no se va a encontrar suelos con características idénticas al de nuestro estudio y que previo a un cálculo con fórmulas establecidas se deben realizar sus respectivos estudios para poder determinar las verdaderas capacidades físicas de los suelos especialmente en arenas que es el caso de nuestro estudio.

6.3.Objetivos

6.3.1. Generales

Proponer las correlaciones que se ajusten a las fórmulas para el cálculo de capacidad portante del suelo del barrio “NUEVO AMANECER” y que en lo posterior se tome como referencia estos cálculos para suelos con características similares.

6.3.2. Específicos

Modificar las formulas planteadas por estudios realizados en suelos de otros países y adaptarlas al de nuestras sectores, por medio de la comparación de resultados de ensayos realizados.

Actualizar conocimientos, para que los docentes cambien los criterios impartidos en clase para una mejor enseñanza de la teoría.

Ampliar los estudios a diferentes sectores de la ciudad con suelos de similares características, utilizando ensayos adecuados, para una mejor planificación de las construcciones.

6.4.Fundamentación Científico –Técnica

Los suelos cambian mucho de un lugar a otro, la composición química y la estructura física del suelo en un lugar dado, están determinadas por el tipo de material geotécnico del que se origina, por la cubierta vegetal, por la cantidad de tiempo en que ha actuado la meteorización, por la topografía y por los cambios artificiales resultantes de las actividades humanas.

Las variaciones del suelo en la naturaleza son graduales, excepto de las derivadas de desastres naturales.

El conocimiento básico de la textura del suelo es importante para los ingenieros civiles que construyen edificios, carreteras y otras estructuras sobre y bajo la superficie terrestre.

La interacción suelo estructura en la interfase suelo-cimiento, es de fundamental importancia en la estimación de los asentamientos. Este aspecto es muy pocas veces tenido en cuenta, sin embargo es bien conocido que la distribución de tensiones no posee una distribución uniforme debajo de una fundación.

Características de los suelos

Un suelo se deforma al recibir cargas a través de una fundación continua o aislada. El diseñar una fundación adecuada consiste en limitar las posibles deformaciones a valores que no produzcan efectos perjudiciales a la vivienda, evitando asentamiento total y/o asentamiento diferenciales.

La desintegración de las rocas produce fragmentos que son arrastrados por los torrentes de los ríos y dan origen a los bolones, gravas, gravillas y otros. Así es como otros materiales granulares forman el subsuelo, se vuelven a compactar o unir entre sí a lo largo del tiempo, a veces por simple compresión o ser aglomerados o ligados por cementos naturales de variada naturaleza, formando un producto de distinta consistencia.

6.5.Descripción de la propuesta

La propuesta consiste en realizar modificaciones en las formulas establecidas para cálculo de capacidad portante y ángulo de fricción interna del suelo de una manera tal que se ajuste a las propiedades específicas de un suelo en particular que es el suelo del barrio “NUEVO AMANECER” mediante una correlación entre los ensayos S.P.T. y ensayo triaxial.

Tomando como referencia principal el ángulo de fricción interna del suelo obtenido del ensayo triaxial.

Realizamos las correcciones para que la fórmula utilizada en el ensayo S.P.T. se ajuste a las propiedades de nuestro tipo de suelo.

Esto quiere decir que mediante cálculos matemáticos replanteamos los factores de la formula en este caso del ángulo de fricción interna para las propiedades propias del suelo en estudio.

Explicado de otra forma seria que.

Tomamos la formula expuesta ya en el capítulo II (Ec 2.2).

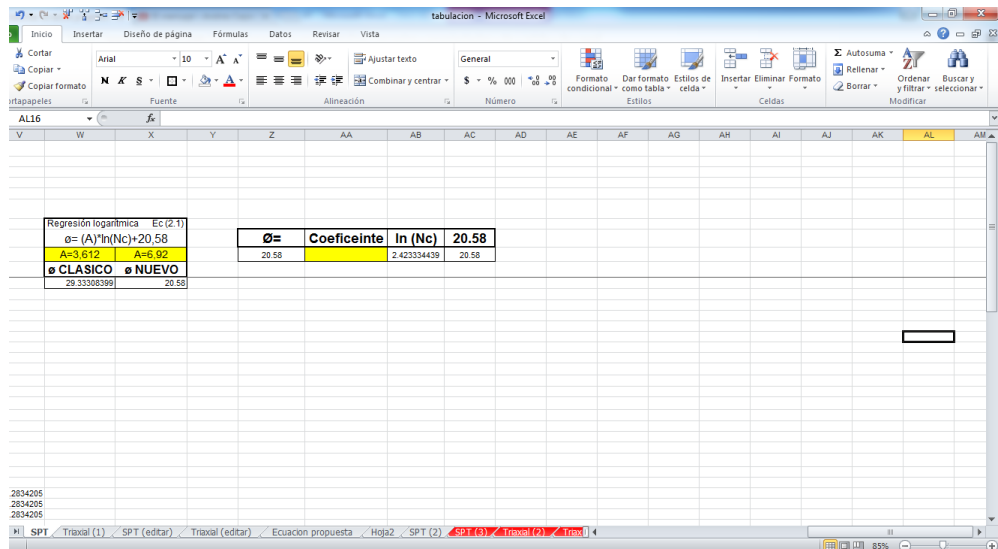
$$\phi = (3,612 \times \ln(Nc)) + 20,58$$

Los cálculos se los desarrolla en El Programa Microf Excel de la siguiente manera:

1. Tomamos nuestra ecuación (Ec 2.2) que dice:

$$\emptyset = (3,612 \times \ln(Nc)) + 20,58$$

Grafica 9. Método solver.

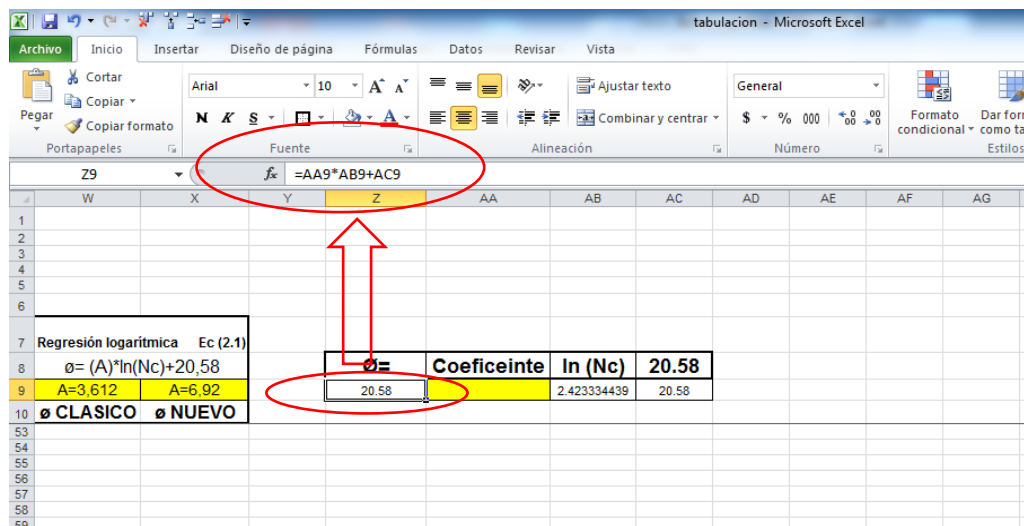


Autor: Juan Romero

Fuente: Microsoft Excel – Captura de pantalla.

2. Programamos la misma en una celda en nuestra hoja de cálculo de la forma como se indica en el grafico siguiente.

Grafica 10. Método solver.

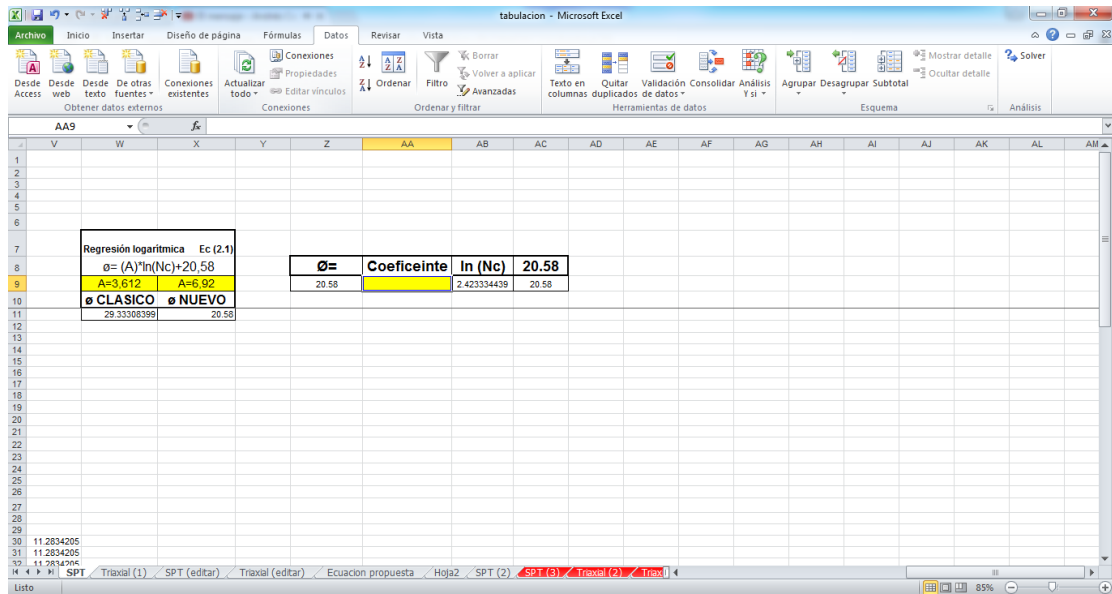


Autor: Juan Romero

Fuente: Microsoft Excel – Captura de pantalla.

3. No ubicamos con el cursor sobre nuestra celda denominada coeficiente.

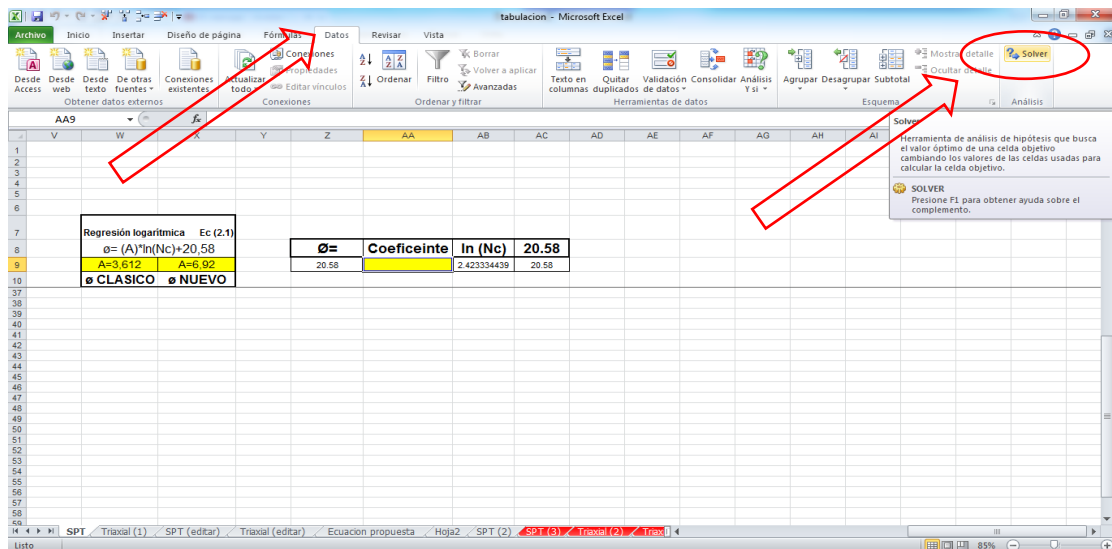
Gráfica 11. Método solver.



Autor: Juan Romero
Fuente: Microsoft Excel – Captura de pantalla.

4. Luego nos dirigimos a la pestaña DATOS para luego ingresar a la selección SOLVER.

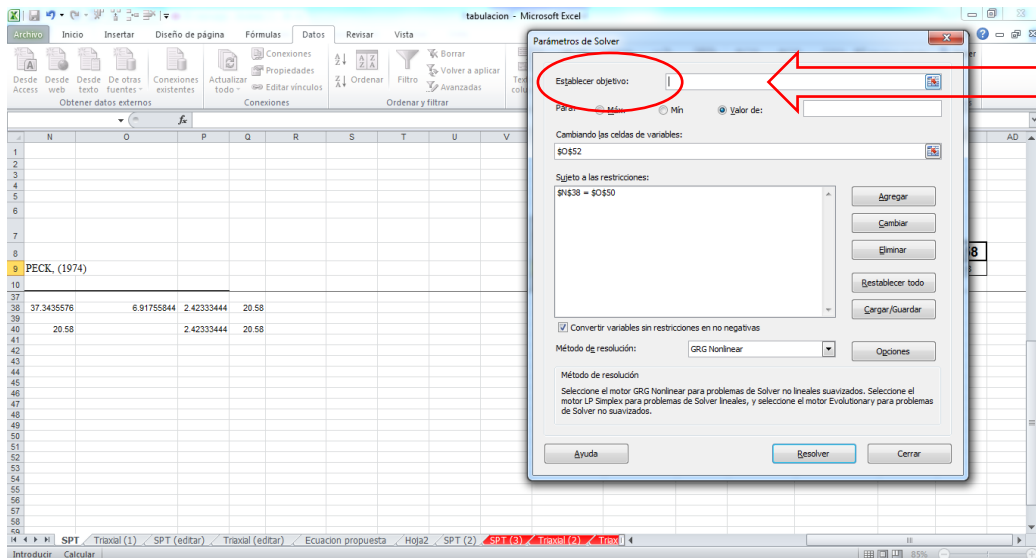
Gráfica 12. Método solver.



Autor: Juan Romero
Fuente: Microsoft Excel – Captura de pantalla.

- Se despliega una ventana en la cual realizamos nuestra condicional para la resolución y despeje de nuestra incógnita. En esta celda nos pide que establezcamos un objetivo y en nuestro caso la celda que se encuentra programada con nuestra formula.

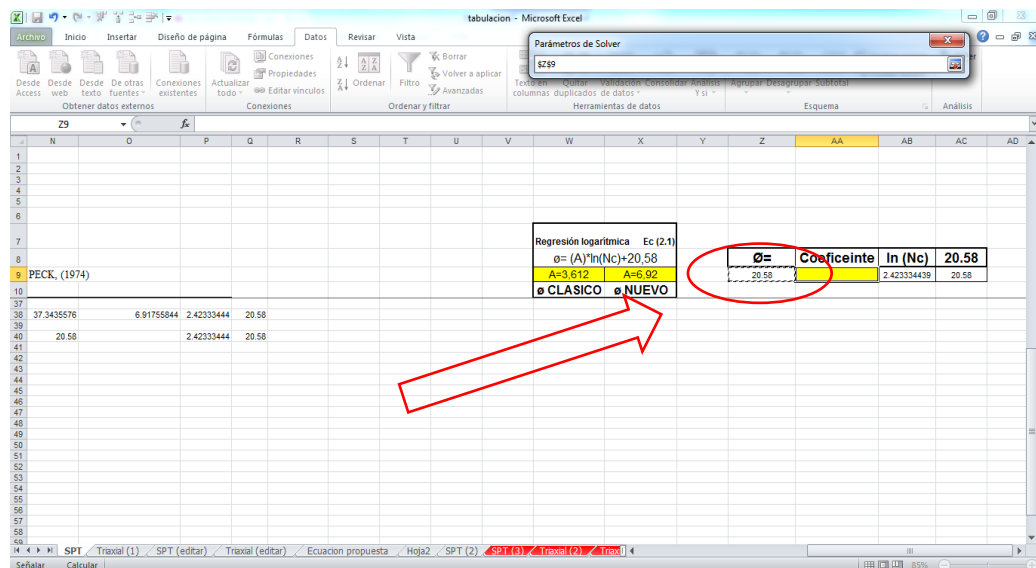
Gráfica 13. Método solver.



Autor: Juan Romero
Fuente: Microsoft Excel – Captura de pantalla.

- Al establecer el primer objetivo el programa nos pide señalar la celda antes mencionada.

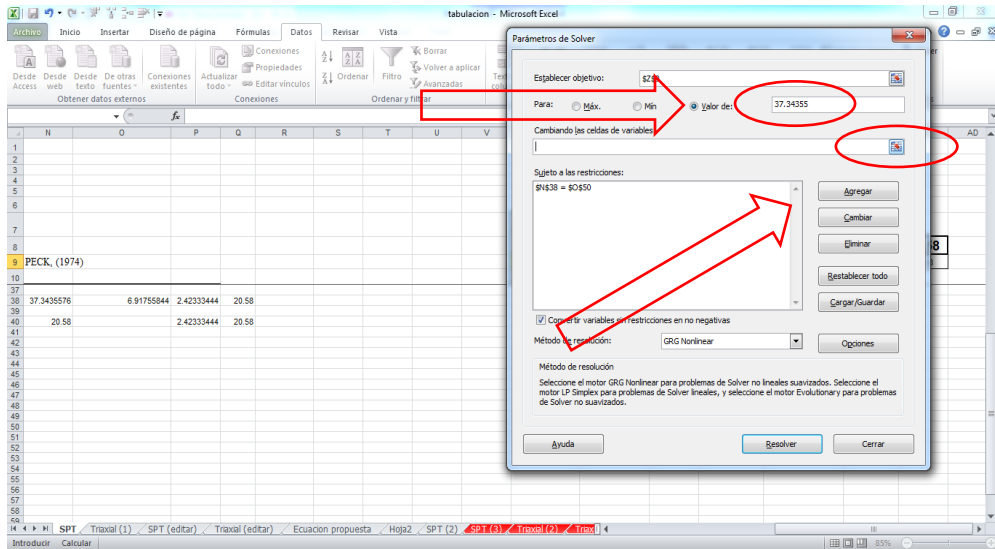
Gráfica 14. Método solver.



Autor: Juan Romero
Fuente: Microsoft Excel – Captura de pantalla.

- Luego ingresamos nuestro ángulo \emptyset que va a ser en definitiva nuestro condicionante. Además en la siguiente línea nos pide que indiquemos la celda en donde queremos nuestra respuesta o coeficiente

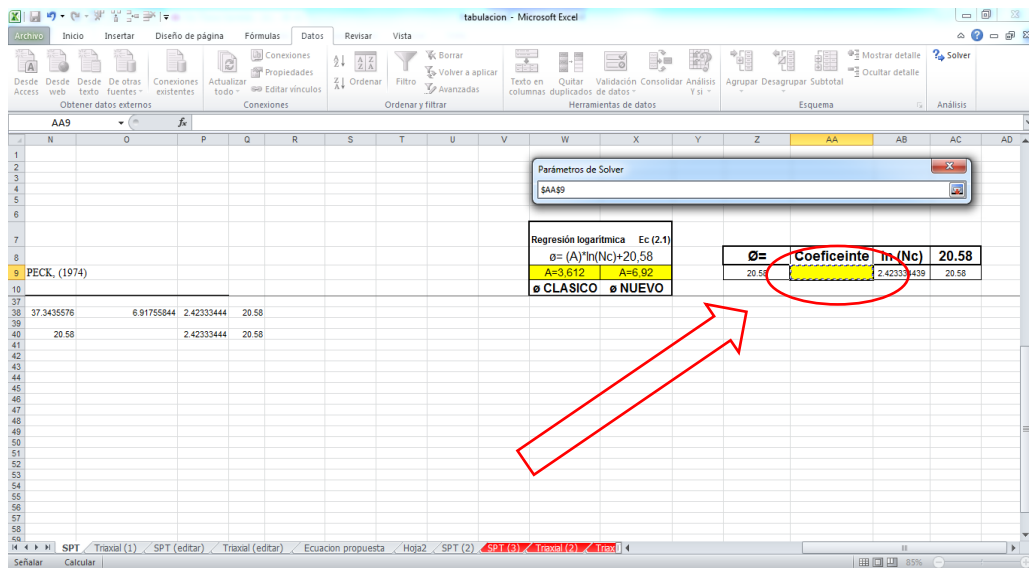
Grafica 15. Método solver.



Autor: Juan Romero
Fuente: Microsoft Excel – Captura de pantalla.

- De igual forma que en la forma anterior debemos indicar cuál es la celda que va a contener nuestro resultado o coeficiente.

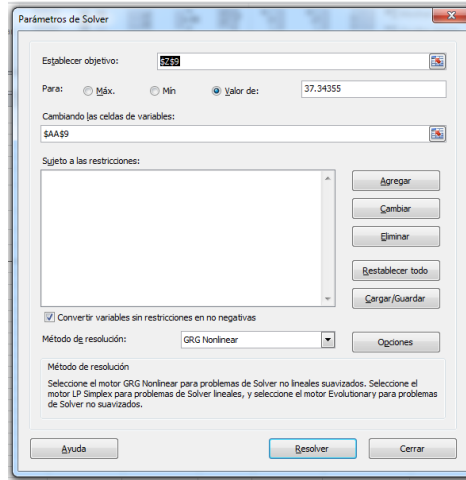
Grafica 16. Método solver.



Autor: Juan Romero
Fuente: Microsoft Excel – Captura de pantalla.

9. Resolver.

Grafica 17. Método solver.

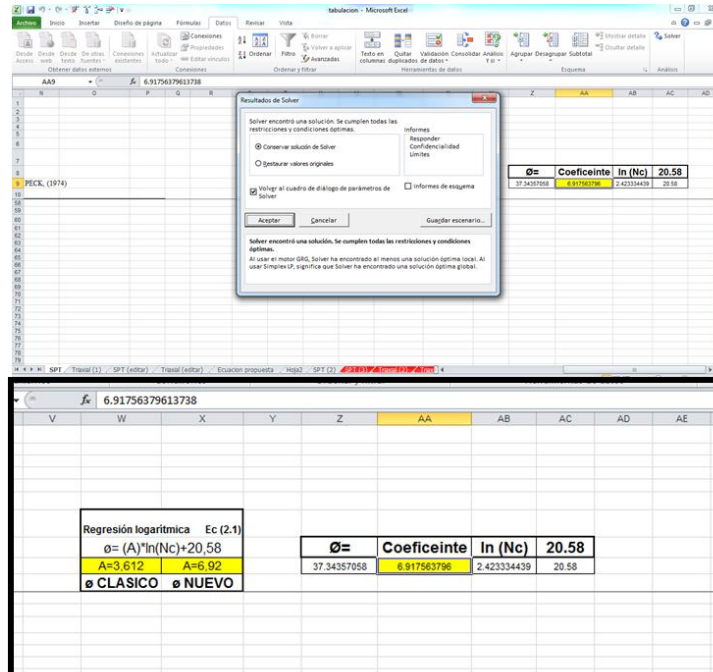


Autor: Juan Romero

Fuente: Microsoft Excel – Captura de pantalla.

10. Programamos la misma en una celda en nuestra hoja de cálculo de la forma como se indica en el grafico siguiente.

Tabla 18. Método solver.



Autor: Juan Romero

Fuente: Microsoft Excel – Captura de pantalla.

Realizamos las correcciones respectivas a esta fórmula y obtenemos la siguiente ecuación.

$$\phi = (6,92 \times \ln(Nc)) + 20,58$$

Es así que mediante la siguiente tabla representamos los factores ya modificados para aplicarlos a este tipo de suelo.

Utilizando el mismo principio utilizado en las modificaciones de las expresiones anteriores realizamos las modificaciones a las formulas expuestas en las siguientes líneas las cuales corresponden a estudios más recientes.

Hatanaka y Uchida 1996

Realizaron una serie de ensayos triaxiales drenados sobre muestras Inalteradas de arena, de las cuales se les determinó el ángulo de fricción (ϕ).

El ángulo de fricción obtenido era comparado con las ecuaciones empíricas propuestas por muchos investigadores utilizando el SPT mediante la siguiente expresión.

$$\phi = \sqrt{20 \times (Nc)} + 20$$

De la misma forma que realizamos las correcciones en nuestra formula anterior y como estudio adicional a nuestra tesis obtenemos la siguiente ecuación.

$$\phi = \sqrt{26,69 \times (Nc)} + 20$$

Por último y como resultado más importante del presente trabajo de investigación se realizó la linealización de los datos para la obtención de la expresión propuesta en el presente estudio.

La cual resulto de la siguiente forma.

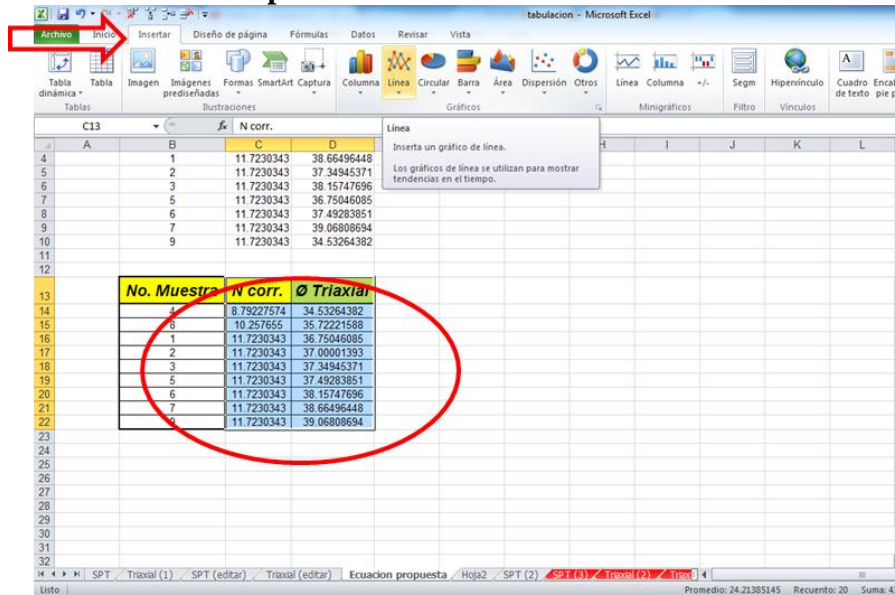
$$\phi = 1,1587Nc + 24,175$$

Ecuacion Propuesta

Para complementar nuestro estudio tambien proponemos la siguiente ecuacion la cual deriva de nuestros ensayos y es la siguiente.

1. Seleccionamos los datos a graficar.

Grafica 19. Ecuacion Propuesta

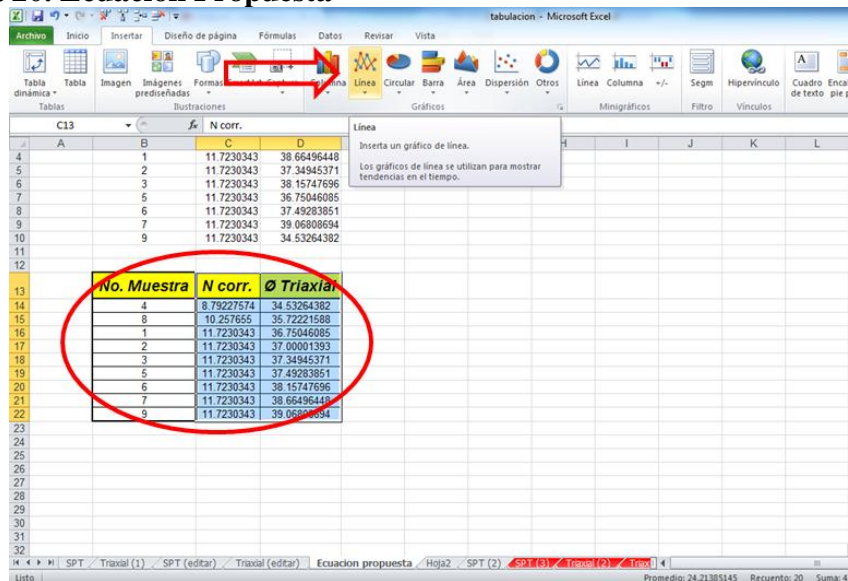


Autor: Juan Romero

Fuente: Microsoft Excel – Captura de pantalla.

2. Ahora seleccionamos la opcion Linea.

Grafica 20. Ecuacion Propuesta

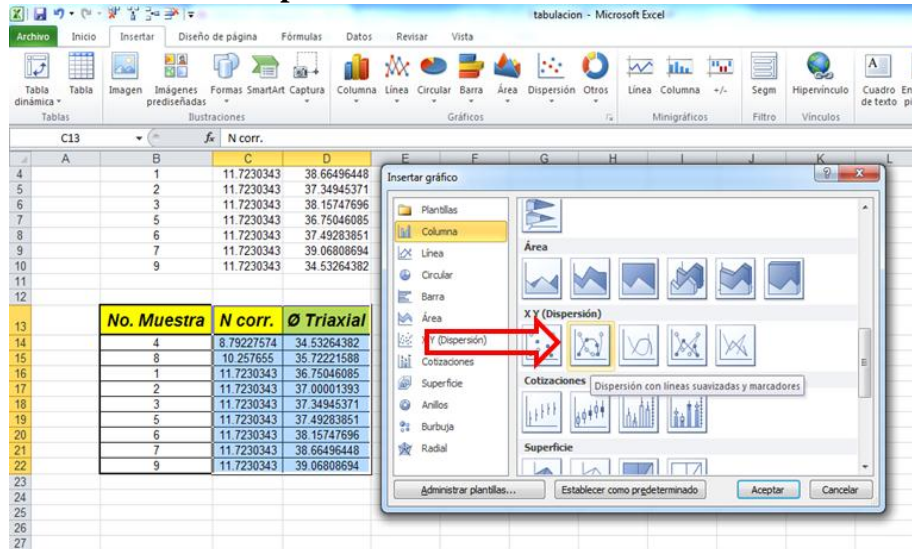


Autor: Juan Romero

Fuente: Microsoft Excel – Captura de pantalla.

- Se despliega una ventana de opciones de grafico y en ella seleccionamos X:Y (dispersion).

Grafica 21. Ecuacion Propuesta

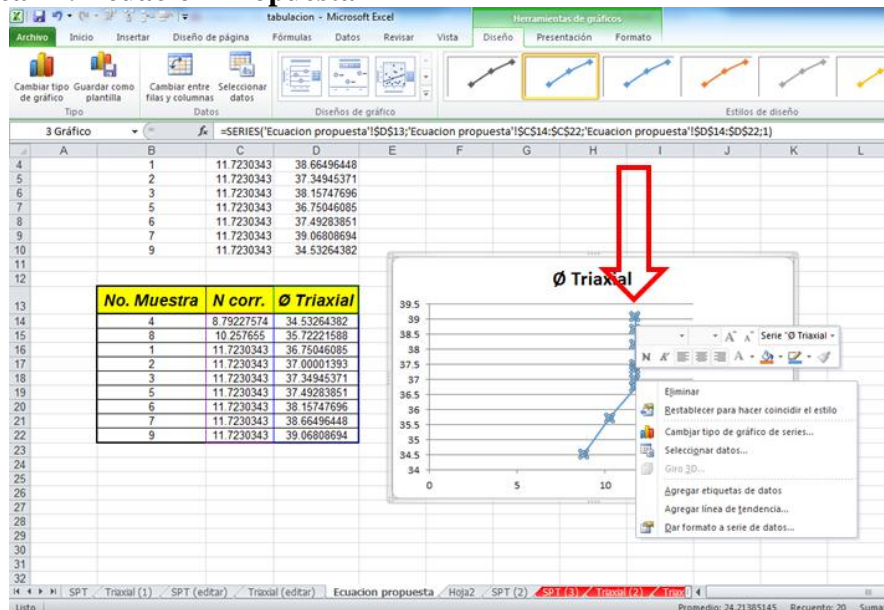


Autor: Juan Romero

Fuente: Microsoft Excel – Captura de pantalla.

- Seleccionamos los puntos de la grafica y desplegamos la ventana de opciones.

Grafica 22. Ecuacion Propuesta

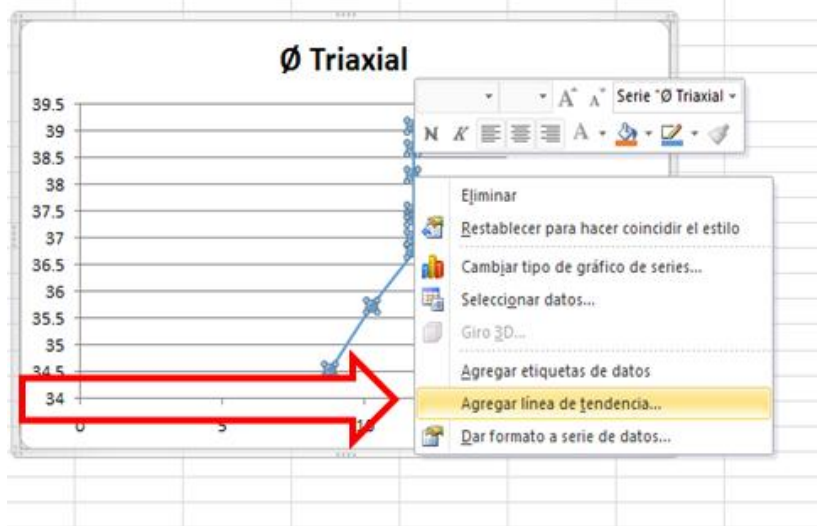


Autor: Juan Romero

Fuente: Microsoft Excel – Captura de pantalla.

5. Seleccionamos la opción agregar línea de tendencia .

Grafica 23. Ecuacion Propuesta

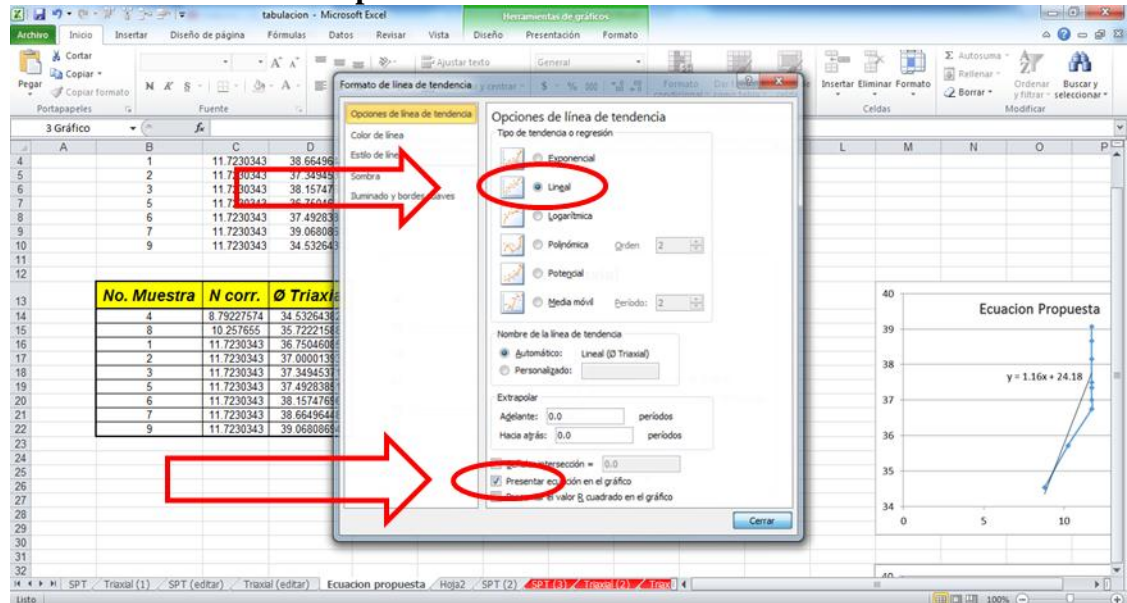


Autor: Juan Romero

Fuente: Microsoft Excel – Captura de pantalla.

6. En nuestra ventana seleccionamos Lineal que va a ser la forma de nuestra ecuacion ademas la opcion presentar la Ecuacion en el grafico.

Grafica 24. Ecuacion Propuesta

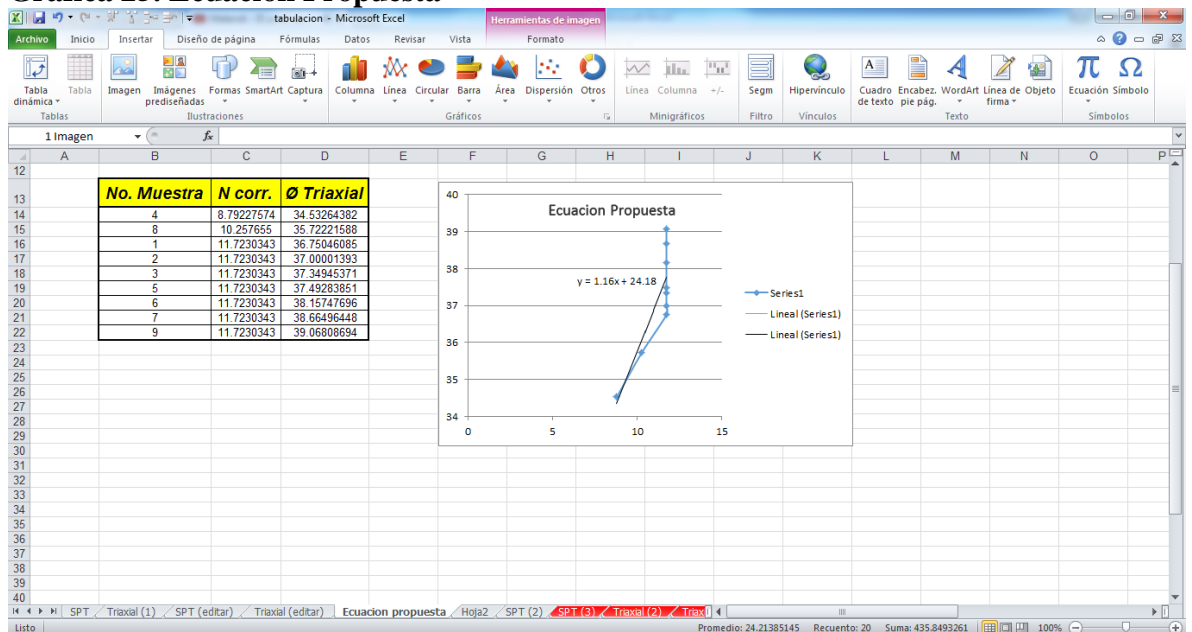


Autor: Juan Romero

Fuente: Microsoft Excel – Captura de pantalla.

7. Cerrar.

Grafica 25. Ecuacion Propuesta



Autor: Juan Romero

Fuente: Microsoft Excel – Captura de pantalla.

La verificación de las expresiones propuestas se presenta en las siguientes tablas.

Tabla 22. Resultados de ángulo de fricción interna, utilizando las correlaciones Clásicas y Propuestas

TABLA DE RESULTADOS DEL BARRIO "NUEVO AMANECER".										
Provincia:	Chimborazo					LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS DE LA UNACH				
Ciudad:	Riobamba					FECHA:	ene-15			
Barrio:	Nuevo Amanecer					ELABORADO	Juan Romero			
N- de perforacion:	u									
Tabulación de Datos Ensayo S.P.T.										
Toma #	Cota(cm)	No Golpes	N	Ncorr	Qneta adm	Regresión logarítmica Ec (2.1)		Hatanaka y Uchida		Propuesta
						$\sigma = (A) \ln(Nc) + 20,58$	$\sigma = (B) \ln(Nc) + 20,58$	$\sigma = (B) \ln(Nc) + 20,58$	$\sigma = (B) \ln(Nc) + 20,58$	$\sigma = 1,1587Nc + 24,175$
						A=3,612	A=6,92	B=20	B=26,685	
						CLASICO	NUEVO	CLASICO	NUEVO	NUEVO propuesto
1	15	4								
	30	4								
	45	4	8	11.7230343	248.0675132	29.47113901	37.6139651	35.31210914	37.6869774	37.75847987
	cota(cm)	No Golpes								
2	15	4								
	30	4								
	45	4	8	11.7230343	248.0675132	29.47113901	37.6139651	35.31210914	37.6869774	37.75847987
	cota(cm)	No Golpes								
3	15	3								
	30	4								
	45	4	8	11.7230343	248.0675132	29.47113901	37.6139651	35.31210914	37.6869774	37.75847987
	cota(cm)	No Golpes								
4	15	3								
	30	3								
	45	3	6	8.79227574	186.0506349	28.43203137	35.6232052	33.2606755	35.3173718	34.3626099
	cota(cm)	No Golpes								
5	15	3								
	30	4								
	45	4	8	11.7230343	248.0675132	29.47113901	37.6139651	35.31210914	37.6869774	37.75847987
	cota(cm)	No Golpes								
6	15	4								
	30	4								
	45	4	8	11.7230343	248.0675132	29.47113901	37.6139651	35.31210914	37.6869774	37.75847987
	cota(cm)	No Golpes								
7	15	4								
	30	4								
	45	4	8	11.7230343	248.0675132	29.47113901	37.6139651	35.31210914	37.6869774	37.75847987
	cota(cm)	No Golpes								
8	15	3								
	30	3								
	45	4	7	10.257855	217.0580741	28.98882382	36.6899279	34.32316857	36.5448524	36.06054488
	cota(cm)	No Golpes								
9	15	3								
	30	4								
	45	4	8	11.7230343	248.0675132	29.47113901	37.6139651	35.31210914	37.6869774	37.75847987
	cota(cm)	No Golpes								
10	15	4								
	30	4								
	45	4	8	11.7230343	248.0675132	29.47113901	37.6139651	35.31210914	37.6869774	37.75847987
	cota(cm)	No Golpes								
PROMEDIOS				11.2834205	238.7649815	29.31899671	37.3224854	35.00807152	37.3357844	37.24909937

Elaborado por: Juan Romero

6.6. Diseño Organizacional.

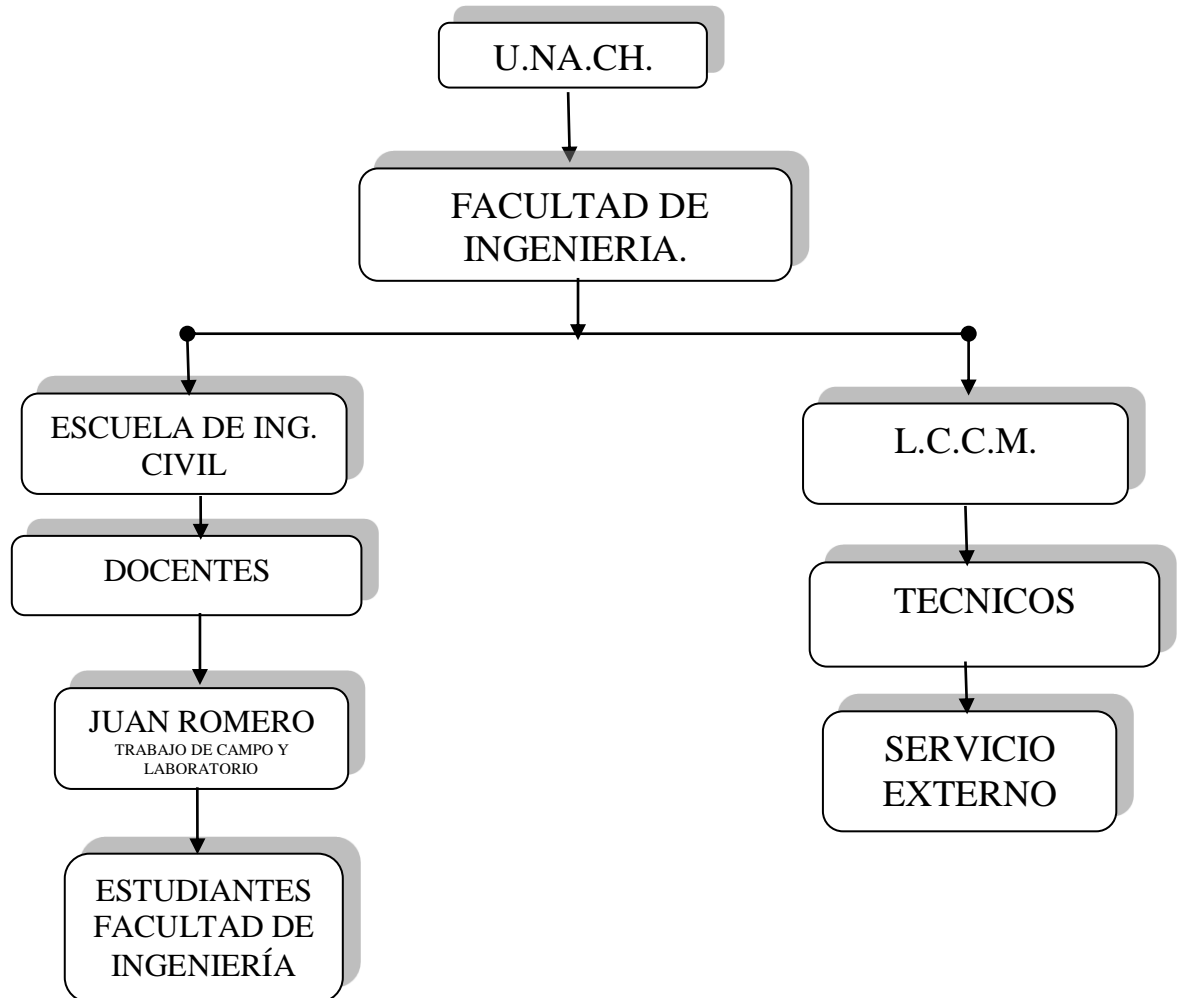


Figura 9. Esquema de diseño organizacional

6.7. Monitoreo y Evaluación de la propuesta

Los técnicos de laboratorio que realizan el servicio externo pueden verificar y ayudar a mejorar o reafirmar las teorías obtenidas en este estudio. Además los docentes que dentro de las cátedras y proyectos de investigación pueden validar los estudios realizados y en lo posterior ampliar los mismos para así tener un cálculo más preciso en lo que se refiere a capacidad portante de los suelos y poder tener estructuras más óptimas con respecto a resistencia y economía

CAPITULO VII

7. BIBLIOGRAFÍA

ÁVILA, Aníbal (1994) Mecánica de Suelos. Quito Ecuador.

E. BOWLES, Joseph. Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil. Editorial McGraw-Hill Latinoamericana, S.A. México.

CRESPO VILLALAZ, Carlos (2004) Mecánica de Suelos y Cimentaciones. Quinta Edición. Editorial Limusa, S.A. de C.V. Monterrey México.

JUAREZ BADILLO, Eulalio (1977) Mecánica de suelos, Tomo I. Tercera Edición. Editorial Limusa S.A. México.

NORMAS ASTM utilizadas en la ingeniería de suelos

http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_9023.pdf.

BRAJA M. DAS, Principios de Ingeniería de Cimentaciones. CUARTA EDICION. International Thomsom Editores 2001.

JOSE CALAVERA RUIZ, Calculo de Estructuras de Cimentación. CUARTA EDICION. INTEMAC S.A.2000.

MUELAS, Ángel. (2002) Manual de Mecánica del Suelo y Cimentaciones.

NORMA INEN 685. Terminología y simbología.

NORMA NTE INEN 686. Toma de muestras alteradas.

NORMA INEN 689. Ensayo de penetración estándar.

NORMA INEN 690. Determinación del contenido de agua método del secado al horno.

NORMA INEN 691. Determinación del límite líquido método de casa grande.

NORMA INEN 692. Determinación del límite plástico.

CAPITULO VIII

8. APÉNDICES Y ANEXOS





ENSAYOS DE LABORATORIO "UNACH"
Elaborado por: Juan Romero



ENSAYOS DE LABORATORIO "UNACH"
Elaborado por: Juan Romero



ENSAYOS DE CAMPO BARRIO "NUEVO AMANECER"
Elaborado por: Juan Romero