



**GEOCONS<sub>TRUYE</sub> CIA. LTDA.**

**GEOTECNIA – CONSULTORA & CONSTRUCTORA**

## **ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL ESTUDIO DISEÑOS PARA LA AMPLIACIÓN DE LAS SUBESTACIONES NORTE Y CATAMAYO**



**REALIZA** : ING. RAMIRO JIMÉNEZ (GEOCONS LABORATORIO)

**SOLICITA** : EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL DEL SUR S.A. –  
(EERSSA-LOJA)

**SOLICITA** : ING. NORMAN JIMÉNEZ LEON

**UBICACIÓN** : SUBESTACIONES NORTE Y CATAMAYO, PROVINCIA DE  
LOJA

**FECHA** : 14 de diciembre de 2020

**LOJA – ECUADOR**

**DICIEMBRE 2019**



## ÍNDICE

1.- ANTECEDENTES .....	3
2.- OBJETIVOS .....	3
3.- GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	3
3.1.- UNIDAD DE ARENA ARCILLOSA EN LA SUBESTACIÓN NORTE.....	4
3.2.- UNIDAD DE ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD EN LA SUBESTACIÓN CATAMAYO.....	4
3.3.- MOVIMIENTO DE LADERAS.....	4
3.4.- DESLIZAMIENTOS .....	5
4.- ZONIFICACIÓN SÍSMICA Y FACTOR DE ZONA (Z) .....	5
4.1.- TIPOS DE PERFILES DE SUELO PARA EL DISEÑO SÍSMICO .....	6
5.- ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA .....	8
6.- UBICACIÓN DE SONDEOS .....	8
7.- TRABAJOS DE LABORATORIO .....	11
8.- EVALUACIÓN MEDIANTE ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR (SPT).....	12
9.- DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN .....	18
9.1.- CAPACIDAD DE CARGA .....	18
9.2.- CALCULO DE ESPESOR DE MEJORAMIENTO (ESPESOR DE ESTRATO A REEMPLAZAR EN EL ÁREA DE ESTUDIO) .....	20
10.- DETALLES DE CIMENTACIÓN Y MODELO GEOTÉCNICO .....	21
10.1.- DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL CON CAMBIO DE ESTRATO .....	23
11.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	24
12.- ANEXO FOTOGRÁFICO .....	30
13.- ENSAYOS DE LABORATORIO.....	33



## ESTUDIO DE SUELOS

### 1.- ANTECEDENTES

La ELÉCTRICA REGIONAL DEL SUR S.A, ante la necesidad de disponer de un “ESTUDIO GEOTÉCNICO” para el proyecto “ESTUDIOS DISEÑOS PARA LA AMPLIACIÓN DE LAS SUBESTACIONES NORTE Y CATAMAYO”; contrata al ING. NORMAN JIMÉNEZ LEON en calidad de CONSULTOR, quien a su vez con el LABORATORIO “GEOCONS realiza el estudio antes mencionado en el área de terreno en donde se ejecutará el proyecto de ampliación, con la finalidad de determinar parámetros geotécnicos que sirvan para definir el tipo y la profundidad de la cimentación para las diferentes estructuras, además para investigar posible presencia de agua, presencia de escorrentías subterráneas, fallas geológicas y/o movimientos de masas de suelo que afecten a dicho terreno.

### 2.- OBJETIVOS

El objetivo principal de este estudio, es determinar las propiedades geotécnicas del suelo, así como sus características mecánicas de los estratos encontrados y los parámetros que permitan definir el tipo de material, capacidades de soporte, movimientos de masas, fallas geológicas, presencia de escorrentías o niveles freáticos, que influyan o provoquen movimientos de masas que pongan en peligro las estructuras que se construirá en estas zonas.

### 3.- GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

Para llevar a cabo el levantamiento geológico a detalle, tomamos como referencia las coordenadas bajo el datum WGS84, descripción de afloramientos, ubicación de los puntos de muestreo o perforación. Luego de recorrer el área de estudio para el respectivo



levantamiento litológico se identifica un solo tipo en cada subestación, así tenemos que en la Subestación Norte predomina la unidad de arenas arcillosas, y en la Subestación Catamayo de marcado como es la unidad de arcillas de alta plasticidad; a continuación, se describe esta unidad presente en toda el área de estudio.

### 3.1.- UNIDAD DE ARENA ARCILLOSA EN LA SUBESTACIÓN NORTE

Esta unidad abarca toda el área de estudio y está compuesta por depósitos de arenas arcillosas de grano grueso, de color café, horizontalmente estratificados. La superficie del terreno es regular, por lo tanto, no existen taludes, ni afloramientos. El terreno actualmente se encuentra con baja cobertura vegetal, las cuales serán removidas en el momento de la construcción de la estructura. Actualmente la zona a construir, no soporta carga estructural, sin embargo, es aledaña al patio de transformadores actual en la subestación Norte.

### 3.2.- UNIDAD DE ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD EN LA SUBESTACIÓN CATAMAYO

Esta unidad abarca toda el área de estudio y está compuesta por depósitos de arcillas de alta plasticidad con presencia de areniscas, de color café, horizontalmente estratificados. La superficie del terreno es regular, por lo tanto, no existen taludes, ni afloramientos. El terreno actualmente se encuentra con baja cobertura vegetal, las cuales serán removidas en el momento de la construcción de la estructura. Actualmente la zona a construir, no soporta carga estructural, sin embargo, es aledaña al patio de transformadores actual en la subestación Catamayo.

### 3.3.- MOVIMIENTO DE LADERAS

Las reptaciones son fenómenos geológicos que se caracterizan por el movimiento lento de los materiales del suelo, estos pueden ocurrir por influencia de agua. En el área de estudio ni en sus alrededores no se identifican zonas de reptación del suelo.



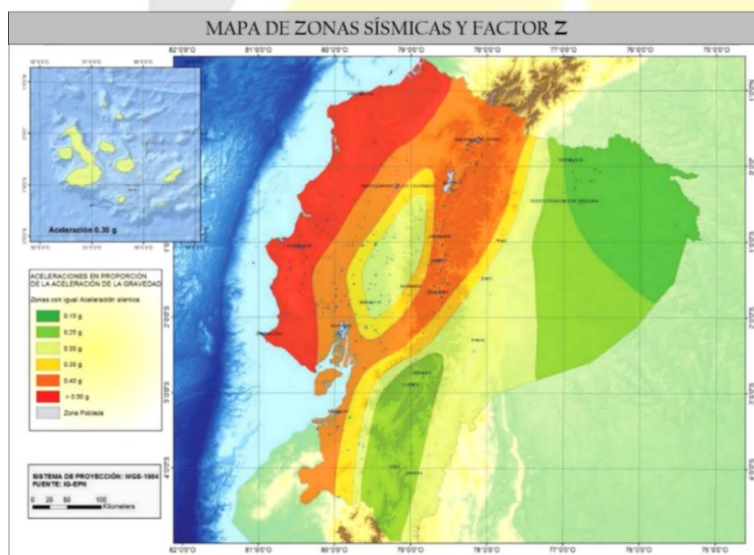
### 3.4.- DESLIZAMIENTOS

Los deslizamientos son movimientos de masa de tierra, generalmente provocados por la inestabilidad de los taludes. No se ha identificado dentro del área de estudio ningún tipo de deslizamientos.

### 4.- ZONIFICACIÓN SÍSMICA Y FACTOR DE ZONA (Z)

La subducción de la placa de Nazca debajo de la placa Sudamericana es la principal fuente de generación sísmica en el Ecuador. A este hecho se añade un complejo sistema de fallas local superficial que produce sismos importantes en gran parte del país.

Todo el territorio ecuatoriano está catalogado como de amenaza sísmica alta, con excepción del nororiente que presenta una amenaza sísmica intermedia y el litoral ecuatoriano que presenta una amenaza sísmica muy alta.



El mapa de zonificación sísmica para diseño proviene del resultado del estudio de peligro sísmico para un 10% de excedencia en 50 años (periodo de retorno 475 años), que incluye una saturación a 0,50 g de los valores de aceleración sísmica en roca en el litoral

ecuatoriano que caracteriza la zona VI.





VALORES DEL FACTOR Z EN FUNCIÓN DE LA ZONA SÍSMICA ADOPTADA						
Zona Sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor Factor Z	0,15	0,25	0,30	0,35	0,40	≥0,50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

Para los edificios de uso normal, se usa el valor de Z, que representa la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de aceleración de la gravedad.

El sitio donde se construirá la estructura determinará una de las seis zonas sísmicas del Ecuador, caracterizada por el valor del factor de zona Z.

De acuerdo al mapa de zonas sísmicas, la ciudad de Loja y Catamayo se encuentra ubicada en zona sísmica II y le corresponde un factor Z de zona sísmica igual a 0,25 el cual será utilizado en el cálculo estructural para inducir un diseño de sismo.

#### 4.1.- TIPOS DE PERFILES DE SUELO PARA EL DISEÑO SÍSMICO

Se definen seis tipos de perfiles de suelo. Los parámetros utilizados en la clasificación son los correspondientes a los 30,00 metros superiores del perfil para los perfiles tipo A, B, C, D y E. Aquellos perfiles que tengan estratos claramente diferenciados deben subdividirse, asignándoles un subíndice i que va desde 1 en la superficie, hasta n en la parte inferior de los 30,00 metros superiores del perfil.

Para el perfil tipo F se aplican otros criterios, expuestos en la sección 10.5.4 de la NEC-SE-DS 2014, y la respuesta no debe limitarse a los 30,00 metros superiores del perfil en los casos de perfiles con espesor de suelo significativo.



CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO		
TIPO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN	DEFINICIÓN
<b>A</b>	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
<b>B</b>	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > V_s \geq 760$ m/s
<b>C</b>	Perfiles de suelo muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > V_s \geq 660$ m/s
	Perfiles de suelo muy densos o roca blanda, que cumpla con cualquiera de los dos criterios.	$N \geq 50$ $S_u \geq 100$ KPa
<b>D</b>	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180$ m/s
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan	$50 > N \geq 15$ $100 \text{ kPa} > S_u \geq 50$ kPa
<b>E</b>	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s < 180$ m/s
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 metros de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50$ kPa
<b>F</b>	Los perfiles de suelo tipo <b>F</b> requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases:	
	<b>F1</b> – Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.	
	<b>F2</b> – Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3 metros para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).	
	<b>F3</b> – Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 metros con índice de Plasticidad IP > 75)	
	<b>F4</b> – Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 30 metros)	
	<b>F5</b> – Suelos con contrastes de impedancia $\alpha$ ocurriendo dentro de los primeros 30 metros superiores del perfil del subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.	
	<b>F6</b> – Rellenos colocados sin control ingenieril.	

Los efectos locales de la respuesta sísmica de la edificación deben evaluarse en base a los perfiles de suelo, independientemente del tipo de cimentación. La identificación del perfil se realiza a partir de la superficie natural del terreno, inclusive en el caso de edificios con sótanos. Para edificios en ladera, el ingeniero geotécnico evaluará la condición más crítica para la edificación.



Para las áreas de estudio se ha determinado el *Tipo de perfil de suelo* para el diseño sísmico y los *Coeficientes de perfil de suelo*  $F_a$ ,  $F_d$  y  $F_s$ ; sin embargo, la clasificación queda abierta al criterio del ingeniero estructural para lo cual debe considerar la zona sísmica y el factor Z. Los valores asignados en las zonas de evaluación son los siguientes:

PROVINCIA	CANTÓN	SECTOR	Nº DE SONDEO	TIPO DE PERFIL DE SUELO	$F_a$	$F_d$	$F_s$
LOJA	LOJA	SUBESTACIÓN NORTE	SPT Nº 1	D	1,40	1,45	1,06
	CATAMAYO	SUBESTACIÓN CATAMAYO	SPT Nº 2	E	1,40	1,75	1,60

## 5.- ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA

La finalidad de la zonificación geotécnica es aportar una estimación preliminar sobre las características físico – mecánicas de los materiales analizados dentro de las áreas de estudio y establecer una clasificación cualitativa sobre sus problemas constructivos, ya que es de gran interés al momento de adoptar decisiones sobre la asignación de usos a cada porción del terreno.

Luego de realizados los ensayos de Laboratorio, se determinarán las propiedades geotécnicas del suelo y los parámetros que permitan definir el tipo de cimentación y la profundidad en base a la capacidad portante, diseño que deberá ser tanto técnico y económicamente el más adecuado que esté acorde con el diseño estructural previsto para esta obra. Mediante el ensayo de penetración estándar *SPT*, el ensayo de compresión confinada de las muestras extraídas y clasificación de suelos a diferentes profundidades se obtendrá dichos parámetros.

## 6.- UBICACIÓN DE SONDEOS

Las zonas de estudio se encuentran ubicadas:






# GEOCONSTRUYE CIA. LTDA.

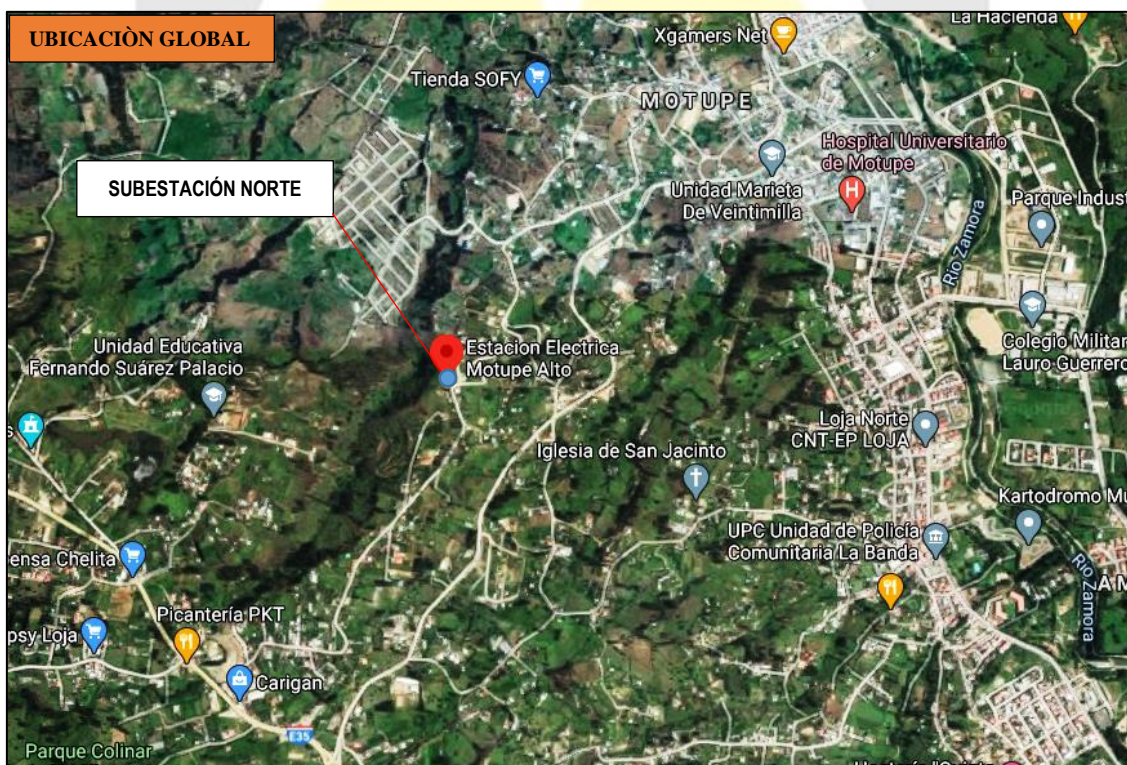
GEOTECNIA - CONSULTORA & CONSTRUCTORA

- SUBESTACIÓN NORTE, ubicada al noroeste de la ciudad de Loja, parroquia Carigán, Cantón Loja, Provincia de Loja.
- SUBESTACIÓN CATAMAYO, ubicada al noroeste de la ciudad de Catamayo, parroquia Catamayo, Cantón Catamayo, Provincia de Loja.

La ubicación de las calicatas de estudio según sus coordenadas se detalla en la siguiente tabla:

 <b>"GEOCONSTRUYE CIA. LTDA".</b> <i>Geotecnia - Consultora &amp; Constructora</i>					
COORDENADAS SPT's					
NRO.	PROF.	SECTOR	NORTE	ESTE	COTA
1	6	SUBESTACIÓN NORTE	9563143,000	695939,000	2185,00
2	6	SUBESTACIÓN CATAMAYO	9560132,000	680663,000	1223,00

## UBICACIÓN DE SONDEOS



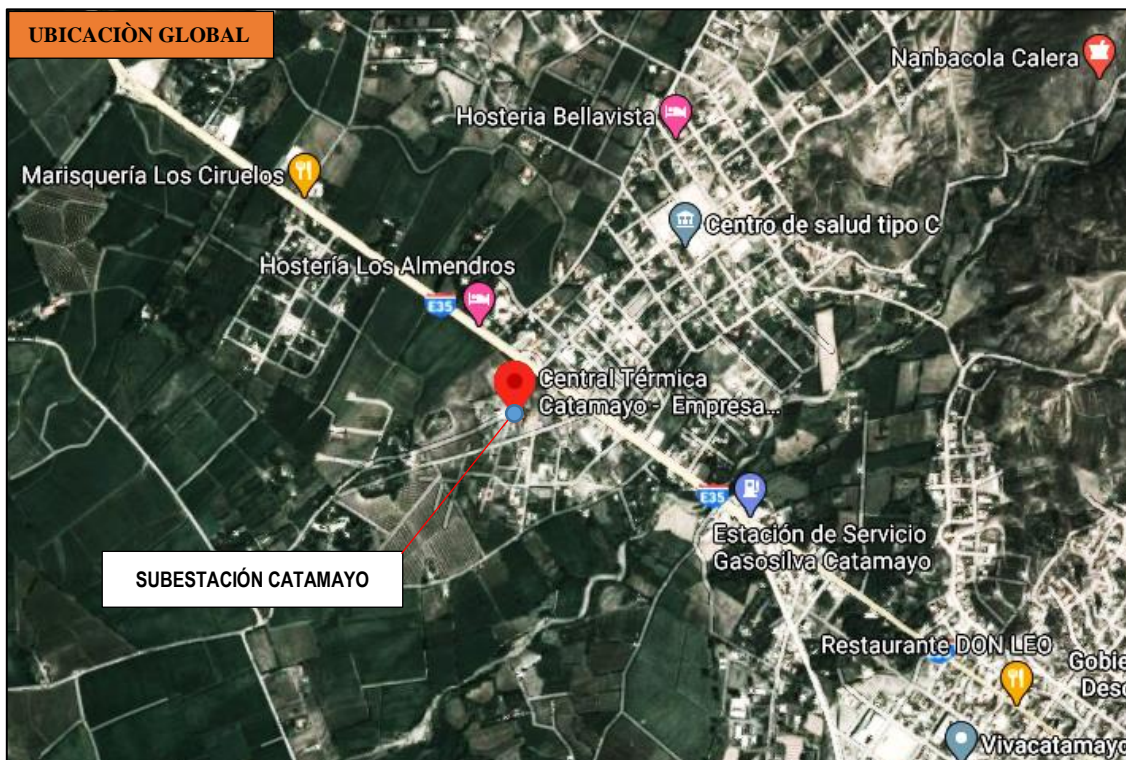




# GEOCONS<sub>TRUYE</sub> CIA. LTDA.

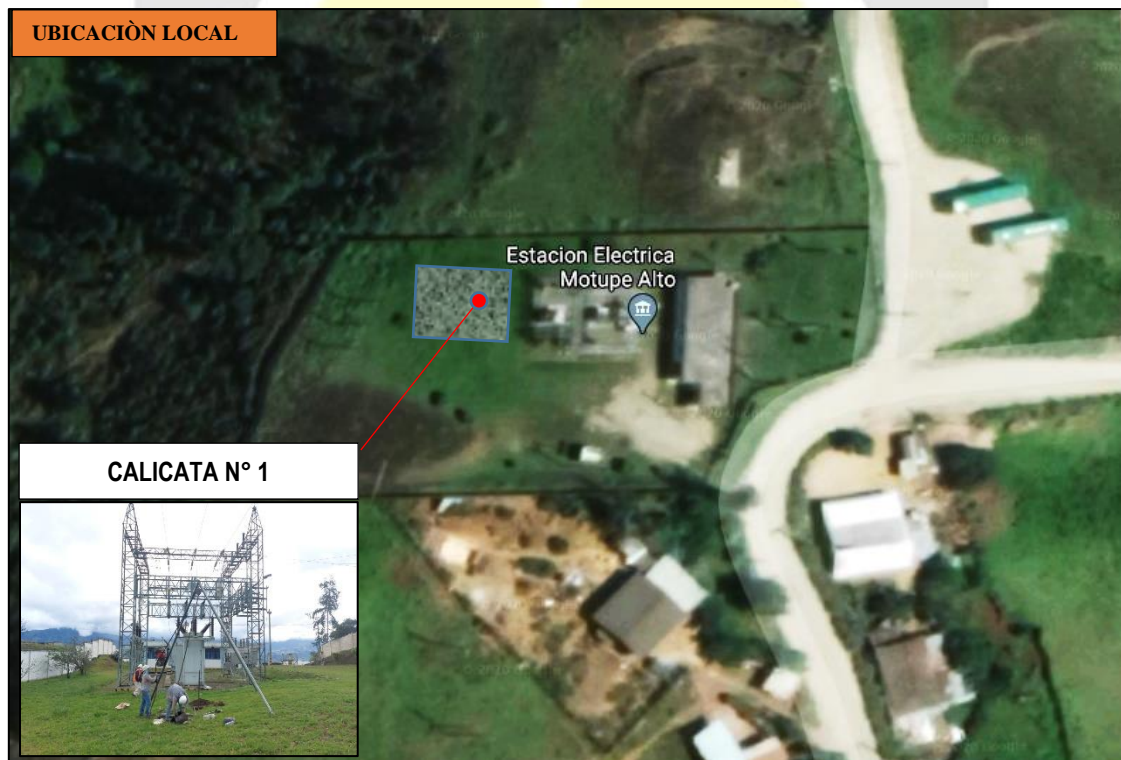
GEOTECNIA - CONSULTORA & CONSTRUCTORA

## UBICACIÓN GLOBAL



## SUBESTACIÓN NORTE

## UBICACIÓN LOCAL





**GEOCONS<sub>TRUYE</sub> CIA. LTDA.**

**GEOTECNIA – CONSULTORA & CONSTRUCTORA**

## SUBESTACIÓN CATAMAYO

**UBICACIÓN LOCAL**



## **7.- TRABAJOS DE LABORATORIO**

Con las muestras obtenidas se realizaron los siguientes ensayos:

- |  |             |
|--|-------------|
| - Contenido de humedad natural                           | ASTM D-2216 |
| - Análisis granulométrico                                | ASTM D-422  |
| - Límite líquido   | ASTM D-4318 |
| - Límite plástico  | ASTM D-4318 |
| - Índice de plasticidad                                  | ASTM D-4318 |
| - Clasificación SUCS y AASHTO                            |             |
| - Ensayo de compresión inconfiada.                       |             |
| - Ensayo de penetración estándar “SPT” (ensayo de campo) |             |





## 8.- EVALUACIÓN MEDIANTE ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR (SPT)

Para el desarrollo del presente estudio se realizó dos sondeos los cuales se presentan en la siguiente tabla junto con su profundidad:

Nº DE SONDEO	PROFUNDIDAD (m) A PARTIR DEL NIVEL NATURAL DEL TERRENO
CALICATA Nº 1	6,00
CALICATA Nº 2	6,00

Estas calicatas a cielo abierto se las realizó mediante excavación manual, además se realizan perforaciones con un procedimiento manual con la posteadora.

En la calicata Nº1 – SUBESTACIÓN NORTE, se determinó un solo tipo de estrato que corresponde a una arena arcillosa, del tipo “SC”, de color café, desde 0.00 metros hasta 6.00 metros de profundidad. Durante la exploración de esta calicata no se encuentra nivel freático ni filtraciones y /o escorrentías subterráneas.

En la calicata Nº2 – SUBESTACIÓN CATAMAYO, se determinó un solo tipo de estrato que corresponde a una arcilla de lata plasticidad, del tipo “CH”, de color café, desde 0.00 metros hasta 6.00 metros de profundidad. Durante la exploración de esta calicata no se encuentra nivel freático ni filtraciones y /o escorrentías subterráneas.

En las calicatas de exploración se realiza el ensayo de penetración estándar “SPT” a cada metro de profundidad, a partir del nivel (N=0,00 metro) adoptado, hasta llegar a una profundidad de 6,45 metros medidos desde el nivel actual del terreno. Las pruebas fueron realizadas con columnas de soporte con tubo tipo NW y equipo de muestreo de tubo partido tipo Splin Spoon con martinete de hincado, de acuerdo a las normas ASTM.

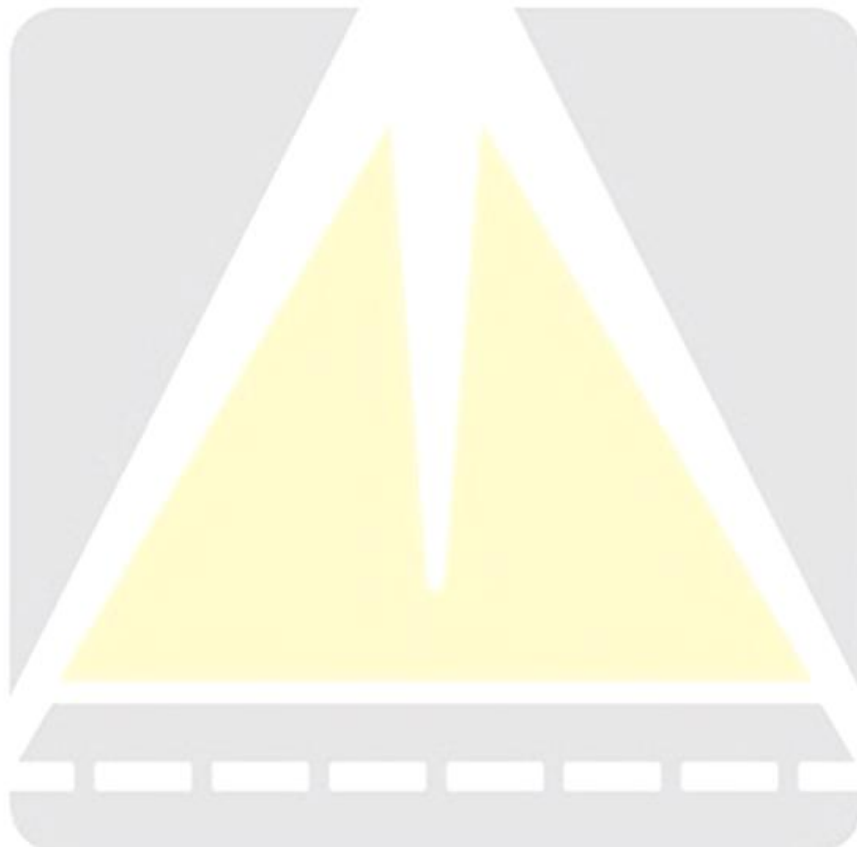


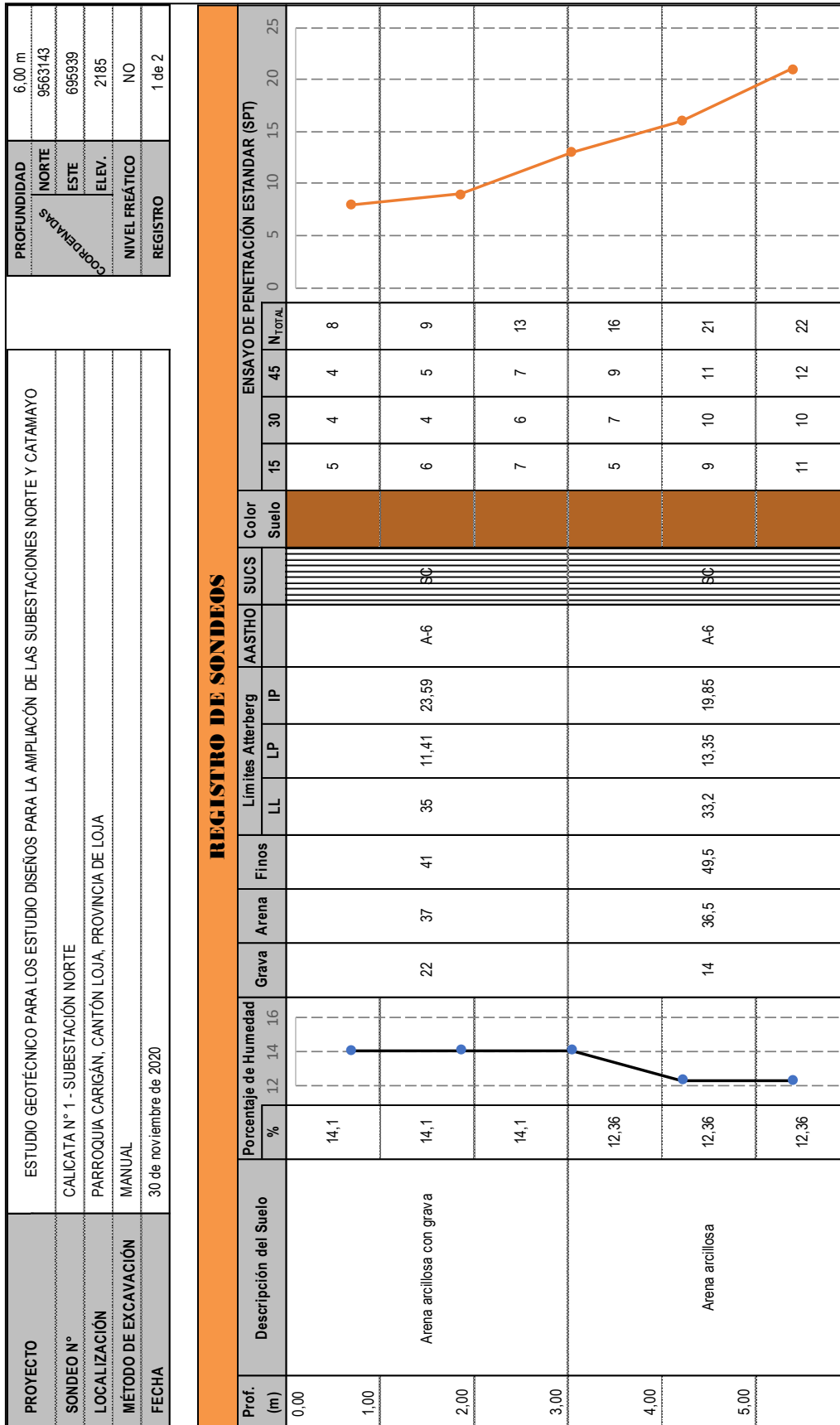
**GEOCONS<sub>TRUYE</sub> CIA. LTDA.**

**GEOTECNIA – CONSULTORA & CONSTRUCTORA**

Para la determinación de la estratigrafía se realizaron muestreos alterados en el tubo partido, para cada prueba de penetración estándar realizada, determinando la clasificación del suelo subyacente.

De las muestras extraídas se determinan los perfiles estratigráficos del suelo que se detalla a continuación:









PROYECTO		ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA LOS ESTUDIO DISEÑOS PARA LA AMPLIACIÓN DE LAS SUBESTACIONES NORTE Y CATAMAYO														
SONDEO N°		CALICATA N° 2 - SUBESTACIÓN CATAMAYO														
LOCALIZACIÓN		PARROQUIA URBANA CATAMAYO, CANTÓN CATAMAYO, PROVINCIA DE LOJA														
MÉTODO DE EXCAVACIÓN		MANUAL														
FECHA		30 de noviembre de 2020														
COORDENADAS																
PROFUNDIDAD		NORTE		6,00 m												
		ESTE		9560132												
		ELEV.		680663												
NIVEL FREÁTICO		1223														
REGISTRO		NO														
		2 de 2														

REGISTRO DE SONDEOS																	
Prof. (m)	Descripción del Suelo	Porcentaje de Humedad		Grava	Arena	Finos	Límites Atterberg			AASTHO	SUCS	Color Suelo	ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR (SPT)				
		%					LL	LP	IP				15	30	45	N <sub>Total</sub>	
0,00																	
1,00	Arcilla de alta plasticidad arenosa	23,9		6	34,1	59,9	68,4	18,32	50,08	A-7-6	CH		5	3	4	7	
2,00		23,9											5	4	4	8	
3,00	Arcilla de alta plasticidad arenosa	23,19											6	7	6	13	
		23,19												5	5	6	11
4,00		23,19		6	28,1	65,9	66,7	16,57	50,13	A-7-6	CH		7	8	9	17	
5,00		23,19												12	11	11	22



La prueba de penetración estándar (*SPT*) permite determinar la resistencia al esfuerzo de corte del suelo mediante el número de golpes necesarios para hincar el penetrómetro estándar y obtener muestras alteradas para identificar los suelos en estudio. Con estas muestras se puede conocer las condiciones estratigráficas del sitio con las que se determina los índices y granulometrías, así como también a través de correlaciones empíricas del número de golpes obtener la resistencia a corte del suelo.

La prueba consiste en hincar el penetrómetro 45 centímetros con la masa de 65 kg dejada caer desde una altura de 75 centímetros; durante el hincado se contabiliza el número de golpes que corresponde a cada uno de los tres avances de 15 centímetros. La resistencia a la penetración estándar se define como el número de golpes *N* para penetrar los últimos 30 centímetros (de 15 a 45 cm).

Las pruebas de penetración estándar fueron realizadas de acuerdo a los procedimientos establecidos en el ASTM. Los resultados son los siguientes:

Nº DE SONDEO	PROFUNDIDAD BAJO EL NIVEL NATURAL DEL TERRENO (m)	NUMERO DE GOLPES EN EL CAMPO	COMPACIDAD O CONSISTENCIA
<b>CALICATA Nº 1 – SUBESTACIÓN NORTE</b>			
SPT – 1	1.00 – 1.45	8 golpes	Compacidad floja
SPT – 1	2.00 – 2.45	9 golpes	Compacidad floja
SPT – 1	3.00 – 3.45	13 golpes	Compacidad medianamente densa
SPT – 1	4.00 – 4.45	16 golpes	Compacidad medianamente densa
SPT – 1	5.00 – 5.45	21 golpes	Compacidad medianamente densa
SPT – 1	6.00 – 6.45	22 golpes	Compacidad medianamente densa



Nº DE SONDEO	PROFUNDIDAD BAJO EL NIVEL NATURAL DEL TERRENO (m)	NUMERO DE GOLPES EN EL CAMPO	COMPACIDAD O CONSISTENCIA
<b>CALICATA Nº 2 – SUBESTACIÓN CATAMAYO</b>			
SPT – 2	1.00 – 1.45	7 golpes	Compacidad rigidez media
SPT – 2	2.00 – 2.45	8 golpes	Compacidad rigidez media
SPT – 2	3.00 – 3.45	13 golpes	Compacidad firme
SPT – 2	4.00 – 4.45	11 golpes	Compacidad firme
SPT – 2	5.00 – 5.45	17 golpes	Compacidad firme
SPT – 2	6.00 – 6.45	22 golpes	Compacidad muy firme

Con estos datos se determina el *N corregido* tal como se indica en los siguientes cuadros:

CUADRO DE NUMERO DE GOLPES DE CAMPO - SUBESTACIÓN NORTE							
Profundidad	Nº golpes			Nº golpes	q-PRESION DE TRABAJO $T_n/m^2$	N_correg	N_correg
m.	15cm.	30 cm	45 cm	SPT-TOTAL		$N_{corr} = N * \left(0.77 * \log\left(\frac{195.2}{q}\right)\right)$	$N_{corr} = N + (0.5 * (N - 15))$
1,00	5	4	4	8	1,47	8	8
2,00	6	4	5	9	2,94	9	9
3,00	7	6	7	13	4,41	17	13
4,00	5	7	9	16	5,88	19	17
5,00	9	10	11	21	7,35	24	24
6,00	11	10	12	22	8,81	23	26

CUADRO DE NUMERO DE GOLPES DE CAMPO - SUBESTACIÓN CATAMAYO							
Profundidad	Nº golpes			Nº golpes	q-PRESION DE TRABAJO $T_n/m^2$	N_correg	N_correg
m.	15cm.	30 cm	45 cm	SPT-TOTAL		$N_{corr} = N * \left(0.77 * \log\left(\frac{195.2}{q}\right)\right)$	$N_{corr} = N + (0.5 * (N - 15))$
1,00	5	3	4	7	1,25	7	7
2,00	5	4	4	8	2,49	8	8
3,00	6	7	6	13	3,74	18	13
4,00	5	5	6	11	4,98	14	11
5,00	7	8	9	17	6,23	20	18
6,00	12	11	11	22	7,48	24	26

Para el cálculo del *N corregido* se utilizó las ecuaciones siguientes:



## Cálculo del numero de golpes corregido

Tabla: 4.8; literal 1b: Ec.1

$$N_{corr} = N * \left( 0.77 * \log \left( \frac{195.2}{\bar{q}} \right) \right)$$

Valida para perforaciones mayores a 2m.

Tabla: 4.8; literal 1a: Ec.2

$$N_{corr} = N + (0.5 * (N - 15))$$

Valida para cuando N > 15 golpes  
en Limos y arenas

## 9.- DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN

El ingeniero estructural determinará el tipo y forma de cimentación, tanto en los ejes X y Y, que soportará la estructura a levantarse. Para lo cual considerará las cargas actuantes en cada uno de los elementos estructurales; tomando para este fin los resultados que en este informe se determinarán, como son: las cargas admisibles del suelo, su clase, su resistencia, el ángulo de fricción interna y el factor de seguridad para el tipo de suelo en el que se va a cimentar.

Cabe destacar que los anchos de las estructuras de cimentación empleados para el cálculo del soporte del suelo mediante el ensayo “SPT” son referenciales, es decir el ingeniero estructural diseñará a su criterio determinando las cargas vivas y muertas del proyecto y utilizando el *Q admisible* determinado en este informe.

### 9.1.- CAPACIDAD DE CARGA

Para el análisis de la capacidad de carga se utilizaron los parámetros obtenidos de correlaciones empíricas con la prueba de penetración estándar. Para el cálculo de la capacidad de carga se observó y tomo los datos más críticos de las calicatas a la profundidad tentativa de desplante de la cimentación, los mismos que se presentan en la tabla siguiente:



PERFORACIÓN # (CALICATA)	NUMERO DE GOLPES CAMPO (N)	NUMERO DE GOLPES CORREGIDO
CALICATA N° 1 SUBESTACIÓN NORTE	13	8
CALICATA N° 2 SUBESTACIÓN CATAMAYO	12	7

Utilizando la teoría del Dr. Terzaghi y realizando la aplicación matemática de su modelo de falla, se obtiene un valor límite de la carga que puede transmitir el cimiento mediante la siguiente expresión:

$$Q_{ult} = \frac{2}{3} c' N' c + q N' q + \frac{1}{2} \gamma B N' \gamma$$

Donde  $c$  es el valor de la cohesión del suelo sobre el que se apoya el cimiento;  $B$  es el ancho del cimiento;  $q$  es el valor de la sobrecarga que se encuentra actuante al nivel del desplante y que depende de la profundidad de desplante  $D_f$  y del peso volumétrico del material,  $\gamma$ ;  $N'c$ ,  $N'q$  y  $N'\gamma$ , son factores de carga y dependen solo del ángulo de fricción interna ( $\phi$ ) del suelo y son coeficientes adimensionales que caracterizan la capacidad de carga de un suelo dado.

Para el cálculo se aplicará un factor de seguridad de  $FS = 3$ , y una profundidad de desplante mínima de la cimentación  $D_f = 0,50$  metros, la densidad del suelo se determina en el ensayo de compresión inconfiada y se procede a calcular la capacidad de carga.

Para la determinación del ángulo de fricción interna se utiliza la siguiente ecuación:  $\phi(\text{grados}) = 27.1 + (0.3 * N_{corr}) - (0.00054 * N^2_{corr})$

Con estos valores se describe el cálculo mediante la teoría del Dr. Terzaghi. Por lo tanto, el valor de la capacidad de carga ( $q$  de diseño) es:



## CAPACIDAD DE CARGA CALICATA N° 1 – SUBESTACIÓN NORTE

$$Q_{\text{ultimo}} = 17,70 \text{ Tn/m}^2 = 1,770 \text{ Kg/cm}^2$$

$$Q_{\text{admisible}} = 5,90 \text{ Tn/m}^2 = 0,590 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Ángulo de fricción interna} = 20,28^\circ$$

$$\text{Factor de Seguridad} = 3,00$$

$$\text{Densidad} = 1,469 \text{ g/cm}^3$$

**NOTA:** Es necesario un cambio de estrato.

## CAPACIDAD DE CARGA CALICATA N° 2 – SUBESTACIÓN CATAMAYO

$$Q_{\text{ultimo}} = 18,53 \text{ Tn/m}^2 = 1,853 \text{ Kg/cm}^2$$

$$Q_{\text{admisible}} = 6,18 \text{ Tn/m}^2 = 0,618 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Ángulo de fricción interna} = 20,28^\circ$$

$$\text{Factor de Seguridad} = 3,00$$

$$\text{Densidad} = 1,246 \text{ g/cm}^3$$

**NOTA:** Es necesario un cambio de estrato.

## 9.2.- CALCULO DE ESPESOR DE MEJORAMIENTO (ESPESOR DE ESTRATO A REEMPLAZAR EN EL ÁREA DE ESTUDIO)

De los resultados calculados en los ensayos de SPT's, se determina que son estratos de bajas capacidades de soporte; debido a esto y para no encarecer más el proyecto profundizándose con la cota de cimentación, se ha procedido a calcular un estrato de reemplazo con el fin de nivelar, de aumentar la densidad de los estratos, y a su vez de aislar la cimentación del estrato del tipo arcilloso. Considerando la densidad del suelo y su resistencia más crítica se procede a calcular los espesores de reemplazo de material, resultando lo siguiente:





DESCRIPCIÓN	TIPO DE CIMENTACIÓN	ANCHO MINIMO = $\underline{B}$	PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN	ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUELO (cm)
SUBESTACIÓN NORTE	LOSA DE CIMENTACIÓN	DEFINIDO POR EL ESTRUCTURAL	0,50 METROS DESDE EL NIVEL 0+000 DE LA CIMENTACION O PLATAFORMA	50,00 cm. de material de mejoramiento debidamente compactado
SUBESTACIÓN CATAMAYO	LOSA DE CIMENTACIÓN	DEFINIDO POR EL ESTRUCTURAL	0,50 METROS DESDE EL NIVEL 0+000 DE LA CIMENTACION O PLATAFORMA	50,00 cm. de material de mejoramiento debidamente compactado

El material de mejoramiento tiene que ser granular no plástico o plasticidades menores al 9%, cumpliendo con las Especificaciones Generales para la construcción de caminos y puentes MTOP-001-F-2002; colocado bajo la estructura de cimentación, debidamente compactado y del espesor especificado anteriormente.

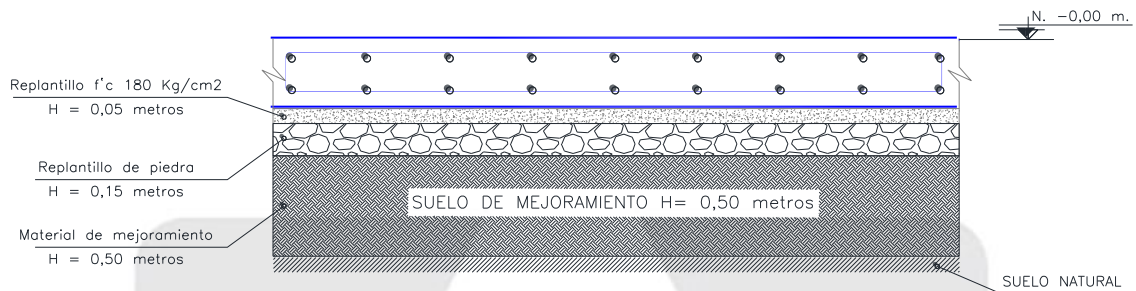
De acuerdo a la estratigrafía del suelo y en base al espesor de mejoramiento; *se encuentra condiciones aceptables para el desplante de la cimentación de la edificación a partir de 0,50 metros*, medidos desde el nivel +0,00 de la cota de cimentación o plataforma.

## 10.- DETALLES DE CIMENTACIÓN Y MODELO GEOTÉCNICO

Tomando en consideración estas recomendaciones, a continuación, se detalla el esquema de la cimentación.

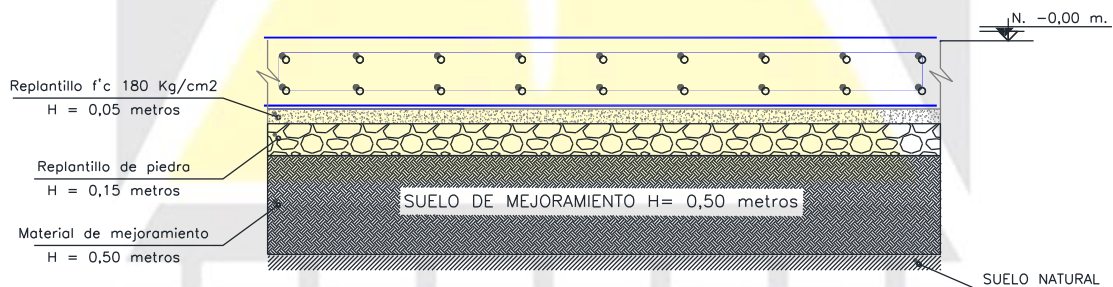


DETALLE ESQUEMÁTICO DE CIMENTACIÓN EN CORTE  
LOSA DE CIMENTACIÓN O PLATAFORMA DE HORMIGÓN  
SUBESTACIÓN NORTE



TIPO DE ESTRATO = ARENA ARCILLOSA CON GRAVAS (SC)  
PROFUNDIDAD DE DESPLANTE ( $D_f$ ) = 0,50 m.  
ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA ( $\phi'$ ) = 20.28°  
COHESIÓN ( $c'$ ) = 1,00 Tn/m<sup>2</sup>  
Q Admisible ( $Q_{adm}$ ) = 5,90 Tn/m<sup>2</sup>

DETALLE ESQUEMÁTICO DE CIMENTACIÓN EN CORTE  
LOSA DE CIMENTACIÓN O PLATAFORMA DE HORMIGÓN  
SUBESTACIÓN CATAMAYO



TIPO DE ESTRATO = ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD (CH)  
PROFUNDIDAD DE DESPLANTE ( $D_f$ ) = 0,50 m.  
ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA ( $\phi'$ ) = 20.28°  
COHESIÓN ( $c'$ ) = 1,00 Tn/m<sup>2</sup>  
Q Admisible ( $Q_{adm}$ ) = 6,18 Tn/m<sup>2</sup>

Mediante este reemplazo de suelo bajo las estructuras de cimentación y considerando las condiciones más críticas de las zonas de estudio se determina la resistencia del suelo y sus propiedades que serán utilizadas en el diseño estructural.



## 10.1.- DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL CON CAMBIO DE ESTRATO

Mediante este reemplazo de suelo bajo las estructuras de cimentación tenemos:

### CAPACIDAD DE CARGA DISEÑO ESTRUCTURAL SUBESTACIÓN NORTE

$$Q_{\text{ultimo}} = 25,05 \text{ Tn/m}^2 = 2,505 \text{ Kg/cm}^2$$

$$Q_{\text{admisible}} = 8,35 \text{ Tn/m}^2 = 0,835 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Ángulo de fricción interna} = 33,16^\circ \text{ (Mejoramiento)}$$

$$\text{Factor de Seguridad} = 3,00$$

$$\text{Densidad} = 1,967 \text{ g/cm}^3 \text{ (Mejoramiento)}$$

**NOTA: CAPACIDAD DE CARGA CON 50,00 CENTÍMETROS DE MATERIAL DE MEJORAMIENTO**

### CAPACIDAD DE CARGA DISEÑO ESTRUCTURAL SUBESTACIÓN CATAMAYO

$$Q_{\text{ultimo}} = 24,84 \text{ Tn/m}^2 = 2,484 \text{ Kg/cm}^2$$

$$Q_{\text{admisible}} = 8,28 \text{ Tn/m}^2 = 0,828 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Ángulo de fricción interna} = 33,16^\circ \text{ (Mejoramiento)}$$

$$\text{Factor de Seguridad} = 3,00$$

$$\text{Densidad} = 1,967 \text{ g/cm}^3 \text{ (Mejoramiento)}$$

**NOTA: CAPACIDAD DE CARGA CON 50,00 CENTÍMETROS DE MATERIAL DE MEJORAMIENTO**



## 11.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Las diferentes áreas de estudio del presente proyecto se encuentran ubicadas:
  - **SUBESTACIÓN NORTE**, ubicada al noroeste de la ciudad de Loja, parroquia Carigán, Cantón Loja, Provincia de Loja.
  - **SUBESTACIÓN CATAMAYO**, ubicada al noroeste de la ciudad de Catamayo, parroquia Catamayo, Cantón Catamayo, Provincia de Loja.
2. Las unidades estratigráficas presentes en las zonas de estudio están muy bien definidas así tenemos que:
  - En la **SUBESTACION NORTE**, La unidad de arenas arcillosas abarca toda el área de estudio y está compuesta por depósitos de arenas arcillosas de grano grueso, de color café, horizontalmente estratificados. La superficie del terreno es regular, por lo tanto, no existen taludes, ni afloramientos. El terreno actualmente se encuentra con baja cobertura vegetal, las cuales serán removidas en el momento de la construcción de la estructura. Actualmente la zona a construir, no soporta carga estructural, sin embargo, es aledaña al patio de transformadores actual en la subestación Norte.
  - En la **SUBESTACION NORTE**, La unidad de arcilla de alta plasticidad abarca toda el área de estudio y está compuesta por depósitos de arcillas de alta plasticidad con presencia de areniscas, de color café, horizontalmente estratificados. La superficie del terreno es regular, por lo tanto, no existen taludes, ni afloramientos. El terreno actualmente se encuentra con baja cobertura vegetal, las cuales serán removidas en el momento de la construcción de la estructura. Actualmente la zona a construir, no soporta carga estructural, sin embargo, es aledaña al patio de transformadores actual en la subestación Catamayo.



3. Dentro de las áreas de estudio no se ha identificado ningún tipo de deslizamientos o movimientos de suelo por lo tanto no existen fallas geológicas y/o movimientos de masas de suelo.
4. De acuerdo al mapa de zonas sísmicas, la ciudad de Catamayo y Loja se encuentra ubicada en zona sísmica II y le corresponde un factor Z de zona sísmica igual a 0,25.
5. Para el área de estudio se ha definido un Perfil de Suelo Tipo “D” para el diseño sísmico. Sin embargo, esta clasificación queda abierta al criterio del ingeniero estructural.
6. Para las áreas de estudio se ha determinado el *Tipo de perfil de suelo* para el diseño sísmico y los *Coeficientes de perfil de suelo*  $F_a$ ,  $F_d$  y  $F_s$ ; sin embargo, la clasificación queda abierta al criterio del ingeniero estructural para lo cual debe considerar la zona sísmica y el factor Z. Los valores asignados en las zonas de evaluación son los siguientes:

PROVINCIA	CANTÓN	SECTOR	Nº DE SONDEO	TIPO DE PERFIL DE SUELO	$F_a$	$F_d$	$F_s$
LOJA	LOJA	SUBESTACIÓN NORTE	SPT Nº 1	D	1,40	1,45	1,06
	CATAMAYO	SUBESTACIÓN CATAMAYO	SPT Nº 2	E	1,40	1,75	1,60

7. De acuerdo al perfil estratigráfico obtenido mediante el ensayo de penetración estándar en cada zona, se observa que el suelo está compuesto por:
  - a. En la calicata Nº1 – **SUBESTACIÓN NORTE**, se determinó un solo tipo de estrato que corresponde a una arena arcillosa, del tipo “SC”, de color café, desde 0.00 metros hasta 6.00 metros de profundidad. Durante la exploración de esta calicata no se encuentra nivel freático ni filtraciones y/o escorrentías subterráneas.



- b. En la calicata N°2 – **SUBESTACIÓN CATAMAYO**, se determinó un solo tipo de estrato que corresponde a una arcilla de lata plasticidad, del tipo “CH”, de color café, desde 0.00 metros hasta 6.00 metros de profundidad. Durante la exploración de esta calicata no se encuentra nivel freático ni filtraciones y /o escorrentías subterráneas.
8. El Factor de seguridad no podrá ser menor a “3” debido al tipo de material presente en el terreno en el cual se va a cimentar y a la importancia de la obra a cimentar.
9. Para el análisis de la capacidad de carga se ha tomado en consideración la condición más crítica en cuanto a la consistencia del subsuelo y la posibilidad de falla de tipo local; los cálculos se realizaron de acuerdo a la teoría de Terzaghi. Utilizando la información arrojada por los ensayos de clasificación, por el ensayo de penetración estándar “SPT” y considerando la condición más crítica de la calicata realizada en el área de estudio, el valor de capacidad de carga para el diseño estructural será el siguiente:

## CAPACIDAD DE CARGA DISEÑO ESTRUCTURAL SUBESTACIÓN NORTE

$$Q_{\text{ultimo}} = 25,05 \text{ Tn/m}^2 = 2,505 \text{ Kg/cm}^2$$

$$Q_{\text{admisible}} = 8,35 \text{ Tn/m}^2 = 0,835 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Ángulo de fricción interna} = 33,16^\circ \text{ (Mejoramiento)}$$

$$\text{Factor de Seguridad} = 3,00$$

$$\text{Densidad} = 1,967 \text{ g/cm}^3 \text{ (Mejoramiento)}$$

**NOTA: CAPACIDAD DE CARGA CON 50,00 CENTÍMETROS DE MATERIAL  
DE MEJORAMIENTO**





## CAPACIDAD DE CARGA DISEÑO ESTRUCTURAL SUBESTACIÓN CATAMAYO

$$Q_{\text{ultimo}} = 24,84 \text{ Tn/m}^2 = 2,484 \text{ Kg/cm}^2$$

$$Q_{\text{admisible}} = 8,28 \text{ Tn/m}^2 = 0,828 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Ángulo de fricción interna} = 33,16^\circ \text{ (Mejoramiento)}$$

$$\text{Factor de Seguridad} = 3,00$$

$$\text{Densidad} = 1,967 \text{ g/cm}^3 \text{ (Mejoramiento)}$$

### NOTA: CAPACIDAD DE CARGA CON 50,00 CENTÍMETROS DE MATERIAL DE MEJORAMIENTO

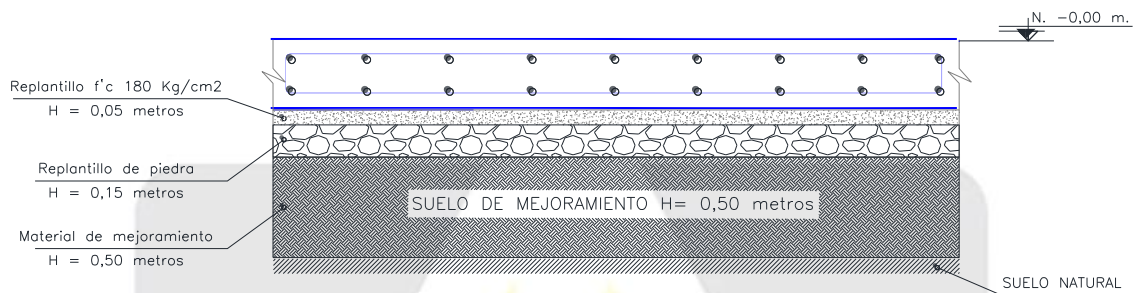
10. El desplante de la cimentación *se encuentra condiciones aceptables para el desplante de la cimentación de la edificación a partir de 0,50 metros*, medidos desde el nivel +0,00 de la cota de cimentación o plataforma.
11. La cimentación para la vivienda se puede realizar:

DESCRIPCIÓN	TIPO DE CIMENTACIÓN	ANCHO MINIMO = $B$	PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN	ESPESOR DE MEJORAMIENTO DE SUELO (cm)
SUBESTACIÓN NORTE	LOSA DE CIMENTACIÓN	DEFINIDO POR EL ESTRUCTURAL	0,50 METROS DESDE EL NIVEL 0+000 DE LA CIMENTACION O PLATAFORMA	50,00 cm. de material de mejoramiento debidamente compactado
SUBESTACIÓN CATAMAYO	LOSA DE CIMENTACIÓN	DEFINIDO POR EL ESTRUCTURAL	0,50 METROS DESDE EL NIVEL 0+000 DE LA CIMENTACION O PLATAFORMA	50,00 cm. de material de mejoramiento debidamente compactado

A continuación, se detalla el esquema de construcción:

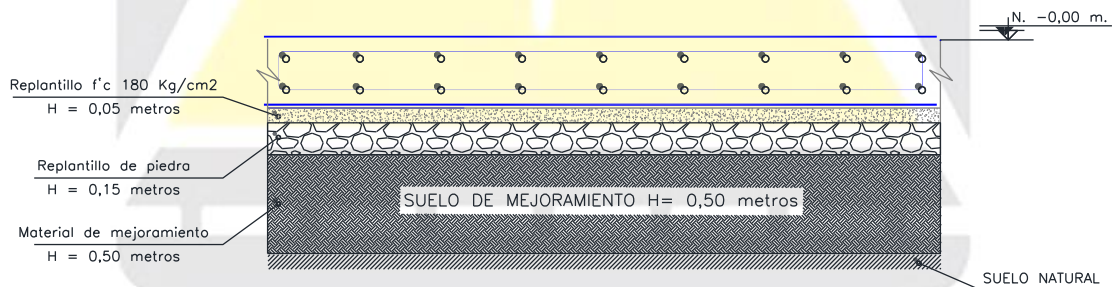


DETALLE ESQUEMÁTICO DE CIMENTACIÓN EN CORTE  
LOSA DE CIMENTACIÓN O PLATAFORMA DE HORMIGÓN  
SUBESTACIÓN NORTE



TIPO DE ESTRATO = ARENA ARCILLOSA CON GRAVAS (SC)  
PROFUNDIDAD DE DESPLANTE ( $D_f$ ) = 0,50 m.  
ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA ( $\phi'$ ) = 20.28°  
COHESIÓN ( $c'$ ) = 1,00 Tn/m<sup>2</sup>  
Q Admisible ( $Q_{adm}$ ) = 5,90 Tn/m<sup>2</sup>

DETALLE ESQUEMÁTICO DE CIMENTACIÓN EN CORTE  
LOSA DE CIMENTACIÓN O PLATAFORMA DE HORMIGÓN  
SUBESTACIÓN CATAMAYO



TIPO DE ESTRATO = ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD (CH)  
PROFUNDIDAD DE DESPLANTE ( $D_f$ ) = 0,50 m.  
ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA ( $\phi'$ ) = 20.28°  
COHESIÓN ( $c'$ ) = 1,00 Tn/m<sup>2</sup>  
Q Admisible ( $Q_{adm}$ ) = 6,18 Tn/m<sup>2</sup>

12. El material de mejoramiento tiene que ser granular no plástico o plasticidades menores al 9%, cumpliendo con las Especificaciones Generales para la construcción de caminos y puentes MTOP-001-F-2002; colocado bajo la estructura de cimentación, debidamente compactado y del espesor especificado anteriormente.



13. Se ha calculado el **Módulo de Balasto (K)** para el tipo de suelo encontrado en cada una de las áreas de estudio cuyos valores se detallan en la siguiente tabla:

PROVINCIA	CANTÓN	Nº DE SONDEO	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	MÓDULO DE BALASTO (K)
LOJA	LOJA	SPT Nº 1	Arena arcillosa con grava	5,50
	CATAMAYO	SPT Nº 2	Arcilla de alta plasticidad arenosa	1,40

14. Se debe conducir adecuadamente las instalaciones hidrosanitarias a fin de eliminar la posibilidad de saturación del suelo como consecuencia de fugas o descargas de agua, con lo cual lógicamente disminuirá la capacidad de soporte del suelo al saturarlo.
15. En la zona de estudio se puede realizar la construcción del proyecto “ESTUDIOS DISEÑOS PARA LA AMPLIACIÓN DE LAS SUBESTACIONES NORTE Y CATAMAYO”, considerando todas las recomendaciones y parámetros geotécnicos determinados en este estudio.

Atentamente:

Ing. Ramiro Jiménez Vega  
RESPONSABLE GEOTÉCNICO  
RUC: 110358653001  
CÓDIGO: 1031-06-716706



**GEOCONS<sub>TRUYE</sub> CIA. LTDA.**

**GEOTECNIA – CONSULTORA & CONSTRUCTORA**

## **12.- ANEXO FOTOGRÁFICO**





# GEOCONS<sub>TRUYE</sub> CIA. LTDA.

GEOTECNIA – CONSULTORA & CONSTRUCTORA

## ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR – SUBESTACIÓN NORTE



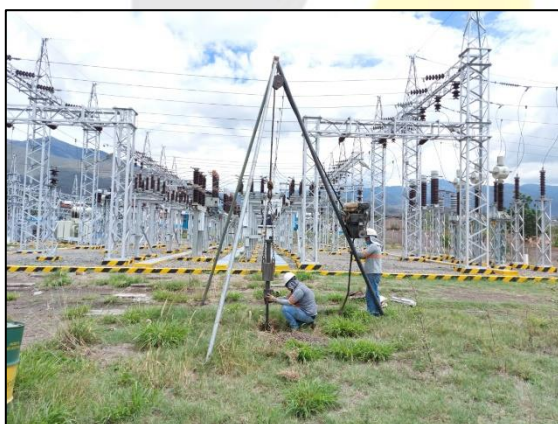




# GEOCONS<sub>TRUYE</sub> CIA. LTDA.

GEOTECNIA – CONSULTORA & CONSTRUCTORA

## ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR – SUBESTACIÓN CATAMAYO







**GEOCONS<sub>TRUYE</sub> CIA. LTDA.**

**GEOTECNIA – CONSULTORA & CONSTRUCTORA**

## **13.- ENSAYOS DE LABORATORIO**