

AÑO 2022 - 2023

**“ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS PARA
LA CONSTRUCCION DE UN PUENTE
PEATONAL SOBRE EL RIO CHIMBO, EN
LOS SECTORES CONE – CHOBO EN LOS
CANTONES YAGUACHI Y MILAGRO DE LA
PROVINCIA DEL GUAYAS”**

Informe Geotécnico

Elaborado Por:

Ing. Jacinto Rivera A.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	4
2. GENERALIDAD DEL PROYECTO	4
3. DESCRIPCIÓN DE PROYECTO	4
4. CONDICIONES DEL ÁREA EN ESTUDIO	5
5. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	5
6. DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA DEL SITIO DE IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO ..	6
6.1. Geología Local	6
6.2. Geomorfología	6
7. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS PARA ANÁLISIS DE PELIGRO SÍSMICO Y DISEÑO SISMO – RESISTENTE.....	7
8. SINTESIS DE METODOLOGÍA APLICADA	9
9. CIMENTACIÓN	12
10. ESTABILIDAD DE TALUDES	17
11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	19
Bibliografía:	20

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de Perforaciones.....	6
Figura 2. Topografía del área de Implantación del Puente	5
Figura 3. Localización del Proyecto.....	7
Figura 4. Riesgo Sísmico	7
Figura 5. Distribucion de Columnas de hormigon fluido	15
Figura 6. Perfil de Socavación	16
Figura 7. Diseño del Talud	18
Figura 8. Proteccion del Talud	19

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas del Proyecto	5
Tabla 2. Formación geológica de la Parroquia Rural	6
Tabla 3. Factores Z para las Zonas Sísmicas de la Región Ecuatoriana.....	8
Tabla 4. Propiedades comunes de los suelos no cohesivos.....	17
Tabla 5. Factores de Seguridad	18

1. INTRODUCCIÓN

Observando el creciente desarrollo de proyectos que permitan un mejoramiento, optimización y solución a problemas de impacto vial y ambiental para urbes y poblaciones en la Provincia del Guayas, es imprescindible considerar que es importante fomentar los procesos que permitan este tipo de actividades para todo tipo de infraestructuras o construcciones, que actualmente presentan ciertas condiciones por las cuales se requiere la materialización de este proyecto como amplitud y cobertura.

Asimismo, el propósito de mejorar la calidad del servicio, seguridad y movilidad de personas hacia otros centros poblados de interés, garantizando bienestar y firmeza en cuanto a este proyecto.

Para este caso se pretende realizar los estudios de un Puente Peatonal, sobre el Río Chimbo, en la parroquia Cone del cantón Yaguachi que unirá este poblado con el recinto Paraíso de Chobo en el cantón Milagro, que beneficiará aproximadamente a 17378 personas.

Por otra parte, este crecimiento y ascenso de este tipo de proyectos va tomando forma a mediano plazo, fomentando el desarrollo productivo, agrícola y ganadero del cantón y de la provincia, por tal motivo se ha considerado como prioritaria su ejecución.

2. GENERALIDAD DEL PROYECTO

La construcción de este puente beneficiará aproximadamente a 17378 personas, fomentando el desarrollo productivo en la zona, por tal motivo se considera como prioritaria su ejecución.

3. DESCRIPCIÓN DE PROYECTO

El presente estudio geotécnico, se apoyó en Pruebas y Ensayos de Laboratorio de suelos, las cuales fueron realizadas a las muestras del material tomadas en Cuatro (4) Perforaciones realizadas en área actual de puente existente, hasta una profundidad de Veinte y cinco (25.0) y seis (6) metros en el margen derecho e izquierdo del río.

Se programaron realizar 4 perforaciones para poder realizar los estudios preliminares y de esta manera realizar el estudio definitivo de la mejor alternativa seleccionada del puente.

PERFORACION	COORDENADAS
P-1	650472;9760412
P-2	650472;9760398
P-3	650515;9760458
P-4	650515;9760455



Figura 1. Ubicación de Perforaciones

4. CONDICIONES DEL ÁREA EN ESTUDIO

Se presenta una Topografía regular, con leves ondulaciones, denotándose curvas de nivel parejas.

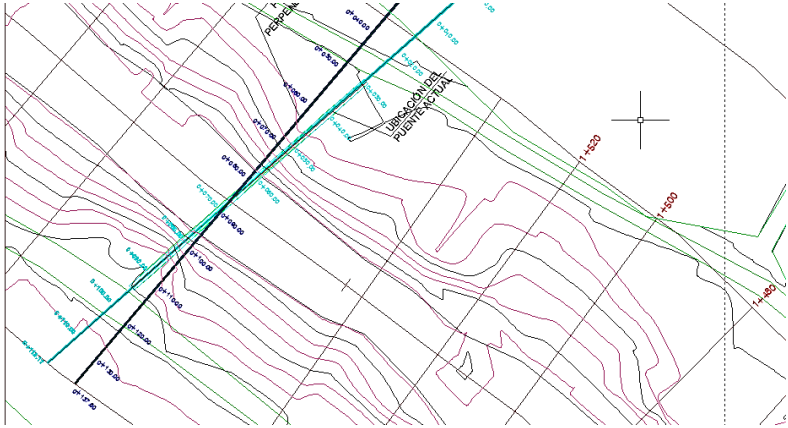


Figura 2. Topografía del área de Implantación del Puente

5. LOCALIZACION DEL PROYECTO

Tabla 1. Coordenadas del Proyecto

COORDENADAS UTM DATUM WGS 84 UN PUENTE PEATONAL SOBRE EL RÍO CHIMBO		
Inicio:	650,470.59 E	9,760,406.65 N

Final:	650,494.50 E	9,760,449.92 N
---------------	--------------	----------------



Figura 3. Localización del Proyecto

6. DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA DEL SITIO DE IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO

La principal formación geológica presente en parroquia rural de Yaguachi Viejo “Cone” es la Formación Depósitos Aluviales.

Tabla 2. Formación geológica de la Parroquia Rural

Tabla T. Descripción de Unidad geomorfológicas				
Unidad geomorfológicas	Formación	Geología Origen	Periodo	Ha.
Llanura Aluvial Reciente	Depósitos aluviales de textura variable (arcilla, limos y arenas no consolidados)	Deposicional	cuaternario	100 %,
Fuente: CLIRSEN. Elaboración: Equipo Técnico Consultor.				

La Formación de Depósitos Aluviales ocupa la mayor parte del territorio con un 100%, ligada a la presencia de relieves de origen deposicional, en donde la litología se compone de material textura variable (arcillas, limos y arenas no consolidados).

6.1. Geología Local

El puente se encuentra ubicado sobre Terrazas y Depósitos Aluviales del Pleistoceno y Holoceno del Cuaternario, y sus márgenes están constituidos por materiales aluviales que conforman terrazas indiferenciadas.

6.2. Geomorfología

La parroquia rural de Yaguachi Viejo “Cone”, presenta relieve de origen deposicional, perteneciente a la unidad geomorfológica de la Llanura Aluvial

Reciente. Esta unidad territorial presenta características planas, con pendientes que oscilan entre 0 al 5% y desniveles relativos de un máximo de 5 m. Por la forma de su superficie se identifican su morfología: Cauce Abandonado, Dique o Banco Aluvial, Nivel ligeramente ondulado y Nivel ondulado con presencia de agua.

7. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS PARA ANÁLISIS DE PELIGRO SÍSMICO Y DISEÑO SISMO – RESISTENTE

De conformidad a la NEC 2015, NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN 2015, Capítulo 2: Peligro Sísmico, Espectros de Diseño y Requisitos de Cálculo para Diseño Sismo-Resistente, los parámetros a emplearse para definir el tipo de perfil de suelo que intervienen en el análisis sísmico corresponden a los 30 m. superiores y son:

- (a) Velocidad media de la onda de corte V_s , determinada por Sísmica de Refracción
- (b) N60: Número de golpes corregido derivado del NSPT para el 60% de la energía teórica, tomado de las perforaciones efectuadas como el registro modificado por las anomalías de maniobras, de conformidad al criterio de Liao -Whitman
- (c) Parámetros geomecánicas específicos del suelo, como “ S_u ”, IP y W para suelos cohesivos y NSPT promedio en suelos granulares.

Según este criterio y a la existencia predominante de un tipo de suelos, se define el Perfil Geotécnico o Tipo de Perfil de Suelo de cada sitio (Tabla 2.4 NEC 2015).

Siguiendo este contexto, se definen los Coeficientes de Amplificación Dinámica del Perfil de Suelo, que se basan en estudios de Seed (1997 y 2001), Tena-Colunga (2009), Huang y otros (2010), Vera X. (2011) y Boulanger (2014):

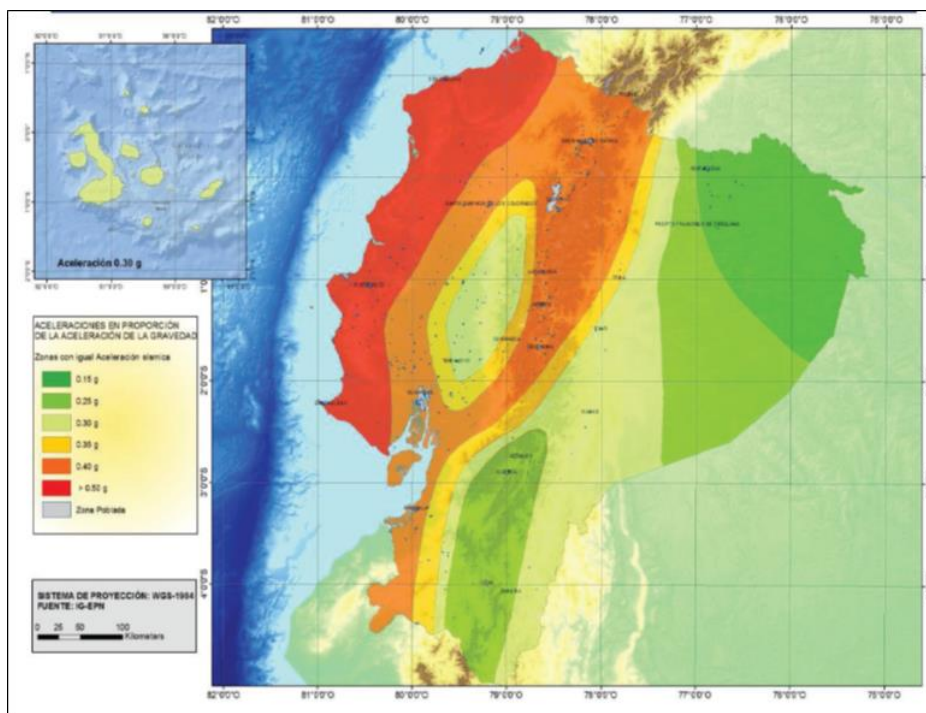


Figura 4. Riesgo Sísmico

Fa = Coeficiente que amplifica las ordenadas del espectro de respuesta elástico de aceleraciones para diseño en roca, tomando en cuenta los efectos de sitio, según Tabla 2.5 de la Norma NEC-2015, Capítulo 2, para suelos tipo E y Zona Sísmica V

Fd = Coeficiente que amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio para suelos tipo E y Zona Sísmica V. (Tabla 2.6 de la Norma NEC-2015, Capítulo 2)

Fs = Coeficiente que considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del periodo del sitio dependiente de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y de los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos. (Tabla 2.7 de la Norma NEC-2015, Capítulo 2),

η = Relación de amplificación espectral para las provincias de la costa.

Considera la NEC 2015 que el periodo de retorno del sismo de diseño es de 475 años. En base de estos parámetros, se determina el Espectro Sísmico Elástico de Aceleraciones que representa el sismo de diseño, según tabla anexa y gráfico:

Tabla 3. Factores Z para las Zonas Sísmicas de la Región Ecuatoriana

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	0,3	0,35	0,4	$\geq 0,50$
Amenaza Sísmica	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

Considerando las curvas de peligro sísmico, especificado en el art. 10.4.2. del NEC-SE-DS, (Norma Ecuatoriana de la construcción NEC-2015), el valor de aceleración máxima esperada para sismos de 1000 años de período de retorno, con una probabilidad de excedencia del 7% en 75 años es $Z = 0.50$ de la aceleración de la gravedad.

Tipos de perfiles de suelos para el diseño sísmico

La NEC define seis tipos de perfil de suelo. Los parámetros utilizados en la Clasificación son los correspondientes a los 30 m superiores del perfil para los perfiles tipo A, B, C, D y E.

En el caso del presente estudio el Tipo de Perfil es E.

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > V_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > V_s \geq 360$ m/s
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50.0$ $S_u \geq 100$ KPa
D	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 cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} > S_u \geq 50$ kPa
E	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 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50$ kPa
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases:	
	F1 —Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.	
	F2 —Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H >3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).	
	F3 —Arcillas de muy alta plasticidad (H >7.5 m con índice de Plasticidad IP >75)	
	F4 —Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H >30m)	
	F5 —Suelos con contrastes de impedancia o ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.	
	F6 —Rellenos colocados sin control ingenieril.	

Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo

8. SINTESIS DE METODOLOGÍA APLICADA

El diseño de cimentaciones se inició primero con investigación geológica y luego Prospección Geotécnica de Campo y Laboratorio, descritas en el capítulo Geología. La selección del tipo y profundidad de sondeos se basa en la geología inicial y en la metodología requerida por las normas: AASHTO LRFD 2014 Bridge Design Specifications (capítulo 10: Foundations) y AASHTO 2002 (Capítulo 4.3.2, página 45).

Ing. Humberto Pendola P.

Se resume: (A) Selección de Parámetros Geo mecánicos para Diseño de la cimentación

Análisis de Cargas en la Cimentación. Corresponde al Ing. Diseñador Estructural

Ensayos y Análisis de Laboratorio

Una vez obtenidas las muestras In-Situ, manteniéndolas en estado inalterado, se realizaron los diferentes ensayos de laboratorio consistentes en determinar: Granulometrías, Límites de Atterberg (Líquido y Plástico), Densidades, Humedades, Clasificación de los suelos y Capacidad de Portante, utilizando formatos especializados para este tipo de pruebas y finalmente obtener ciertas recomendaciones para la cimentación.

Equipo de Penetración Standard (SPT)

Pesa: 64 kg

Cuchara: Partida de penetración Standard

Herramientas: Equipos de perforación

Las capacidades portantes obtenidas por este método son las siguientes:

SONDEO 1 MARGEN IZQUIERDO

SONDEO No.	PROFUNDIDAD (m)	SPT No. Golpes N
1	0,00 - 1,00	7
	1,50 - 2,00	56
	2,50 - 3,00	19
	3,50 - 4,00	21
	4,50 - 5,00	24
	5,50 - 6,50	21
	7,00 - 8,00	25
	8,50 - 9,50	27
	10,00 - 11,00	32
	11,50 - 12,00	46
	13,00 - 13,50	13
	14,50 - 15,00	12
	16,00 - 17,00	16
	17,50 - 18,00	15
	19,00 - 20,00	17
	20,50 - 21,00	24
	22,00 - 23,00	33
	23,50 - 24,00	39
	24,50 - 25,00	77

No se detectó nivel freático en la perforación.

SONDEO 4 MARGEN DERECHO

SONDEO No.	PROFUNDIDAD (m)	SPT No. Golpes N
4	0,00 - 1,00	9
	1,50 - 2,00	13
	2,50 - 3,00	17
	3,50 - 4,00	23
	4,50 - 5,00	21
	5,50 - 6,50	20
	7,00 - 8,00	24
	8,50 - 9,50	26
	10,00 - 11,00	34
	11,50 - 12,00	40
	13,00 - 13,50	17
	14,50 - 15,00	11
	16,00 - 17,00	16
	17,50 - 18,00	18
	19,00 - 20,00	24
	20,50 - 21,00	28
	22,00 - 23,00	37
	23,50 - 24,00	48
	24,50 - 25,00	88

No se detectó nivel freático en la perforación.

SONDEO 2 MARGEN IZQUIERDO

SONDEO No.	PROFUNDIDAD (m)	SPT No. Golpes
1	0,00 - 1,00	9
	1,00 - 2,00	25
	2,00 - 3,00	16
	3,00 - 4,00	21
	4,00 - 5,00	27
	5,00 - 6,00	15

No se detectó nivel freático en la perforación.

SONDEO 3 MARGEN IZQUIERDO

SONDEO No.	PROFUNDIDAD (m)	SPT No. Golpes
1	0,00 - 1,00	9
	1,00 - 2,00	21
	2,00 - 3,00	12
	3,00 - 4,00	20
	4,00 - 5,00	25
	5,00 - 6,00	15

No se detectó nivel freático en la perforación.

9. CIMENTACIÓN

Con los resultados de los ensayos realizados que han sido correlacionados en los perfiles estratigráficos indicados en el anexo No 1, se puede concluir lo siguiente:

En el margen izquierdo hasta la profundidad estudiada, se estableció que existen cuatro (4) unidades estratigráficas:

- El estrato (ML) limo-arenoso, color marrón, de baja plasticidad de consistencia muy compacta de 4.0 m de espesor, $N=32$ de promedio y se plantea una capacidad de carga admisible mayor de 30 Ton/m².
- El estrato (SM) arena de grano medio con poca grava, color gris, no plástica de compacidad relativa media del 65%, $N=29$ de promedio y un módulo de Elasticidad (E) de 500 kg/cm² de 8 metros de espesor.
- El estrato (MH-OH) limos arcillosos gris verdoso de consistencia muy compacta, plástica con $N=17$ de promedio y se plantea una capacidad de carga admisible de >15 Ton/m², se presenta en esta unidad una intercalación de una arcilla con materia orgánica tipo OH de 1 metro de espesor de consistencia muy compacta. El espesor es de 7.0 m, y
- El estrato (CH-CL) arcilla de consistencia muy compacta, gris verdosa con presencia de limos arenosos de consistencia muy compacta de un espesor de 6 metros con $N=38$ de promedio, se plantea una capacidad de carga admisible de 20 Ton/m².

En el margen derecho hasta la profundidad estudiada, se estableció que existen cuatro (4) unidades estratigráficas:

- El estrato (ML) limo limo-arenoso, color marrón, de mediana plasticidad de consistencia compacta de 3.0 m de espesor, $N=13$ de promedio y se plantea una capacidad de carga admisible de 15 Ton/m².
- El estrato (SM) arena de grano medio con poca grava, color gris, no plástica de compacidad relativa media del 65%, $N=29$ de promedio y un módulo de Elasticidad (E) de 500 kg/cm² de 10 metros de espesor. Se presenta una intercalación de un limo arenoso (ML) de baja plasticidad de consistencia muy compacta de 1 metro de espesor $N=24$.
- El estrato (CH-OH) arcilla con materia orgánica gris de consistencia muy compacta, plástica de 6 m de espesor, $N=17$ como promedio y una capacidad de carga admisible >15 Ton/m², y
- El estrato (CH) arcilla plástica gris verdosa de consistencia dura de 6 metros de espesor con un $N=45$ de promedio y se plantea una capacidad de carga admisible de 40 Ton/m².

N	En arcillas		ϕ Ángulo de fricción interna	E kg/cm ²
	q_u kg/cm ²	Descripción		
< 2	< 0.25	Muy blanda	0°	3
2 — 4	0.25 — 0.50	Blanda	0 — 2	30
4 — 8	0.50 — 1.00	Media	2 — 4	45 — 90
8 — 15	1.00 — 2.00	Compacta	4 — 6	90 — 200
15 — 30	2.00 — 4.00	Muy compacta	6 — 12	> 200
> 30	> 4.00	Dura	> 14	

Correlaciones de Parámetros geotécnicos según RALPH BARZELTON PECK

N _{con}	En arenas		ϕ Ángulo de fricción interna	E kg/cm ²
	Descripción	Compacidad relativa		
0 — 4	Muy floja	0 — 15 %	28°	100
5 — 10	Floja	16 — 35 %	28 — 30	100 — 250
11 — 30	Media	36 — 65 %	30 — 36	250 — 500
31 — 50	Densa	66 — 85 %	36 — 41	500 — 1000
> 50	Muy densa	86 — 100 %	> 41	> 1000

Correlaciones para otros parámetros geotécnicos de las Arenas

Análisis de licuación

La licuación es el fenómeno mediante el cual un depósito de suelo sea este grava, arena o limo saturado, experimenta la pérdida de su resistencia efectiva al esfuerzo cortante debido al aumento de presión de poros, producto de la densificación que se genera entre sus partículas al estar sometidas a condiciones de carga monotónicas o cíclicas no drenadas.

Existen condiciones geológicas e hidrológicas particulares que permiten que un depósito determinado de suelo tenga susceptibilidad a la licuación. Principalmente, la licuación ocurre en depósitos recientes de arena y limo con altos niveles freáticos. Casos históricos de licuación han sido documentados en ciudades en que han ocurridos sismos, tales como; Adapazari en Turquía, Bahía de San Francisco en USA, Kobe en Japón, Bahía en Ecuador, y otros.

Los más susceptibles están constituidos por los depósitos del Holoceno (con una edad inferior a los 10.000 años), pero es muy poco probable, dependiendo del nivel del peligro sísmico, que se presente en depósitos de suelos de edad anterior a los del Pleistoceno. Los depósitos recientes ubicados en deltas de canales y ríos, llanuras de inundación y rellenos pobremente compactados (rellenos hidráulicos) son los más susceptibles a la licuación.

El terreno sobre el que se implantará la cimentación del puente está caracterizado geotécnicamente como una secuencia de depósitos constituidos por suelos finos tipo

limos – arenosos muy compactos y arenas limosas de compacidad relativa densa no plástica

El nivel freático considerado en este análisis el cual no se detectó a los 25 metros de profundidad desde nivel del terreno natural, comprobado en los sondeos, por lo tanto, la licuación no se daría por no tener un nivel freático alto.

Se recomienda para los estribos del puente peatonal, columnas de hormigón fluido como inclusiones rígidas que provocan una redistribución de las tensiones aplicadas y una concentración de éstas sobre las columnas. Así, se aumenta la rigidez del conjunto, disminuyendo los asentos y haciéndolos más uniformes, con el fin de mitigar el potencial de licuación, tal como se ilustra en la figura. Al implementar este tipo de densificación no se removerían los suelos propensos a licuación y se aseguraría el buen comportamiento de las deformaciones y para uniformizar la descarga de la cimentación por debajo del estribo.

La densificación del terreno mediante columnas de hormigón fluido es con el fin de precautelar la integridad de la Obra ante la posibilidad de que se presenten dos eventos a la vez, el uno sería una crecida del río y la otra un sismo en la zona. Además, durante el proceso constructivo no se realizaría una gran excavación para retirar el material de posible licuación.

El sistema consiste en realizar perforaciones con una barrenadora, accionada mecánicamente, de diámetro 15 cm, establecido de acuerdo con el análisis, y, se llevarán hasta el nivel en el cual, el desarrollo de la fricción lateral contrarreste las cargas de la cimentación.

En el interior de los agujeros, se coloca el hormigón fluido con una varilla de hierro de 20 mm de diámetro en ese proceso se produce un desplazamiento lateral del suelo circundante desarrollando un empuje pasivo que mejora la resistencia del suelo, constituyendo el conjunto “suelo-columna” un nuevo material, con características diferentes y mejoradas, en sus parámetros de resistencia al corte, cohesión y ángulo de fricción.

La columna se desarrollará desde el nivel de cimentación (cota 8,0 msnm), hasta la cota 0,00 msnm, apoyándose en el estrato de limo arenoso caracterizado con una resistencia a la penetración estándar con un número de golpes que varían desde 12 hasta 16 golpes.

Para nuestro caso usaremos una disposición regular en malla cuadrada, con una separación desde 1,50 m, por 1,50 m. Disponiéndose un sobreancho al desplante de la zapata (4.0x4.5m) y colocar los pilotines cada 1.50m por el bulbo de presiones del desplante de la zapata.

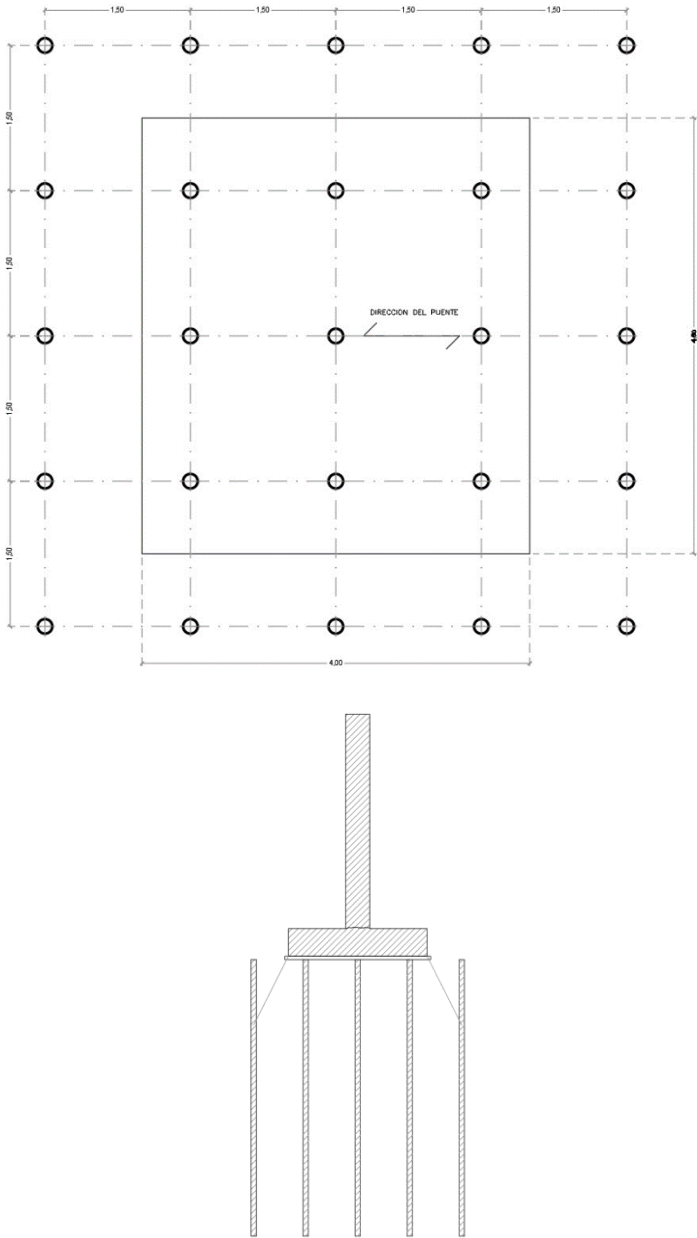
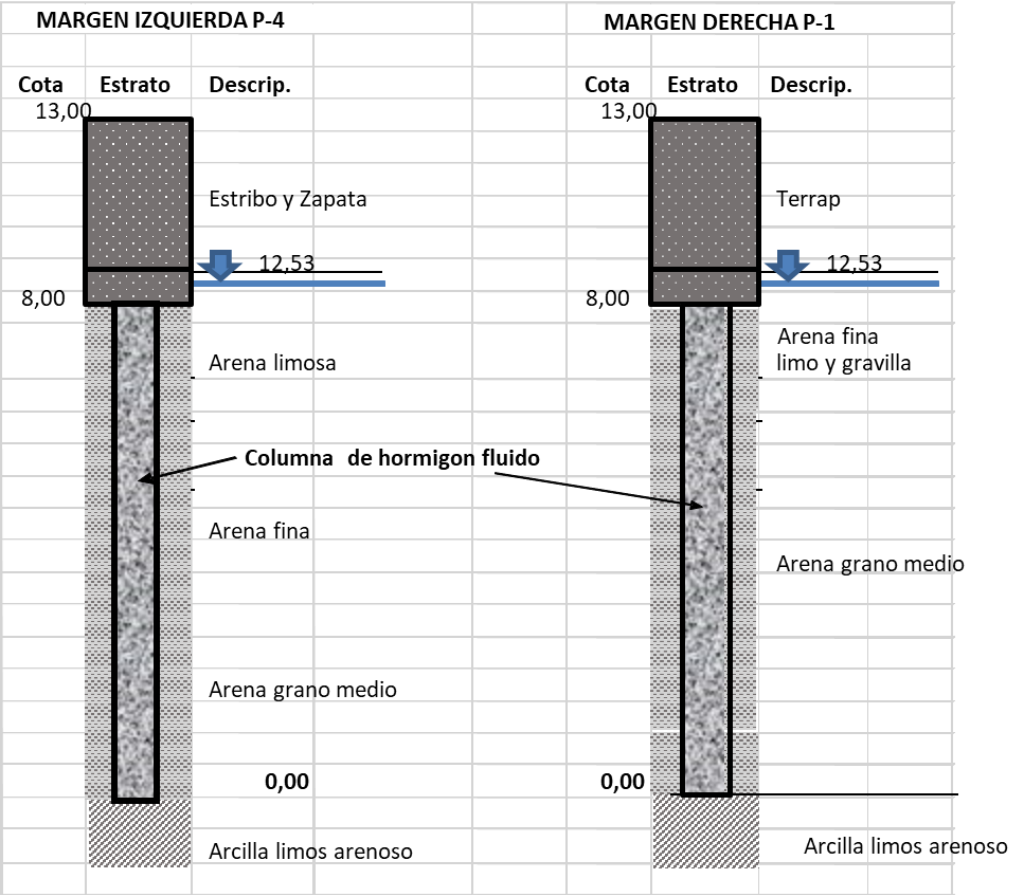


Figura 5. Distribución de Columnas



Para la definición de la cimentación de los estribos del puente, se ha contado con la información geotécnica, con la sección transversal y el perfil de socavación proporcionado por el Consultor Ing. Hidráulico Willy Gordon, el cual ha considerado un caudal de diseño de 100.7 m³/s correspondiente a un periodo de retorno de 100 años, habiendo obtenido los niveles de socavación detallados a continuación:

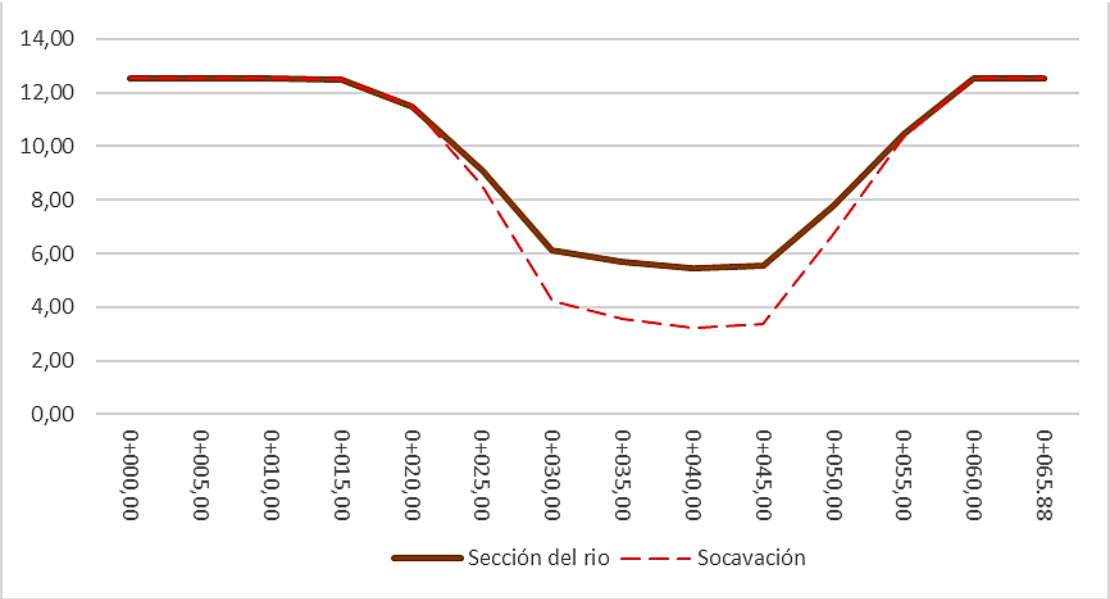


Figura 6. Perfil de Socavación

Para la definición del tipo de cimentación se ha tomado en consideración:

- Ubicación de los estribos respecto al perfil de socavación
- Estratigrafía de los suelos en las dos perforaciones

El perfil de socavación indica que llega hasta la cota -2.14 msnm.

10. ESTABILIDAD DE TALUDES

Es definido en función de las características mecánicas del material que será utilizado para la conformación de los terraplenes. En el caso presente los materiales son granulares constituidos por aluviales, tipo arenas limosas, cuya resistencia al corte se encuentra determinada por el ángulo de fricción del material (Φ).

Material	Compacidad	D_r (%)	N (1)	Densidad seca (2) γ_d (g/cm ³)	Índice de poros e	Ángulo de rozamiento interno
GW: Gravas bien graduadas, mezclas de grava y de arena	Densa	75	90	2,21	0,22	40
	Medianamente densa	50	55	2,08	0,28	36
	Suelta	25	< 28	1,97	0,36	32
GP: Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena	Densa	75	70	2,04	0,33	38
	Medianamente densa	50	50	1,92	0,39	35
	Suelta	25	< 20	1,83	0,47	32
SW: Arenas bien graduadas, arenas con grava	Densa	75	65	1,89	0,43	37
	Medianamente densa	50	35	1,79	0,49	34
	Suelta	25	< 15	1,70	0,57	30
SP: Arenas mal graduadas, arenas con grava	Densa	75	50	1,76	0,52	36
	Medianamente densa	50	30	1,67	0,60	33
	Suelta	25	< 10	1,59	0,65	29
SM: Arenas limosas	Densa	75	45	1,65	0,62	35
	Medianamente densa	50	25	1,55	0,74	32
	Suelta	25	< 8	1,49	0,80	29
ML: Limos inorgánicos, arenas muy finas	Densa	75	35	1,49	0,80	33
	Medianamente densa	50	20	1,41	0,90	31
	Suelta	25	< 4	1,35	1,00	27

Tabla 4. Propiedades comunes de los suelos no cohesivos

Tomando como referencia las propiedades de los suelos no cohesivos, indicados en la tabla V.6, Ref. Manual de Taludes, Cap. 5, "Caracterización geotécnica de los materiales", numeral 5.3.3.1, Instituto Tecnológico Geo minero de España, y, para un grado de compacidad medianamente densa a denso, los valores del ángulo de fricción que proporcionan la resistencia al corte se encuentran comprendidos entre 35° y 38°.

Para el caso de suelos granulares la estabilidad de los taludes está en función del ángulo de fricción, y, el factor de seguridad FS, está dado por la siguiente relación:

Donde: FS= Factor de seguridad.

Φ = ángulo de fricción del material.

β = inclinación del talud.

En el siguiente cuadro se muestran los factores de seguridad para el caso de inclinaciones 1,50 H: 1 V, y, 2,00 H: 1,00 V, para variaciones del ángulo de fricción entre 36° y 40°:

FACTORES DE SEGURIDAD		
Φ	β	FS
35	1,5 H:1,0 V	1,05
35	2,0 H: 1,0 V	1,40
38	1,5 H:1,0 V	1,17
38	2,0 H: 1,0 V	1,56

Tabla 5. Factores de Seguridad

De los valores indicados, puede deducirse que la inclinación de los taludes de relleno más conservador para el tipo de material que se utilizará para conformar los taludes es la correspondiente a 2,00 H: 1,00 V.

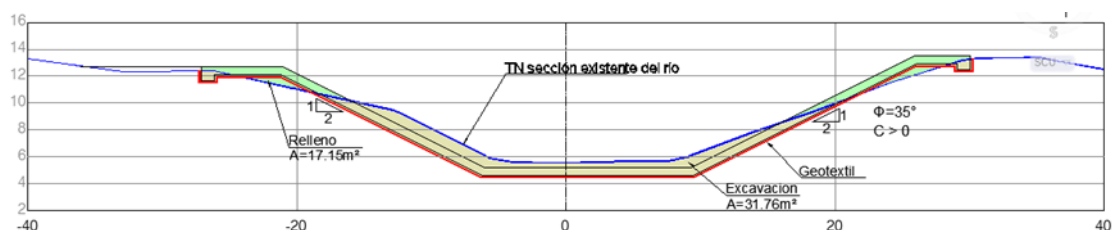


Figura 7. Diseño del Talud

PROTECCION DE LOS TALUDES

Para la protección de los taludes además de considerar las propiedades geomecánicas del suelo sea considerado la energía y la socavación general el Río Chimbo no ha sido modificada su sección, sin embargo, para el dimensionamiento de la protección se ha considerado una forma trapezoidal con un ancho de solera de 17 m y taludes 1:2.

Para determinar el espesor y la granulometría de los enrocados de protección se consideró la expresión recomendada por Maynard y publicada por el U.S. Army Corps of Engineers (USACE) as Engineering Manual No.1110-2-1601 (EM-1601) (USACE 1991).

Por efectos de la socavación que es grande tanto en la general como local se ha implementado una protección en el cauce en una longitud de 50.00 m aguas arriba y 100 m aguas abajo del eje del puente, el espesor del enrocado será de 0.60 m y se construirá un dentellón de 1.00 m de altura en el inicio y final del enrocado.

El enrocado se colocará en 2 capas con un tamaño máximo de 0.30 m y un tamaño mínimo de 0.20 m, en todo caso para mejorar su granulometría se estima que se debe realizar los ensayos de laboratorio correspondiente.

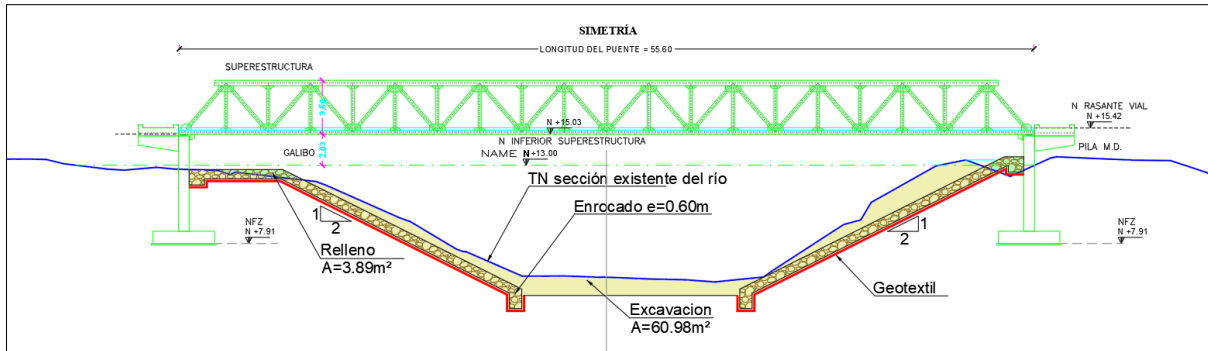


Figura 8. Detalle de protección

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Nivel de cimentación de la estructura se encontrará aproximadamente a la cota 2.00, en un estrato de Arcilla con limo arenoso de mediana plasticidad (ML); color gris; consistencia muy compacta., $\omega=36.9\%$, $LL=32.80\%$, $LP=22\%$, $IP=10.80\%$, $N_{60}=17$. Con una capacidad de carga admisible que se plantea es de 30 Ton/m². (Ralph Peck).

El nivel freático no se detectó a 25.0 m de profundidad, por lo tanto, en principio la licuación no se daría por no tener un alto nivel freático.

Se está recomendando la densificación del terreno mediante columnas de hormigón fluido, para evitar la posibilidad de una licuación de las arenas ante la probabilidad de que se presente dos eventos a la vez, crecida del río y un sismo.

Para la definición de la cota de cimentación se consideró lo siguiente:

- Las características y resistencia del estrato de apoyo.
- Característica de la estructura.

El tipo de Fundación recomendado es directa y debe ser de acuerdo con la Luz, Ancho y Alto de la estructura hidráulica los cuales debe ser objeto del cálculo estructural con base las normas sismo resistentes, teniendo en cuenta que se debe obtener un confinamiento del sistema y además para efectos de minimizar los asentamientos.

Las columnas de hormigón tendrían una longitud de 10 metros y estarán constituidas por hormigón de cemento Portland, $f'c=280$ kg/cm² y por una varilla de hierro de 20 mm de diámetro en el centro. El hormigón de cemento Portland deberá satisfacer las exigencias previstas en la Sección 801 del MTOP. La piedra para el hormigón deberá satisfacer las exigencias previstas en la Subsección 818-3 de las especificaciones del MTOP.

Se recomienda:

- La construcción de un replantillo de 7cm de espesor, de $f'c = 180$ kg/cm², previa la construcción de la cimentación del paso peatonal, con la finalidad

de uniformizar la superficie de cimentación y evitar cambios de humedad del material.

- Se recomienda tomar medidas hidráulicas de protección para modificar las líneas de corriente o resistir las fuerzas erosivas del flujo en un cauce construyendo una protección hidráulica a los Estribos del Puente.

Elaborado:	Revisado:	Aprobado:
Ing. Jacinto Rivera Allieri	Ing. Humberto Pendola P.	Ing. Melanie Álvarez A.
Técnico en Geología y Geotecnia	Director de Proyecto	Administradora del Contrato

Bibliografía:

1.- Juárez Badillo y Rico Rodríguez. Mecánica de Suelos (tomo I y II). Ed. Limusa – México 1985.

2.- J. Jiménez Solas. Geotecnia y Cimientos II. Ed. Rueda. Madrid. 1981.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

1.- Carl Terzaghi y Ralf Peck. Mecánica de Suelos en la Ingeniería práctica. Ed. Limusa – México 1987.

2. - Henri Cambefort. Geotecnia del Ingeniero. Ed. Editores Técnicos Asociados S.A. Barcelona. 1975.

3.- J. Bowles. Manual de Laboratorio de Suelos. Ed. UNI – Lima 1990. 4. - William Lambe. Mecánica de Suelos. Ed. Limusa – México 1997.

4.-Bridge Engineering Handbook (Wai-Fah Chen, Lian Duan, 1999)

ANEXO No. 1

Perforaciones P1, P2, P3 y P4

Código: CC/04-8		LABORATORIO - ENSAYOS DE SUELOS Y MATERIALES										Hoja 1/2	
asesoría y estudios técnicos c. lda.		HOJA ESTRATIGRAFICA Y RESULTADOS DE ENSAYOS											
Carchi # 1526 y Colón Telf: 04-2362003 - 04-2368125 - Fax 04-2194083 e-mail: aet@aet.com.ec aetconsultas@gmail.com		PROYECTO: PUENTE PEATONAL EN LA PARROQUIA CONE UBICACIÓN: CANTÓN YAGUACHI PERFORACIÓN N°: P-3 ORDENADO POR: Ing. Jacinto Rivera VERIFICADO POR: Ing. Humberto Pendola FECHA DE EMISIÓN: 29/11/2022 COORDINADOR: 25047259700412											
		SIMBOLOGIA											
		BELLENO											
		ARENAS-GRAVA											
		ARENA											
		ARCILLA											
		TIENNO											
		ARENA DENSA											

[illegible]

asesoria y estudios técnicos c. ltda.										Código: CC/04-8										LABORATORIO - ENSAYOS DE SUELOS Y MATERIALES										HOJA ESTRATIGRAFICA Y RESULTADOS DE ENSAYOS										PROYECTO: PUENTE PEATONAL EN LA PARROQUIA COME										CANTÓN YAGUACHI										PERFORACIÓN N°: 101										ORDENADO POR: Ing. Jacinto Rivera										VERIFICADO POR: Ing. Humberto Pendola										FECHA DE EMISIÓN: 5/12/2022										COORDENADAS: 250515-976435												Hoja 1/2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
asesoría y estudios técnicos c. ltda.										Carchi # 1526 y Colón										SIMBIOLOGIA										RELLENO										ARENAS GRAVA										ARENA										ARCILLA										LIMO										TIERRA										ARENA DENSA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Tel: 04-2342003 - 04-2346125 - Fax 04-2194083										e-mail: aet@aet.com.ec										COMPRESIVO SIMPLE										DEFORMACION UNIT.										NÚMERO DE GOLPES										Súper										TIPO SÍMBOL																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
aetconsul@outlook.com										DESCRIPCION DEL MATERIAL										MUESTRA										W										LL										LP										Y										QU										# 4										# 2000										N																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
ESTRATIGRAFIA										PROF.										#										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES										CONTENIDO DE HUMEDAD										NÚMERO DE GOLPES									

[illegible]

Código: CC/04-8		LABORATORIO - ENSAYOS DE SUELOS Y MATERIALES										Hoja 1/1	
asesoría y estudios técnicos c. ltda.		HOJA ESTRATIGRAFICA Y RESULTADOS DE ENSAYOS											
Carchi # 1526 y Colón		PROYECTO: PUENTE PEATONAL EN LA PARROQUIA CONE											
Tel: 04-2362003 - 04-2368125 - Fax 04-2194083		UBICACIÓN: CANTÓN YAGUACHI											
e-mail: aet@aet.com.ec		PERFORACIÓN N°: F-2											
aetconsultora@gmail.com		ORDENADO POR: Ing. Ricardo Rivera											
		VERIFICADO POR: Ing. Humberto Pendola											
		FECHA DE INICIO: 5/12/2022											
		COORDENADAS: 650472,9740398											

[illegible]