

17.2.2 Consideración de las Contramedidas para la Socavación

(1) Reordenación de Situación Actual

Dentro de treinta sitios seleccionados de prevención de desastres, once (11) sitios son de los puentes cuyas ubicaciones que se indica en la Figura 17.2.4. También se muestra la situación actual de cada puente en la Tabla 17.2.5. El resumen del resultado del estudio de cada puente se indica en el Apéndice-B1.

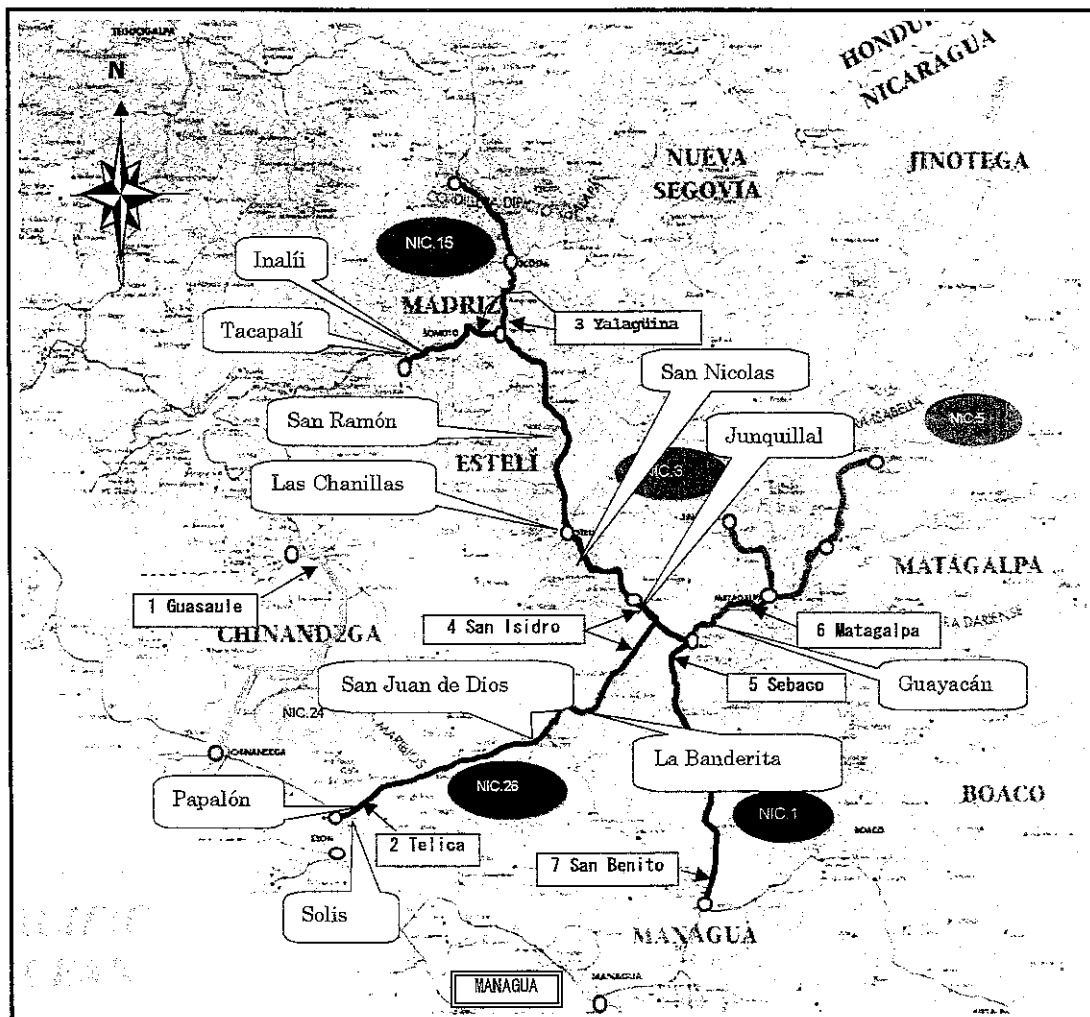


Figura 17.2.4 Sitios Preventivos de Desastres que Requieren las Contramedidas para la Socavación del Cimiento de Puente

Tabla 17.2.5 Condición Actual de los Puente Objeto del Estudio(1/2)







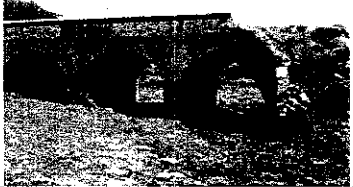
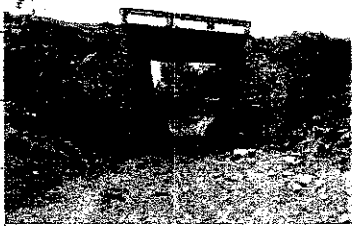

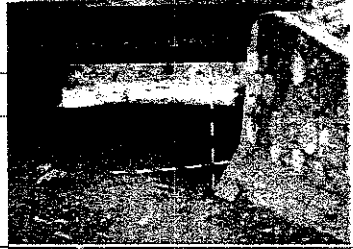

Nombre	Reflexión de Contramedidas	Foto
Puente Junquilla	<p>① En aguas arriba y abajo se extienden arrozales, y en período seco se encuentra agua alrededor del puente.</p> <p>② No se observó el flujo de aguas en el período lluvioso, pero hay grandes huellas de socavación al lado de aguas arriba.</p> <p>③ No se ha podido confirmar la profundidad, pero al juzgar por la dimensión de la huella de socavación de aguas arriba parece que tiene bastante profundidad.</p> <p>④ Se supone que haya sedimentación en el lado de aguas abajo.</p>	
Puente San Nicolás	<p>① Las protecciones delanteras del estribo y de las aguas arriba del lado de Managua fueron arrastradas. Se perdió el suelo atrás del estribo formando así un hueco detrás del mismo.</p> <p>② La socavación en el lecho no es tan grave.</p>	
Puente Las Chanillas	<p>① Alrededor del pilar se encuentra una gran huella de socavación.</p> <p>② El gradiente longitudinal se hace grande alrededor del puente, y el lecho se bajó por la socavación.</p> <p>③ No se observa anomalía alrededor del estribo.</p>	
Puente San Ramón	<p>① Frente al estribo del lado de partida existen restos de estribo del puente antiguo (5m de distancia), y el agua pasa entre ellos provocando la erosión en la parte delantera del estribo.</p> <p>② A causa de que se rellenan suelos entre el estribo del lado de partida y los restos del estribo del puente antiguo, el lecho de lecho se desvió hacia el lado de tránsito y provocó el desajuste entre la posición del puente y del río.</p> <p>③ El lecho alrededor del puente está muy accidentado, tanto que no se puede saber si fue producido por la intervención humana o por la corriente de agua. En el período seco, no se puede juzgar cuál dirección es aguas arriba.</p> <p>④ El gradiente del lecho donde siempre hay agua está excavado en el área del puente.</p>	
Puente Itahí	<p>① No se observa gran problema, pero el cauce se ha ensanchado a causa del Huracán Mitch.</p> <p>② El lecho se bajó alrededor del puente por la socavación.</p>	
Puente Tacapalí	<p>① La protección del estribo del lado de partida está bien dañada. (Fue reparada antes del período lluvioso)</p> <p>② El cause tiene una curva de 90 grados antes de llegar al puente, y se dejaron las huellas de socavación alrededor del estribo y pilar del lado de punto de partida. En el lado de término no hay sedimentación de suelos.</p> <p>③ La socavación alrededor del pilar del lado de punto de partida está limitada. El ancho es 4m, largo es 10m y profundidad es 1m.</p> <p>④ La socavación alrededor del pilar central no se puede medir exactamente por la existencia de aguas. El largo es 30m, ancho 15m y profundidad es entre 0.5 a 1m.</p>	

Tabla 17.2.5 Condición Actual de los Puentes Objeto del Estudio (2/2)

Nombre	Reflexión de Contramedidas	Foto
<p>Puente El Guayacán</p>	<p>① Es de estructura de arco y tiene gran razón de biqueo. ② El estribo del lado de término no está hundido por socavación, y el muro de alero está roto. ③ Hay desacuerdo entre la posición del puente y del cauce.</p>	
<p>Puente Solís</p>	<p>① Hay gran socavación y el lecho está 30-40cm más bajo que del pie del estribo. ② El lecho está bajo pero no sólo alrededor del puente sino que en todo el terreno que conforma el río. No observándose así una variación notable del gradiente cerca del puente. ③ El ancho del río alrededor del puente es más estrecho que el de aguas arriba y que el de abajo del río. No hay problemas con el nivel de agua alta, además de que hay espacio libre debajo de la viga debido a que existe una socavación. ④ El lecho está relativamente duro, pero está cubierto por una capa de suelo de grano fino de 10cm que será arrastrado fácilmente por las aguas. ⑤ La parte de atrás del muro alero está muy erosionada. ⑥ El gradiente es grande como en un 2%, y con poco caudal la velocidad es más alta ya que no hay materiales para impedir la corriente.</p>	
<p>Puente Papaón</p>	<p>① Hay gran socavación y el lecho está 30-40cm bajo que la pie del estribo. ② El lecho está bajo pero no sólo alrededor del puente sino que en todo el terreno que conforma el río. No observándose así una variación notable del gradiente cerca del puente. ③ El ancho del río alrededor del puente es más estrecho que el de aguas arriba y que el de abajo del río. No hay problemas con el nivel de agua alta, además de que hay espacio libre debajo de la viga debido a que existe una socavación. ④ El lecho está relativamente duro, pero está cubierto por una capa de suelo de grano fino de 10cm que será arrastrado fácilmente por las aguas. ⑤ La parte de atrás del muro alero está muy erosionada. ⑥ El gradiente es grande como en un 2%, y con poco caudal la velocidad es más alta ya que no hay materiales para impedir la corriente.</p>	
<p>Puente San Juan de Dios</p>	<p>① En la parte de aguas arriba del puente el río se divide en dos corrientes. Una de las corrientes de menor caudal que pasa al lado de Telica tiene problema de sedimentación entre pilares. El cauce está desviado hacia el lado del punto de término y se encuentra socavación del estribo. ② En alguna parte está socavado hacia la base del estribo.</p>	
<p>Puente La Banderita</p>	<p>① El pilar es de marco rígido, pero la socavación alrededor del pilar es pequeña. ② La base del estribo está situada a 3m de alto desde el lecho. Pero, por falta de espacio entre el pilar y el talud delantero del estribo (casi 2m) se encuentra el avance de erosión. ③ La base del estribo está situada encima de la toba meteorizada. La meteorización de la parte expuesta del estribo es grande.</p>	

17.3 Diseño Preliminar de Ingeniería de la Estabilidad del Talud

17.3.1 Método del Estudio de la Estabilidad del Talud a Base de la Características Geológicas del Sitio de Investigación

Se puede estimar que el talud de masa de roca del sitio de estudio fueron expuestos a la meteorización y la erosión en el estado de terrígeno a través de movimiento de corteza terrestre, metamorfismo y actividades volcánicas en el proceso de unos diez millones de años del tiempo geológico. Por lo tanto, se puede considerar que la fuerza de meteorización afectaba al talud de masa de roca durante mucho tiempo. Por esta razón, debe ser examinada la estabilidad del talud en el área de rocas sueltas con muchas fisonomías diferentes de meteorización. Aunque se observa la soltura basada en meteorización en cualquier sitio, la andesita en la cima de la meseta está más meteorizada convirtiéndose en bloques con las grietas expandidas y quedándose en el borde del talud natural como las grandes rocas sueltas y desprendidas. En algunos casos, las rocas caen en la carretera. Ya que estas topografías fueron formadas antes o en la época diluvial, se puede considerar que son los rastros de la meteorización durante el tiempo geológico de largo plazo. En Nicaragua, el corte del talud está ubicado generalmente en la pendiente erosionada o en las laderas de la colina de la meseta de lava de la era cuaternaria, pero en el terreno alto el corte se realiza en la superficie del estrato duro. Puesto que la meseta de lava es plana en donde existen las carreteras actuales, algunos terraplenes bajos están construidos en el estrato duro. Sin embargo, los taludes que se convirtieron en suelo fueron arrastrados y se llama Basura como tierra pelada.

Según lo que se dice, la roca dura de andesita será meteorizada con una velocidad de unos milímetros por mil años, se puede considerar que la meteorización debería alcanzar hasta 20 o 30 metros de profundidad por aritmética simple. Teniendo en cuenta de que la toba es más blanda que la andesita y está más meteorizada con profundidad, la capa meteorizada de la masa de roca que debe ser estudiada en un talud es la capa superficial de mayor meteorización. Además de la fuerza de meteorización desde la superficie al fondo, la alteración, como la alteración hidrotérmica, que afecta desde el fondo hacia la superficie, también contribuye a la degradación de masa de roca. El flujo hidrotermal no sólo representa la temperatura alta, sino también tiene una temperatura alta suficientemente para alterar las rocas. El método para indicar el nivel de la alteración hidrotermal en relación con química mineral todavía no está establecido.

En general, se puede considerar que la inestabilidad de los minerales primarios producida por alteración reduce la resistencia de la masa de roca, pero algunas rocas incrementan su resistencia a través de la formación de minerales alterados. Por ejemplo, la toba de A060 (24.7k) en NIC - 26 es compuesta y también descolorada en blanco debido a la alteración hidrotermal, pero se incrementó su resistencia más alto que la toba regular. Este fenómeno ocurre frecuentemente en NIC-26, mientras que la resistencia de toba disminuye debido a la

alteración hidrotermal (falla plus) como se puede observar en B140~A150 (34.0~34.2Kk). Esta tendencia se observa en los taludes de toba como E170(35,2k) o C160~C140(35.9~39.4k) del NIC-3. A base de estas observaciones, se muestra cómo determinar la gradiente del talud meteorizado y suelto por la altura y por el tipo de roca en el diagrama de flujo. (Figura 17.3.1)

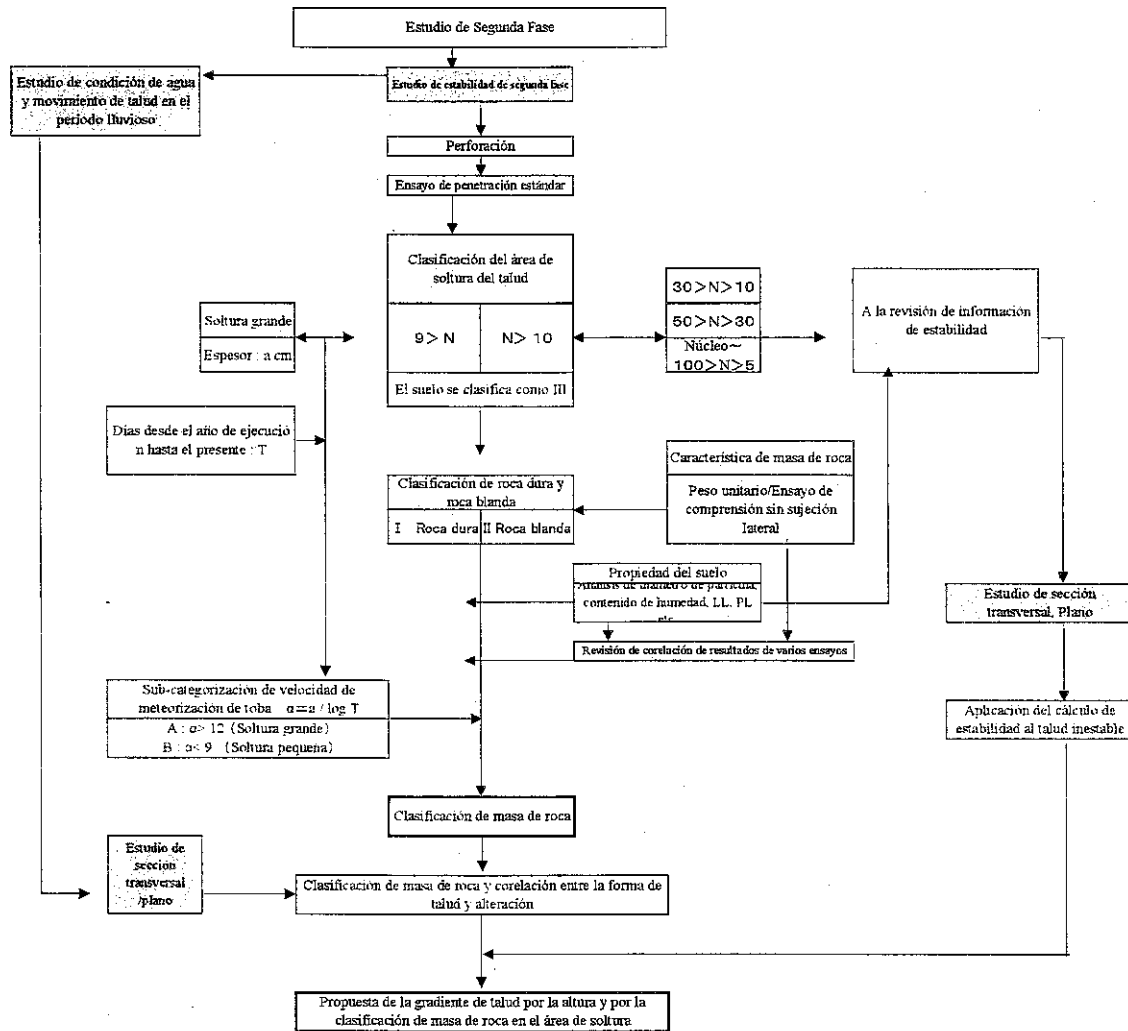


Figura 17.3.1 Método de Análisis de la Gradiente del Talud en el Área de Soltura de Masa de Roca

En cuanto a los términos usados para el análisis en esta sección como valor-N, características del suelo y de la masa de roca y la velocidad de meteorización se explicarán en la siguiente subsección.

17.3.2 Descripción de Datos Usados para el Análisis

1) Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

En el ensayo de penetración estándar, cuando un martillo de 140 ± 2 lb hace la caída libre desde la altura de 30 ± 1 in, el número requerido de martillazo para la penetración de 30 cm en el suelo después de martillar hasta que penetre 15 cm de profundidad como el ensayo previo se denomina de valor N. Un muestreador abierto de 50 mm del diámetro exterior y 80 cm de largo se utilizará en el ensayo. Se dice que una correlación existe entre el valor-N y la densidad relativa de arena como se muestra abajo. (Terzaghi - Peck)

valor-N	Densidad relativa
0~4	Muy suelta
4~10	Suelta
10~30	Media
30~50	Densa
Más de 50	Muy densa

En el estudio de segunda fase, a fin de revisar el área de soltura del talud, el estrato meteorizado de toba penetrable lo dividieron en cuatro niveles de acuerdo con la categoría arriba mostrada.

$9 > N$ (Cuando el número de martillazo para primeros 10 cm de penetración es < 3 , < 3 se triplicó. Cuando el valor-N es más de 10 cm, el mostrador de vez en cuando tropieza con las gravas y resulta el incremento repentino de valor-N. El valor puede retornar a cifra baja en el medio de valor-N. Por lo tanto, el suelo fue determinado como el estrato muy suelto que consiste en gravas finas,)

$30 > N > 10$

$50 > N > 30$

$N > 50 \sim 100$ (Hasta el núcleo)

El valor-N identificado fue determinado como el valor del área de soltura para cada talud. En cuanto a los resultados de éstos, se refiera a las tablas 17.3.2 (1) ~ (5), "Análisis de áreas de soltura".

La masa de roca está expuesta a la meteorización y puede ser afectada por varios factores interrelacionados tales como la excavación del talud, la distribución de tensión local, el proceso de alteración de masa de roca por traspaso del tiempo, las acciones físicas y químicas de agua, la alteración inducida por lluvia y temperatura con el paso del tiempo. Así que no es tan claro a cuál es el área de soltura al que pertenece al rango de colapso de deslizamiento. El área de $N < 9$ fue considerada para representar por lo menos un signo de soltura provocada por relajación de la tensión después del corte de talud. A base de éstos, se determinaron la velocidad de meteorización y de soltura después del corte para categorizar cada talud junto con la categorización de roca dura y blanda.

2) Ensayo de laboratorio

Los ensayos de laboratorio fueron realizados para los siguientes ítems. Los resultados respetados se describen en la siguiente tabla.

Tabla 17.3.1 Los Ítems y Resultados de Ensayos de Laboratorio

Ítems	
1. Ensayo de propiedad de suelo	Resultado del ensayo
Contenido de humedad	El contenido de humedad, normalmente, está tendido entre el límite líquido y plástico, pero el resultado del ensayo muestra que está debajo de un límite plástico y en una condición muy seca.
Peso específico	El peso específico de 2.2 ~ 2.6 es más bajo que el valor de 2.6 ~ 2.8 de ceniza volcánica normal. Aunque se convirtió en suelo, parece que tienen muchos vacíos como piedras pómez.
LL, LP	En general, consiste en suelo grueso como gravas y arena, y ambos presenta bajo contenido de humedad.
Análisis del diámetro de grano	Si el coeficiente de uniformidad, U_c , es más grande que 10, se dice que es suelo bien calificado. Sin embargo, de acuerdo con este estudio, U_c se desvía de 40 a 300, que muestra el amplio rango de la meteorización desde la fisilidad de la toba hasta la conversión a suelo.
2. Ensayo de propiedad de roca	Resultado del ensayo
Ensayo de compresión sin sujeción	Se dividió claramente en el grupo de menos de 100 kg / cm^2 y un demás de 100 kg / cm^2 en la resistencia a la compresión sin sujeción lateral. El anterior fue considerado como la roca blanda mientras el posterior como la roca dura. La Corporación Pública de Autopista del Japón también categoriza las rocas a base de 100 kg / cm^2 en la resistencia a la compresión. Además, de acuerdo con Stone Standards, las rocas duras y rocas blandas son clasificadas como $> 500 \text{ kg / cm}^2$ y $< 100 \text{ kg / cm}^2$, respectivamente. Las rocas de medio entre las dos son clasificadas como rocas semi-duras.
Ensayo de peso unitario	La mayoría de toba tiene aproximadamente 1.7 t / m^3 , mientras que la mayoría de andesita tiene 2.5 t / m^3 o más.

La lista de los resultados de ensayo del suelo y roca por ruta y por talud se muestra en la próxima página.

Tabla 17.3,2 (1) NIC-1 Resultado de Ensayos del Suelo y Roca

Núcl. (Km desde MTI)	No.	Perforación	Profundidad del ensayo de suelo (m)	Análisis del diámetro de grano			Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice plástico	Clasificación del suelo	Contenido de agua natural (%)	Peso específico	Peso unitario (g/cm³)	Ensayo de compresión sin sujeción lateral (Kg/cm²)	Notas	
				Grava (%)	Arena (%)	Suelo de grano fino (%)										
60.9	01A290	1	1.3m	50	34	16	53	36	17	GM	17.40	2.14	2.63(11.45~11.50)	45.0(14.6~14.7m)	Andesita	
			1.3m	0	28	72	46	30	16	ML	22.90	2.38	1.63(10.0~10.2m)	63.0(10.0~10.2m)	Toba	
			3.7m	12	39	49	65	43	22	SM	21.80	2.19	2.14(15.2~15.24m)	-	Andesita	
			1.2m	0	28	72	46	30	16	ML	23.00	2.24	1.39(6.14~6.35m)	-	Toba	
			2.2m	17	61	22	52	41	11	SM	-	2.24	1.85(14.6~14.7m)	31.0(6.2~6.3m)	Toba	
			4.5m	16	64	20	54	43	11	SM	-	-	Imposible	Imposible	Toba	
73.2	01A280	1	1.0m	Imposible			Imposible									
			14.2m	Imposible			Imposible									
			-	Imposible			Imposible									
			1.4m	Imposible			Imposible	21.75								
			1.0m	Imposible			Imposible									
			1.8m	40	37	23	50	28	22	GC	26.63	2.26	1.50(6.4~6.5m)	24.0(6.4~6.5m)	Toba	
168.4	01A240	1	4.1m	0	80	20	42	35	7	SM	15.0	2.24	1.50(15.0~15.2m)	49.0(15.0~15.2m)	Toba	
			1.0m	22	50	28	40	25	15	SC	-	2.36	1.57(3.5~3.7m)	36.0(3.5~3.6m)	Toba	
168.6	01B230	1	1.8m	0	70	30	39	23	16	SC	8.90	2.25	1.45(15.0~15.2m)	23.0(15.0~15.2m)	Toba	
			1.6m	33	33	34	52	32	20	SM	8.98	2.90	1.82(6.3~6.4m)	144.0(6.1~6.3m)	Toba	
171.3	01B170	1	6.4m	Imposible			Imposible									
			1.0m	21	54	25	47	29	18	SM	8.74	2.40	2.62(15.0~15.1m)	256(14.8~15.0m)	Andesita	
175.0	01B150	1	1.8m	39	47	3.5	35	26	9	SM	10.50	2.41	2.85(13.6~13.7m)	71.0(7.2~7.3m)	Tuff	
			2.7m	0	34	66	57	30	27	MH	5.76	2.35	2.09(11.1m)	222(13.55~13.77m)	Andesita	
176.0	01B120	1	8.3m	0	66	34	48	28	20	ML	4.65	2.23	2.14(14.0m)	86.0(14.0~14.1m)	Toba	
			1.3m	27	31	42	54	31	23	SM	22.19	2.46	2.17(3.7~3.8m)	-	Andesita	
178.7	01A110	1	3.8m	Imposible			Imposible									
			2.7m	31	52	17	22	16	6	SC-SM	21.0	2.32	2.60(14.2~15.0m)	732(14.0~15.0m)	Toba	
204.7	01B070	1	7.6m	Imposible			Imposible									
			1.8m	29	52	19	35	23	12	SC	18.1	2.56	2.72(7.5m~7.6m)	445(7.4~7.6m)	Andesita	
214.7	01A050	1	2.3m	Imposible			Imposible									
			1.8m	29	52	19	35	23	12	SC	19.0	2.61	2.60(14.6~14.7m)	354(14.6~14.8m)	Andesita	
												202(8.8~8.9m)	Toba compuesta			
												255(15.1~15.2m)	Toba compuesta			

Ejemplo: Profundidad de muestra (4.0m ~ 5.0m)

Imposible: La condición del núcleo es casi tipo de guijarro.

Tabla 17.3,2 (2) NIC-3 Resultado de Ensayos del Suelo y Roca

NIC-3 (Km) desde Sabaco	No.	Perforación	Profundidad (m) del ensayo de suelo	Análisis del diámetro de grano			Límite líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice plástico	Clasificación del suelo	Contenido de agua natural (%)	Peso específico	Peso unitario (g/cm³)	Ensayo de compresión sin sujeción lateral (kg/cm²)	Notas
				Grava (%)	Arena (%)	Suelo de grano fino (%)									
3.9	03B420	1	8.2m	0	36	64	65	35	30	MH	13.5	2.11	Imposible	Toba	
			11.0m	35	36	29	73	25	48	SC	17.6	2.18	1.86(12.2~12.3m) 51.0(12.2~12.3m)	Toba	
6.9	03B400	Perforación 1	-	Imposible			Imposible	Imposible	Imposible	Imposible	-	-	2.40(8.0~8.23m) 431(10.7~11.0m)	Andesita	
			1.0m	17	42	41	59	40	19	SM	16.47	-	1.68(4.9~5.3m) 97(4.9~5.3m)	Toba	
7.4	03B370	1	3.2m	22	24	54	50	37	13	MH	20.45	-	Imposible	Toba	
			2.9m	0	34	66	62	30	32	CH	24.24	2.66	Imposible	Toba	
22.1	03B320	1	5.6m	64	27	9	35	23	12	GW-GC	29.48	2.34	Imposible	Toba	
			15.0m	7	45	48	70	39	31	SM	24.0	2.93	Imposible	Toba	
32.7	03B240	1	6.4m	26	19	55	63	20	43	CH	27.80	2.17	Imposible	Toba	
			7.6m	45	36	19	36	26	10	GM	71.0	2.30	Imposible	Toba	
32.9	03C230	Perforación 1	3.6m	0	24	76	53	37	16	MH	23.02	-	Imposible	Toba	
			9.3m	18	60	22	50	23	27	SC	31.04	2.33	Imposible	Toba	
35.2	03E170	Perforación 2	5.6m	15	33	52	53	29	24	MH	-	2.60	2.20(4.7~5.6m) Imposible	Toba	
			1.8m	19	24	57	60	34	26	MH	-	2.41	1.91(6.4~7.8m) 274(5.6~5.9m)	Toba	
35.9	03C160	Perforación 3	7.8m	0	96	4	NP	NP	NP	SW	-	2.81	Imposible	Toba	
			2.0m	22	48	30	41	24	17	SC	-	2.24	2.80(2.0~2.43m) Imposible	Toba	
38.9	03C150	Perforación 4	13.6m	0	96	4	NP	NP	NP	SW	-	2.45	Imposible	Toba	
			20.0m	26	46	28	33	19	14	SC	19.8	2.46	2.39(19.6~20.0m) 157(19.6~20.0m)	Toba	
39.4	03C140	Perforación 1	1.0m	0	33	67	69	31	38	CH	18.68	2.48	2.52(1.0~2.0m) 784(5.4~5.6m)	Andesita	
			11.12m	0	34	66	64	25	39	CH	34.95	2.59	2.77(8.4~11.1m) Imposible	Toba	
40	03B120	1	5.6m	0	41	59	42	22	20	CL	23.01	2.75	Imposible	Toba	
			15.4m	0	41	59	42	22	21	SC	24.07	2.34	2.65(10.7~12.5m) Imposible	Toba	
38.9	03C150	Perforación 3	1.3m	8	62	30	46	33	13	SM	17.41	2.24	2.42(12.9~13.1m) 784(12.9~13.1m)	Andesita	
			4.9m	0	34	66	54	31	23	MH	12.78	2.14	Imposible	Toba	
39.4	03C140	Perforación 2	3.4m	0	33	67	75	35	40	MH	24.26	2.09	Imposible	Toba	
			8.2m	0	52	48	35	27	8	SM	18.30	2.20	2.54(6.2~6.4m) 768(6.2~6.4m)	Toba	
40	03B120	1	3.7m	13	34	53	53	34	19	MH	16.80	2.23	2.54(10.3~10.5m) 760(10.3~10.5m)	Andesita	
			8.2m	0	42	58	62	37	25	MH	46.92	2.22	Imposible	Toba	
39.4	03C140	Perforación 1	8.4m	0	17	83	69	52	17	MH	20.62	-	Imposible	Toba	
			13.6m	7	62	31	42	32	10	SM	40.04	2.29	Imposible	Toba	
40	03B120	1	4.6m	0	35	14	39	24	15	GC	17.83	-	Imposible	Toba	
			9.1m	51	35	14	39	24	15	GC	17.83	-	Imposible	Toba	
40	03B120	1	6.1m	0	57	43	57	31	26	SM	15.6	2.78	Imposible	Toba	
			9.1m	0	65	35	44	29	15	SM	18.6	2.66	Imposible	Toba	

Ejemplo: Profundidad de muestreo(4.0m~5.0m)

Imposible: La condición del núcleo es casi tipo de guijarro.o arena

Tabla 17.3.2 (3) NIC-5 Resultado de Ensayos del Suelo y Roca

Nic-5 (Km) desde Matagalpa	No.	Perforación	Profundidad ad (m) del ensayo de suelo	Análisis del diámetro de grano				Límit Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice plástico	Clasificación del suelo	Contenido de agua natural (%)	Peso específico	Peso unitario (g/cm³)	Ensayo de compresión sin sujeción lateral (Kg/cm²)	Notas
				Grava (%)	Arena (%)	Suelo de grano fino (%)	Suelo de grano fino (%)									
24.6	05A010	Perforación 1	4.5	33	47	20	54	29	25	SC	27.58	2.81	2.03(4.3~4.5m)	196(4.3~4.5m)	Andesita	
			8.9				Imposible				18.34	2.75	1.88(8.60~8.80m)	91(8.6~8.9m)	Andesita	
		Perforación 2	1.0m				Imposible				39.58	-	2.07(9.1~9.2m)	Imposible	Andesita	
			12.8m				Imposible				Imposible	-	1.81(12.6~13.0m)	53.0(12.6~12.9m)	Toba	
		Perforación 3	1.0m				Imposible				23.7	-	Imposible	Imposible	Andesita	
			1.8m				Imposible			27.3	-	2.55(13.0~13.4m)	52.0(14.6~14.8m)	Andesita		
			12.2m				Imposible			Imposible	-	2.43(12.2~12.3m)	Imposible	Andesita		
			16.5m				Imposible			17.1	-	2.61(16.5~17.6m)	Imposible	Toba		
			21.8m				Imposible			8.11	-	2.71(20.0~21.8m)	784(21.6~21.8m)	Toba		

Ejemplo.: Profundidad de muestra (4.0m~5.0m)

Tabla 17.3.2 (4) NIC-15 Resultado de Ensayos del Suelo y Roca

Nic-15 (Km) desde Las Manos	No.	Perforación	Profundidad ad (m) del ensayo de suelo	Análisis del diámetro de grano				Límit Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice plástico	Clasificación del suelo	Contenido de agua natural (%)	Peso específico	Peso unitario (g/cm³)	Ensayo de compresión sin sujeción lateral (Kg/cm²)	Notas
				Grava (%)	Arena (%)	Suelo de grano fino (%)	Suelo de grano fino (%)									
9.9	015E010	Perforación 1	1.8m	48	48	4	NP	NP	NP	SW	7.98	2.47	2.95(2.4~2.6m)	634(2.4~2.6m)	Granito	
							Imposible					-	2.77(4.8~4.9m)	Imposible	Granito	
		Perforación 2	1.0m				Imposible					-	2.31(4.8~4.9m)	Imposible	Granito	
		Perforación 3	1.4m				Imposible					2.41	2.56(4.8~4.9m)	120(4.8~4.9m)	Granito	
			4.4m				Imposible					-	2.64(1.01.4m)	777(1.4m)	Pórfido	
		Perforación 4	4.1m				Imposible					-	2.85(4.0~4.4m)	671(4.0~4.4m)	Pórfido	
			4.7m				Imposible				-	2.42(4.0~4.1m)	Imposible	Granito		
			2.2m				Imposible				-	2.20(4.7m)	Imposible	Granito, Pórfido		
			4.4m				Imposible				-	2.85(2.2~2.5m)	769(2.2~2.5m)	Granito, Pórfido		
			2.6m				Imposible				-	2.4(4.34.4m)	494(4.3~4.4m)	Granito, Pórfido		
			4.9m				Imposible				-	2.71(2.2~2.6m)	Imposible	Granito, Pórfido		
11.1	015E020	Perforación 1	2.3m	2	87	11	NP	NP	NP	SW-SM	11.28	-	2.68(4.8~4.9m)	478(4.8~4.9m)	Granito, Pórfido	
			4.6m	1	81	18	29	21	8	SC	12.5	2.59	2.76(4.6~4.7m)	802(4.6~4.7m)	Granito	
11.7	015E050	1	2.7m	19	65	16	25	16	11	SC	6.63	2.66	2.74(5.0~5.5m)	481(5.0~5.5m)	Granito	
			5.2m	30	56	14	30	27	3	SM	10.13	2.62	2.74(3.7~4.0m)	222(3.7~3.9m)	Granito	
			4.6m	26	62	12	25	19	6	SW-SC	5.40	2.47	2.17(5.8~5.9m)	Imposible	Granito	
13.6	015E060	1	14.8m				Imposible				6.79	2.55	Imposible	785(5.5~6.0m)	Granito	
							Imposible				2.69	3.03(14.7~14.8m)	481(14.7~14.8m)	Granito		

Imposible.: La condición del núcleo es casi tipo de guijarro. o arena
Ejemplo.: Profundidad de muestra(4.0m~5.0m)

Tabla 17.3.2 (5) NIC-26 Resultado de Ensayos del Suelo y Roca

Nic. 26 (Km) desde Nic-1	No.	Perforación	Profundidad (m)	Análisis del diámetro de grano			Límit Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice plástico	Clasificación del suelo	Contenido de agua natural (%)	Peso específico	Peso unitario (g/cm³)	Ensayo de compresión sin sujeción lateral (Kg/cm²)	Notas
				Grava (%)	Arena (%)	Suelo de grano fino (%)									
24.7	026A060	1	1.4m	47	36	17	42	20	22	GC	15.9	2.64	2.34(4.0~4.2m)	Andesita	
29.3	026A100	1	1.0m	0	23	77	60	27	33	CH	12.1	2.58	2.50(8.9~9.1m)	Andesita	
			2.3m	0	19	81	50	35	15	MH	18.5	2.35	1.79(5.2~5.3m)	Toba	
33.6	026A130	1	4.6m	0	68	32	50	21	29	SC	-	2.31	2.00(11.0~11.25m)	Toba	
			12.5m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.79(4.3~4.6m)	Toba	
34.0	026B140	1	1.8m	5	63	32	38	21	17	SC	17.55	2.78	2.09(12.2~12.5m)	Toba	
			7.0m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.21(3.4~3.5m)	Toba	
34.2	026A150	Perforación 1	1.0m	27	45	28	43	19	24	SC	-	2.6	2.12(2.7~2.8m)	Toba	
			6.4m	35	34	31	48	25	23	GC	-	2.36	2.48(9.7~9.8m)	Andesita	
			1.0m	30	69	1	NP	NP	NP	SW	-	2.82	2.26(2.9~3.1m)	Andesita	
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.26(5.4~5.6m)	Andesita
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.09(6.1~6.2m)	Toba
37.0	026B160	1	1.0m	20	57	23	44	20	24	SC	-	2.91	2.40(7.0~7.2m)	Toba compuesta	
			4.9m	14	61	25	48	28	20	SM	-	2.56	2.43(11.3~11.6m)	Aglomerado	
			1.0m	39	32	29	45	31	14	GM	-	2.36	Imposible	Toba	
			8.2m	36	27	27	47	25	22	GC	-	2.64	Imposible	Toba	
			1.0m	25	52	23	44	24	20	SC	14.9	2.53	1.73(4.0~4.2m)	Toba	
45.5	026B210	1	2.3m	26	56	18	37	25	12	SM	12.13	2.27	1.73(10.5~10.7m)	Toba	
			7.6m	20	44	36	33	21	12	SC	17.52	2.47	Imposible	Toba	
			14.0m	6	74	20	40	31	9	SM	12.53	2.47	Imposible	Toba	

Imposible: La condición del núcleo es casi tipo de guijarro o arena. Ejemplo: Profundidad de muestra (4.0m ~ 5.0m)

17.3.3 Análisis del Grupo de Toba y Andesita

Mientras la toba repite la fisilidad y caída de rocas de pequeña escala, la andesita con muchas grietas abiertas forma el voladizo que origina la caída de rocas. Sin embargo, algunos grupos de toba, apenas sufren de fisilidad y de caída de rocas de pequeña escala. Así, se encuentra la diferencia de la resistencia, de la estructura o de la litología entre los dos grupos. Por lo tanto, se estudió la posibilidad de la aplicación del método de clasificar la masa de roca en Nicaragua, para considerar la estabilidad, la disponibilidad de ejecución de obras y las contramedidas para la superficies del talud de corte de toba y andesita.

Varias correlaciones entre los resultados de ensayo de laboratorio fueron revisadas, pero no se ha podido obtener los resultados que se podrían agrupar a la masa de roca. Si la correlación con otras características físicas sobre masa de roca hubiera sido identificada, además del peso unitario como el coeficiente de grietas, la absorción de agua, la velocidad de onda P-S, habrían sido clarificadas de masa de roca. En este estudio, el siguiente método fue adoptado.

Cuando se incorpora la condición de talud donde las muestras del ensayo se recopilaron en el diagrama de correlación del peso unitario y resistencia de compresión sin sujeción lateral, se encontró la diferencia clara entre los colapsos del talud siendo el límite de 100kg/cm^2 de resistencia de compresión sin sujeción lateral y 2.5t/cm^3 del peso unitario.

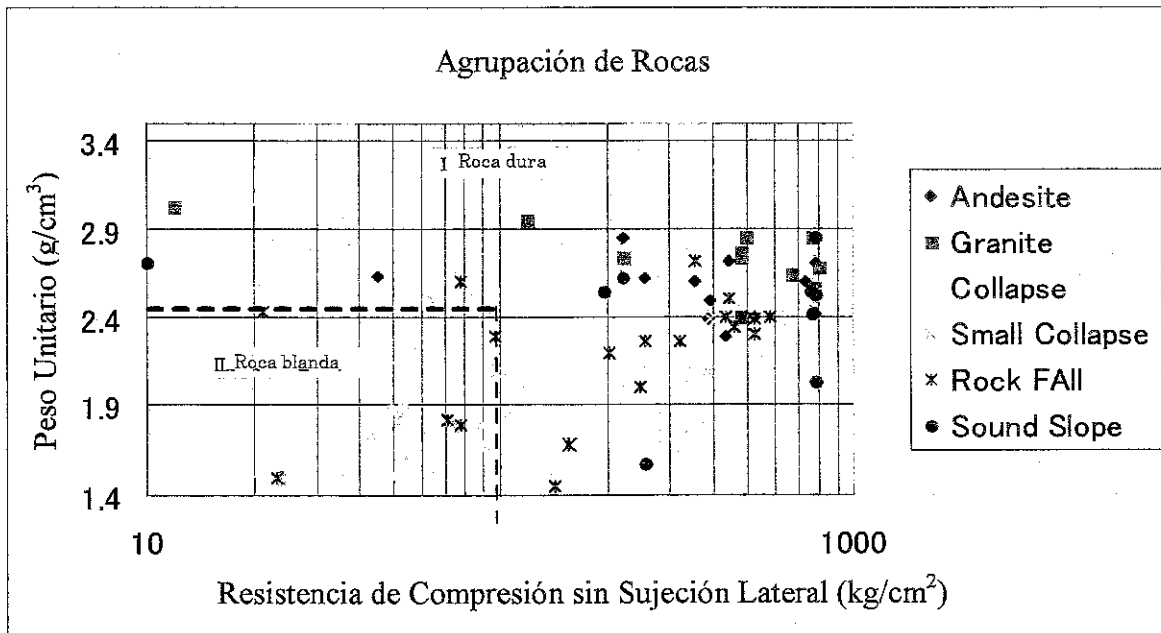


Figura 17.3.2 Agrupación de Rocas

A base de esta figura, se determinaron los siguientes.

Grupo I	Andesita, granito, toba compuesto, cuarz-arenisca, Estrato paleozóico/ mesozóico
Grupo II	Toba terciaria/esquisto de barro /lulita incluido roca metamórfica
Grupo III (Sedimentos)	Suelo de grano metamórfico, Depósito coluvial

Esta tabla indica que la caída de roca ocurriría sin tener relación con los tipos de masa de roca ni la gradiente del corte, si las condiciones para la caída de rocas fueran proveídas después de la soltura de la superficie de talud, da la expansión de las grietas y del desarrollo de la meteorización. Por lo tanto, se puede comprender que hay un método de construcción donde la caída libre se convierte en la caída giratoria por medio de la instalación de bermas y reduciendo la gradiente del talud a través de la obra de zanja de prevención de caída de rocas de Ritche que se describió en la sección anterior, aunque la caída de roca puede ser evitada con obras de protección del talud.

17.3.4 Análisis de Velocidad de Soltura en el Estrato de Meteorización

Enfocándose en la existencia del estrato no tan meteorizado menos de $N < 10$ del valor N obtenido por el ensayo de penetración estándar, se juzgó que probablemente es una parte del estrato de meteorización cuya tensión fue relajada por el corte de talud. La información para estos juicios tienen la base del valor-N obtenido por la perforación al pie del talud, no en la parte superior ni en la parte intermedia del talud afectado por la fuerza de meteorización. El número de los días después de la terminación de la construcción proviene de los registros de ejecución del MTI.

Tabla 17.3.3 Año de Terminación de Obras

Año de Terminación de Obras		
Carretera	Tramo	
NIC-1	San Benito ~ Sebaco	1976
	Sebaco ~ Buenos Aires	81k 1961
	Buenos Aires ~ Somosa	31k 1957
	Condega ~ Somosa	65k 1960
	Sebaco ~ Condega	78k 1959
	El Espino ~ Buenos Aires	56k 1958
	Maderas ~ Sebaco	1943
	Tipitapa ~ Maderas	1940
NIC-5	Matagalpa ~ El Tuma	32k 1955
NIC-3	Matagalpa ~ Jinotega	1955
NIC-15	Jalaguina ~ Ocotal	1970
	Ocotal ~ Las Manos	1972
NIC-26	Tega ~ Los Zarzales	1965
	Los Zarzales ~ San Isidro	1966

La velocidad de soltura en el estrato de meteorización,

$$\alpha = a / \log T$$

α : Velocidad de soltura

a : $N < 10$ en espesor(cm)

T : Número de días desde la terminación al presente

Estas condiciones del cálculo fueron resumidas en la Tabla 17.3.4 “Análisis de la velocidad de soltura”.

El resultado se muestra a continuación:

$\alpha > 12$ Grupo de rápida soltura

$\alpha < 9$ Grupo de lenta soltura

Por medio de estudiar las características del suelo de rápida soltura, su límite líquido se ubica dentro de 50% a 70%. El grupo del límite líquido dentro de 50% a 70% contiene principalmente CH (suelo cohesivo volcánico, arcilla muy adhesiva) ~MH (suelo cohesivo volcánico, limo con arena) y SC (arena arcillosa).

En Japón, también se dice que mayoría del suelo meteorizado representa su límite líquido 60% <. Además, está informado que el coeficiente de la absorción natural para $\alpha > 12$ representa 1.5 o más, mientras para $\alpha < 9$ provee menos de 1.5. Tomando en consideración estas características del suelos, se determinó que el grupo de $\alpha > 12$ es más deslizante que el grupo de $\alpha < 9$, o sea es el grupo que tiene muchas fisilidades en el talud induciendo la caída de rocas y colapso. Por lo tanto, la clasificación litológica de alteración secundaria es como sigue.

Tabla 17.3.4 Categoría Litológica en base a Alteración Secundaria

Categoría	Descripción	Velocidad de soltura
A	Sin ninguna protección, provoca la reducción de resistencia secundaria sin falta después del corte.	$\alpha > 12$
B	Bajo las condiciones normales, la reducción de resistencia secundaria es baja y no da ñ a la estabilidad del talud.	$\alpha < 9$

Sobre la base de esta categoría, la masa de roca del sitio objeto fue clasificada en cuatro grupos, IB, IIB, y IA IIA. Además de ésta, añadiéndoles el sedimento como III, se clasificaron en cinco (5) grupos. Para más información, consulte los datos de análisis resumidos en las tablas de 17.3.5 (1) a (5). (Los datos arriba mencionados ya fueron confirmados a través del texto original del Informe de 1976 emitido por Laboratorio de Corporación de Autopista de Japón.)

Tabla 17.3.5 (1) NIC-1 Análisis de la Velocidad de Soltura en el Estrato de Meteorización

NIC-1	Código ID	Distancia desde MTI (km)	Espesor del techo de meteorización (m)						Cálculo de tipo de suelo	Cálculo de tipo de lecho meteorizado	Número de días pasados desde la terminación T	Velocidad de Meteorización $\alpha = a/\log T$ (a:cm)	Sub-Cálculo $\alpha > 12$ A $\alpha < 9$ B	Cálculo de Roca
			N.º de ensayo de Penetración Estándar											
			N > 5 ~ 9 : a	30 > N	50 > N > 30	Subtotal (m)	N > 50 ~ 100	Total (m)						
A290	60.9	0.1	0.9	0.0	1.0	1.8	2.8	GM	21.240	2.3	B	II B		
A280	73.2	0.3	0.7	1.5	2.5	1.6	4.1	ML ~ SM	"	6.9	B	II B		
A240	168.4	0.2	1.8	0.5	2.5	1.8	4.3	SM ~ GL	15.480	4.8	B	II B		
B230	168.6	0.6	0.4	0.5	1.5	1.7	3.2	SC ~ SM	"	14.3	A	II A		
B170	171.3	0.0	0.0	1.0	0.5	2.7	3.2	SM	"	0.0	B	I B		
B150	175.0	0.2	0.3	0.0	0.5	2.7	3.2	SM	"	4.8	B	I B		
B120	176.2	0.4	0.7	0.5	2.0	2.1	4.1	ML ~ MH	"	9.1	B	II B		
A110	178.7	0.8	0.7	0.0	1.5	4.2	5.7	SM	"	19.1	A	I A		
A070	204.7	0.1	0.9	0.0	1.0	3.6	4.6	SC ~ SM	15.120	2.4	B	I B		
A050	214.7	0.3	0.2	0.0	0.5	2.7	3.2	SC	"	7.2	B	I B		

Tabla 17.3.5 (2) NIC-3 Análisis de la Velocidad de Soltura en el Estrato de Meteorización

NIC-3	Código ID	Distancia desde Sebaco (km)	Espesor del techo de meteorización (m)						Cálculo de tipo de suelo	Cálculo de tipo de lecho meteorizado	Número de días pasados desde la terminación T	Velocidad de Meteorización $\alpha = a/\log T$ (a:cm)	Sub-Cálculo $\alpha > 12$ A $\alpha < 9$ B	Cálculo de Roca
			N.º de ensayo de Penetración Estándar											
			N > 5 ~ 9 : a	30 > N	50 > N > 30	Subtotal (m)	N > 50 ~ 100	Total (m)						
B420	3.9	0.3	0.3	0.0	t	0.0	0.6	—	17.280	7.1	B	II B		
B400	6.9	0.4	1.6	1.0	3.0	4.0	7.0	MH ~ SC	"	9.5	B	II B		
B370	7.4	0.2	0.3	0.0	0.5	10.5	11.0	CH ~ SM	"	4.8	B	II B		
B320	22.1	0.1	0.9	4.0	5.0	10.0	15.0	SM ~ GW	16.920	2.4	B	I B		
B240	32.7	0.3	0.2	0.0	0.5	0.5	1.0	CH	"	7.1	B	II B		
B230	32.9	0.6	3.4	1.5	5.5	3.7	9.2	MH ~ GM	"	14.3	A	I A		
B170	35.2	2.7	0.3	3.0	6.0	8.5	14.5	SC ~ SW	"	64.3	A	II A		
B160	35.9	0.9	4.1	4.5	9.5	5.5	15.0	CH ~ SC	"	21.4	A	I A		
B150	38.9	0.0	1.0	0.0	1.0	4.0	5.0	MH ~ SM	"	0.0	B	I B		
B140	39.4	1.0	1.7	11.0	13.7	1.3	15.0	MH ~ SM	"	23.8	A	II A		
B120	40.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	SM	"	0.0	B	II B		

Tabla 17.3.5 (3) NIC-5 Análisis de la Velocidad de Soltura en el Estrato de Meteorización

Código No.	Distancia desde Matagalpa (km)	Espesor de lecho de meteorización (m)						Cálculo de tipo de suelo	Cálculo de tipo de lecho meteorizado	Número de días pasados desde la terminación	Velocidad de Meteorización $\alpha = a / \log T$ (a:cm)	Sub-cálculo $\alpha > 12$ A $\alpha < 9$ B	Cálculo de Roca
		Nº de ensayo de Penetración Estándar											
		N > 5 ~ 9 : a	30 > N > 10	50 > N > 30	Subtotal (m)	N > 50 ~ 100	Total (m)						
A010	24.6	0	0	1	1	1	2	SC	16.920	0		I B II B	

Tabla 17.3.5 (4) NIC-15 Análisis de la Velocidad de Soltura en el Estrato de Meteorización

Código No.	Distancia desde Matagalpa (km)	Espesor de lecho de meteorización (m)						Cálculo de tipo de suelo	Cálculo de tipo de lecho meteorizado	Número de días pasados desde la terminación	Velocidad de Meteorización $\alpha = a / \log T$ (a:cm)	Sub-cálculo $\alpha > 12$ A $\alpha < 9$ B	Cálculo de Roca
		Nº de ensayo de Penetración Estándar											
		N > 5 ~ 9 : a	30 > N > 10	50 > N > 30	Subtotal (m)	N > 50 ~ 100	Total (m)						
E010	9.9	0	1	1	2	3	5	SW	11.520			I B	
E020	11.1	0	4	1	5	2	7	SM ~ SW	II			I B	
E050	11.7	0	0	0	0	5	5	SC ~ SM	II			I B	
E060	13.6	0	4	0	4	1	5	SC ~ SW	II			I B	

Tabla 17.3.5 (5) NIC-26 Análisis de la Velocidad de Soltura en el Estrato de Meteorización

NIC-26 Código No.	Distancia desde NIC-1 (km)	Espesor de lecho de meteorización (m)					Total(m)	Clasificación del tipo de suelo	Clasificación del tipo de lecho meteorizado	Número de días pasados desde la terminación	Velocidad de Meteorización $\alpha = a/\log T$ (acum)	Sub-clasificación $\alpha > 12$ A $\alpha < 9$ B	Clasificación de Roca
		Número de Penetración Estándar											
		N>5~9 : a	30>N	50>N>30	Subtotal(m)	N>50~100							
A060	24.7	0.1	0.4	0.0	0.5	1.5	GC	II	12,960	2.4	B	I B	
A100	29.3	0.5	0.5	0.5	1.5	2.0	CH~MH	III	"	12.2	A	II A	
A130	33.6	0.5	0.0	0.0	0.5	1.0	SC	III	"	12.2	A	II A	
B140	34.0	0.6	6.4	1.0	8.0	5.0	SC	III	"	14.6	A	II B	
A150	34.2	0.3	1.2	1.0	2.5	2.5	SC~GC	III	"	7.3	B	II B	
B160	37.0	0.1	0.0	0.0	0.1	2.2	SM~SC	III	"	2.4	B	II B	
B210	45.5	0.1	0.0	0.0	0.1	2.0	SM~SC	III	"	2.4	B	II B	

La clasificación visual litológica para la categoría principal de I, II, y III se muestra en la Tabla 17.3.6:

Tabla 17.3.6 Clasificación Litológica en base a la Dureza

Clase litológica	Apariencia de Roca	Características de martillazo	Tipo representativo de rocas
I	Es duro y denso, y tiene colores frescos, y no contiene el color marrón producido por meteorización. La estructura de roca puede ser encontrada perfectamente.	Tiene sonido claro o sonido sordo. La cabeza del martillo no puede penetrar debido a la dureza de roca. Esquisto de barro y silita no se pueden romper fácilmente con la mano. Las muestras del bloque de roca pueden ser obtenidas.	Roca plutónica como granito, roca metamórfica como el grupo de esquisto, roca volcánica como andesita y riolita, aglomerada y basalto, rocas sedimentarios duros como roca arenosa.
II	Rocas ablandadas por la meteorización, rocas de baja consolidación. La estructura fina de las rocas es difícil de identificarse.	Sale el sonido sordo. La cabeza del martillo penetra. Es fácil de romper, y sus pedazos pequeños se rompen con los dedos. Las muestras grandes no se pueden obtener.	Esquisto de barro de era terciaria, lilita, silita y toba. Las rocas meteorizadas de la Clase I.
III	Las rocas fuertemente expuestas a la meteorización y a la alteración, no indican ninguna característica de roca. Deben ser tratados como sedimento.	Cuando esté golpeado por un martillo, será rota como si hubiera sido colapsada, o el martillo penetra. La cabeza del martillo penetra fácilmente. La pieza de roca se aplasta con los dedos.	El estrato no solidificado, el suelo producido por la meteorización del lecho de roca y el depósito de materiales coluviales.

17.3.5. Análisis de la Gradiente del Talud en el Área de Soltura en el Estrato de Meteorización

En base a la categorización de la masa de roca, los taludes para la prevención de desastres en 55 puntos con algunos problemas fueron revisados en relación con la estabilidad, y los resultados se muestran en la siguiente tabla. El eje horizontal indica categorías de masa de roca y altura del talud, mientras que el eje vertical demuestra la gradiente del talud.

En particular, las categorías de masa de roca en el eje horizontal son originalmente independientes de los demás. El eje muestra que la calidad de roca se deteriora desde el talud izquierdo de la roca dura hacia la dirección derecha, con una tendencia de incremento de la cantidad de soltura. Los sedimentos de la columna derecha es un estrato no consolidado que consta, principalmente, los sedimentos producidos desde la meteorización de la masa de roca. Las flechas de dirección hacia abajo demuestran que el talud donde se aplicó el recorte después del colapso y cuya gradiente fue modificada. Y el eje vertical indica solamente la gradiente del talud. Acerca del nivel de condiciones cambiadas del talud, consulte con las leyendas.

Ese talud esta originalmente situado en el estrato meteorizado. Aunque la masa de roca dura se encuentra en la superficie, es muy raro que se extienda hacia todo el talud. Los modos de meteorización de masa de roca varían en el talud continuo, mientras que el área de soltura está sujeta a las variaciones locales. Así que, es necesario determinar el área de soltura a la que pertenece la masa de roca.

Otra característica en esta área de roca volcánica es que el concepto de la estabilidad de talud depende del modo de distribución de toba o del modo alternativo de toba y andesita. En otras palabras, la toba, con la alta velocidad de soltura y con la amplia existencia en el talud, deteriora frecuentemente la estabilidad del talud. Sin embargo, la toba, que coexiste alternativamente con andesita y recibe parcialmente la fuerza de meteorización, incrementa su estabilidad. Así que, esta estructura geológica podría ser reflejada en las contramedidas para la superficie del talud.

La línea escalonada en la tabla muestra un valor propuesto al que alrededor de 5° puede ser añadido, cuando la toba coexista alternativamente con andesita y cuando origine poca fisilidad.

La Figura 17.3.3 muestra el resultado de análisis de la gradiente del talud en el área de soltura del estrato meteorizado.

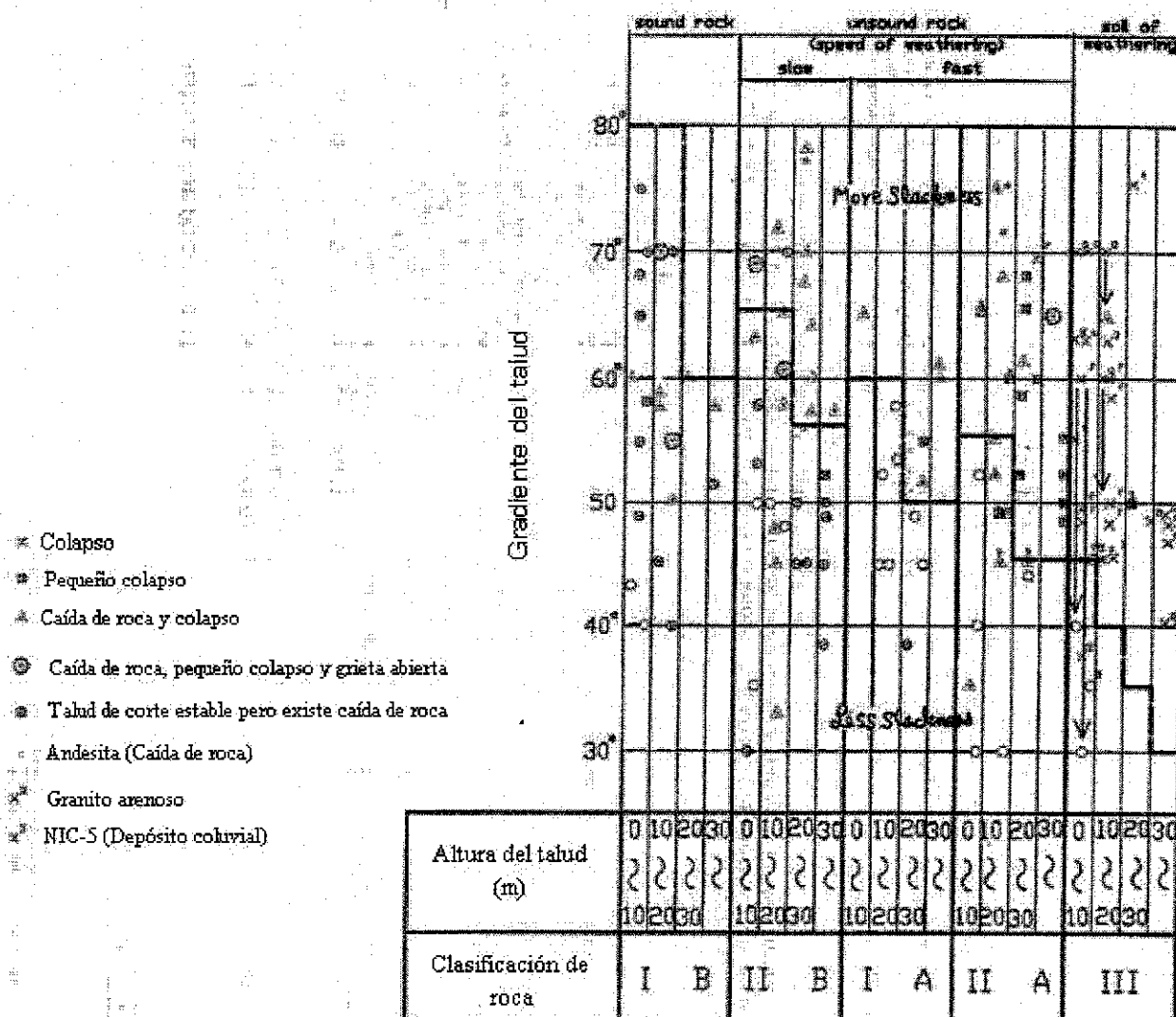


Figura 17.3.3 Análisis de la Gradiente del Talud del Área de Soltura en el Estrato Meteorizado

17.3.6 Revisión de la Gradiente Actual del Talud

Cuando se verifica la gradiente actual del talud utilizando la gradiente obtenida por medio de análisis, ¿qué clase de resultado podría ser obtenido? Será verificado si el talud actual es empinado. Si es empinado, será necesario considerar las medidas para la estabilización del talud a través de establecimiento de bermas, recorte del talud y determinación de una gradiente estable.

Los resultados de la revisión se resumen en las tablas de 17.3.7 (1) a (4), "La Adecuación del talud actual." La marca ○ en la Tabla indica que no se encuentra ningún problema especial sobre la gradiente del talud, mientras que la marca × indica los puntos de la gradiente empinada que requieren algunas contramedidas para la superficie del talud. La marca ※ indica los puntos potenciales de peligro de caída de roca y los puntos que requieren el cálculo de la estabilidad, el análisis de caída de roca y de estabilidad han sido ejecutados. Estos resultados fueron reflejados en el diseño. La marca — indica los puntos no analizados.

En la tabla, los puntos con dos gradientes del talud, donde las categorías de la masa de roca se cruzan, sus gradientes deben estar naturalmente muertas de acuerdo con las condiciones de soltura.

Estos resultados se muestran en los siguientes listas.

Tabla 17.3.7 (1) NIC-1 Adecuación del Talud Actual

NIC-1 Código No.	Distancia desde MTI (km)	Estado Actual		Tipo de Desastres		Puntaje		Grupo de Roca	θ' por promedio de Nuevo Análisis	Juicio de Estabilidad	Análisis de Estabilidad	Análisis de Caída de Roca
		H(m)	θ (°)	1° Fase	2° Fase	1° Fase	2° Fase					
				RF	RF	70	78					
A290	60.9	20~40	50~45	RF	RF	70	78	II B	55	O	—	O
A280	73.2	11~25	75~45	RF	RF	78	84	III/II B	45~35/ 65~55	x/x	O	—
A240	168.4	15~18	57~45	RF	RF	84	84	II A	60	O	—	O
A230	168.6	13~33	65~55	RC	RC	72	75	II B	65~55	O	—	O
A170	171.3	13~37	60~57	RC	RC	78	81	I B	75~60	O	—	—
B150	175.0	10~15	70~60	RC	RC	76	79	I B	75	O	—	—
B120	176.2	28~50	75~60	RC	RC	74	76	II A	45	x	—	—

Table 17.3.7 (2) NIC-3 Adecuación del Talud Actual

NIC-3 Código No.	Distancia desde Sebaco (km)	Estado Actual		Tipo de Desastres		Puntaje		Grupo de Roca	θ' por promedio de Nuevo Análisis	Juicio de Estabilidad	Análisis de Estabilidad	Análisis de Caída de Roca
		H(m)	θ (°)	1° Fase	2° Fase	1° Fase	2° Fase					
				RC	RC	72	75					
B400	6.9	5~18	30~48	RC <td>RC <td>72</td> <td>75</td> <td>II A/(II B)</td> <td>45~55/60</td> <td>O</td> <td>—</td> <td>O</td> </td>	RC <td>72</td> <td>75</td> <td>II A/(II B)</td> <td>45~55/60</td> <td>O</td> <td>—</td> <td>O</td>	72	75	II A/(II B)	45~55/60	O	—	O
B370	7.4	10~18	53~35	RC <td>RC <td>80</td> <td>80</td> <td>III/(II B)</td> <td>40/60</td> <td>O</td> <td>—</td> <td>O</td> </td>	RC <td>80</td> <td>80</td> <td>III/(II B)</td> <td>40/60</td> <td>O</td> <td>—</td> <td>O</td>	80	80	III/(II B)	40/60	O	—	O
B320	22.1	7~9	75~48	RC <td>RC <td>74</td> <td>76</td> <td>I B</td> <td>65</td> <td>x</td> <td>—</td> <td>—</td> </td>	RC <td>74</td> <td>76</td> <td>I B</td> <td>65</td> <td>x</td> <td>—</td> <td>—</td>	74	76	I B	65	x	—	—
C230	32.9	10~16	60~45	SS <td>SS <td>73</td> <td>73</td> <td>III/(I A)</td> <td>40/55</td> <td>x</td> <td>O</td> <td>—</td> </td>	SS <td>73</td> <td>73</td> <td>III/(I A)</td> <td>40/55</td> <td>x</td> <td>O</td> <td>—</td>	73	73	III/(I A)	40/55	x	O	—
E170	35.2	10~26	40~67	DF	DF & RF	83	83	II A/(I A)	50/55	x	—	O
C150	38.9	20~29	48~50	SS <td>SS <td>90</td> <td>90</td> <td>III/(I B)</td> <td>40/65</td> <td>x</td> <td>O</td> <td>—</td> </td>	SS <td>90</td> <td>90</td> <td>III/(I B)</td> <td>40/65</td> <td>x</td> <td>O</td> <td>—</td>	90	90	III/(I B)	40/65	x	O	—
C140	39.4	15~26	77~62	SS <td>SS <td>90</td> <td>90</td> <td>III/(II A)</td> <td>40/50</td> <td>x</td> <td>O</td> <td>—</td> </td>	SS <td>90</td> <td>90</td> <td>III/(II A)</td> <td>40/50</td> <td>x</td> <td>O</td> <td>—</td>	90	90	III/(II A)	40/50	x	O	—

Tabla 17.3.7 (3) NIC-5 Adecuación del Talud Actual

Código No.	Dist. desde Matagalpa (km)	Estado Actual		Tipo de Desastres		Puntaje		Grupo de Roca	θ' por promedio de Nuevo Análisis	Juicio de Estabilidad	Análisis de Estabilidad	Análisis de Caída de Roca
		H(m)	θ (°)	1° Fase	2° Fase	1° Fase	2° Fase					
		20~37	48~41	RF	RF	76	80					
A010	24.6	20~37	48~41	RF	RF	76	80	III/IIA	45~35	X	O	O

Tabla 17.3.7 (4) NIC-26 Adecuación del Talud Actual

Código No	Distancia desde NIC-1 (km)	Estado Actual		Tipo de Desastres		Puntaje		Grupo de Roca	θ' por promedio de Nuevo Análisis	Juicio de Estabilidad	Análisis de Estabilidad	Análisis de Caída de Roca
		H(m)	θ (°)	1° Fase	2° Fase	1° Fase	2° Fase					
		10~14	63~57	RF	RF	70	78					
A060	24.7	10~14	63~57	RF	RF	70	78	I B	75	O	—	O
B140	34	20~33	68~55	RC	RC	80	80	IIA/II B	60~45	X	O	O
A150	34.2	30~56	55~48	RC	RC	85	87	IIA/II B	65~45	X	—	O
B160	37	10~23	70~58	RC	RC	71	71	II B	65~55	△	—	O

En base a los resultados arriba mostrados, se presentan las condiciones del cálculo utilizadas para el análisis de caída de rocas y de estabilidad en la Tabla 17.3.8.

Tabla 17.3.8 Lista de las Condiciones del Cálculo de Caída de Roca y de Estabilidad

Lista de las condiciones del diseño														
	ID	Distancia	Gradiente actual de talud	Gradiente de talud de diseño	Punto de análisis de caída de roca					Punto de análisis de estabilidad				
					Altura (m)	Gradiente (°)	Tamaño de roca	Tipo de roca	Densidad (t/m3)	γ (t/m3)	C (t/m2)	ϕ (°)	Nivel de agua freática	
NIC-1	A290	60.9	45~52	○	19,38	50,52	1×1×0.8 0.5×0.5×0.5	Andesita II B	2.5	—				
	A280	73.2	45~75	40			—			1.8	1.5	Análisis inversa	Normal y Lluvia	
	A240	168.4	45~57	○	18	50,52	1×1×0.8 0.5×0.5×0.5	Andesita II B	2.5	—				
	B230	168.6	40~65	○	15,33	50,65	2.0×1.5×0.5 1×1×0.8 0.5×0.5×0.5							
	B170	171.3	42~70	60	El resultado del arriba es aplicable.					—				
	B150	175.0	50~90	70										
	B120	176.2	50~70	55										

NIC-3	B400	6.9	33~90	60	18	33, 45, 53	2.0×1.5×0.5	Toba II B	1.7	—			
	B370	7.4	45~90	60			1×1×0.8						
	B320	22.1	48~75	45			0.5×0.5×0.5			—			
	C230	32.9	48~60	55	—					1.8	1.0	Análisis inversa	Normal y Lluvia
	E170	35.2	45~62	55	El resultado del arriba fue aplicado.								
	C150	38.9	45~65	45	—					1.8	1.0	Análisis inversa	Normal y Lluvia
	C140	39.4	45~60	45									

NIC-5	A010	24.6	41~48	35	20,35	35,40,45	2.0×1.5×0.5 1×1×0.8 0.5×0.5×0.5	Andesita II B	2.5	2.0	1.5	Análisis inversa	Normal y Lluvia
-------	------	------	-------	----	-------	----------	---------------------------------------	---------------	-----	-----	-----	------------------	-----------------

NIC-26	A060	24.7	53~63	○	14	56	1×1×0.8 0.5×0.5×0.5	Toba II B	1.7	—					
	B140	34.0	50~60	40,55	14,39	40,55	2.0×1.5×0.5 1×1×0.8					1.9	1.5	Análisis inversa	Normal y Lluvia
							0.5×0.5×0.5					—			
	A150	34.2	48~70	55	34,56	48,55	2.0×1.5×0.5 1×1×0.8					—			
	B160	37.0	53~70	○	22	48,60	0.5×0.5×0.5 1×1×0.8 0.5×0.5×0.5					—			

17.3.7 Análisis de Estabilidad

En general, el colapso del talud en el área del estudio ocurre por intervención humana y el tipo de deslizamiento es de forma de silla. Para confirmar la existencia de terreno de deslizamiento que causa el colapso del talud, fueron revisadas las fotos aéreas. Existe el área inclinada suavemente formada por depósito de materiales coluviales en unos 4 km, desde 160 a C140 de NIC-3, pero los rastros de movimiento del deslizamiento típico de la era terciaria no se puede observar continuamente. Con esta razón, esta área no se puede decir que es la zona propensa de deslizamiento de tierra. Sin embargo, el suelo consiste en la toba deteriorada por alteración y los pequeños deslizamientos de tierra han ocurrido cuando el estrato meteorizado fue arrastrado por la lluvia inmensa. Debido a que la profundidad de deslizamiento se pudo estimar desde el terreno de deslizamiento que apareció en la sección transversal del estudio, y la cohesión fue presumida desde la profundidad del deslizamiento. La siguiente cohesión es calculada desde la profundidad del deslizamiento que se utiliza en general.

Profundidad de la superficie de deslizamiento (m)	Cohesión (t/m ²)
5	0.5
10	1.0
15	1.5
20	2.0
25	2.5
30	3.0

Además, si el tipo de deslizamiento se puede identificar desde las características topográficas y geológicas locales y si se puede determinar que el deslizamiento está activo o no a través del estudio de sitio, el coeficiente de seguridad actual se puede identificar aproximadamente como se muestra en siguiente tabla.

Tabla 17.3.9. Coeficiente de Seguridad Actual

	Deslizamiento de masa de roca	Deslizamiento de roca meteorizada	Deslizamiento de depósito coluvial	Deslizamiento del suelo arcilloso
No activo	1.10	1.05~1.10	1.03~1.05	1.0~1.03
Activo	0.99	0.95~0.99	0.93~0.95	0.9~0.93

Como se muestra en esta tabla, el coeficiente de seguridad actual tiende a disminuir en orden de deslizamiento de masa de roca, de roca meteorizada, de depósito coluvial y de suelo arcilloso. El coeficiente de seguridad actual del deslizamiento activo es 0.9 veces más alto que el deslizamiento no activo..

Como el peso unitario (γ) del bloque del suelo en este estudio, se empleó $\gamma = 1.8 \sim 1.9$ (t / m³), y el γ del bloque del suelo más cerca de roca fue hecho más alto. $\gamma = 2.0$ t / m³ : NIC-5)

La resistencia de cizallamiento se puede determinar por el cálculo de $\tan \phi$ utilizando la cohesión C y el coeficiente de seguridad como se indica en la siguiente expresión. Es decir, cuando se calcula la resistencia de cizallamiento por el análisis inverso, cualquiera de C o ϕ debe ser determinado. A la inversa, si cualquiera de ellos es calculado, el otro será automáticamente determinado. Cuál deber ser determinado primero no está definido.

$$C = (\sum W \cos \theta - \sum U \cdot l) / \sum l \times \tan \phi + F \cdot \sum \sin \theta / \sum l$$

La ecuación representa la relación lineal de C y $\tan \phi$. En base al proceso del cálculo, un método para mejorar el coeficiente de seguridad actual por el retiro de tierra y la reducción del nivel de agua freática fue seleccionado como las contramedidas a utilizarse para la superficie del talud, usando el programa "Arco." Estos resultados están resumidos en las tablas de 17.3.10 (1) a (3), "Lista de resultados del análisis de estabilidad".

Sin embargo, el nivel de agua freática es el valor estimado sobre la base de la entrevista y estudio en campo de la segunda fase, y en relación con el nivel de agua freática en la lluvia intensa, y el nivel máximo fue estimado en base a los resultados de perforación y por el punto del inicio del colapso. Para el nivel de agua freática en la lluvia torrencial, se asumió un huracán extraordinario que perjudicaría las funciones del drenaje. El análisis de estabilidad para la falla circular se dirige usando el método de particiones que se asume una superficie de deslizamiento circular como se indica en la Figura 17.3.5. De acuerdo con este método, el bloque del suelo sobre la superficie del deslizamiento se divide en algunas rebanadas, y la fuerza y resistencia de cizallamiento se determinan por cada rebanada. Luego, sumando la fuerza y la resistencia de cada uno, el coeficiente de seguridad se calcula por cada proporción. Como se muestra en siguiente ecuación, el número de rebanada será más de 6 ~ 7, en general.

Hay una ecuación que asume una superficie complejo de deslizamiento incluyendo líneas directas en lugar de una superficie de deslizamiento circular.

La Fórmula del Cálculo

$$F_s = \frac{\sum [C \cdot L + (W - u \cdot b) \cos \alpha \cdot \tan \Phi]}{\sum W \cdot \sin \alpha}$$

- F : Coeficiente de Seguridad
- C : Cohesión
- ϕ : Ángulo interno de fricción(°)
- l : Largo de superficie de deslizamiento cortado por rebanada (m)
- W : Peso total de rebanada
- U : Presión de agua de poro
- b : Ancho de rebanada
- α : Ángulo entre una línea conectada el punto medio y el centro de superficie de deslizamiento y una línea perpendicular

El método del cálculo de estabilidad incluye los métodos de esfuerzo total y esfuerzo efectivo. La experiencia muestra que los dos métodos son usados actual y apropiadamente de acuerdo con los materiales de suelo, la estructura y el ambiente de drenaje del área objeto debido a la facilidad de seleccionar la constante de resistencia y la presión del agua de poro.

Figura 17.3.4 Análisis de Estabilidad por el Método de Arco del Deslizamiento Circular en la Condición No-Sísmica

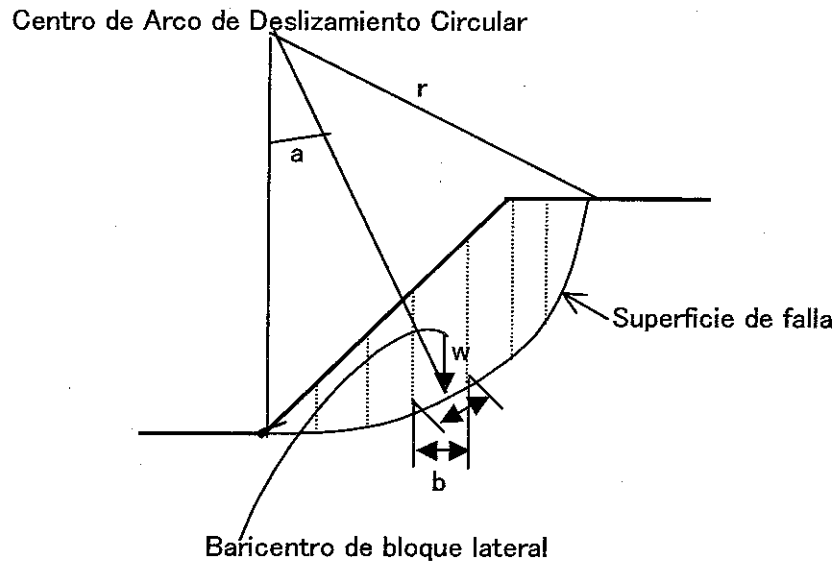


Tabla 17.3.10(1) NIC.1 Resultado del Análisis de Estabilidad

NIC-1 A280	Sección transversal	Fs	Nota
Análisis inverso de estabilidad	NIC1 A280 Nivel normal de agua freática (+ EL.424m)	1.05	Período lluvioso
	NIC1 A280 Alto Nivel de agua freática (+ EL.430m)	0.97	En la fuerte lluvia en el período lluvioso

Tabla 17.3.10(2) NIC.3 Resultado del Análisis de Estabilidad

NIC-3 C230	Sección transversal	Fs	Nota
Análisis inverso de estabilidad	NIC-3 C230 análisis inverso Nivel normal de agua freática + EL.1011m	1.06	Período lluvioso
Talud de corte	NIC-3 C230 Nivel medio de agua freática + EL.1022m	1.01	En la fuerte torrencial en el período lluvioso
	NIC-3 C230 Alto Nivel de agua freática + EL.1032m	0.79	En la lluvia torrencial en el período lluvioso
Deslizamiento grande de talud incluido la carretera	NIC-3 C230 Nivel normal de agua freática + EL.1011m	1.44	Período lluvioso
	NIC-3 C230 Nivel medio de agua freática + EL.1022m	1.17	En la fuerte lluvia en el período lluvioso
	NIC-3 C230 Alto Nivel de agua freática + EL.1032m	1.02	En la lluvia torrencial en el período lluvioso
Análisis inverso de estabilidad del talud y relleno	NIC-3 C230 Análisis inverso del hombro Nivel normal de agua freática + EL.1011m	1.00	Período lluvioso
Contrapeso del hombro	NIC-3 C230 Contrapeso del hombro Nivel normal de agua freática + EL.1011m	1.44	Período lluvioso
	NIC-3 C230 Contrapeso del hombro Alto Nivel de agua freática + EL.1022m	1.00	En la fuerte lluvia en el período lluvioso

NIC-3 C150	Sección transversal	Fs	Nota
Análisis inverso de estabilidad	NIC-3 C150 Análisis inverso Nivel normal de agua freática + EL.1366m	1.02	Período lluvioso
Talud de corte	NIC-3 C230 Alto Nivel de agua freática + EL.1379m	0.94	En la fuerte lluvia en el período lluvioso
Deslizamiento grande de talud incluido la carretera	NIC-3 C150 Nivel normal de agua freática + EL.1366m	1.14	Período lluvioso
	NIC-3 C150 Alto Nivel de agua freática + EL.1379m	0.99	En la fuerte lluvia en el período lluvioso
Análisis inverso de estabilidad del talud y relleno	NIC-3 C150 Análisis inverso del hombro Nivel normal de agua freática + EL.1011m	1.02	Período lluvioso
Contrapeso del hombro	NIC-3 C150 Contrapeso del hombro Nivel normal de agua freática + EL.1011m	1.14	Período lluvioso
	NIC-3 C150 Contrapeso del hombro Alto Nivel de agua freática + EL.1022m	1.01	En la fuerte lluvia en el período lluvioso

NIC-3 C140	Sección transversal	Fs	Nota
Análisis inverso de estabilidad	NIC-3 C14 Análisis inverso Alto Nivel de agua freática + EL.1411m	0.91	En la fuerte lluvia en el período lluvioso
Deslizamiento grande de talud incluido la carretera	NIC-3 C14 Nivel normal de agua freática + EL.1404m	1.40	Período lluvioso
	NIC-3 C14 Falla general Alto Nivel de agua freática + EL.1379m	0.99	En la fuerte lluvia en el período lluvioso
Análisis inverso de estabilidad del talud y relleno	NIC-3 C14 Análisis inverso del hombro Alto Nivel de agua freática + EL.1404m	0.90	En la fuerte lluvia en el período lluvioso
Contrapeso del hombro	NIC-3 C14 Contrapeso Nivel normal de agua freática + EL.1404m	1.15	Período lluvioso
	NIC-3 C14 Contrapeso Alto Nivel de agua freática + EL.1379m	0.99	En la fuerte lluvia en el período lluvioso

Tabla17.3.10(3) NIC.5 Resultado del Análisis de Estabilidad

NIC-5	Sección transversal		Fs	Nota
Análisis inverso (1)	Análisis inverso	NIC-5 Análisis inverso Alto Nivel de agua freática (+ EL.558m)	1.00	En la fuerte lluvia en el período lluvioso
Recorte (Remoción de tierra)	Corte para 40 grados	NIC-5 $\theta = 40$ deg Nivel normal de agua freática(+ EL.550m)	1.04	Período lluvioso
		NIC-5 $\theta = 40$ deg Nivel normal de agua freática(+ EL.558m)	1.00	En la fuerte lluvia en el período lluvioso
	Corte para 35 grados	NIC-5 $\theta = 35$ deg Nivel normal de agua freática (+ EL.550m)	1.21	Período lluvioso
		NIC-5 $\theta = 35$ deg Nivel normal de agua freática (+ EL.558m)	1.12	En la fuerte lluvia en el período lluvioso
Análisis inverso (2)	Análisis inverso	NIC-5 Análisis inverso Alto Nivel de agua freática (+ EL.558m)	1.01	En la fuerte lluvia en el período lluvioso
Recorte (Remoción de tierra)	Corte para 40 grados	NIC-5 $\theta = 40$ deg Nivel normal de agua freática (+ EL.550m)	1.10	Período lluvioso
		NIC-5 $\theta = 40$ deg Nivel normal de agua freática (+558m)	1.02	En la fuerte lluvia en el período lluvioso
	Corte para 35 grados	NIC-5 $\theta = 35$ deg Nivel normal de agua freática (+550m)	1.12	Período lluvioso
		NIC-5 $\theta = 35$ deg Alto Nivel de agua freática (+ EL.558m)	1.10	En la fuerte lluvia en el período lluvioso

Tabla17.3.10(4) NIC.26 Resultado del Análisis de Estabilidad

NIC-26 B140	Sección transversal	Fs	Nota
Análisis inverso	NIC-26 N140 Análisis inverso Alto Nivel de agua freática (+194m)	0.96	En la fuerte lluvia en el período lluvioso
Estabilidad de las presentes condiciones	NIC-26 N140 Análisis inverso Nivel normal de agua freática (+186m)	1.00	Período lluvioso
Estabilidad después del recorte	NIC-26 N140 Análisis inverso Nivel normal de agua freática (+186m)	1.27	Período lluvioso
	NIC-26 N140 Análisis inverso Alto Nivel de agua freática (+194m)	1.02	En la fuerte lluvia en el período lluvioso

17.3.8 Versatilidad de la Gradiente del Talud en la Masa Suelta de Roca

El nivel de versatilidad geológica de la gradiente del talud es uno de los puntos claves. El alcance del estudio es el talud del norte de Nicaragua. La masa de roca distribuida en el área del estudio fue formada durante toda la era terciaria como se muestra en la siguiente tabla, las características de la masa de roca podrán ser aplicable a la masa de roca de la zona oeste, de la este y de la norte que fueron formadas casi en la misma era. Sin embargo, la masa de roca que se formó desde Oligoceno a Eoceno, la primera mitad de la era terciaria, son significativamente alterada, y el área de soltura tiende a extenderse a las zonas más profundas. Con esta razón, las atenciones especiales deben ser prestadas a la estabilidad. La Tabla 17.3.11 muestra una lista de estratos al que los resultados del análisis pueden ser aplicados. Además, la extensión dimensional de las masas de roca se muestra en Figura 17.3.5. Se encontró que estos resultados podrían ser usados muy extensamente. Pero, no está tan seguro de que los resultados puedan ser aplicados a la roca metamórfica y roca abisal del norte.

Tabla 17.3.11 Los Estratos que se pueden Aplicar a la Gradiente del Talud

EDAD		OSTE	CENTRO	Este	Noreste
CUATERNARIO	Holoceno	Volcánico y Aluvión	Aluvión	Aluvial y Depósitos Residuales	
	Preparación	Grupo Las Sierras	Volcánicos Indistintos		
TERCIARIO	Plioceno	Fm. El Salto	Grupo Coyol	Fm. Bluefields	Grupo Coyol
	Mioceno	M. El Fraile m. Tamarindo			
	Oligoceno	FM. Masachapa	Grupo Matagalpa	Fm. Cukra	Grupo Matagalpa
	Eoceno	Fm. Brito			
	Paleoceno	Fm. Rivas	Grupo Pre-Matagalpa		
Superior					
CRETACEO	Inferior	Completo Nicoya en Costa Rica			Fm. Metpn

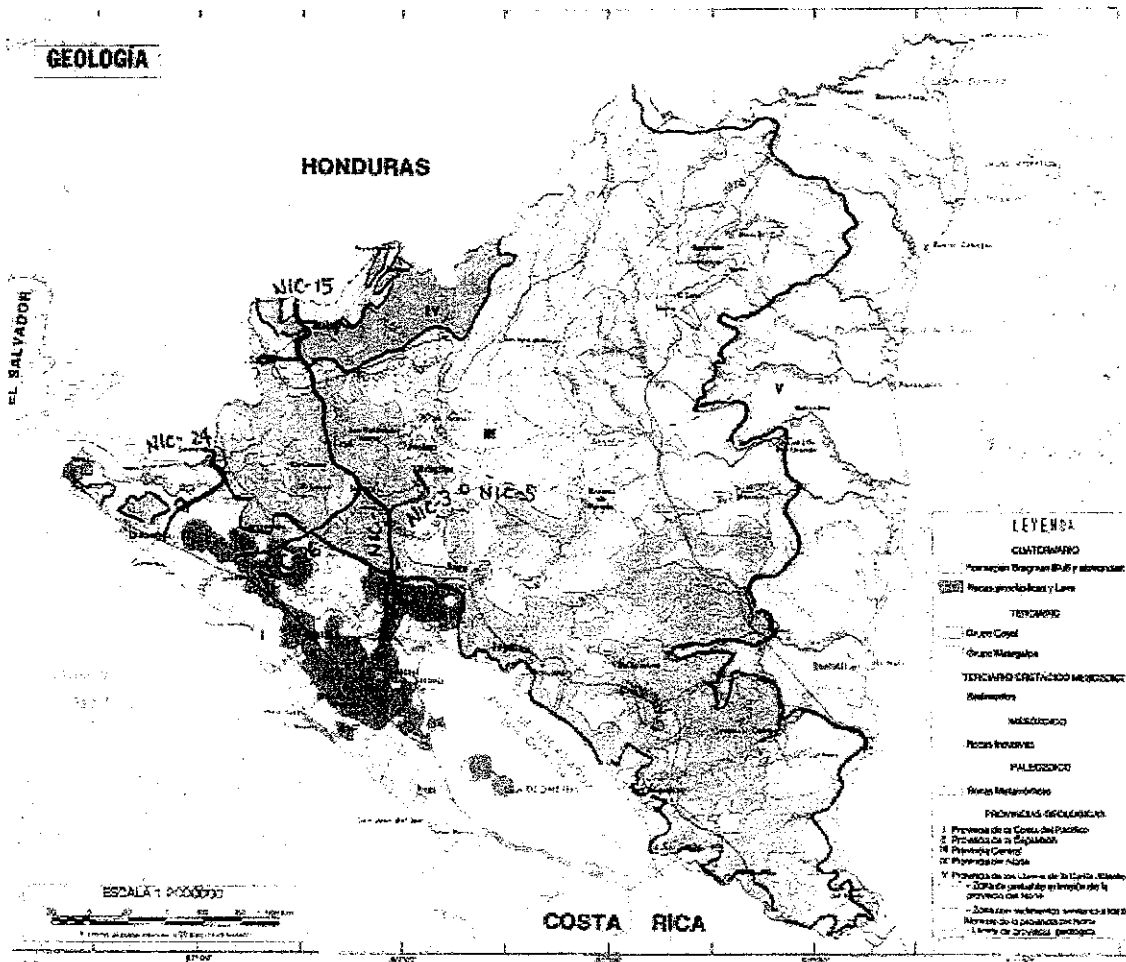


Figura 17.3.5 Área geológica

17.4 Selección de contramedidas para caída de rocas

17.4.1 Las Condiciones de Selección de Contramedidas

1) Las Condiciones de Rocas en Caída

Dentro de 30 sitios de prevención de desastres, los 19 sitios son relacionados con el problema del talud, y los 14 de ellos se muestrearon para el diseño de contramedidas contra la caída de rocas. Estos 14 sitios se dividieron en 9 grupos utilizando los factores de altura, ángulo y el grado de la gradiente del talud. (Véase la Tabla 17.3.8, 17.4.1 y Tabla 17.4.2).

Además, el tamaño de roca se define por las características del talud (Véase la Tabla 17.3.8)

Tabla 17.4.1 Las Condiciones de la Caída de Rocas

Código No.	Gradiente del Talud (Grado)	Condición de las rocas en caída						Conversión a esfera	
		Altura del Talud (m)	Gradiente del Talud (Grado)	Dimensiones	Especie de Roca	Densidad(t/m3)	Densidad(t/m3)	φ (m)	
N001A290	45~52	40	50	1.0m*1.0m*0.8m	Andesite II B	2.5	2.6	1.50	
N001A240	45~57	20	50	1.0m*1.0m*0.8m	Andesite II B	2.5	2.6	1.50	
N001B230	40~65	30	70	2.0m*1.5m*0.5m	Andesite II B	2.5	2.6	1.50	
N001B170	42~70	40	70	2.0m*1.5m*0.5m	Andesite II B	2.5	2.6	1.50	
N001B150	50~90	20	70	2.0m*1.5m*0.5m	Andesite II B	2.5	2.6	1.50	
N001B120	50~70	50	70	2.0m*1.5m*0.5m	Andesite II B	2.5	2.6	1.50	
N003B400	33~90	20	60	2.0m*1.5m*0.5m	Tuff II B	1.7	2.6	1.50	
N003B370	45~90	20	60	2.0m*1.5m*0.5m	Tuff II B	1.7	2.6	1.50	
N003E170	45~62	20	60	2.0m*1.5m*0.5m	Tuff II B	1.7	2.6	1.50	
N005A010	41~48	40	50	2.0m*1.5m*0.5m	Andesite II B	2.5	2.6	1.50	
N026A060	53~63	20	70	1.0m*1.0m*0.8m	Tuff II B	1.7	2.6	1.00	
N026B140	50~60	40	60	2.0m*1.5m*0.5m	Tuff II B	1.7	2.6	1.50	
N026A150	48~70	50	70	2.0m*1.5m*0.5m	Tuff II B	1.7	2.6	1.50	
N026B160	53~70	20	70	1.0m*1.0m*0.8m	Tuff II B	1.7	2.6	1.00	

2) El cálculo de la Cantidad de Saltos y la Cantidad de Giros

Se calcula la cantidad de saltos y de giros tomando como base las condiciones de rocas en caída que se muestra en la Tabla 17.4.1. El objetivo del cálculo se describe a continuación.

- La cantidad de saltos: Se utiliza para seleccionar las contramedidas adecuadas para la caída de rocas.
- La cantidad de giros: Se utiliza para juzgar si el cambio de línea de la vía o el ensanchamiento del hombro es necesario para la prevención de la caída de rocas como evitar el alcance de rocas caídas a la vía.

Los resultados del cálculo se muestra en la Tabla 17.4.2 y la Figura 17.4.1, y son resultados de una simulación que es repetida diez (10) veces. El modelo de la simulación se muestra en el Manual de Diseño.

Tabla 17.4.2 El Cálculo de la Cantidad de Saltos y de Giros

Código No.	Rango de Cantidad de saltos	Noveno valor	Rango de cantidad de Giros	Noveno valor	ϕ (m)	Talud H (m)	Talud G (grado)
N026A060	0.73 - 2.88m	2.85m	0.40 - 2.68m	2.61m	1.00	20.0	70.0
N026A160							
N001A240	1.05 - 3.44m	2.72m	0.38 - 3.97m	0.95m	1.50	20.0	50.0
N001A290	1.08 - 3.62m	2.98m	0.40 - 2.67m	0.97m	1.50	40.0	50.0
N005A010							
N003B400	1.16 - 4.33m	3.27m	0.39 - 4.50m	3.04m	1.50	20.0	60.0
N003B370							
N003B170							
N026B140	1.28 - 4.45m	3.78m	0.45 - 4.00m	3.20m	1.50	40.0	60.0
N001B150	1.67 - 6.14m	5.08m	0.73 - 5.12m	4.77m	1.50	20.0	70.0
N001B230	1.54 - 7.70m	6.31m	0.52 - 7.80m	6.88m	1.50	30.0	70.0
N001B170	1.57 - 14.56m	6.77m	1.05 - 14.17m	7.43m	1.50	40.0	70.0
N001B120	1.89 - 14.65m	10.82m	0.56 - 12.13m	6.97m	1.50	50.0	70.0
N026A150							

En cuanto a la cantidad de saltos y de giros, es imposible determinar un valor fijo porque hay varios factores que influyen, como el estado de vegetación, la forma del talud y la reacción del suelo etcétera, y estos son muy irregulares. Hay posibilidad de aparecer el valor extraordinario. Por lo tanto, se utiliza el noveno valor como punto de referencia y se juzga si el valor máximo (décimo valor) es extraordinario o no. Luego se define el alcance objeto en estudio.

3) El Rango Admisible de Contramedidas para las Rocas que giran

Cuando se seleccionan las contramedidas, el tamaño de la roca que cae es un factor importante para considerar. A base de esto, se podrán determinar el tamaño del muro de protección y la malla de prevención.

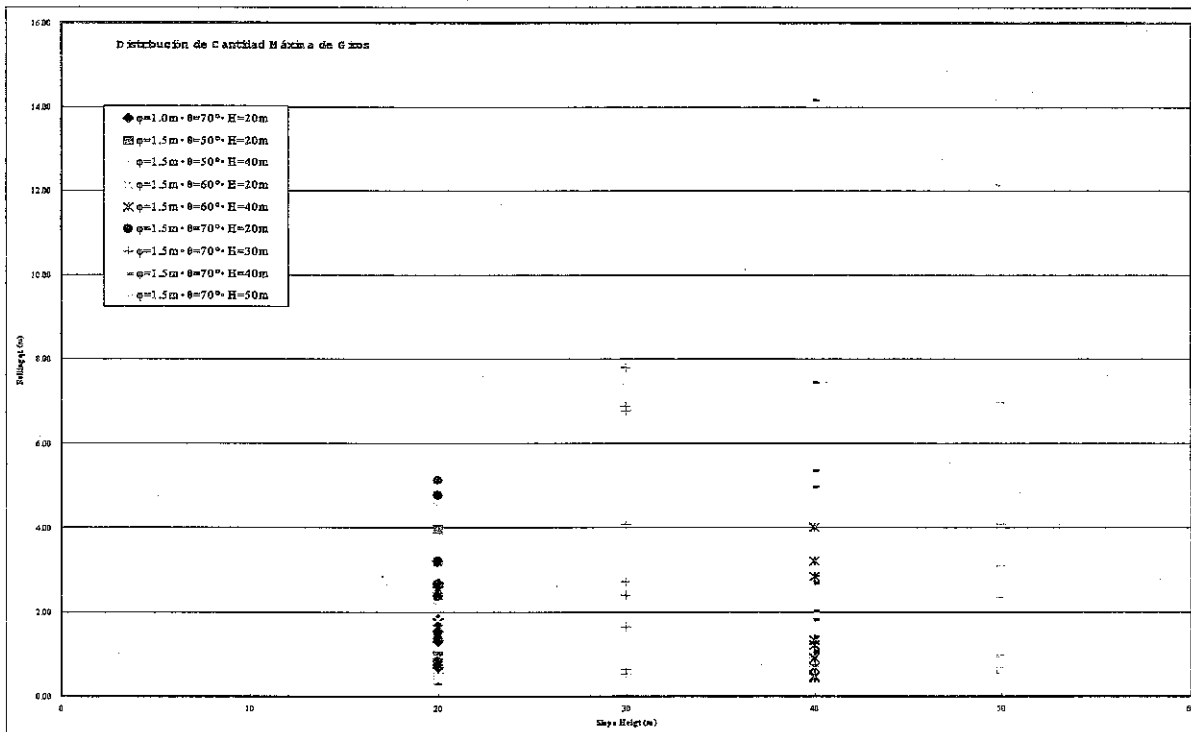
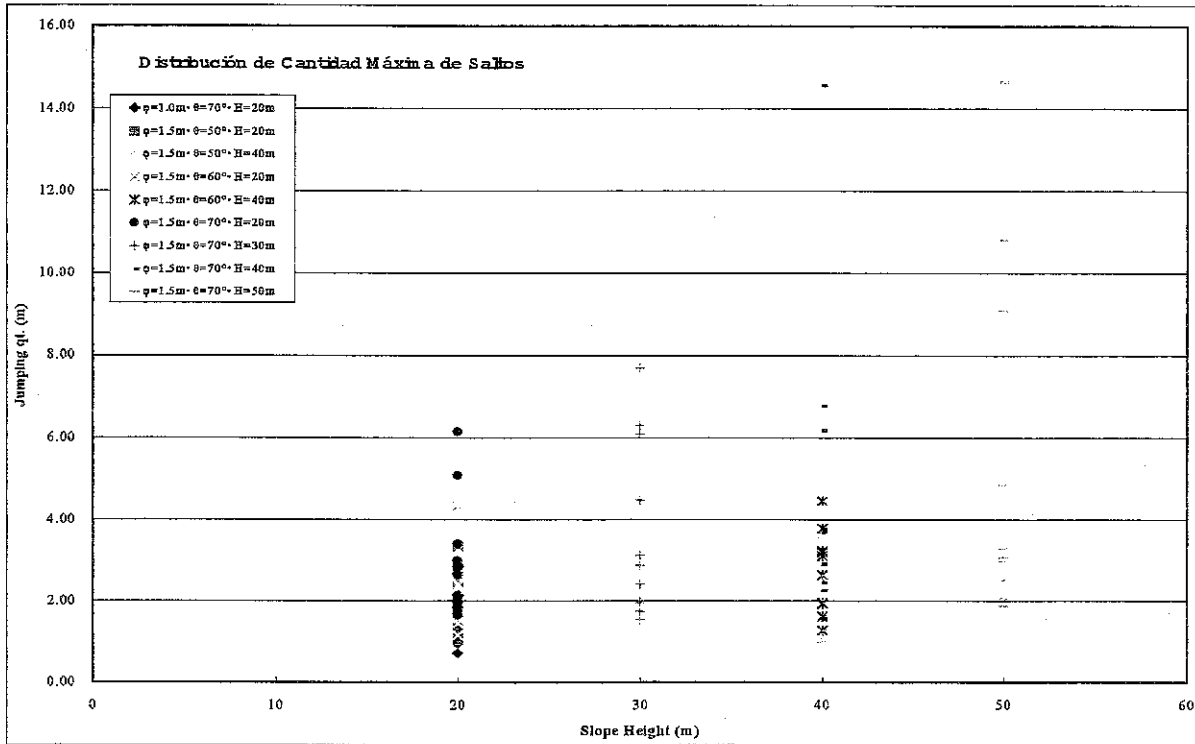


Figura 17.4.1 Distribución de Cantidad de Saltos y de Giros

a) La Dimensión Requerida del Muro de Protección

Se calculó la energía de roca que cae y se estudió el tipo de muro de protección necesario para cada sitio de prevención de desastres. El resultado del estudio se muestra en la Tabla 17.4.3 y Tabla 17.4.4.

Tabla 17.4.3 Estructura Requerida para el Muro de Protección

Tipo	Tamaño(m)					
	h	b1	b2	Nf	Em (KJ)	
	A	2.00	0.50	1.50	0.50	8.94
	B	2.50	0.75	2.00	0.50	21.01
	C	3.00	1.00	2.50	0.50	40.90
	D	3.50	1.25	3.00	0.50	70.21
	E	4.00	1.50	3.50	0.50	110.41
	F	4.50	1.75	4.00	0.50	163.21
	G	5.00	2.00	4.50	0.50	229.76
	H	5.50	2.25	5.00	0.50	310.77
	I	6.00	2.50	5.50	0.50	406.73
	J	6.50	2.75	6.00	0.50	518.11

Em: Energía de absorción admisible

Tabla 17.4.4 Relación entre el Tipo del Muro de Protección y la Condición Natural

Peso de Canto rodado (kN)	Altura de Talud (m)	Gradiente de Talud (grado)					
		30	40	50	60	70	80
1.7 (φ=0.5m)	10						
	20						
	30						
	40						
	50						
13.6 (φ=1.0m)	10						
	20					N003A060 N026B160	
	30						
	40						
	50						
45.9 (φ=1.5m)	10						
	20			N001A240	N003B400 N003B370 N003E170	N001B150	
	30					N001B230	
	40			N001A290 N005A010	N026B140	N001B170	
	50					N001B120 N026A150	
108.9 (φ=2.0m)	10						
	20						
	30						
	40						
	50						

b) Dimensión Requerida para la Malla de Prevención

Al igual que el muro de protección de caída de roca, se estudió la dimensión de la malla de prevención para cada sitio de prevención de desastres. El resultado del estudio se muestra en la Tabla 17.4.5. Para la capacidad máxima, se realizó el cálculo utilizando la fórmula que se muestra en el Manual del Diseño.

Tabla 17.4.5 Dimensión Requerida de la Malla de Protección

ID No.	Cuerda $\phi 12$ Tela Metálica $\phi 2.6$							
	Datos de la Malla				Datos de la Roca		Datos del Talud	
	Cuerda Principal	Cuerda Auxiliar	Tela Metálica	Capacidad Máxima	ϕ (m)	W (kN)	Altura H (m)	Gradiente G (deg.)
N026A060	$\phi 12$	$\phi 12$	$\phi 2.6$	n=1.0	1.00	13.61	20.0	70.0
N026A160								
N001A240	$\phi 12$	$\phi 12$	$\phi 2.6$	NG	1.50	45.92	20.0	50.0
N001A290	$\phi 12$	$\phi 12$	$\phi 2.6$	NG	1.50	45.92	40.0	50.0
N005A010								
N003B400	$\phi 12$	$\phi 12$	$\phi 2.6$	NG	1.50	45.92	20.0	60.0
N003B370								
N003E170								
N026B140	$\phi 12$	$\phi 12$	$\phi 2.6$	NG	1.50	45.92	40.0	60.0
N001B150	$\phi 12$	$\phi 12$	$\phi 2.6$	NG	1.50	45.92	20.0	70.0
N001B230	$\phi 12$	$\phi 12$	$\phi 2.6$	NG	1.50	45.92	30.0	70.0
N001B170	$\phi 12$	$\phi 12$	$\phi 2.6$	NG	1.50	45.92	40.0	70.0
N001B120	$\phi 12$	$\phi 12$	$\phi 2.6$	NG	1.50	45.92	50.0	70.0
N026A150								

ID No.	Cuerda $\phi 18$ Tela Metálica $\phi 4.2$							
	Datos de la Malla				Datos de la Roca		Datos del Talud	
	Cuerda Principal	Cuerda Auxiliar	Tela Metálica	Capacidad Máxima	ϕ (m)	W (kN)	Altura H (m)	Gradiente G (deg.)
N026A060	$\phi 18$	$\phi 18$	$\phi 4.0$	n=6.0	1.00	13.61	20.0	70.0
N026A160								
N001A240	$\phi 18$	$\phi 18$	$\phi 4.0$	n=1.0	1.50	45.92	20.0	50.0
N001A290	$\phi 18$	$\phi 18$	$\phi 4.0$	n=1.0	1.50	45.92	40.0	50.0
N005A010								
N003B400	$\phi 18$	$\phi 18$	$\phi 4.0$	n=1.0	1.50	45.92	20.0	60.0
N003B370								
N003E170								
N026B140	$\phi 18$	$\phi 18$	$\phi 4.0$	n=1.0	1.50	45.92	40.0	60.0
N001B150	$\phi 18$	$\phi 18$	$\phi 4.0$	n=1.0	1.50	45.92	20.0	70.0
N001B230	$\phi 18$	$\phi 18$	$\phi 4.0$	n=1.0	1.50	45.92	30.0	70.0
N001B170	$\phi 18$	$\phi 18$	$\phi 4.0$	n=1.0	1.50	45.92	40.0	70.0
N001B120	$\phi 18$	$\phi 18$	$\phi 4.0$	n=1.0	1.50	45.92	50.0	70.0
N026A150								

4) Cálculo de la Distancia Mínima Requerida para el Alcance de la Vista

Como se mencionó en el Capítulo 16, existen algunos sitios con mala visibilidad por la formación de voladizo en el talud. En esos sitios se puede elevar el nivel de seguridad a través de la eliminación de los voladizos. Por lo tanto, donde existe el problema de visibilidad se lleva a cabo el estudio del alcance de la vista necesario. El alcance necesario de la vista se define en 85 metros por medio del diseño geométrico adoptado. Donde existe el talud del lado interior de la vía en la curva deben ser sitios que van a ser estudiados.

Método del Cálculo de Ampliación del Alcance de la Vista.

$$E = D^2 / 8Ra$$

E: Distancia requerida desde la línea central del carril interno de la curva al obstáculo más cercano en el borde de la carretera(m)

D: Alcance de la vista $\hat{=}$ 85 (m)

Ra: Radio de la curva (m)

Tabla 17.4.6 Resultado del Estudio sobre la Distancia al Obstáculo en el Borde de la Vía

Código No.	Radio (m)	Ancho de Vía (m)	E Existente(m)	Espacio Necesario (m)	Juicio
N001A290	1600	7.7	8.49	0.6	OK
N001A280	400	7.5	5.48	2.3	OK
N001A240	250	7.1	4.40	3.6	OK
N001B230	150	7.5	6.29	6.0	OK
N001B170	180	8.7	2.22	5.0	NG
N001B150	290	8.6	4.10	3.1	OK
N001B120	220	8.8	2.22	4.1	NG
N003B400	220	7.3	4.65	4.1	Ok
N003B370	400	6.5	3.69	2.3	OK
N003B320	240	6.8	6.49	3.8	OK
N003B230	140	7.6	3.61	6.5	NG
N005A010	1800	8.1	3.42	0.5	OK
N026A150	150	6.6	5.40	6.0	NG

17.4.2 Contramedidas del Cambio de Línea

Una de las contramedidas es la evasión desde el área de influencia de caída de rocas a través del cambio de línea. El cambio de línea se ejecuta a base del flujo que se muestra en la Figura 17.4.2.

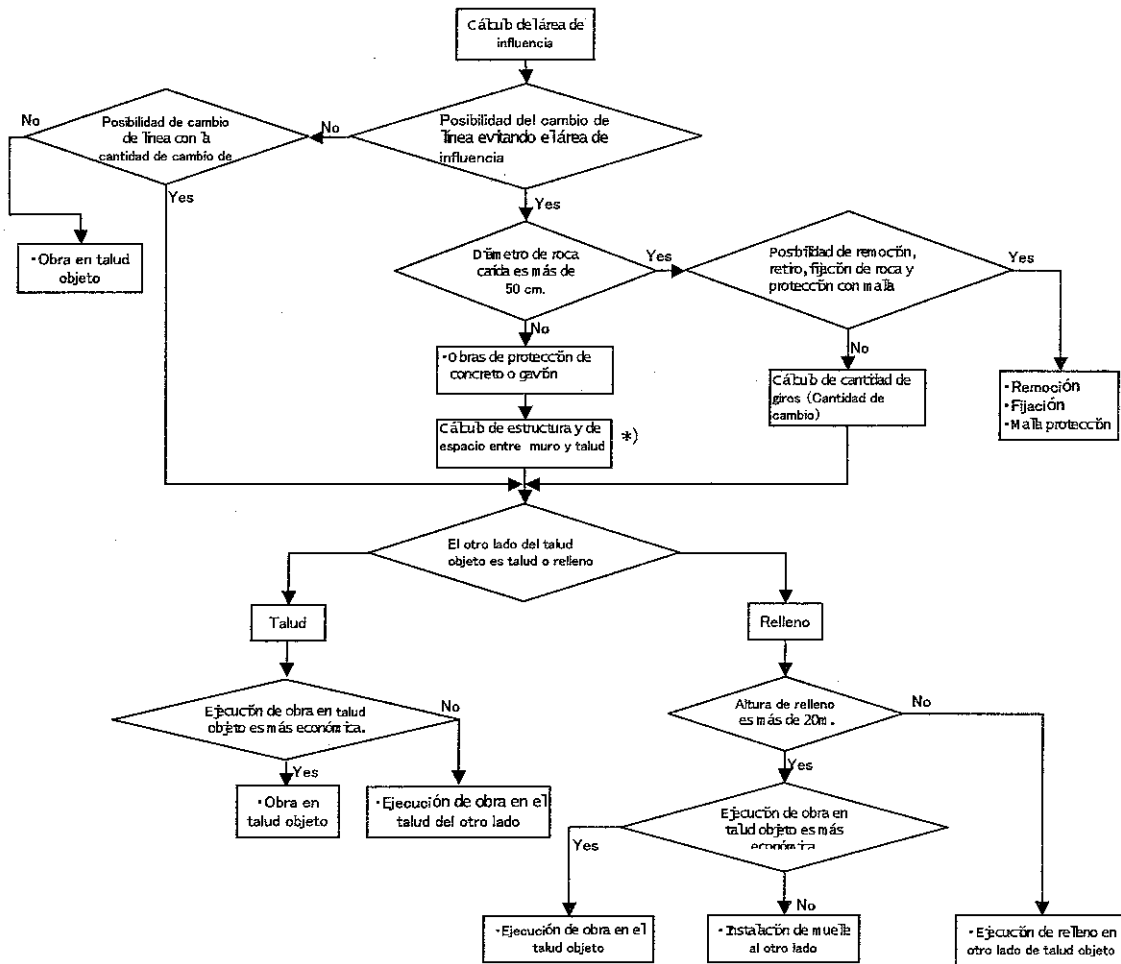


Figura 17.4.2 Flujo de Contramedidas por el Cambio de Línea

La caída de roca objeto de este estudio se puede prevenir por medio de la obra de protección de malla conforme al resultado del estudio del límite de la respuesta de contramedidas que se muestra en 17.4.1. Por lo tanto, no se ejecuta la obra del cambio de línea. La alineación actual que se indica en la Tabla 17.4.7 cumple con el valor estándar y no se espera efecto del cambio de línea. Sin embargo, el sitio N003E170, que no cumple con el valor estándar, necesita que se estudie el cambio de línea desde el punto de vista del diseño geométrico.

Tabla 17.4.7 El Radio de la Curva de cada Sitio

ID No.	Standard Min. Radius (m)	Existing Radius (m)	Range of Rolling Qt.
N001A290	135	1600	1.0
N001A240	135	250	1.0
N001B230	135	150	6.9
N001B170	135	180	7.4
N001B150	135	290	5.1
N001B120	135	220	7.0
N003B400	135	200	3.0
N003B370	135	400	3.0
N003B320	135	240	-
N003E170	135	45	3.0
N005A010	135	1800	1.0
N026A060	135	∞	2.7
N026A140	135	250	4.0
N026A150	135	150	7.0
N026A160	135	∞	2.7

El resultado del estudio sobre las rutas alternativas para N003E170, a fin de eliminar los efectos de caída de rocas, se muestra en la Figura 17.4.3 y se describió en la Tabla 17.4.8..

Tabla 17.4.8 Comparación de Rutas Alternativas para el Sitio N003E170

Ruta	Radio Mínimo	Gradiente Longitudinal	Cantidad de Obras	Costo preliminar US\$1,000	Evaluación
Existente	R=45m	I=7.9%	---	310	Se asegura la dimensión supuesta de deslizamiento de tierra y caída de rocas para la seguridad. El radio de curva no cumple el estándar del diseño geométrico, pero por medio de la ampliación de la vía en curva, está asegurado la seguridad. El costo de obras es más bajo. ○
Alternativa 1	R=65m	I=14.3%	Obra de suelo:106m Relleno:(6,500m ³) Pavimentación: 912m ² Puente:97m(805m ²)	1,774	Se garantiza la seguridad para el deslizamiento de tierra y caída de rocas. Pero el radio de la curva y la gradiente longitudinal no cumplen con el diseño geométrico. El costo es más alto y quedan problemas de seguridad y economía. △
Alternativa 2	R=135m	I=14.8%	Obra de suelo:120m Relleno:(5,000m ³) Pavimentación: 1,032m ² Puente:93m(770m ²)	1,649	Se garantiza la seguridad para el deslizamiento de tierra y caída de rocas. Pero la gradiente longitudinal supera el valor estándar y provoca problema de trepabilidad. El costo es alto y quedan problemas de seguridad del diseño geométrico y de economía.

El estándar máximo de la gradiente vertical:8.0%

17.4.3 Selección Final de Contramedidas

Las condiciones adoptadas para cada sitio se muestran en la tabla 17.4.9.

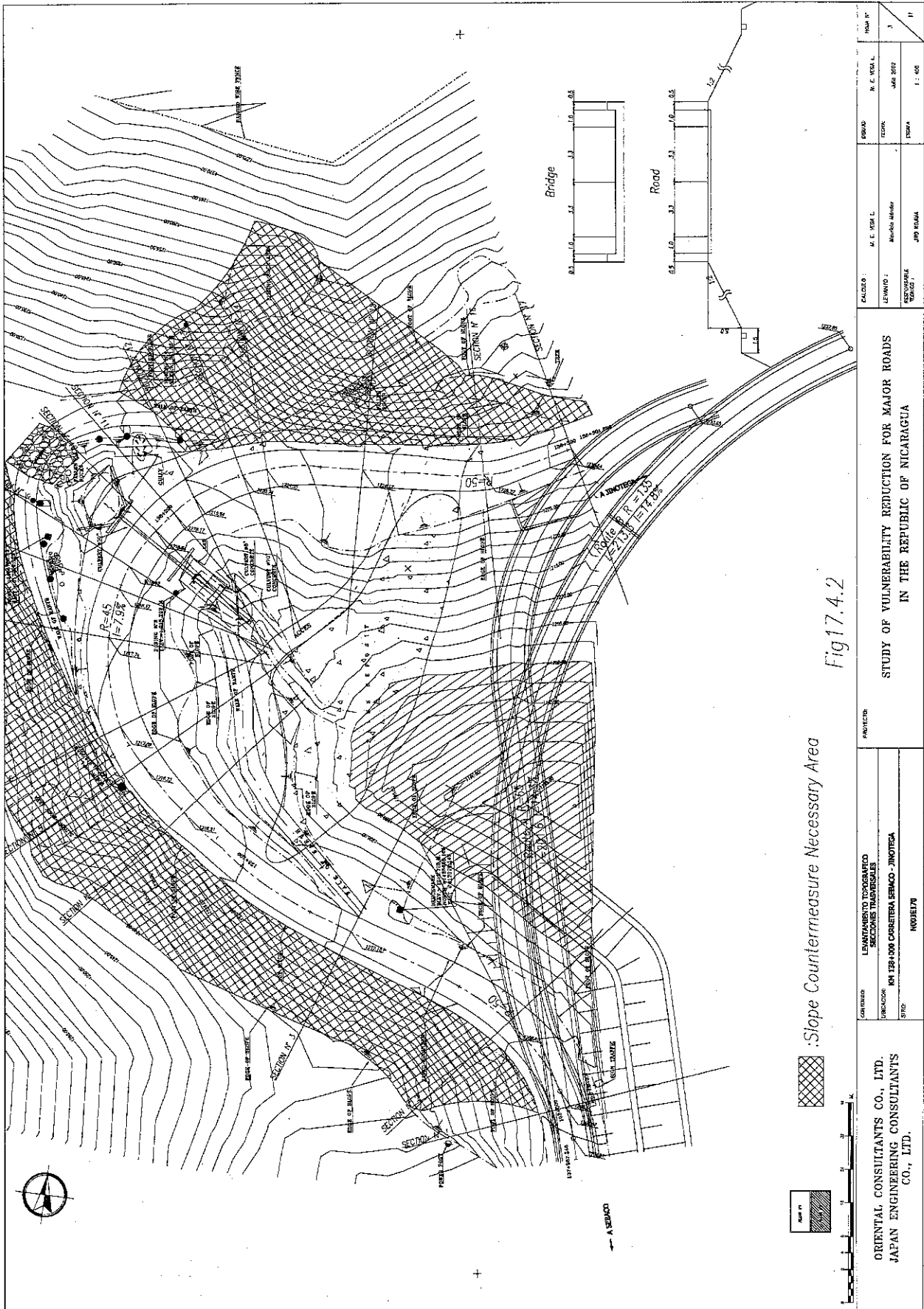


Figura 17.4.3 Comparación de Ruta para N003E170

