

*Manual Para El Diseño de Contramedidas En
Sitios con Riesgo a Desastres Ladera de Pequeña / Mediana Escala*

Proyecto para el Control y Mitigación de Desastres en Laderas
del Distrito Central en la República de Honduras

Manual Para El Diseño de Contramedidas En Sitios con Riesgo a Desastres Ladera de Pequeña / Mediana Escala

Marzo de 2023

Alcaldía Municipal del Distrito Central
Equipo de Expertos de JICA

Tabla de Contenidos

Chapter 1. Contramedidas para Deslizamientos.....	6
1.1 Planificación de Contramedidas	6
1.1.1 Factor de Seguridad	6
1.1.2 Objeto de Conservación y Factor de Seguridad Planificado	10
1.1.3 Selección y Planificación del Método de Trabajo para Contramedidas	11
1.1.4 Obras de Control	13
1.1.5 Obras de Contención	19
1.2 Diseño de Contramedidas	21
1.2.1 Obras de Control	21
1.2.2 Obras de Contención	43
Chapter 2. Contramedidas para Fallas de Ladera	56
2.1 Planificación de Contramedidas	56
2.1.1 Clasificación de Obras de Contramedidas	56
2.1.2 Selección de Método Constructivo	64
2.2 Diseño de Contramedidas	72
2.2.1 Obras de Control	72
2.2.2 Obras de Contención	75
Chapter 3. Contramedidas para Caída de Rocas.....	90
3.1 Planificación de Contramedidas	90
3.1.1 Clasificación de Obras de Contramedida	90
3.1.2 Selección de Obras de Contramedida	93
3.2 Diseño de Contramedidas	97
3.2.1 Obras de Prevención para Caída de Rocas	97
3.2.2 Obras de Protección para Caída de Rocas	101

Figuras

Figura 1	Dibujo conceptual del factor de seguridad	6
Figura 2	Clasificación de obras de contramedida para deslizamientos	11
Figura 3	Ejemplo de diseño de canalizaciones y de sección transversal del canal.....	21
Figura 4	Dibujos de referencia de las cajas de recolección y sistemas de caída.....	22
Figura 5	Fotos de casos de canalizaciones (en Japón)	23
Figura 6	Casos de aplicación de métodos para prevención de infiltración (en Japón).....	24
Figura 7	Dibujo de referencia del método de recubrimiento con toldos plásticos	24
Figura 8	Dibujo de referencia para obras de drenaje.....	25
Figura 9	Dibujo de referencia de obras de drenaje y canales	26
Figura 10	Diagrama conceptual de perforaciones para drenajes horizontales.....	26
Figura 11	Dibujo de referencia de la tubería para drenajes horizontales.....	27
Figura 12	Método para la estimación de la disminución del nivel freático.....	28
Figura 13	Fotos de caso de estudio de perforaciones para drenajes horizontales (en Campo Cielo).....	29
Figura 14	Planos de drenajes horizontales (en Campo Cielo).....	29
Figura 15	Diagrama conceptual del pozo de drenaje	30
Figura 16	Caso de estudio de pozo de drenaje (en Japón)	32
Figura 17	Ejemplo de pozo de drenaje contruido con placa de revestimiento metálica.....	33
Figura 18	Empuje del suelo actuando sobre la superficie exterior del pozo de drenaje	34
Figura 19	Esquema general de los túneles de drenajes.....	35
Figura 20	Ejemplos de secciones típicas para el túnel de drenaje.....	36
Figura 21	Balance de estabilidad para cada área del deslizamiento.....	38
Figura 22	Efectos de la remoción de tierra para diferentes zonas del deslizamiento	39
Figura 23	Obras de remoción de tierras y cortes de talud.....	39
Figura 24	Remoción de tierra y deslizamiento del talud superior	40
Figura 25	Esquema de obra con terraplén de contrafuerte.....	41
Figura 26	Relleno de contrafuerte y deslizamiento de la ladera en la parte baja.....	42
Figura 27	Perfil de secciones en compresión y tracción para un deslizamiento	46
Figura 28	Falla pasiva en la parte superior del pilote.....	47
Figura 29	Proceso constructivo para pilotes.....	49
Figura 30	Esquema estructural de los anclajes.....	52
Figura 31	Función de un anclaje	52
Figura 32	Clasificación de obras de contramedida para Fallas de Ladera	56

Figura 33	Esquema de obras de control para aguas superficiales en laderas	57
Figura 34	Casos de obras para protección de taludes mediante vegetación	58
Figura 35	Casos de obras con concreto lanzado	59
Figura 36	Diagrama general de trabajos con concreto lanzado	59
Figura 37	Casos de obras con revestimiento.....	60
Figura 38	Caso de obra de cribado	60
Figura 39	Clasificación por mecanismo de estabilidad	61
Figura 40	Clasificación por material.....	62
Figura 41	Diagrama de muro de retención para atrapar escombros	62
Figura 42	Diagrama de obras con anclajes activos.....	63
Figura 43	Diagrama de obras con anclajes pasivos	63
Figura 44	Diagrama de remoción de masas de suelo inestables	64
Figura 45	Diagrama de mejoras mediante reconfiguración del talud.....	65
Figura 46	Diagrama de casos en los que la selección del método constructivo está restringida	65
Figura 47	Diagrama de los casos en los que son necesarias obras de retención.....	66
Figura 48	Diagrama de caso en el que se construyen perforaciones de drenajes horizontales.....	67
Figura 49	Diagrama de casos en los que se instalan obras de control superficial	67
Figura 50	Sección longitudinal del talud antes de las contramedidas	68
Figura 51	Sección longitudinal del plan de obras de contramedida.....	69
Figura 52	Longitudinal section of slope before countermeasures	70
Figura 53	Sección longitudinal del plan de obras de contramedida.....	71
Figura 54	Diagrama general de obras con concreto lanzado.....	74
Figura 55	Diagrama general de las obras de cribado.....	75
Figura 56	Diagrama de colapso.....	78
Figura 57	Diagrama de derrumbe.....	78
Figura 58	Diagrama de derrumbe.....	79
Figura 59	Relación entre el gradiente de la ladera de buzamiento y el gradiente de la ladera de corte.....	79
Figura 60	Modelo de cálculo muros de retención	82
Figura 61	Modelo de cálculo de muro de retención (método de cuña de ensayo).....	83
Figura 62	Método para encontrar el punto de actuación de la fuerza resultante "R"	85
Figura 63	Punto de fuerza resultante "R" y reacción del suelo.....	86
Figura 64	Casos de estudio de obras con anclajes.....	87
Figura 65	Resistencia a la tensión del refuerzo.....	89

Figura 66	Diagrama de las obras de prevención para caída de rocas	90
Figura 67	Diagrama de las obras de protección para caída de rocas.....	91
Figura 68	Tipos y efectos de las obras de prevención para caída de rocas.....	92
Figura 69	Diagrama de flujo de la selección del método de contramedida	95
Figura 70	Energía de caída de rocas disponible para cada tipo de trabajo de protección contra caída de rocas (aproximado).....	96
Figura 71	Ejemplo de obras de corte para taludes rocosos inestables en Japón.....	97
Figura 72	Ejemplo de Obras de Adhesión en Japón	98
Figura 73	Ejemplo de Obras de Fijación con Cables en Japón.....	99
Figura 74	Dibujos de referencia de las obras para instalación de cables de acero.....	99
Figura 75	Ejemplo de Obra de Protección en el Pie en Japón	100
Figura 76	Ejemplo de Obras con Mallas en Japón.....	101
Figura 77	Ejemplo de Malla de Protección Tipo Cubierta en Japón	102
Figura 78	Ejemplo de Malla de Protección Tipo Bolsa en Japón	103
Figura 79	Ejemplo de Cerco de Protección para Caída de Rocas en Japón.....	104
Figura 80	Ejemplo de Barrera Dinámica con Alta Absorción para Protección contra Caída de Rocas en Japón	106
Figura 81	Ejemplo de Muro de Protección contra Caída de Rocas en Honduras (Colonia Fuerzas Unidas)	107
Figura 82	Ejemplo de Cobertizo para Caída de Rocas en Japón.....	108
Figura 83	Ejemplo de Estantes de Protección contra Caída de Rocas en Japón	109
Figura 84	Diagrama de Obra de Dique / Zanja de Protección contra Caída de Rocas	109

Chapter 1. Contramedidas para Deslizamientos

1.1 Planificación de Contramedidas

1.1.1 Factor de Seguridad

Las contramedidas para deslizamientos consisten en estabilización mediante el drenado del agua subterránea que los desencadena, mejorando el equilibrio de la ladera al modificar la topografía o fijando directamente la masa de suelo del deslizamiento mediante una estructura.

En la planificación de obras de contramedidas, es necesario evaluar cuantitativamente la eficacia de las obras y la cantidad de las obras. Esa evaluación cuantitativa se realiza mediante un índice del factor de seguridad.

A continuación, se explica el concepto de factor de seguridad.

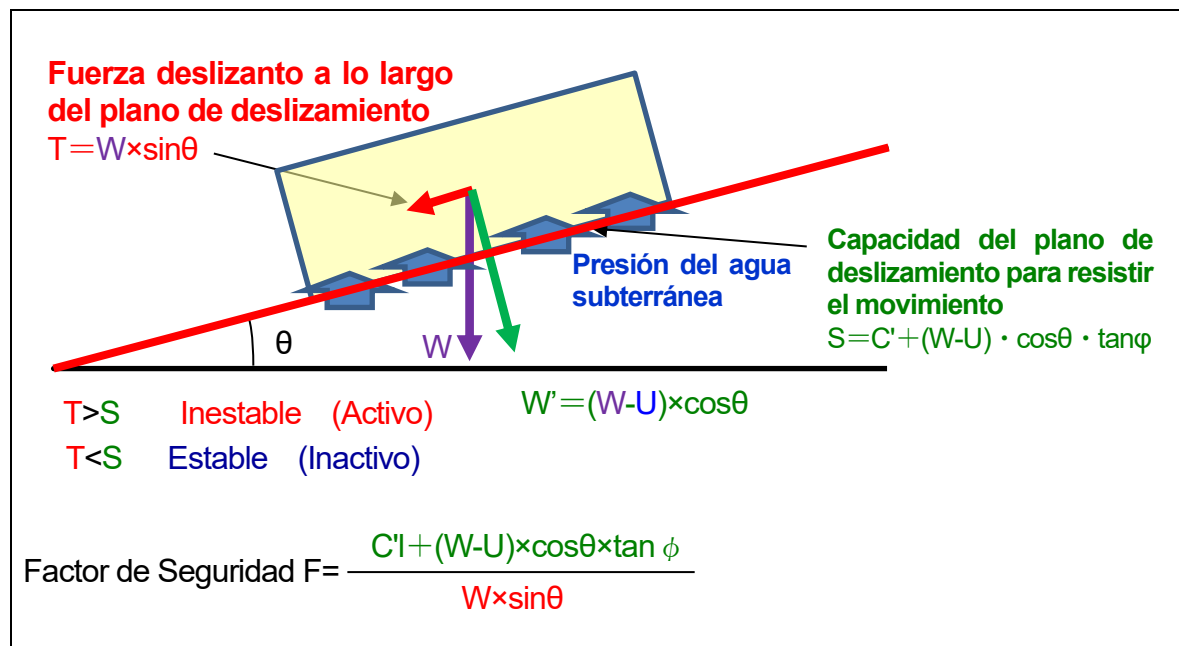


Figura 1 Dibujo conceptual del factor de seguridad

El factor de seguridad es una relación del equilibrio entre la fuerza deslizante y la fuerza resistente a lo largo del plano de deslizamiento. (Ver figura de arriba)

Cuando la fuerza deslizante y la fuerza resistente son iguales, se evalúa el factor de seguridad como $F = 1.00$. El factor de seguridad siempre cambia según el nivel del agua subterránea y la condición del deslizamiento. Además, si existe actividad del deslizamiento, se evalúa como $F < 1.00$, si el deslizamiento se encuentra inactivo, se evalúa como $F > 1.00$.

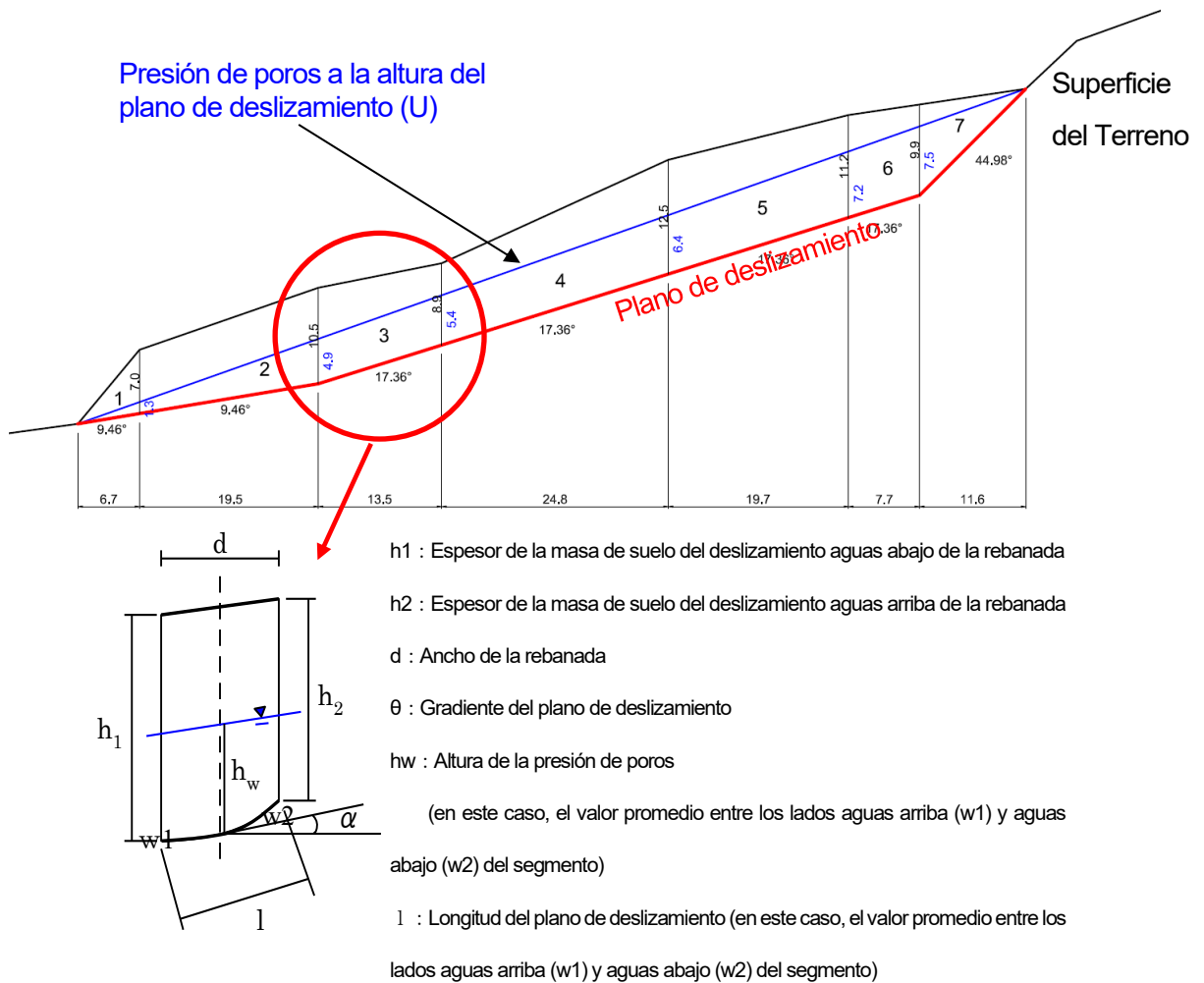
Cuando la cantidad de agua subterránea aumenta debido a las lluvias, etc., la resistencia contra el deslizamiento disminuye, se desequilibra y provoca movimientos. En la fórmula anterior, “U” aumenta y la

resistencia disminuye. Por lo tanto, se reduce el factor de seguridad, y se dice que se reduce la estabilidad del talud.

A continuación, explicaremos como calcular el factor de seguridad.

Para calcular el factor de seguridad de una ladera, el cuerpo del deslizamiento se divide en un número de rebanadas o dovelas como se muestra en la Figura a continuación. Luego, la fuerza deslizando y la fuerza resistente se calculan para cada rebanada.

Luego, los resultados se suman para calcular el factor de seguridad del deslizamiento.



Capacidad del plano de deslizamiento para resistir el movimiento

$$S = C'l + (W - U) \times \cos\theta \times \tan\phi$$

C' : Cohesión (kN/m²)

W : Peso del cuerpo del deslizamiento $(h_1 + h_2)/2 \times d \times \gamma t$

γt : Peso unitario de la masa de suelo

U : Presión de poros $h_w \times d$

φ : Ángulo de fricción interna del plano de deslizamiento

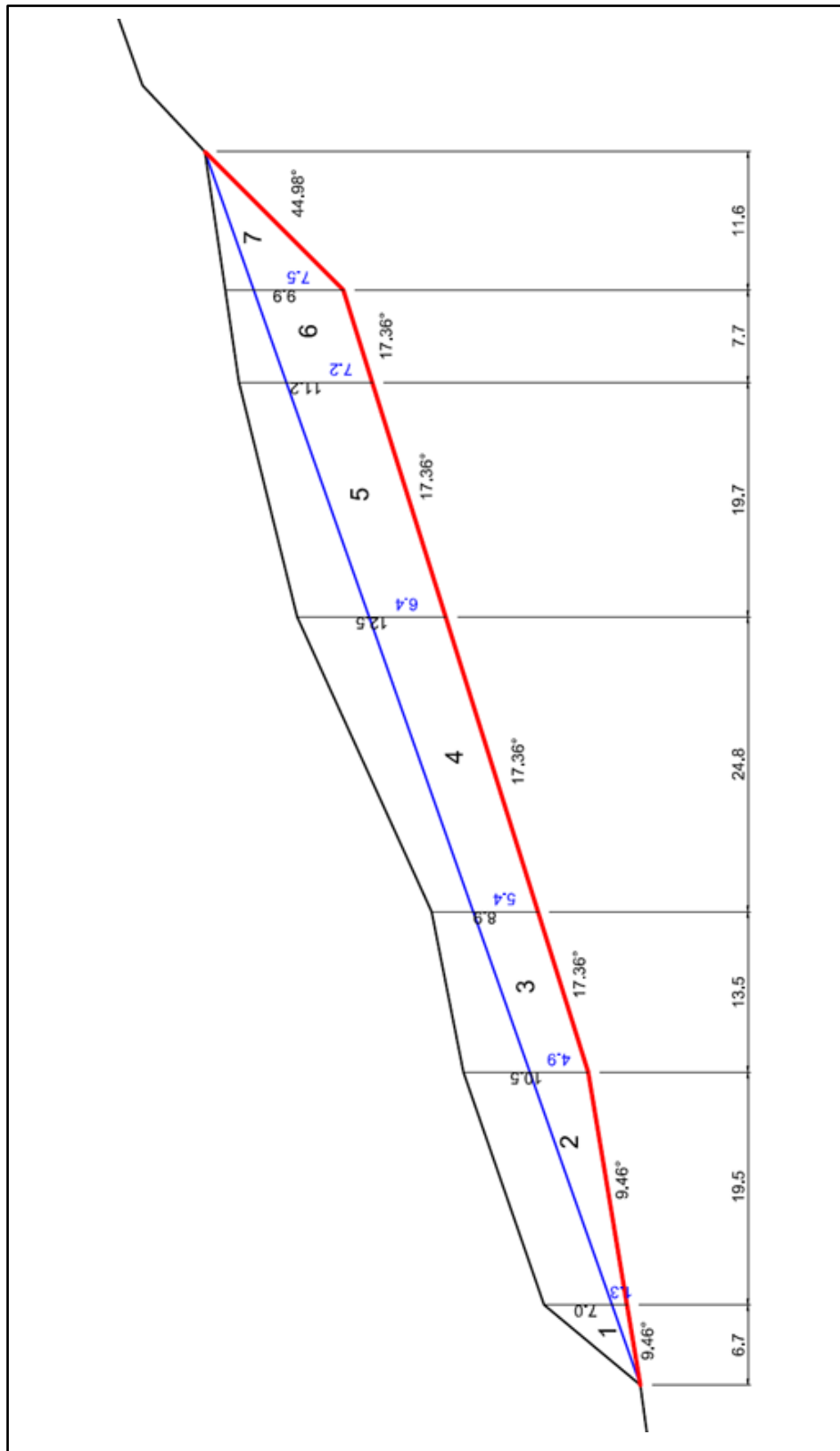
A lo largo de la fuerza deslizando en el plano de deslizamiento

$$T = W \times \sin\theta$$

Factor de Seguridad del deslizamiento

$$F = \sum S / \sum T$$

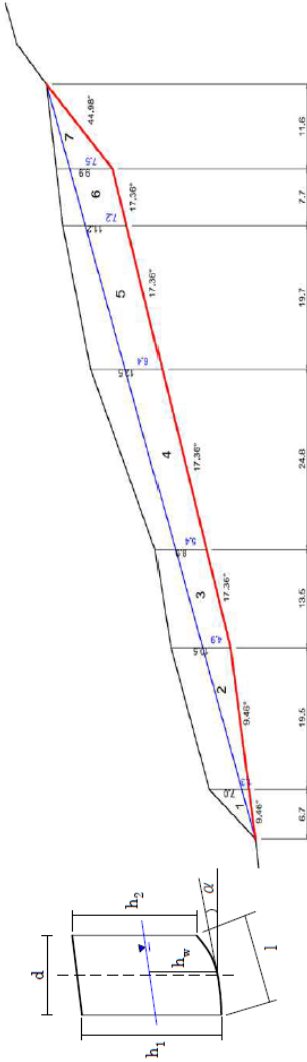
En la página siguiente se muestra un ejemplo de cálculo.



$$F_s = \frac{\sum \{c \cdot l + (W - U) \cdot d \cos \alpha \cdot \tan \phi\}}{\sum W \cdot \sin \alpha} = 1.00$$

Soil Constants (Soil Parameter)

No.	Unit Weight		Cohesion c (kN/m ²)	Internal Friction Angle	
	γ_t (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)		ϕ (°)	$\tan\phi$
1	18.00	20	12.95	17.5	0.3153
2					
3					
4					
5					



Slice No.	Height (L) h_1 (m)	Height (R) h_2 (m)	Wide d (m)	Area A (m ²)	Unit Weight γ_1 (kN/m ³)	Weight W (kN/m)	Length l (m)	Angle α (°)	W.L. Height h_1 (m)	W.L. Height h_2 (m)	W.L. Height h_w (m)	Pore Water Pressure U (kN/m ²)	Cohesion c (kN/m ²)	$\tan\phi$	S	T
1	0.00	7.00	6.70	23.45	18.00	422.10	6.79	9.5	0.00	1.30	0.65	6.37	12.95	0.315	205.892	69.376
2	7.00	10.50	19.50	170.63	18.00	3071.25	19.77	9.5	1.30	4.90	3.10	30.40	12.95	0.315	1026.744	504.788
3	10.50	8.90	13.50	130.95	18.00	2357.10	14.14	17.4	4.90	5.40	5.15	50.50	12.95	0.315	687.199	703.299
4	8.90	12.50	24.80	265.36	18.00	4776.48	25.98	17.4	5.40	6.40	5.90	57.86	12.95	0.315	1341.912	1425.180
5	12.50	11.20	19.70	233.45	18.00	4202.01	20.64	17.4	6.40	7.20	6.80	66.69	12.95	0.315	1136.383	1253.773
6	11.20	9.90	7.70	81.24	18.00	1462.23	8.07	17.4	7.20	7.50	7.35	72.08	12.95	0.315	377.483	436.292
7	9.90	0.00	11.60	57.42	18.00	1033.56	16.40	45.0	7.50	0.00	3.75	36.77	12.95	0.315	347.669	730.582
Σ															5123.28	5123.29

1.1.2 Objeto de Conservación y Factor de Seguridad Planificado

Los deslizamientos sujetos a trabajos de contramedidas son generalmente de gran escala y, a menudo, consisten en múltiples bloques en movimiento, por lo que a menudo lleva una cantidad considerable de años en completar el trabajo. Por otro lado, dado que muchas viviendas e instalaciones públicas se ubican sobre las laderas, es fundamental implementar medidas no estructurales tales como sistemas de alerta temprana y evacuación cuando se intensifica la actividad del deslizamiento.

Por lo tanto, es importante que se formule un plan de prevención de deslizamientos considerando la implementación de medidas no estructurales para que siempre se pueda contar con un sistema de alerta y evacuación.

El plan de prevención de deslizamientos se basa en los resultados de los estudios y análisis de deslizamientos, que se realizan con anticipación, y considera el fenómeno de cada deslizamiento (topografía, geología, escala, condiciones del deslizamiento, etc.), la importancia del objetivo de conservación, la urgencia del proyecto, el efecto del proyecto, etc. La escala y los contenidos del plan se determinarán teniendo en cuenta lo anterior.

Este manual describe el enfoque en las medidas estructurales.

(1) Objeto de conservación

La identificación del objetivo de conservación para el plan de prevención de deslizamientos se realiza considerando la escala del deslizamiento objetivo y su mecanismo de ocurrencia/movimiento.

Los tipos de daños cubiertos por el plan de prevención de deslizamientos se enumeran a continuación.

- Daños a las vidas humanas, casas, calles, cultivos, instalaciones públicas, etc. en deslizamientos
- Daños asociados con el movimiento de deslizamientos a vidas humanas, casas, calles, cultivos, instalaciones públicas, etc. ubicados debajo de la ladera deslizada
- Daños por inundación en el área aguas arriba de la presa natural formada por el depósito de una masa de deslizamiento de tierra en un cauce
- Flujo de escombros y daños por inundaciones aguas abajo debido a la falla de una presa natural

(2) Factor de seguridad planificado

En trabajos generales de contramedida para deslizamientos, suponga que el factor de seguridad actual es de 0,95 a 1,00 de acuerdo con la situación actual del deslizamiento, y considere exhaustivamente el mecanismo de ocurrencia/movimiento del deslizamiento, la importancia del objetivo de conservación y el grado de daño esperado. Por lo tanto, el factor de seguridad de diseño (P.Fs) se establece entre 1,10 a 1,20.

Además, incluso en el caso de garantizar la seguridad inmediata mediante medidas de emergencia, etc., el factor de seguridad planificado (P.Fs) se debe establecer como 1,05 o superior.

1.1.3 Selección y Planificación del Método de Trabajo para Contramedidas

(1) Clasificación de los trabajos de contramedidas para deslizamientos

El trabajo de contramedidas para deslizamientos se divide en obras de control y obras de contención.

Las obras de control son un método para detener o mitigar el movimiento de la ladera al mejorar el equilibrio entre la fuerza deslizante y la fuerza resistente del deslizamiento al cambiar las condiciones naturales, como la topografía del lugar y el estado de las aguas subterráneas.

Las obras de contención son un método para detener parte o la totalidad de la actividad del deslizamiento utilizando la fuerza resistente proporcionada por estructuras.

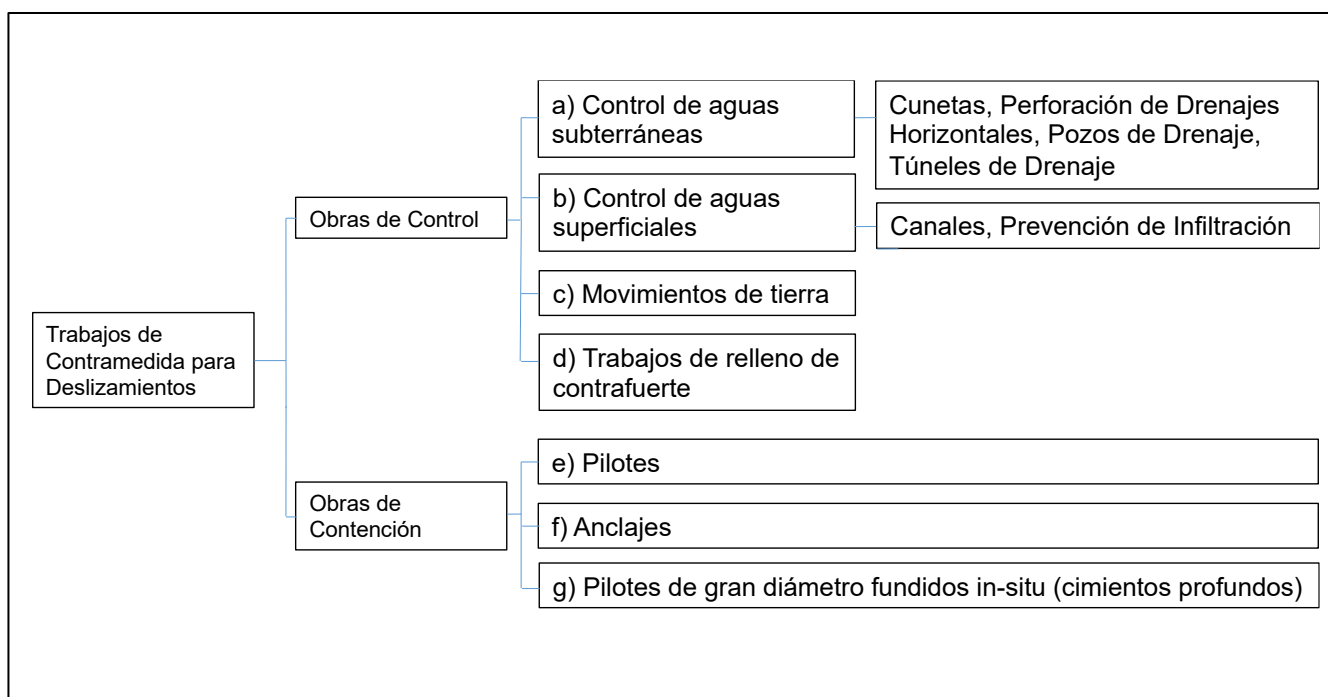


Figura 2 Clasificación de obras de contramedida para deslizamientos

Las obras de prevención de deslizamientos deben seleccionarse teniendo en cuenta los factores de predisposición y desencadenantes, especialmente la relación entre la precipitación, el agua subterránea y el movimiento de deslizamientos, la topografía/geología, el tamaño del deslizamiento, el patrón de movimiento, la velocidad del movimiento, el objetivo de conservación, la eficiencia económica (costo total, incluido el mantenimiento y tanto de gestión como de construcción), y prioridad de la obra a adoptar.

En principio, se debe realizar una investigación detallada para aclarar las características del deslizamiento objetivo antes de planificar las contramedidas.

Aunque es difícil discutir los métodos de planificación para las obras de contramedidas de manera uniforme porque las características de los deslizamientos varían de un sitio a otro, los siguientes son puntos a tener en cuenta al planificar las obras de mitigación, centrándose en los factores desencadenantes de los deslizamientos, la reducción de las fuerzas de deslizamiento, la adición de fuerzas de resistencia, la actividad

del deslizamiento, la escala del deslizamiento y lugares de construcción de obras de contramedidas.

1) Desencadenantes de deslizamientos (remoción de los desencadenantes)

La eliminación de los desencadenantes de deslizamientos es generalmente la medida preventiva más efectiva. No es exagerado decir que la causa de muchos deslizamientos de tierra que ocurren naturalmente es debido al aumento del nivel de agua subterránea debido a fuertes lluvias, lluvias prolongadas y el derretimiento de la nieve. Por lo tanto, el drenaje de aguas superficiales y el drenaje de aguas subterráneas son métodos de construcción importantes que deben considerarse en primer lugar. Por otra parte, cuando el desencadenante es un acto artificial, una medida de emergencia eficaz es restablecer el hecho desencadenante. Por ejemplo, cuando el detonante es un corte o un terraplén, es efectivo restaurarlo para eliminar su influencia tanto como sea posible.

2) Reducción de la fuerza deslizante, incremento de la fuerza resistente

Un método típico para reducir la fuerza deslizante de un deslizamiento (el denominador de la fórmula de análisis de estabilidad) es la remoción de suelo en la parte alta del deslizamiento. Este tipo de acción es rápida y eficaz. Se debe tener cuidado para asegurarse de que no haya laderas inestables u otros bloques de deslizamiento de tierra. Por otro lado, las obras que comúnmente se utilizan para agregar resistencia (el numerador de la fórmula del análisis de estabilidad) son obras de relleno de contrafuertes y obras con pilotes. El primero es uno de los métodos de construcción más efectivos, el cual se lleva a cabo en la parte baja del deslizamiento. Las obras de anclaje también son un método de construcción de uso común.

3) Actividad del deslizamiento

En el caso de un deslizamiento con alta velocidad de movimiento, es imposible construir una obra de contención, e incluso si se construye, esta puede ser destruida. Por lo tanto, primero se deben eliminar los factores artificiales tales como cortes o terraplenes artificiales, e implementar obras de control tales como el drenaje de aguas subterráneas, el drenaje de aguas superficiales y las perforaciones horizontales. Después de reducir la velocidad del movimiento, se planificarán obras de contención según sea necesario.

4) Escala del deslizamiento

Tomando como ejemplo el drenaje de aguas subterráneas, si la escala del deslizamiento es pequeña, no es tan difícil construir perforaciones horizontales que atraviesen el plano de deslizamiento desde la superficie del suelo. Sin embargo, a medida que aumenta la escala, también aumenta la longitud de la perforación, por lo que disminuye la eficiencia de eliminar el agua subterránea cerca del plano de deslizamiento. Por lo tanto, los pozos de drenaje y, a veces, los túneles de drenaje son métodos de construcción eficientes y económicos. De la misma manera, si la escala del deslizamiento es grande, será difícil emplear obras con pilotes, incluso si se realizan obras de terracería, por lo tanto, en esos casos se consideran obras de anclaje.

5) Ubicación de las obras de contramedida

Dado que la parte alta de un deslizamiento se convierte en una zona de tensión con muchas grietas y espacios, es eficaz instalar obras de control de aguas subterráneas y de aguas superficiales. Además, los trabajos de control de aguas subterráneas a menudo se construyen para evitar la entrada de aguas subterráneas desde el exterior del sitio del deslizamiento. Además, se deben realizar trabajos de remoción de tierra en la parte superior del deslizamiento. Por otro lado, dado que la parte baja del deslizamiento es una zona de compresión, es adecuado para trabajos de relleno de contrafuertes y trabajos de contención.

1.1.4 Obras de Control

Las obras de control son un método de construcción que mejora el equilibrio entre la fuerza deslizante y la fuerza resistente y detiene o mitiga el movimiento del deslizamiento al cambiar la topografía de este y las condiciones del agua subterránea. Al planificar, considere el costo total, incluyendo el mantenimiento, y planifique el diseño adecuado combinando racionalmente los siguientes tipos de obras.

(1) Obras de control de las aguas superficiales

Las obras de control de aguas superficiales evitan la infiltración de las aguas lluvias y reinfiltraciones de manantiales, pantanos, cursos de agua, etc., y suprimen la subida de aguas subterráneas. Los trabajos de control de aguas superficiales incluyen obras de canalización y obras de prevención de infiltración, y se debe seleccionar un método de construcción que pueda construirse rápidamente de acuerdo con la situación del deslizamiento. Las obras de canalización deben planificarse de acuerdo con la topografía del deslizamiento y deben evitarse grandes movimientos de tierra. Además, cuando se controle el flujo de agua superficial hacia el deslizamiento, debe planificarse en el área periférica del área estable del deslizamiento lejos de las grietas y escarpes.

Aunque el efecto de las obras de drenaje de aguas superficiales no se puede expresar cuantitativamente en la actualidad, es deseable implementarlas como una medida contra los deslizamientos. Este método es particularmente efectivo cuando la cantidad de precipitación y el movimiento del deslizamiento están estrechamente relacionados.

1) Obra de canalización

Las obras de canalización se instalan para recolectar rápidamente la lluvia dentro del área del deslizamiento, drenarla fuera, y para eliminar la entrada de agua desde fuera del área en cuestión.

(A) Obras de canalización para captación de agua

Las obras de captación de agua generalmente se colocan a lo largo de las laderas para recolectar rápidamente las aguas lluvias y el agua superficial en las laderas. Las obras de captación de agua son

relativamente anchas y poco profundas, y están conectadas a las obras de canalización para drenaje de agua.

(B) Obras de canalización para drenaje de agua

Las obras de canalización para drenaje de agua se utilizan para drenar rápidamente el agua recolectada fuera del sitio del deslizamiento, por lo que sus secciones transversales deben determinarse mediante cálculos de flujo de agua. Las obras de canalización se deben instalar en áreas con topografía plana preferiblemente. En principio, estas obras deben contar con soportes a intervalos de 20 a 30 m.

2) Obras para prevención de la infiltración

Las obras de prevención de la infiltración son un método mediante el cual se rellenan las grietas con arcilla o cemento, o se cubren con láminas de plástico. Como medidas para evitar la fuga de agua de pantanos y cursos de agua, se debe cubrir con materiales impermeables, excavar zanjas, reponer y mejorar canales, etc.

(2) Obras de control de aguas subterráneas

Las obras de control de aguas subterráneas drenan el agua subterránea que fluye o se filtra en el área del deslizamiento y el agua subterránea que se distribuye dentro del área, y disminuyen la presión de poros (nivel de agua subterránea) que actúa en el plano de deslizamiento. Las obras de control de aguas subterráneas se dividen aproximadamente en obras de drenaje de aguas subterráneas poco profundas, para las aguas subterráneas que fluyen en el estrato cercano de la superficie y obras de drenaje de aguas subterráneas profundas, para las aguas subterráneas profundas cerca del plano de deslizamiento.

La disminución planificada del nivel de agua subterránea depende según el tipo de trabajo de contramedida, la topografía del deslizamiento, la geología, la calidad del suelo y la condición de presencia de agua subterránea. Dependiendo de cada situación, se estudia y se decide.

Si es difícil obtener resultados del análisis del nivel del agua subterránea o lugares similares, los siguientes valores pueden usarse como referencia. Sin embargo, el valor que se muestra aquí es un valor empírico cuando las obras de control de aguas subterráneas se colocan adecuadamente en el deslizamiento, y debe considerarse como la caída máxima esperada en el nivel de las aguas subterráneas. Por lo tanto, se debe realizar una observación continua después de la construcción y, si no se observa la reducción prevista en el nivel de las aguas subterráneas, se volverá a examinar el método de construcción y se considerarán trabajos adicionales.

Perforación de Drenajes Horizontales	3.0m
Pozo de Drenaje	5.0m
Tunel de Drenaje	8.0m

1) Obras de control para aguas superficiales poco profundas

(A) Obras de drenaje

Las obras de drenaje se instalan para eliminar las aguas subterráneas distribuidas en capas poco profundas o para eliminar rápidamente el agua infiltrada por la lluvia. En particular, al eliminar abundante agua subterránea en capas de suelo con baja conductividad hidráulica, se debe planificar agresivamente. La profundidad del agua subterránea que se puede extraer es de aproximadamente 2 m desde la superficie del suelo.

(B) Obras combinadas de canales y drenajes

Se instalan obras combinadas de canales y drenajes para evitar la entrada e infiltración de agua superficial y para eliminar el agua subterránea que se ha infiltrado desde la superficie hasta poca profundidad. Dado que el agua subterránea poco profunda se forma por permeación del agua superficial, la estructura será una combinación de drenajes y canales de drenaje en surcos y valles en la superficie del suelo.

(C) Perforación de drenajes horizontales

Las perforaciones de drenaje horizontal están diseñadas para eliminar el agua subterránea de la capa superficial que no se puede eliminar mediante obras combinadas de canales y drenaje, etc., y deben planificarse si la construcción es posible desde el punto de vista topográfico. Es deseable planificar el diámetro, la longitud, el ángulo, etc. de las perforaciones de drenaje horizontales en función de los resultados del análisis de aguas subterráneas.

2) Obras de control para aguas superficiales profundas

(A) Perforación de drenajes horizontales

Las perforaciones de drenajes horizontales, cuando son utilizadas como drenajes de aguas subterráneas profundas, se construyen para drenar aguas subterráneas profundas distribuidas cerca de los planos de deslizamientos y aguas subterráneas a lo largo de fallas y zonas de fractura. Después de confirmar la existencia de agua subterránea profunda en el bloque de deslizamiento y el nivel las mismas, se procede a planificar las obras para tratar dicho acuífero. El intervalo de las barras de perforación usadas para drenajes horizontales es generalmente de 5 a 10 m y, a menudo, se planifica perforar de 5 a 10 m más allá del plano de deslizamiento.

(B) Pozos de drenaje

Los pozos de drenaje se utilizan para drenar aguas subterráneas profundas. En particular, estos deben considerarse cuando se va a recolectar agua subterránea de manera intensiva a un nivel profundo o cuando la longitud de las perforaciones horizontales es mayor a 50 m. Los pozos de drenaje no funcionan para recolectar agua a través de las paredes del pozo, si no que para recolectar agua en grandes cantidades a través de las venas de agua subterránea mediante las perforaciones de drenajes horizontales dentro del pozo.

En el caso de deslizamientos activos, la profundidad del pozo generalmente se planifica para que sea

al menos 2 m menos profunda que la profundidad del plano de deslizamiento, para así garantizar la estabilidad del pozo. En el caso de instalarse en un deslizamiento no activo, la base del pozo de drenaje puede ubicarse en suelo estable y atravesar el plano de deslizamiento.

La ubicación y el tamaño de los pozos se determinarán tomando en consideración la eficacia de la recolección de agua, la seguridad durante la construcción, el mantenimiento, la gestión, etc.

En particular, se debe examinar el método de disposición final y construcción para que el drenaje de los pozos hacia la superficie sea un drenaje natural. Si no es posible drenar directamente el agua del pozo a la superficie, se debe planificar un pozo de relevo. En cualquier caso, la tubería para los drenajes de los pozos no debe cruzar, en principio, el plano de deslizamiento para que las instalaciones no sean dañadas por el deslizamiento.

Los pozos de drenaje se utilizan en áreas de deslizamientos donde el agua subterránea está estratificada o pulsada y se requiere una extracción intensiva de agua subterránea. Si la distribución del agua subterránea es multicapa, es necesario recolectar el agua subterránea en dos o más perforaciones de drenaje horizontales en la dirección de la profundidad.

Si el suelo es blando y hay una gran cantidad de nacimientos de agua, la excavación es difícil, por lo que se deben adoptar otros métodos. Además, en lugares donde hay mucho movimiento, un aumento en la presión lateral puede causar distorsión en el pozo, lo que puede causar su rotura. Por lo tanto, es deseable evitar la construcción en dichos lugares tanto como sea posible, no solo desde el punto de vista del mantenimiento después de la construcción, sino también desde el punto de vista de la prevención de desastres durante la construcción. Por lo tanto, al determinar la ubicación de los pozos de drenaje, es una regla general confirmar la geología y el lecho rocoso mediante sondeos preliminares.

Al instalar dos o más pozos de drenaje, su ubicación y cantidad deben determinarse teniendo en cuenta la longitud de construcción de las perforaciones de drenajes horizontales dentro del pozo, el área afectada por la disminución del nivel freático debido a los pozos de drenaje y las condiciones locales del agua subterránea.

(C) Tunel de drenaje

Los túneles de drenaje se implementan cuando es difícil drenar las aguas subterráneas profundas mediante pozos de drenaje o perforaciones de drenajes horizontales. Los túneles de drenaje se construyen con el fin de drenar el agua subterránea cerca del plano de deslizamiento mediante una perforación de drenaje instalada dentro del túnel.

Además, se divide aproximadamente en un túnel inferior que se ubica debajo del plano de deslizamiento y un túnel periférico que se instala alrededor del sitio del deslizamiento. Como regla general, la excavación de túneles dentro de la masa del deslizamiento no debe realizarse.

La perforación de drenajes se lleva a cabo mediante perforación ascendente u horizontal desde la sala de perforación dentro del túnel.

(3) Obras de remoción de tierra

Las obras de remoción de tierra se realizan para remover masa de suelo en la parte alta del deslizamiento y reducir la fuerza deslizante del mismo. A la hora de planificar las obras de remoción de tierras, es necesario realizar una minuciosa investigación y estudio previo para no inducir posibles deslizamientos en el talud superior.

Si se cuenta con otros deslizamientos en la ladera superior, se debe evitar este método de construcción.

El volumen de suelo que se eliminará debe determinarse en función de un cálculo de estabilidad basado en una comprensión precisa de la escala del deslizamiento y la posición del plano de deslizamiento.

Después de las obras de remoción de tierra, se debe trabajar para restaurar el entorno natural mediante la plantación de árboles en la superficie de la ladera y en el sitio donde se removió el suelo.

Si el movimiento del deslizamiento es grande y es peligroso para los trabajadores ingresar al área del derrumbe y a la ladera debajo del derrumbe, o si es peligroso trabajar en laderas empinadas, se debe considerar la introducción de tecnología de construcción a control remoto.

Las obras de remoción de tierra requieren inversión en movimiento de suelos, tratamiento de suelos, mantenimiento y manejo de la superficie de taludes cortados y puede llevar tiempo adquirir terrenos privados para esto. Por otro lado, es un método de construcción que tiene pocos problemas de deterioro, tales como la adhesión de limo a los orificios de drenaje después de la construcción en el caso de las perforaciones de drenaje horizontales y pozos de drenaje. Por lo tanto, si se considera ventajoso después de comparar el costo total incluyendo trabajabilidad, tratamiento del suelo, sitio, riesgo de deterioro funcional, mantenimiento, etc., debe adoptarse positivamente.

(4) Rellenos de contrafuerte

Las obras de relleno de contrafuertes se instalan para terraplenar una masa de suelo bien drenada en la base del deslizamiento y aumentar la capacidad de la fuerza resistente en deslizamiento. Se debe corroborar que con esto no se vayan a producir nuevos deslizamientos en el terraplén y sus taludes aledaños. Dado que las obras de relleno de contrafuerte a menudo se ubican en el lecho de un río o en un arroyo de montaña, puede ser necesario modificar el cauce del río o realizar trabajos de revestimiento.

Dado que este tipo de obras son efectivas cuando se usan en combinación con obras de remoción de tierra en la parte superior del deslizamiento, a menudo se planea combinarlos. Además, considerando el aumento del nivel freático detrás de las obras de relleno de contrafuerte, es deseable implementar conjuntamente obras para el control de las aguas subterráneas.

El volumen de relleno del contrafuerte se decidirá mediante un cálculo de estabilidad. Posteriormente, el relleno del contrafuerte se enverdecerá para restaurar el entorno natural y el paisaje. Además, como se

menciona con las obras de remoción de tierra, el método de construcción debe garantizar la seguridad de los trabajadores.

(5) Obras de prevención de erosión utilizando estructuras fluviales, etc.

Se deben considerar obras de prevención de la erosión utilizando estructuras fluviales, etc. para proteger la ribera de ríos y estabilizar el borde inferior de los deslizamientos, en caso de que la degradación del lecho del río o la erosión de la ribera debido al flujo de agua perjudique la estabilidad de la masa del deslizamiento y provoque la ocurrencia y activación de este.

Las estructuras fluviales para la prevención de deslizamientos incluyen diques de contención, terraplenes, revestimientos y presas de agua. En algunos casos también se debe considerar la desviación de ríos.

Si se construyen diques de contención y terraplenes inmediatamente aguas abajo del área del deslizamiento, la sedimentación evitará el colapso y la erosión al final del deslizamiento. Al instalar presas de control, terraplenes, etc., en principio, deben instalarse en una posición estable que no se vea afectada por los deslizamientos, directamente aguas abajo del área del deslizamiento.

1.1.5 Obras de Contención

Las obras de contención son un método para detener todo o parte del movimiento del deslizamiento de tierra agregando la fuerza de resistencia de la estructura. Al planificar, se debe tener en cuenta el costo total, incluido el mantenimiento y la administración, y se deben planificar los siguientes tipos de estructuras para que se coloquen de manera adecuada, ya sea individualmente o en una combinación razonable.

Se pueden implementar los siguientes tipos de obras de contención.

/ "Pilotes" y "Ejes de gran diámetro fundidos in situ": Es un método que resiste directamente la fuerza deslizante del cuerpo de deslizamiento de mediante la resistencia al corte y la resistencia a la flexión de las tuberías de acero, hormigón armado, etc.

/ "Ancclajes": Es un método que estabiliza las laderas utilizando la resistencia a la tracción de los tendones (materiales de acero, etc.).

(1) Pilotes

Las obras con pilotes son un método utilizado para resistir directamente la fuerza deslizante de una masa de deslizamiento en movimiento al agregar resistencia al corte y resistencia a la flexión mediante la inserción de pilotes de tubería de acero, etc., a través del plano de deslizamiento en la capa inmóvil.

Las obras con pilotes es un método en el cual generalmente se colocan múltiples pilotes de tubos de acero en fila perpendicular a la dirección del movimiento del deslizamiento para resistir como una sola unidad la fuerza deslizante.

Por lo tanto, cuando la actividad de deslizamiento es considerable y se espera un movimiento de 1 mm/día o más, a menos que los pilotes planificados se instalen al mismo tiempo, los pilotes trabajarán individualmente y no se puede esperar que sean efectivos, por lo tanto, la construcción debe realizarse después de confirmar que la actividad del deslizamiento se ha detenido en general debido a las medidas de emergencia y el trabajo de control.

En principio, la ubicación planificada debe estar debajo del centro del bloque de deslizamiento, y esta debe seleccionarse donde la base para el área de enraizamiento del pilote sea sólida y se pueda esperar la fuerza de reacción del suelo.

(2) Ejes de gran diámetro fundidos in-situ

Las obras con ejes de gran diámetro fundidos in-situ (de aquí en adelante descritos como "ejes") es un método en el que el eje se llena con concreto armado para resistir la fuerza deslizante mediante la fuerza resistente producida por el eje.

Este tipo de ejes se planifican cuando la fuerza deslizante es grande y es difícil asegurar el factor de seguridad planificado especificado (P-Fs) solamente con los pilotes, y cuando las condiciones del terreno para

cimentación son favorables.

El método de los ejes consiste en la excavación de un pozo con un diámetro de 2,5 a 6,5 m hasta el estrato estable, posteriormente el pozo se llena con concreto armado y se convierte en un pilote. Los ejes se utilizan cuando las condiciones del terreno dificultan la perforación de pozos de gran diámetro con máquinas, o cuando los pilotes de acero no pueden resistir la fuerza deslizante. Es necesario prestar atención a la gestión de la seguridad de la construcción durante la excavación del pozo. Además, es necesario realizar suficientes investigaciones y estudios sobre las aguas subterráneas y los nacimientos de agua con anticipación para garantizar que el tratamiento de drenaje durante la excavación se lleve a cabo de manera adecuada.

(3) Anclajes

Las obras de anclajes son un método mediante el cual se insertan tendones (de acero u otros materiales) desde la superficie del talud hasta el estrato estable y estabiliza el talud utilizando la resistencia a la tracción del acero anclado en el estrato estable.

Los anclajes utilizados como contramedidas contra deslizamientos tienen dos efectos: uno es aumentar la resistencia al corte al aumentar la tensión vertical contra el plano de deslizamiento (efecto de sujeción) y el otro es retener la masa de suelo del deslizamiento mediante la fuerza de tracción en dirección tangencial al plano de deslizamiento cuando la masa de suelo se desliza (efecto de retención).

Los anclajes son un método para estabilizar deslizamientos anclando acero de alta resistencia al estrato estable, transmitiendo la carga que actúa sobre el cabezal (superficie del suelo) del material de tensión a la capa de anclaje (estrato estable), e integrando la estructura de fuerza de reacción (presión de la placa receptora en la superficie del suelo) como un grupo con el deslizamiento. Este método se usa cuando el sitio del deslizamiento es demasiado empinado y es difícil obtener suficiente fuerza de reacción del suelo con pilotes o ejes, o cuando la situación en el sitio es urgente y el efecto del método se requiere lo antes posible.

1.2 Diseño de Contramedidas

1.2.1 Obras de Control

(1) Control de las aguas superficiales

1) Obras de canalización

Las obras de canalización constan de un canal de captación de agua que se coloca siguiendo un patrón dendrítico en la depresión del talud del deslizamiento y un canal de drenaje de agua que drena el agua. Los canales de drenaje están dispuestos como se muestra en la Figura 3. Además, si es necesario, se puede evitar que el agua superficial del exterior no fluya hacia el bloque de deslizamiento.

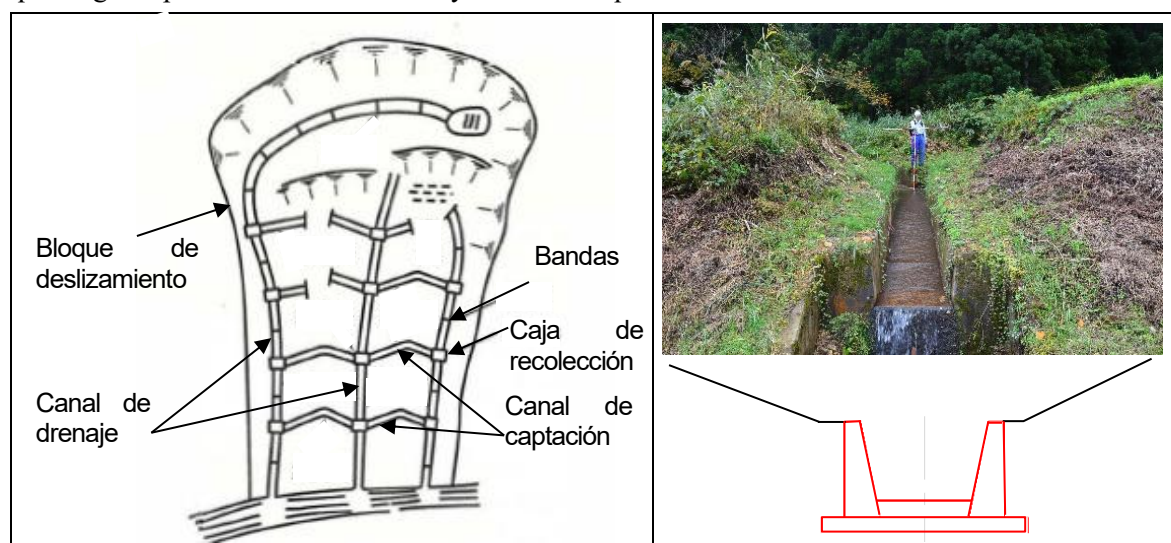


Figura 3 Ejemplo de diseño de canalizaciones y de sección transversal del canal

Los siguientes son puntos a considerar al momento de diseñar las obras de canalización.

/ El canal debe ser un canal con foso para evitar la recolección de agua superficial de la ladera del deslizamiento y la infiltración del agua recolectada (Figura 4). La ruta del canal debe seleccionarse procurando minimizar la excavación de la ladera.

/ Las dimensiones del canal de captación de agua y del canal de drenaje deben ser lo más ancho y poco profundo posible, al menos 30 cm, esto considerando el mantenimiento y la fácil gestión.

/ Se debe revestir el fondo del canal para evitar la infiltración de la escorrentía, y se deben construir cajas de recolección en los cruces con ramales, curvas y cambios de pendiente.

/ La sección transversal del canal de drenaje principal se establece considerando la tasa de flujo de inundación máxima planificada. En muchos casos, la cantidad de lluvia planificada se establece en una magnitud de aproximadamente 1/50 de la probabilidad de excedencia (caso japonés). Además, la sección transversal del canal debe diseñarse con un margen de al menos el 20 % para permitir la reducción del área de la sección transversal debido a la deposición de sedimentos.

/ En caso de que exista agua subterránea poco profunda, se deben instalar canales combinados con

alcantarillas.

/ La figura 5 muestra un dibujo de referencia de una caja de recolección y un sistema de caída. Se debe instalar una caja de recolección o un sistema de caída en cada 20 a 50 m.

/ Los materiales más comúnmente usados para los canales son tuberías de concreto en forma de U, las tuberías de acero semicirculares, los tubos corrugados y los tubos de plástico. Si se espera una deformación del canal debido al deslizamientos o movimiento de la superficie del suelo, seleccione un material que pueda seguir fácilmente el movimiento de la superficie del suelo, por ejemplo, materiales con mayor flexibilidad.

/ El monitoreo y mantenimiento periódicos son necesarios debido a que las juntas del canal pueden abrirse o destruirse por levantamiento o hundimiento del suelo causado por movimientos del deslizamiento, lo que puede resultar en fugas de agua.

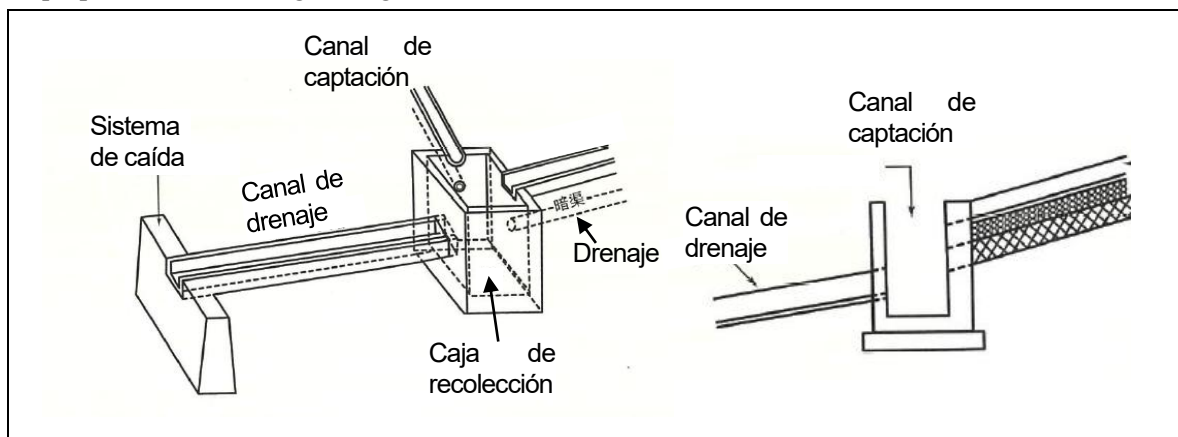


Figura 4 Dibujos de referencia de las cajas de recolección y sistemas de caída



Figura 5 Fotos de casos de canalizaciones (en Japón)

2) Obras para prevención de infiltración

Los principales tipos de obra para el control de infiltraciones incluyen los siguientes:

1) Rellenos: Las grietas se rellenan con arcilla u hormigón. Adecuado para medidas de emergencia.

2) Recubrimiento con toldos plásticos: Se cubren las grietas directamente con el toldo plástico. Adecuado para medidas de emergencia.

3) Prevención de Fugas: En caso de fugas en zonas pantanosas, el fondo se cubre con un material impermeable (por ejemplo: asfalto).



Figura 6 Casos de aplicación de métodos para prevención de infiltración (en Japón)

A continuación, se describe el método de “recubrimiento con toldos plásticos”, el cual es fácil de implementar y se ha utilizado en muchos casos. El método de recubrimiento con toldos plásticos se utiliza principalmente para cubrir grietas abiertas. Los materiales son: toldos plásticos, pines de anclaje, sacos de arena y cuerdas. El procedimiento es extender el toldo plástico para cubrir la grieta abierta, luego, anclar los pines y los lados del toldo con pasadores de anclaje. Los toldos se colocan uno encima del otro para que no queden espacios entre ellos. A continuación, coloque sacos de arena en la parte superior y suspendidos en la parte media para evitar que el viento se lleve los toldos. Para evitar que el agua recolectada por el toldo vuelva a filtrarse en el área del deslizamiento, se debe instalar un canal debajo del toldo para que fluya el agua superficial hacia afuera del área del deslizamiento.

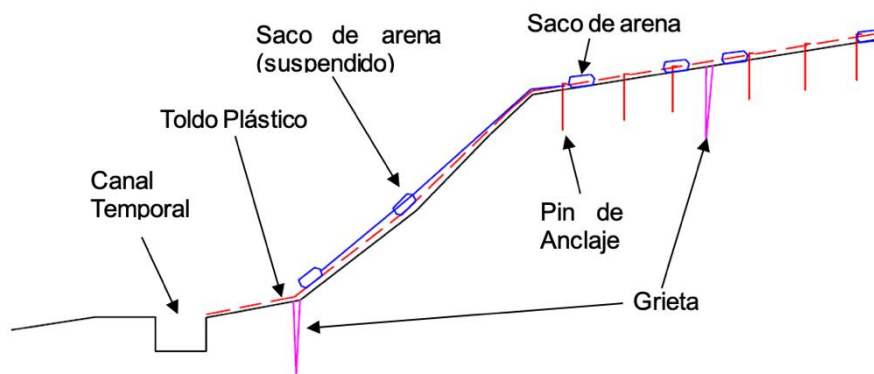


Figura 7 Dibujo de referencia del método de recubrimiento con toldos plásticos

(2) Control del agua subterránea

1) Obras de drenaje

Para el diseño de obras de drenaje, se deben considerar los siguientes puntos:

/ El diseño del drenaje debe determinarse considerando las condiciones del suelo y de las aguas subterráneas.

/ La longitud de cada drenaje debe ser una línea recta de unos 20 m. Se deben construir cajas de recolección para evitar la obstrucción y la reinfiltración del agua subterránea recolectada. El agua subterránea recolectada se debe drenar a los canales de drenaje superficiales.

/ Los drenajes deben tener una profundidad de unos 2 m y el fondo debe estar revestido con una lona para evitar fugas. Así mismo, el material de prevención de succión debe colocarse alrededor de la alcantarilla de drenaje para evitar que la tierra y la arena sean succionadas.

/ El material del filtro debe aplicarse alrededor de las tuberías de alcantarilla para mejorar la recolección de aguas subterráneas poco profundas.

/ Si también se va a recolectar agua superficial, llene el drenaje hasta el nivel de la superficie del suelo con rocas o grava.

/ Los materiales de drenaje deben poder soportar un cierto grado de movimiento del suelo y usar tuberías perforadas. Si la pendiente es pronunciada, fije el drenaje con pines, como se muestra en la Figura a continuación.

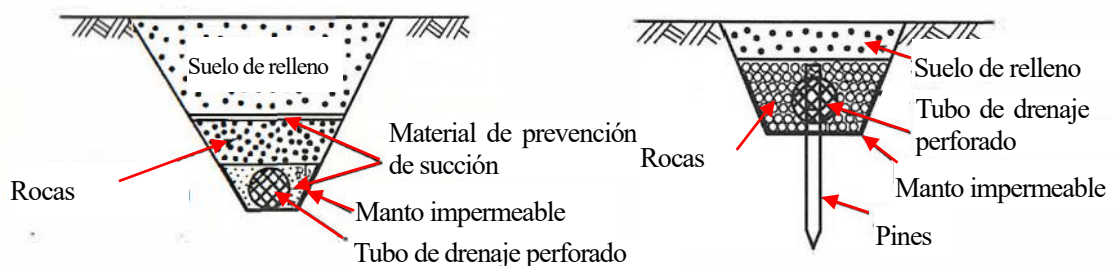


Figura 8 Dibujo de referencia para obras de drenaje

En algunos casos, se combinan la construcción de drenajes y canales. A continuación, se muestra un esquema de este caso.

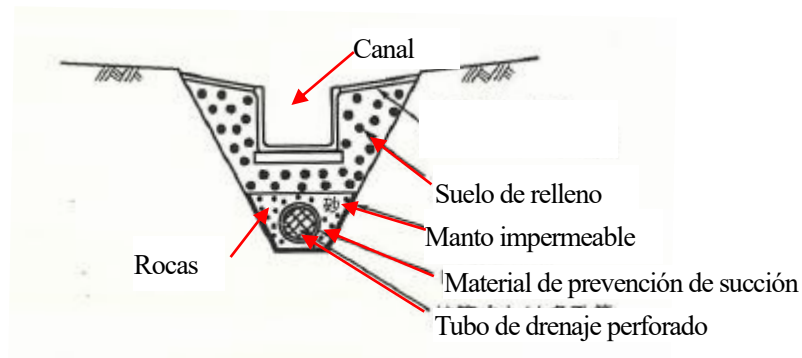


Figura 9 Dibujo de referencia de obras de drenaje y canales

2) Perforación de drenajes horizontales

El siguiente esquema muestra un diagrama conceptual de perforaciones para drenajes horizontales. Como se muestra en la Figura, la ubicación de la perforación de drenajes horizontales debe determinarse considerando la ubicación de la capa de agua subterránea. Los siguientes puntos deben ser considerados en el diseño este tipo de obras:

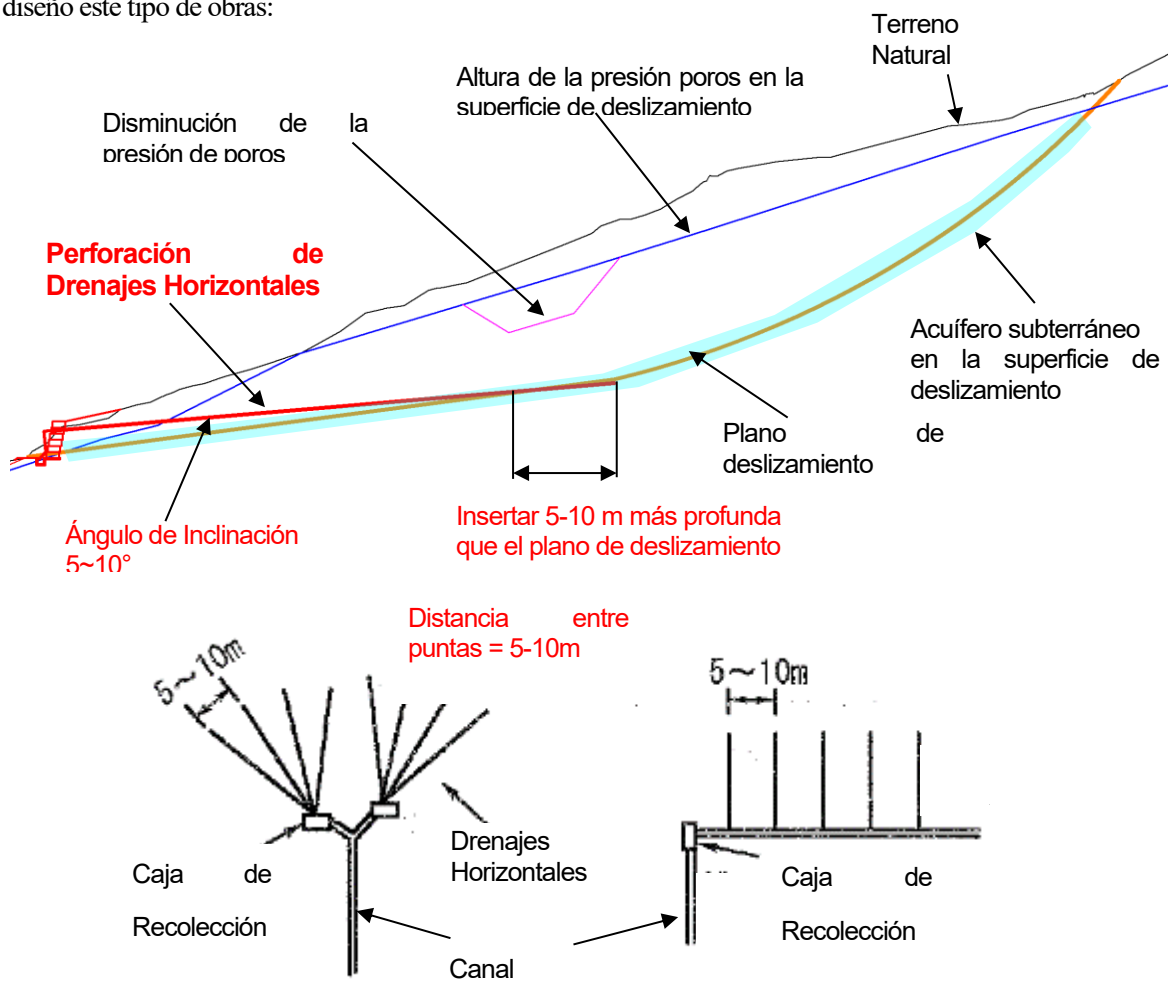


Figura 10 Diagrama conceptual de perforaciones para drenajes horizontales

/ Las perforaciones de drenajes horizontales generalmente se instalan en áreas donde se concentra agua

subterránea poco profunda y se diseña radial o paralelamente entre sí con un espacio de 5 a 10 m en la parte superior de la perforación. La perforación de drenaje horizontal debe diseñarse para tener 5 ~ 10 m de perforación adicional que atraviesen el plano de deslizamiento.

/ El agua subterránea recolectada debe drenarse fuera del área del deslizamiento dirigiéndola a una caja de recolección o canal.

/ El cabezal de la perforación debe ubicarse en un terreno estable y debe instalarse un dispositivo de protección para evitar el colapso del cabezal debido al drenaje.

/ El ángulo de perforación debe tener un ángulo de elevación de entre 5 a 10° para permitir que el agua subterránea recolectada fluya hacia abajo de forma natural.

/ Si el suelo en la ladera es arcilloso y tiene una baja conductividad hidráulica, se puede aumentar el diámetro de la perforación.

/ Para la tubería de drenaje, se debe usar una tubería con un diámetro interior de 40 mm o mayor, y debe contar con orificios para la percolación del agua. Los orificios para la percolación pueden ser circulares o en forma de hendidura. En la Figura a continuación se muestra un ejemplo de la tubería y sus orificios.

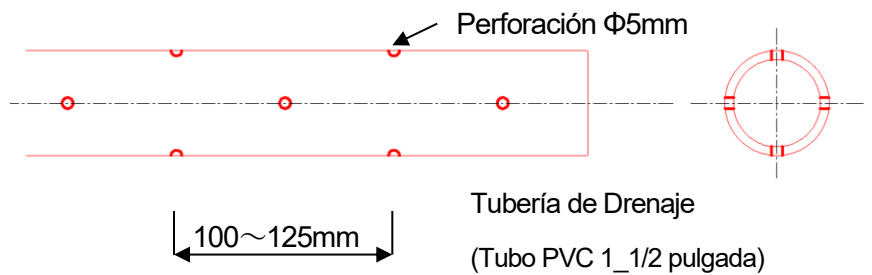


Figura 11 Dibujo de referencia de la tubería para drenajes horizontales

La estimación de la disminución en el nivel del agua subterránea y el cálculo del factor de seguridad del deslizamiento se implementa de la siguiente manera:

Al estimar el efecto de las perforaciones de drenajes horizontales, se asume la reducción de la presión de poros, se realiza el cálculo de estabilidad en función del resultado y se evalúa el factor de seguridad.

La metodología para asumir la reducción de la presión de poros se muestra a continuación.

Caso ① Estimación por experiencia cercana al sitio o características geológicas.

Caso ② Si es difícil de estimar, considere empíricamente una reducción de unos 3 m.

(Incluso si el factor de seguridad calculado aumenta en un 5 % o más, el efecto se limita al 5 %)

Caso ③ La altura y el rango de reducción de la presión de se deciden mediante Cálculo.

En cualquier caso, es necesario realizar un seguimiento posterior a la obra para confirmar su efecto.

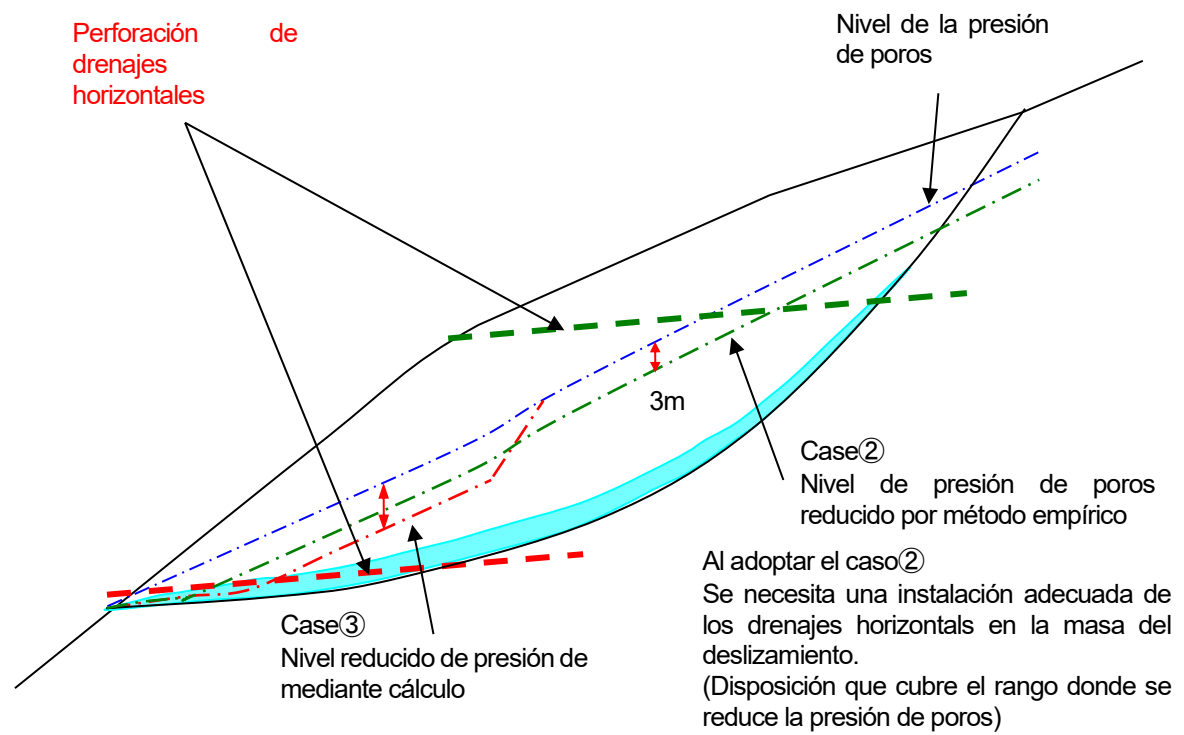


Figura 12 Método para la estimación de la disminución del nivel freático



Figura 13 Fotos de caso de estudio de perforaciones para drenajes horizontales (en Campo Cielo)

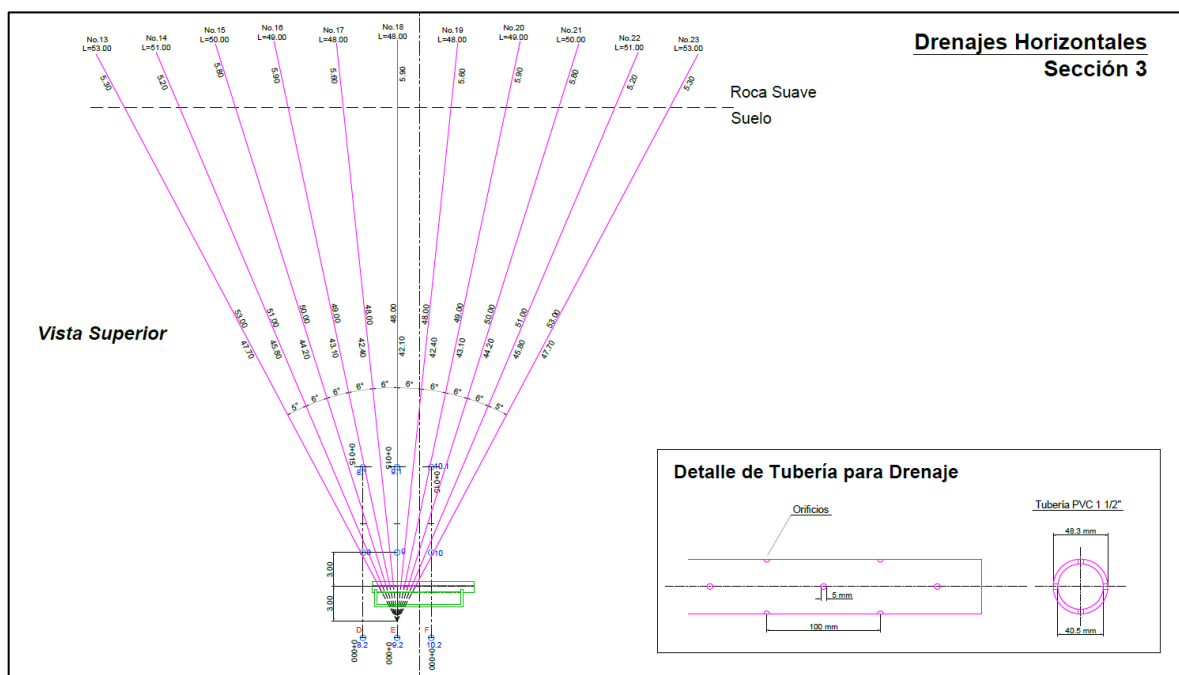


Figura 14 Planos de drenajes horizontales (en Campo Cielo)

3) Pozo de drenaje

El pozo de drenaje es un método que consisten en la excavación de un pozo para la recolección de agua y se utiliza cuando se recolecta grandes cantidades de agua subterránea a una gran profundidad del plano de deslizamiento o cuando la extensión de las perforaciones de drenajes horizontales resulta ser demasiado larga.

El pozo de drenaje se debe instalar en un terreno donde sea fácil su construcción, se encuentre relativamente estable, y donde las tuberías de recolección se puedan colocar en dirección de la capa de agua subterránea. Por lo tanto, la ubicación del pozo de drenaje debe determinarse confirmando las condiciones geológicas a través de perforaciones de investigación.

Cuando se vayan a instalar dos o más pozos de drenaje debido a la presencia de agua subterránea en un área amplia, deben ubicarse adecuadamente teniendo en cuenta la longitud de las perforaciones de drenaje horizontal, la medida en que los pozos de recolección reducirán el nivel freático, la presencia de agua subterránea y otros factores.

El drenaje del agua subterránea en un pozo de drenaje debe realizarse a través de tuberías de drenaje (perforación de drenajes horizontales dentro del pozo), y no se espera drenaje desde las paredes del pozo.

Durante la construcción del pozo de drenaje, existe la oportunidad de observar directamente la geología y las condiciones del suelo dentro del deslizamiento, la ubicación del plano de deslizamiento y el estado del mismo. Cabe señalar que también es posible recolectar muestras no alteradas, que deben usarse no solo para los trabajos de construcción sino también para fines de investigación.

Las masas de suelo de los deslizamientos suelen ser extremadamente frágiles debido a la meteorización, y se debe prestar suficiente atención a la gestión de la seguridad durante la excavación del pozo y los trabajos de perforación de drenajes

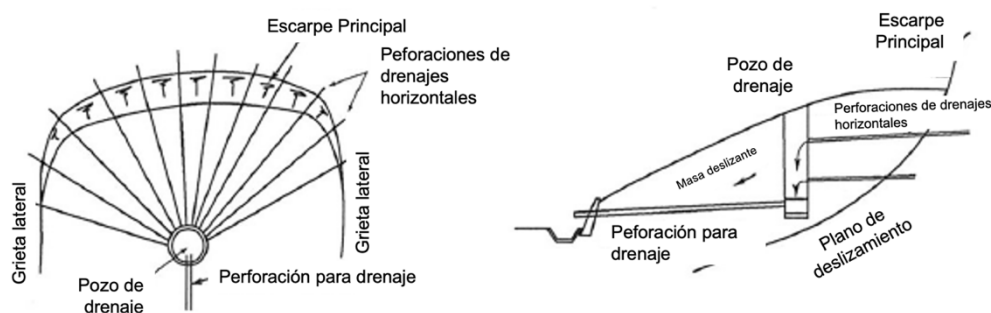


Figura 15 Diagrama conceptual del pozo de drenaje

(A) Profundidad del pozo de drenaje

Como regla general, la profundidad de un pozo de drenaje debe ubicarse al menos 2 m por encima del plano de deslizamiento cuando se trate de un deslizamiento en movimiento, y debe penetrar 2 ~ 3 m debajo del plano de deslizamiento (basamento rocoso) en una ladera donde el deslizamiento se encuentre inactivo o cuando se ubique fuera del área del deslizamiento.

Esto se debe a que el pozo de drenaje se podría destruir si se construye muy cerca del plano de

deslizamiento en el caso de un deslizamiento activo y con movimiento.

Además, generalmente se desconoce la profundidad del plano de deslizamiento en un deslizamiento inactivo, y es difícil identificar el acuífero está afectando negativamente. Por lo tanto, para estos casos, el fondo del pozo de drenaje deberá penetrar en el basamento rocoso para aumentar el efecto de recolección de agua para drenaje. Si la construcción de un pozo de drenaje en un deslizamiento en movimiento lleva mucho tiempo, se podría dificultar su construcción debido a los cambios en las propiedades del suelo y al aumento de la presión del suelo. Por lo tanto, es necesario acortar el período de construcción tanto como sea posible.

(B) Estructura del pozo de drenaje

El pozo de drenaje estándar tiene forma cilíndrica con un diámetro interno de 3,5 ~ 4,0 m. Sin embargo, si el tipo de suelo es grava, sedimento mixto con bolones, roca dura o roca triturada, y es difícil construir perforaciones de drenajes horizontales, el diámetro interno debe aumentarse en consecuencia. En cualquier caso, se debe dar suficiente consideración a la seguridad durante la construcción.

En principio, el pozo de drenaje debe ser hueco para el mantenimiento de las tuberías de recolección y drenaje de agua. Si el pozo de drenaje se encuentra bajo amenaza de destrucción debido a un deslizamiento significativo después de la construcción, el pozo deberá ser rellenado con rocas, guijarros, etc. como medida de emergencia. El fondo del pozo de drenaje debe cubrirse con una capa de concreto de 50 cm de espesor para evitar que el suministro de agua subterránea a la base del deslizamiento contribuya a la actividad del deslizamiento. En general, el acero (placa de revestimiento) y el concreto armado se utilizan como materiales para los pozos de drenaje. Los materiales deben determinarse teniendo en cuenta la facilidad de transporte de los materiales al sitio de construcción y el costo total desde la construcción hasta el mantenimiento. Generalmente, los sitios de construcción están ubicados en áreas montañosas, donde a menudo es difícil transportar materiales usando maquinaria grande, y rara vez se usa una gran cantidad de materiales en el mismo lugar. En tales casos, se deben utilizar materiales livianos con buena trabajabilidad.

Para evitar que personas ajenas entren en el pozo de drenaje, la parte superior del pozo debe elevarse aproximadamente 1 m por encima de la superficie del suelo, y se debe instalar una cubierta y una cerca protectora en la parte superior del pozo de drenaje. Así mismo, se deben instalar escaleras dentro del pozo de drenaje.



Placa de revestimiento para pozo de drenaje



Pozo de drenaje de concreto armado

Figura 16 Caso de estudio de pozo de drenaje (en Japón)

(C) Diseño de un pozo de drenaje con estructura de acero (placa de revestimiento) (caso de estudio japonés)

Los pozos de drenaje deben diseñarse de modo que no sean destruidos por las cargas que actúan desde la superficie exterior. En principio, la única carga que actúa sobre la superficie exterior del pozo de drenaje será el empuje del suelo, y no se considerará la presión del agua. En principio, tampoco se considera el empuje del suelo generado por el movimiento del deslizamiento. Si se prevé una deformación del pozo de drenaje, se deberán utilizar puntales laterales o refuerzos verticales para reforzar el pozo de drenaje. Además, si se anticipa una presión desigual del suelo, el diseño deberá tomar esto en cuenta.

El calibre de la placa de revestimiento para asegurar su resistencia ante el pandeo se determina mediante la siguiente ecuación utilizando el empuje máximo del suelo ($P_{\max}$) que actúa sobre la superficie exterior del pozo de drenaje.

$$q_A = \frac{3 \cdot E \cdot I}{f \cdot R^3} > P_{t \max}$$

q_A : Presión externa admisible en la superficie exterior del pozo de drenaje (kN/m^2)

E : Modulo de Young (kN/m^2)

I : Momento secundario de la sección transversal por cada 1 m de profundidad de la placa de revestimiento (m^4/m)

Sin embargo, el momento secundario efectivo de la sección transversal, considerando los orificios de recolección de agua, los orificios para pernos, etc. es $0.8I_0$

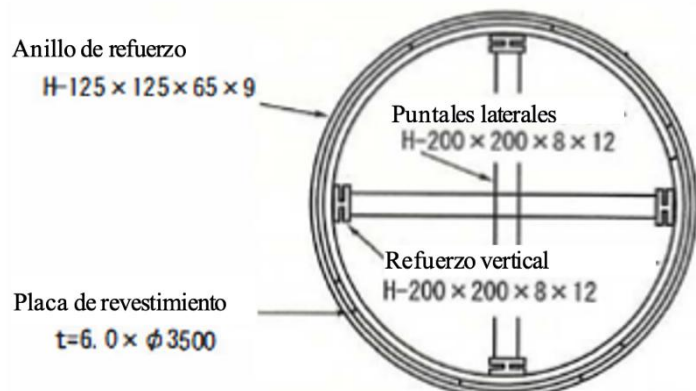
(I_0 : momento secundario de la sección transversal cuando no hay orificios de recolección de agua, orificios para pernos, etc.)

F : Factor de seguridad (de 1.5 a 2.0)

R : Radio del pozo de drenaje (m)

$P_{t \max}$: Empuje máximo del suelo que actúa sobre la superficie exterior del pozo de drenaje (kN/m^2)

Las especificaciones del revestimiento se determinan seleccionando un calibre del revestimiento seguro para la máxima presión del suelo o agregando anillos de refuerzo.



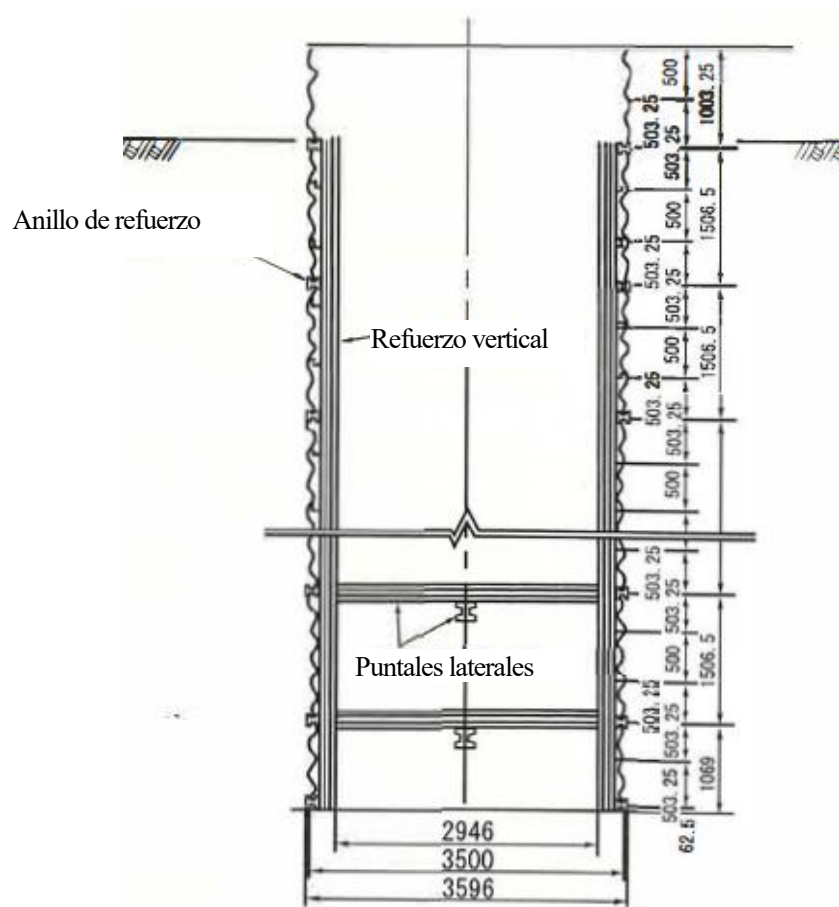


Figura 17 Ejemplo de pozo de drenaje contruido con placa de revestimiento metálica

El empuje máximo del suelo que actúa sobre la superficie exterior de un pozo de drenaje se puede calcular utilizando la fórmula de Terzaghi, la cual tiene en cuenta la acción del arco (acción circular) del suelo circundante o la fórmula de Rankine. En general, utilizamos la siguiente ecuación, que supone que el empuje del suelo no aumenta por encima de una profundidad de unos 15 m y que en muchos casos se utiliza la distribución triangular del empuje estático del suelo.

$$Ph = k \cdot \gamma \cdot h \quad h < 15m$$

$$\text{Ph}=15 \cdot k \cdot \gamma \quad h \geq 15\text{m}$$

Ph : Empuje del suelo (kN/m²)

K : Coeficiente estático de presión del suelo (0.5 independientemente de si es suelo arenoso o arcilloso)

γ : Peso unitario de la capa de suelo (kN/m³)

h : Profundidad desde la superficie (m)

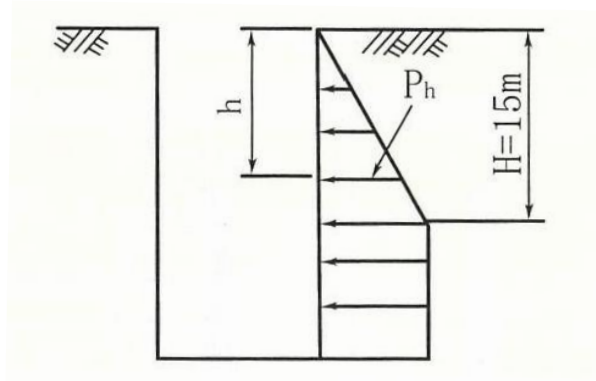


Figura 18 Empuje del suelo actuando sobre la superficie exterior del pozo de drenaje

(D) Diseño de un pozo de drenaje con concreto armado (caso de estudio Japonés)

Este tipo de pozo de drenaje se utiliza en los siguientes casos:

/ Cuando la geología es relativamente homogénea, como en el caso de un suelo arenoso, y el drenaje se asienta fácilmente por su propio peso.

/ Cuando el suelo es suelo arenoso, propenso a licuarse debido a las grandes cantidades de agua subterránea.

/ Cuando el suelo es de arcilla blanda y es propenso a levantarse (fenómeno en el cual la capa de cobertura es empujada hacia arriba por el agua subterránea presurizada).

(E) Drenaje principal del pozo

En principio, el sistema para drenar y sacar el agua dentro de los pozos debe ser mediante un drenaje natural utilizando las pendientes. En caso de utilizar un sistema de drenaje mecánico, los fallos en el sistema podrían causar que no se eliminen las aguas subterráneas y luego el deslizamiento podría reactivarse. Adicionalmente, se requiere un gran presupuesto para el mantenimiento rutinario de estos sistemas.

Las longitudes de perforación para el drenaje principal suelen ser de hasta 80 m. La tubería de drenaje estándar es tubería de acero con un diámetro interno de 80 a 100 mm. En caso de que se espere drenar una gran cantidad de agua subterránea, se debe aumentar el diámetro de la perforación o se deben construir múltiples perforaciones para el drenaje principal, según corresponda.

Si la longitud del drenaje principal del pozo resulta ser muy larga o es difícil realizar su perforación en cierto punto, se deberá construir un pozo de relevo a una distancia de 70~80 m y conectarlo al pozo de drenaje que se encuentre en la parte inferior. El punto final de desembocadura del drenaje principal debe ubicarse dentro del bloque de deslizamiento y salir del área de deslizamiento mediante un canal. Así mismo, la salida del drenaje principal debe estar protegida por gaviones, muros de contención, etc.

(F) Perforaciones de drenajes horizontales

La longitud estándar de una perforación de drenaje horizontal es de 50 m. Sin embargo, si la perforación atraviesa el plano de deslizamiento justo en la parte superior, la longitud puede llegar a ser de 80 a 100 m.

La dirección, el espaciado, el número de perforaciones, etc. se determinan en función de los resultados de las investigaciones geológicas y de aguas subterráneas. Sin embargo, todos estos parámetros pueden cambiar según las condiciones de recolección de agua que se vayan encontrando durante la construcción.

Los drenajes horizontales constan de una tubería de PVC rígido con un diámetro interior de 40 mm o mayor, y esta tubería debe estar perforada para así recolectar el agua subterránea.

4) Tunnel de drenaje

Los túneles de drenaje se utilizan cuando el tamaño del deslizamiento es grande, la capa móvil es gruesa o la velocidad del movimiento es grande. Esto se debe a que la profundidad de los pozos de drenaje aumenta cuando el objetivo es extraer aguas subterráneas profundas, y también es difícil de construir en el caso de un deslizamiento de tierra con una gran velocidad de movimiento.

In principle, drainage tunnels are not installed in the landslide body, but in the stable base rock, and the groundwater acting on the slip surface is drainage by drainage boring in the tunnel or connecting the tunnel drainage well.

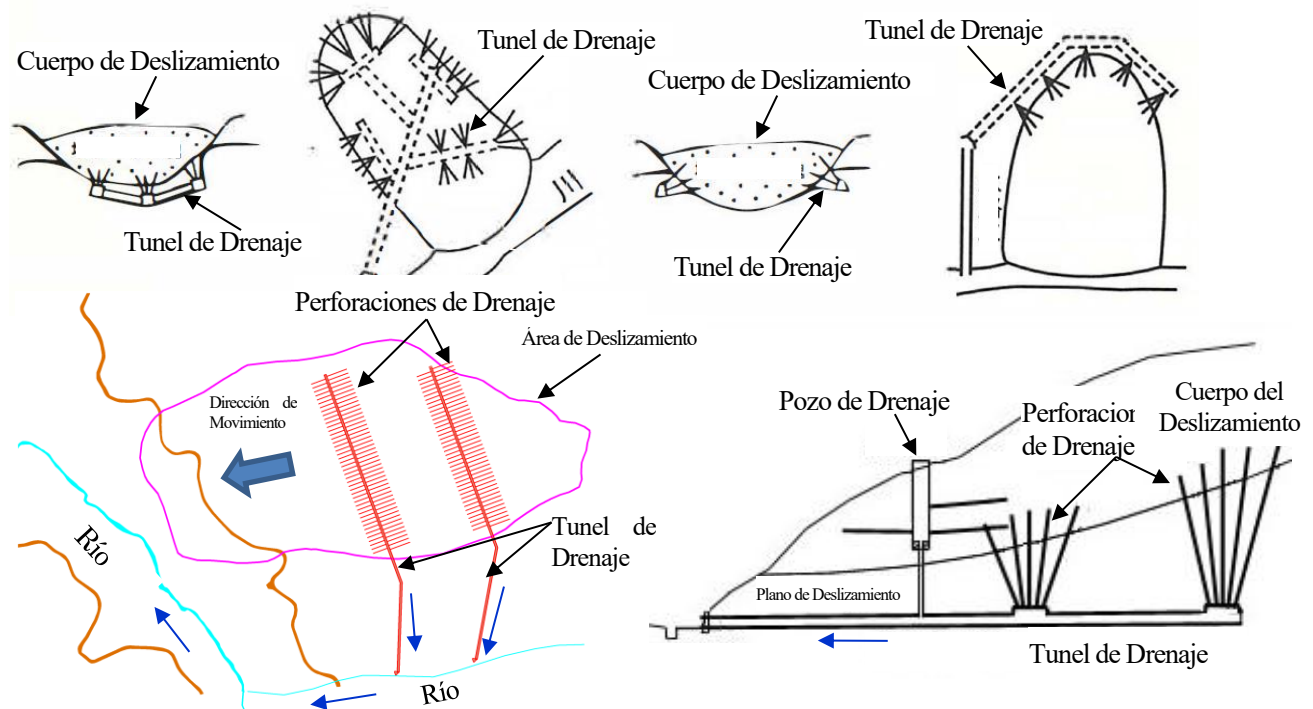


Figura 19 Esquema general de los túneles de drenajes

(A) Ubicación del túnel de drenaje

La distancia desde la parte superior del túnel de drenaje ubicado en la roca base hasta el plano de deslizamiento debe ser de al menos el doble del diámetro del túnel, teniendo en cuenta el grado de compactación del suelo. Los túneles de drenaje deben ubicarse teniendo en cuenta la distribución del agua subterránea que afecta el deslizamiento y, en particular, el drenaje en la parte alta y a ambos lados del deslizamiento, donde el agua subterránea tiende a acumularse. Además, la salida del túnel de drenaje debe ubicarse donde el suelo sea lo más firme posible.

(B) Pendiente longitudinal de los túneles de drenaje

La pendiente longitudinal del túnel de drenaje debe inclinarse hacia la boca del túnel para permitir el drenaje natural del agua subterránea recolectada. En general, la pendiente debe ser inferior a 15/1000.

(C) Sección típica y estructura de los túneles de drenaje

La forma de la sección típica de los túneles de drenaje puede ser en forma de herradura, circular, semicircular, trapezoidal o rectangular, según los materiales utilizados. En principio, los túneles deben ser huecos para facilitar su mantenimiento y gestión, incluidas las instalaciones de recolección de agua, y deben estar revestidos para mayor durabilidad.

La sección típica del túnel debe determinarse teniendo en cuenta el costo total y la trabajabilidad desde la construcción hasta el mantenimiento.

Los materiales utilizados para la estructura de revestimiento pueden ser concreto, placas metálicas, placas corrugadas, etc.

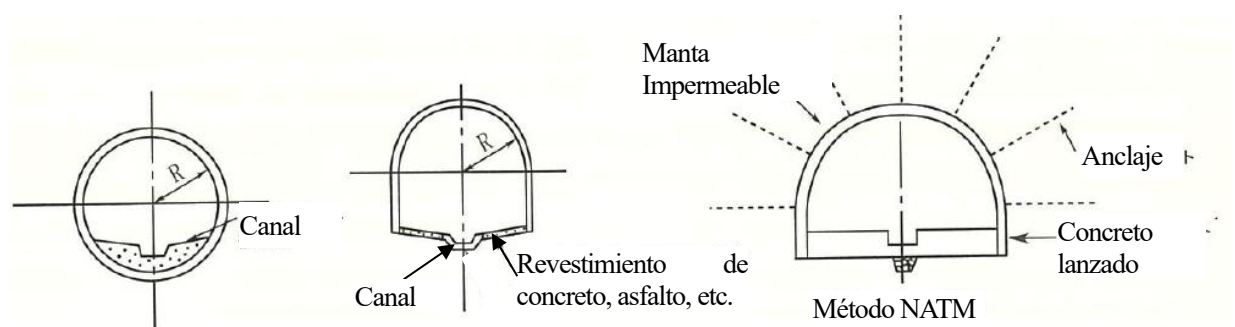


Figura 20 Ejemplos de secciones típicas para el túnel de drenaje

(D) Ruta para escape de emergencia

Cuando la longitud de los túneles de drenaje supere los 1.000 m, es necesario prever una rampa o pozo de escape en caso de emergencia para la gestión de la seguridad ocupacional.

(E) Recolección de agua subterránea

En principio, el drenaje de las aguas subterráneas por medio de túneles se realizará mediante perforaciones de drenaje. Las perforaciones deben planificarse para irradiar horizontalmente o hacia arriba desde el interior del túnel hacia la capa de agua subterránea. El ángulo de perforación debe determinarse considerando la distancia a la capa de agua subterránea, la longitud total de la perforación y la longitud de la sección que cruza la capa de agua subterránea.

Al perforar con un ángulo pronunciado, se debe proporcionar un espacio de perforación con una sección transversal más grande del túnel si es necesario. Para obtener más información sobre la longitud de perforación y la tubería de drenaje, consulte la sección Perforación de drenajes horizontales.

(F) Drenaje del agua subterránea recolectada

En principio, el fondo del túnel de drenaje debe construirse con la misma estructura que la de un canal para evitar que el agua subterránea recolectada por la perforación de drenajes se infiltre nuevamente al suelo.

Cuando se utilizan placas metálicas o placas corrugadas para revestir el túnel de drenaje, el fondo del túnel debe construirse de concreto para mantener su función como canal de drenaje, ya que existe una gran posibilidad de fuga del agua debido a daños en las juntas o aflojamiento de pernos en el fondo de las placas.

(G) Presión del suelo actuando en los túneles de drenaje

La magnitud de la presión del suelo que actúa sobre el túnel de drenaje se determinará teniendo en cuenta la geología, el tamaño de la sección transversal del túnel, el método constructivo, el tipo de revestimiento, el período de construcción y la naturaleza del terreno.

(H) Materiales para soporte del túnel (arriostres)

Los soportes de los túneles pueden ser de madera o de acero. En general, la madera se usa para roca sólida o en caso de que el túnel se rellene después de un corto plazo, mientras que el acero se usa para áreas sujetas fuertes presiones del suelo o por largos períodos de tiempo antes de la construcción. Recientemente, se utiliza el método NATM con concreto proyectado y anclajes.

(3) Obras de remoción de tierra

La cantidad de suelo que se eliminará, la ubicación del suelo que se eliminará, el gradiente del corte y la altura del talud deben determinarse mediante un análisis de estabilidad de taludes.

La estabilidad del talud superior y la existencia de posibles deslizamientos deben investigarse a fondo antes de diseñar los trabajos de remoción de tierra, y se debe considerar suficientemente si este método

puede adoptarse o no para evitar que la remoción de tierra reduzca la estabilidad del talud trasero y provocar un nuevo deslizamiento. También se debe considerar la protección de taludes después de la remoción del suelo.

1) Efectos de la remoción de tierra para la estabilidad de deslizamientos

El efecto se puede categorizar en 3 zonas dentro del deslizamiento.

El ángulo del plano de deslizamiento (plano de ruptura) difiere según su ubicación y las propiedades de estabilidad del talud.

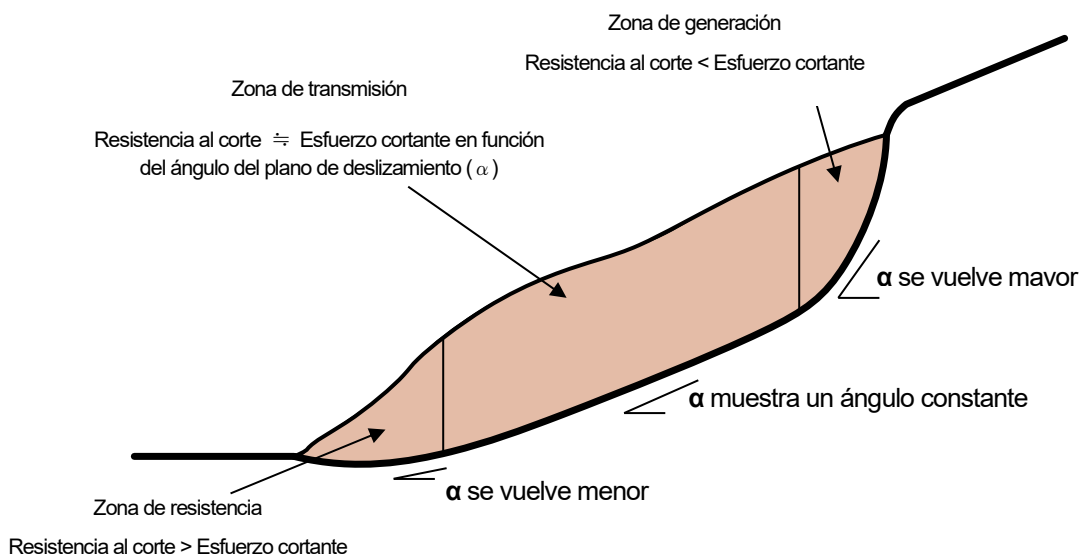


Figura 21 Balance de estabilidad para cada área del deslizamiento

Las obras de remoción de tierra ayudan a la masa del deslizamiento al eliminar el momento deslizando.

Obras de remoción de tierra $\rightarrow$ momento deslizando : $T (=W \cdot \sin \alpha)$ disminuye

Momento resistente : $S (=W \cdot \cos \alpha \times \tan \phi')$ disminuye

La efectividad varía para cada ubicación.

Parte alta : buena efectividad : El factor de seguridad aumenta, $T > S$ en cada sección

Parte media : sin efectividad : El factor de seguridad se mantiene igual, $T \doteq S$ en cada sección

Parte baja : mala efectividad : El factor de seguridad disminuye, $T < S$ en cada sección

El efecto de las obras de remoción de tierra depende de su ubicación.

Como se muestra en la siguiente figura, este tipo de obras son efectivas en la parte superior del deslizamiento, donde la pendiente del plano de deslizamiento es pronunciada.

Por el contrario, no es recomendable realizar este tipo de trabajos en la parte baja del deslizamiento donde

la pendiente del plano de deslizamiento se vuelve suave, ya que reduce su estabilidad.

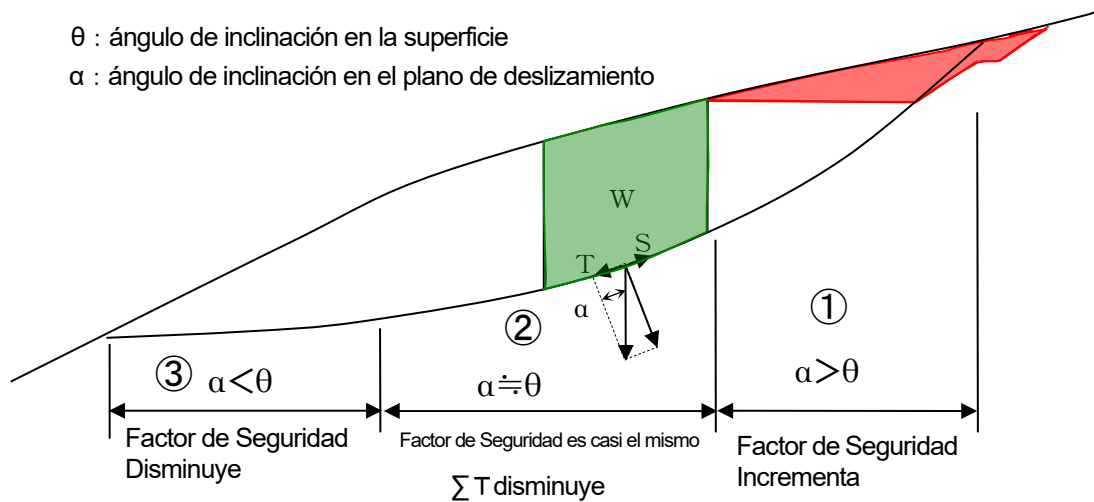


Figura 22 Efectos de la remoción de tierra para diferentes zonas del deslizamiento

2) Corte del Talud

La siguiente figura muestra un diagrama conceptual del corte en un talud. La pendiente y la altura vertical del corte de talud deben determinarse con base en una investigación preliminar de la estabilidad de la ladera debido a las condiciones geológicas y otros factores. Esto se debe a que el corte de talud puede volverse gradualmente inestable con el tiempo, lo que lleva a fallas superficiales.

En el caso de roca blanda, la pendiente del corte de talud debe ser de aproximadamente 1:0.5 a 1:1.2, y el ancho de los escalones pequeños debe ser de aproximadamente 1.0 a 2.0 m cada 7 m. En el caso de suelos arenosos, la pendiente del corte de talud debe ser de aproximadamente 1:0.5 a 1:1.2.

En el caso de suelos arenosos, la pendiente del corte para taludes de 5 a 10 m de altura vertical es de aproximadamente 1:1.0 a 1:1.5, y el ancho de los escalones pequeños debe ser de aproximadamente 1.0 a 2.0 m por cada 5 a 10 m. de altura vertical para la mayoría de los casos.

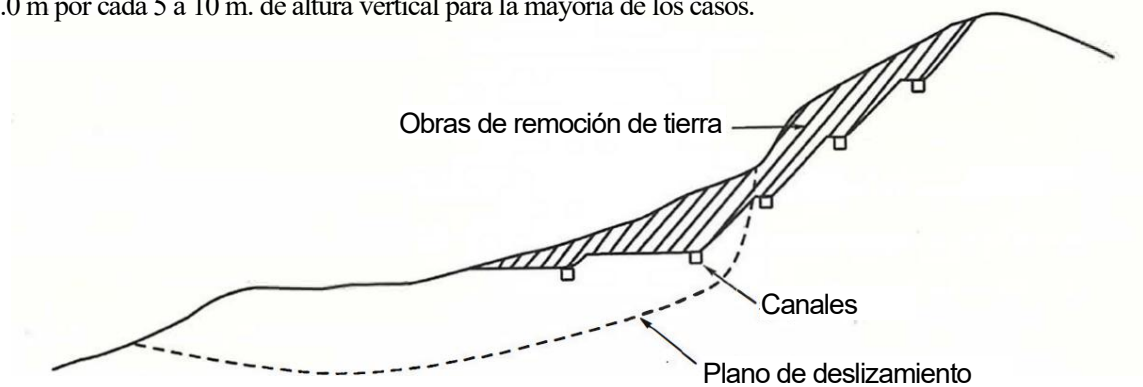


Figura 23 Obras de remoción de tierras y cortes de talud

3) Investigación de la estabilidad del talud superior

Antes de cualquier remoción de tierra, se debe investigar minuciosamente la estabilidad del talud superior y la presencia o ausencia de posibles deslizamientos en esa zona. Esto se debe a que la remoción de

tierra puede degradar la estabilidad del talud superior e inducir a más deslizamientos. Si existe un potencial deslizamiento en el talud superior, será necesario también implementar una contramedida para el posible derrumbe del talud superior, por lo que se requiere un estudio exhaustivo que incluya la factibilidad de este método.

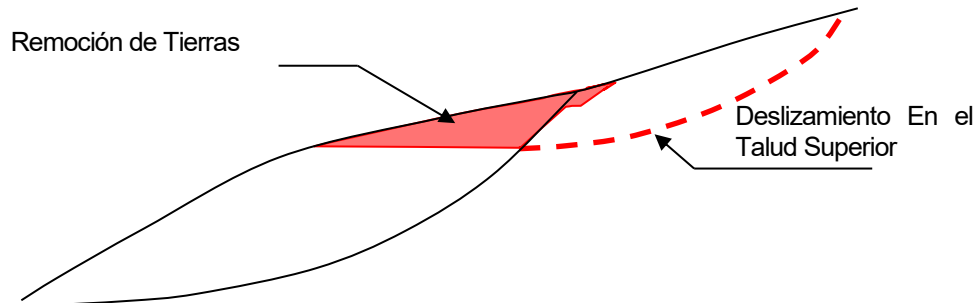


Figura 24 Remoción de tierra y deslizamiento del talud superior

4) Obras de protección de taludes

Después de la remoción de tierra, las laderas generalmente son susceptibles a debilitarse y fallar debido a la lluvia y otros factores. Por lo tanto, debemos considerar canales de drenaje superficiales y pequeños escalones de acuerdo con la topografía del área para mejorar la condición del talud.

La ladera debe cubrirse con vegetación o estructuras para evitar la erosión y la meteorización. Si la superficie no es apta para la vegetación o no se puede estabilizar solo con vegetación, debe protegerse con piedras, bloques de concreto o enrejados.

(4) Terraplén de contrafuerte

El trabajo de terraplén de contrafuerte se diseña para agregar resistencia en contra de la fuerza deslizante del deslizamiento, mediante la construcción de un terraplén al final de la ladera del deslizamiento. Las dimensiones y la ubicación del terraplén deben determinarse mediante un análisis de estabilidad del talud.

Al diseñar este tipo de obras se debe examinar la estabilidad de la base del terraplén en función de los resultados de la investigación del suelo de cimentación, y se debe prestar suficiente atención al tratamiento del agua subterránea detrás del terraplén.

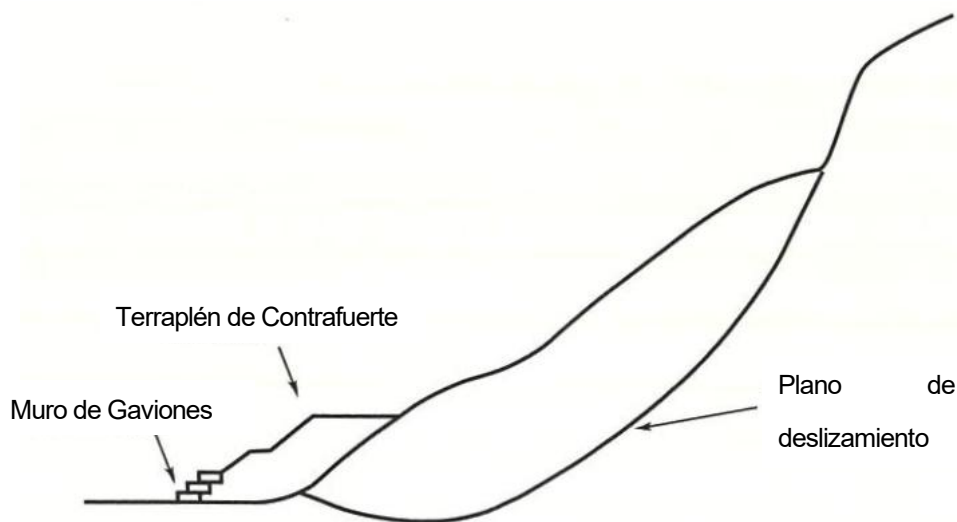


Figura 25 Esquema de obra con terraplén de contrafuerte

1) Terraplén

La altura y pendiente del terraplén deben determinarse en función del material de relleno y las características del suelo en la base del terraplén.

En general, el talud promedio del terraplén debe ser de 1:1.5 ~ 1:2.0, y los escalones de entre 1.0 ~ 2.0 m a cada 5 m del terraplén. Así mismo, se debe construir un canal en cada escalón.

2) Contramedida para Aguas Subterráneas

Dado que los nacimientos de agua generalmente se encuentran en la parte baja de las laderas de los deslizamientos y en esa zona se instalan estructuras tales como perforaciones de drenajes horizontales, es necesario asegurarse de que el relleno no obstruya el drenaje de dicha agua.

Si hay un acuífero de agua subterránea a poca profundidad en la ubicación del relleno, la salida del agua subterránea podría llegar a obstruirse debido al relleno y su carga, lo que podría generar que la ladera se vuelva inestable debido a un aumento en el nivel freático.

Por lo tanto, se debe prestar mucha atención al tratamiento de las aguas subterráneas del área detrás del terraplén.

Se recomiendan obras de drenaje en la parte inferior del terraplén y obras de drenaje (láminas de drenaje) dentro del terraplén.

3) Obras de protección del talud

Dado que la superficie del terraplén está fácilmente sujeta a derrumbes y erosión debido a la lluvia, es necesario protegerla por medio de obras de protección de taludes. Es preferible utilizar vegetación y una alfombra de control de erosión para proteger la superficie de la ladera y evitar en la medida de lo posible el uso de estructuras rígidas, tales como estructuras de concreto.

Como regla general, siempre se debe construir un muro de contención en el borde del terraplén.

Las estructuras de los muros de contención deben permitir fácilmente las deformaciones del terreno y tener una excelente permeabilidad al agua.

4) Consideraciones para el talud en la parte baja del terraplén

Al realizar rellenos, es muy importante cuidar la estabilidad de los taludes ubicados en la parte baja del relleno.

En el caso de los terraplenes de contrafuerte, el factor de seguridad aumenta al rellenar una gran cantidad de suelo en la parte baja del deslizamiento, sin embargo, esto puede aumentar el riesgo a deslizamiento de la ladera en la parte baja del terraplén.

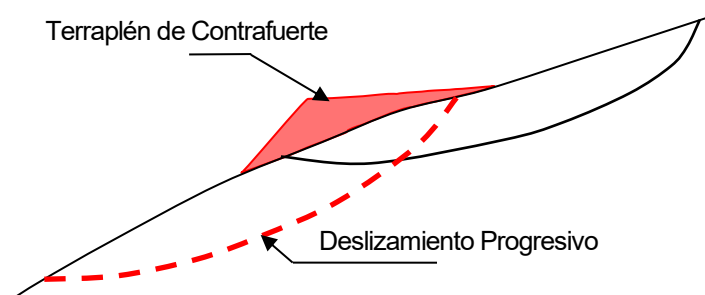


Figura 26 Relleno de contrafuerte y deslizamiento de la ladera en la parte baja

(5) Obras para control de erosión utilizando estructuras fluviales

Las obras para control de erosión mediante estructuras fluviales están diseñadas para evitar derrumbes a orillas de río causados por la erosión de los extremos de la ladera de un deslizamiento debido a las corrientes de agua, y para evitar la activación del movimiento del deslizamiento.

Cuando la parte baja del deslizamiento es erosionado por las corrientes de agua, esto puede provocar la falla de los taludes a la orilla del río y aumentar el movimiento del deslizamiento. Por esta razón, los métodos de prevención de la erosión, tales como estructuras fluviales se utilizan para evitar la erosión en la parte baja del deslizamiento.

Cuando se construye un dique de contención o una presa justo en la parte baja de un deslizamiento, se puede esperar que la arena depositada cerca de la estructura evite el colapso y la erosión en la parte baja, y también proporcione relleno.

/ Las excavaciones durante la construcción deben mantenerse al mínimo para no afectar la estabilidad del deslizamiento.

/ Obras de control para las aguas subterráneas deben construirse según sea necesario para que el nivel de las aguas subterráneas no aumente dentro de la ladera del deslizamiento debido a las obras construidas.

/ Al construir estructuras fluviales dentro del área de un deslizamiento activo y en movimiento, estas deben ser flexibles a la deformación y seguras contra los efectos de las corrientes de agua.

/ En el caso de un deslizamiento de tierra activo y en movimiento, considere estructuras que no requieran excavación o construya un dique de contención en una posición segura río abajo. De esta manera, puede esperar que los suelos depositados tengan un efecto de terraplén de contrafuerte para el deslizamiento.

1.2.2 Obras de Contención

(1) Pilotes

Los pilotes se diseñan para obtener la fuerza resistente prescrita teniendo en cuenta la topografía y la geología del sitio objetivo del deslizamiento.

Durante el diseño de pilotes, se debe considerar su estabilidad frente a esfuerzos internos cuando la fuerza de deslizamiento actúa sobre ellos. Por lo tanto, deben evitarse las fallas pasivas en la capa móvil que se mueve hacia abajo de los pilotes, las fallas del suelo de enraizamiento y la penetración de la masa de suelo entre los pilotes.

1) Funciones y Clasificación de Pilotes

Los pilotes de control de deslizamientos se pueden clasificar en las siguientes categorías según sus funciones.

< Pilotes de flexión >

Los pilotes de flexión están diseñados bajo la condición de que la fuerza de corte y el esfuerzo de flexión se generen en el pilote debido a la deformación de la masa de suelo del deslizamiento durante su movimiento. Hay dos tipos de pilotes de flexión: "pilotes de cuña" y "pilotes en voladizo".

/ Pilotes de Cuña

Un pilote en cuña es un pilote que está diseñado para estar sujeto al esfuerzo cortante y al esfuerzo de flexión generados cuando el pilote se mueve junto con la masa de suelo en movimiento y se dobla por encima y por debajo del plano de deslizamiento, asumiendo que la fuerza deslizante actúa como una carga concentrada en el plano de deslizamiento.

/ Pilotes en Voladizo

Cuando no se puede esperar la fuerza de reacción del suelo en la parte inferior del pilote, el pilote se considera como una viga en voladizo y se diseña como si la fuerza deslizante del deslizamiento actuara sobre el pilote en la capa móvil como una carga distribuida o una carga concentrada. Los pilotes en voladizo se utilizan cuando estos se instalan al final o cerca de la cabeza de un deslizamiento.

< Pilotes de cortante >

Los pilotes de corte se diseñan asumiendo que la fuerza deslizante del deslizamiento actúa como una carga concentrada en el plano de deslizamiento y que solo se considera la fuerza de corte, asumiendo la condición de que la masa del deslizamiento no se deforma (no se genera tensión de flexión en el pilote) durante el movimiento del deslizamiento.

2) Condiciones de aplicabilidad para pilotes

Las condiciones de aplicabilidad para la construcción de pilotes deben tomarse muy en cuenta. En la mayoría de los casos de aplicación de pilotes, el espesor de la capa móvil era a menudo inferior a 20 m. Y se deben considerar las siguientes condiciones: los pilotes no se deben usar en suelo blando, la capa móvil no se debe romper en pequeños bloques de deslizamiento con demasiadas grietas, y los pilotes se deben instalar durante un período en que la actividad de deslizamiento sea baja.

Además, debe tenerse en cuenta que el diseño de los pilotes se basa en la suposición de que los pilotes son elásticos y que la fuerza de reacción del suelo alrededor de los pilotes puede esperarse en todo momento excepto para los pilotes en voladizo.

Al adoptar pilotes de corte, es necesario considerar cuidadosamente que no exista riesgo de falla por la flexión de los pilotes. Se sabe que los pilotes de corte se vuelcan en caso de deslizamientos poco profundos.

3) Fuerza de disuasión para pilotes

Para obtener un factor de seguridad planificado dado, la fuerza de disuasión P_r (kN/m) soportada por el pilote por unidad de ancho se determina mediante la siguiente fórmula.

$$P.F_s = \frac{\Sigma(W \cdot \cos \theta - U) \cdot \tan \phi' + c' \cdot \Sigma l + P_r}{\Sigma W \cdot \sin \theta}$$
$$P_r = P.F_s \cdot \Sigma W \cdot \sin \theta - \Sigma(W \cdot \cos \theta - U) \cdot \tan \phi' - c' \cdot \Sigma l$$

P_r : Fuerza de disuasión del pilote por unidad de ancho (kN/m)

$P.F_s$: Factor de seguridad planificado

W : Peso de la sección (kN/m)

U : Presión de poros actuando sobre la sección (kN/m)

l : Longitud del plano de deslizamiento de la sección (m)

θ : Ángulo de inclinación del plano de deslizamiento de la sección (°)

ϕ' : Ángulo de fricción interna del plano de deslizamiento (°)

$c,$: Cohesión del plano de deslizamiento (kN/m)

Cuando también usamos obras de control en conjunto (obras de control de aguas subterráneas, de remoción de tierra, de terraplén de contrafuerte, etc); U, W y l en el lado derecho de la fórmula anterior varían según la cantidad de efectividad de cada obra de control.

4) Ubicación de los pilotes

Como regla general, la ubicación para los pilotes debe ser un área compactada de la masa de suelo del deslizamiento, con una pendiente relativamente suave del plano de deslizamiento y ubicado debajo del centro del bloque de movimiento del deslizamiento. Además, el bloque de movimiento debe ser relativamente grueso para que no ocurra una falla pasiva.

Si el área para las obras de prevención se limita al extremo superior del bloque de movimiento del deslizamiento, la ubicación de los pilotes puede estar en la zona de tracción donde la pendiente del plano de deslizamiento es relativamente empinada. En este caso, es necesario diseñar bajo la condición de que la masa de suelo en el talud debajo de los pilotes se deslice hacia abajo y no se pueda esperar una fuerza de reacción del suelo (pilote en voladizo).

La ubicación de los pilotes que se contruirán en la sección de compresión debe determinarse comparando la fuerza de deslizamiento T_i y la fuerza de resistencia R_i para cada sección desde el final del bloque de movimiento de deslizamiento para encontrar el límite entre $\Sigma R_i > \Sigma T_i$ (sección de compresión) y $\Sigma R_i < \Sigma T_i$ (sección de tracción), y seleccionar una ubicación por debajo de este límite donde la presión del suelo detrás del pilote sea suficiente.

$$T_i = W_i \cdot \sin \theta_i$$

$$R_i = (W_i \cdot \cos \theta_i - U_i) \cdot \tan \phi' + c' \cdot l_i$$

T_i : Fuerza deslizante para cada sección (kN/m)

R_i : Fuerza resistente para cada sección (kN/m)

W_i : Peso unitario para cada sección (kN/m)

U_i : Presión de poros actuando en la sección (kN/m)

l_i : Longitud del plano de deslizamiento de la sección (m)

θ_i : Ángulo de inclinación del plano de deslizamiento de la sección (°)

ϕ' : Ángulo de fricción interna del plano de deslizamiento (°)

c' : Cohesión del plano de deslizamiento (kN/m)

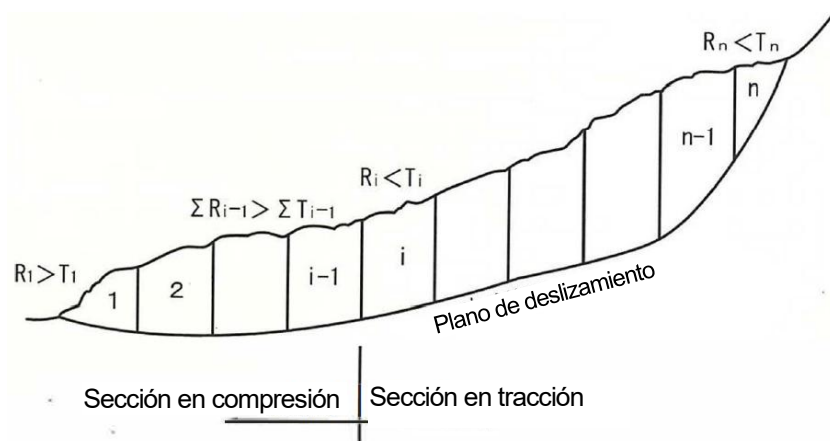


Figura 27 Perfil de secciones en compresión y tracción para un deslizamiento

Cuando los pilotes se construyen en la parte baja de un deslizamiento, es necesario asegurarse de que no se produzca un nuevo deslizamiento debido a una falla pasiva en la parte superior del pilote.

Para ello, es necesario satisfacer $P.F.s' \text{ (fórmula 2)} \geq P.F.s \text{ (fórmula 1)}$.

$$P.F.s = \frac{\sum \{ (W_{ab} \cdot \cos \theta - U_{ab}) \cdot \tan \phi' + c' \cdot l_{ab} \} + P_r}{\sum W_{ab} \cdot \sin \theta} \dots\dots\dots (1)$$

P.F.s : Factor de seguridad del deslizamiento después de la construcción de los pilotes

P_r : Fuerza de disuasión del pilote por unidad de ancho (kN/m)

W_{ab} : Peso unitario de la sección en el plano ab (kN/m)

l_{ab} : Longitud del plano de deslizamiento de la sección en el plano ab (m)

U_{ab} : Presión de poros que actúa sobre la sección en el plano ab (kN/m)

θ : Ángulo de inclinación del plano de deslizamiento de la sección en el plano ab ($^\circ$)

ϕ' : Ángulo de fricción interna del plano de deslizamiento ab ($^\circ$)

c' : Cohesión del plano de deslizamiento ab (kN/m²)

$$P.F.s' = \frac{\sum \{ (W_{ax} \cdot \cos \theta_{ax} - U_{ax}) \cdot \tan \phi'_{ax} + c'_{ax} \cdot l_{ax} \} + \sum \{ (W_{xy} \cdot \cos \theta_{xy} - U_{xy}) \cdot \tan \phi'_{xy} + c'_{xy} \cdot l_{xy} \}}{\sum W_{ax} \cdot \sin \theta_{ax} + \sum W_{xy} \cdot \sin \theta_{xy}} \dots\dots\dots (2)$$

$P.F.s'$: Factor de seguridad del supuesto plano de deslizamiento axy después de la construcción de los pilotes

W_{ax} : Peso unitario de la sección en el plano ax (kN/m)

W_{xy} : Peso unitario de la sección en el plano xy (kN/m)

l_{ax} : Longitud del plano de deslizamiento de la sección en el plano ax (m)
 l_{xy} : Longitud del plano de deslizamiento de la sección en el plano xy (m)
 U_{ax} : Presión de poros que actúa sobre la sección en el plano ax (kN/m)
 U_{xy} : Presión de poros que actúa sobre la sección en el plano xy (kN/m)
 θ_{ax} : Ángulo de inclinación del plano de deslizamiento de la sección en el plano ax ($^{\circ}$)
 θ_{xy} : Ángulo de inclinación del plano de deslizamiento de la sección en el plano xy ($^{\circ}$)
 $C_{ax'}$: Cohesión del plano de deslizamiento ax (kN/m²)
 $C_{xy'}$: Cohesión del plano de deslizamiento xy (kN/m²)
 Φ'_{ax} : Ángulo de fricción interna del plano de deslizamiento ax ($^{\circ}$)
 Φ'_{xy} : Ángulo de fricción interna del plano de deslizamiento xy ($^{\circ}$)

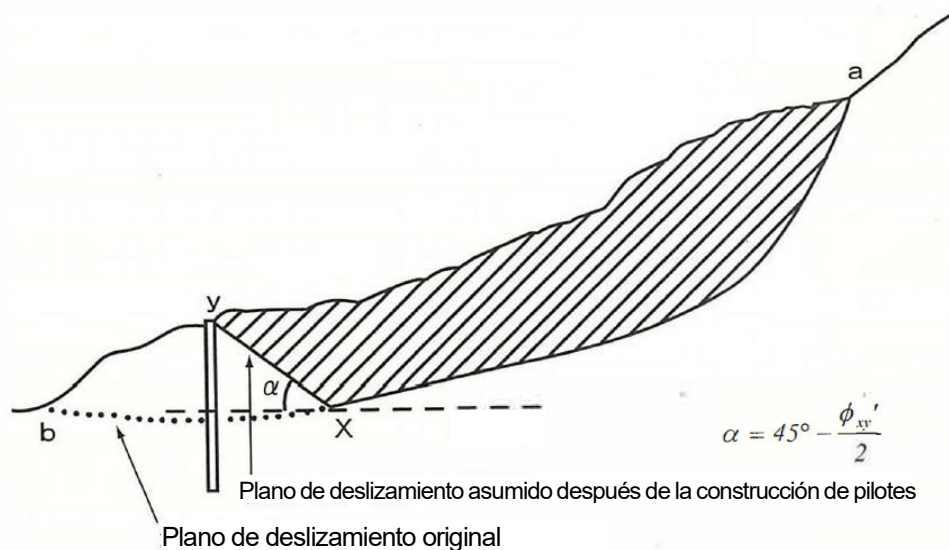


Figura 28 Falla pasiva en la parte superior del pilote

5) Fuerzas externas para diseño de pilotes

En el diseño de pilotes, en principio, se debe tener en cuenta el esfuerzo de flexión y el esfuerzo cortante.

Si la estructura o terreno a conservar se limita únicamente a la parte traccionada del bloque de movimiento de deslizamientos, los pilotes podrán construirse en un punto cercano al objetivo a conservar, incluso si se encuentra en la parte traccionada del bloque de deslizamiento.

En este caso, no se asegura que el pilote pueda tener ninguna fuerza de reacción del suelo debajo del mismo, por lo que el pilote estará sujeto a todas las fuerzas de deslizamiento desde la pendiente sobre el pilote, por lo que se debe diseñar un pilote en voladizo para ser capaz de acomodar esta fuerza.

6) Tipo y resistencia del material del pilote

La resistencia de los materiales de acero utilizados para pilotes deberá satisfacer la resistencia de diseño. La tensión admisible a largo plazo y la tensión admisible a corto plazo se deben utilizar para la resistencia del material del pilote en función de la carga que actúa sobre el mismo. En caso de utilizar obras de control, se utilizará como regla general la tensión admisible a corto plazo.

Los valores de la tabla deben utilizarse como referencia para la resistencia de diseño (ejemplo japonés).

	Short-term allowable stress (N/mm ²)		Long-term allowable stress (N/mm ²)	
	Shear stress	Bending stress	Shear stress	Bending stress
Tensile strength 400N/mm ²	118	206	78	137
Tensile strength 490N/mm ²	162	279	108	186

7) Instalación de Pilotes

Los pilotes deben instalarse de forma que, por lo general, formen un ángulo recto con respecto a la dirección del movimiento del deslizamiento y estén igualmente espaciados.

El espaciamiento de los pilotes debe ser considerado en las condiciones de diseño de los pilotes adoptados. Sin embargo, dependiendo del carácter de las masas de suelo, puede producirse el aflojamiento del suelo debido a la perforación o separación del suelo entre masas de pilotes. Por lo tanto, el espaciamiento en la siguiente tabla debe usarse como estándar y debe estar dentro de 8 veces el diámetro del pilote.

Para evitar daños a los cimientos debido a la instalación de pilotes, la distancia entre las paredes de la perforación debe ser de al menos 1 m. Si la distancia entre las paredes de la perforación es inferior a 1 m, la disposición de los pilotes puede tambalearse.

Espesor de la capa móvil en la posición de instalación del pilote	Intervalo para Pilotes
0~10m	~2.0m
10~20m	~3.0m
20m~	~4.0m

8) Enraizamiento en la base

La longitud del enraizamiento del pilote en la cimentación debe determinarse de modo que no provoque la falla de la cimentación debido a los esfuerzos de carga sobre el pilote. La longitud de enraizamiento se considerará teniendo en cuenta las condiciones de diseño del pilote adoptado. El espacio entre la pared de la perforación y los pilotes debe rellenarse para integrar los pilotes con el suelo de cimentación. Por lo tanto, utilizando una maguera, se debe verter lechada entre la pared de la perforación y el pilote para rellenar las grietas en los cimientos y proporcionar espacio entre la pared del pozo y el pilote.



Figura 29 Proceso constructivo para pilotes

(2) Eje de gran diámetro fundido in-situ

El eje de gran diámetro fundido in-situ (en lo sucesivo denominado "eje") se diseña para obtener la fuerza disuasoria prescrita, teniendo en cuenta la topografía y la geología del lugar del deslizamiento.

Al diseñar los ejes, se debe verificar su estabilidad contra las tensiones internas cuando se les aplica la fuerza disuasoria prescrita. Además, debemos evitar la falla pasiva de la capa móvil en la parte superior de los ejes, la falla del suelo de cimentación y la separación de la capa móvil entre los ejes.

Los ejes se deben implementar bajo las siguientes condiciones:

/ Cuando el deslizamiento es de gran tamaño y requiere una fuerza disuasora significativa.

/ Cuando debido a restricciones topográficas no se permita movilizar pilotes prefabricados hasta el lugar.

/ Cuando el agua subterránea se drena mediante pozos de drenaje y luego el eje hará la función de un pozo de drenaje.

Dado que el costo de este tipo de ejes es enorme, solamente se consideran cuando hay un objetivo de conservación importante, cuando no se pueden planificar otros trabajos más económicos de control y restricción, y cuando el objetivo está sujeto a una fuerza de deslizamiento considerablemente grande.

1) Ubicación aplicable

La selección de la ubicación óptima para la construcción del eje es básicamente la misma que para las obras con pilotes. Las masas en movimiento del deslizamiento se pueden dividir en zonas de compresión y tracción de acuerdo con sus características de movimiento.

La pendiente de la superficie del suelo en el lado hacia abajo del pilote, las grietas alrededor del lugar de instalación y los pequeños derrumbes también afectan la función del pilote. Al decidir la ubicación para

su instalación, se debe tomar muy en cuenta la condición de la capa móvil en el lado hacia abajo del pilote, la condición de la capa móvil en el lado hacia arriba del pilote, el objeto de conservación, trabajabilidad, etc.

Los detalles para su evaluación son los mismos que para la construcción de pilotes.

2) Funciones y clasificación de ejes

El método de diseño para la construcción de los ejes se puede clasificar en el diseño de ejes rígidos y el diseño de ejes flexionados, y generalmente se determina mediante la siguiente ecuación.

$\beta l \leq 2$ eje rígido

$\beta l > 2$ eje flexionado

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{K \cdot d}{4 \cdot E \cdot I}}$$

K : Coeficiente de reacción horizontal de la subrasante de la capa móvil (kN/m³)

d : Diámetro externo del eje (m)

EI : Rigidez a la flexión del eje (kN-m²)

(El módulo de elasticidad E, se puede calcular utilizando el módulo de elasticidad del concreto o dividiendo el acero y el hormigón por la relación de sus áreas transversales.

I : Momento de inercia del área del eje (m⁴))

l : Profundidad del plano de deslizamiento en el lugar de la construcción (m)

3) Normas constructivas para ejes

Barras de refuerzo corrugadas se utilizan generalmente como material de acero de refuerzo para el eje. Cuando se utilizan tubos de acero o perfiles tipo H como elementos de refuerzo, se debe realizar un tratamiento para garantizar la integridad con el concreto, o se debe reducir la tensión de adherencia admisible.

Para la tensión admisible del concreto, la resistencia estándar de diseño se determinará teniendo en cuenta la trabajabilidad del colado en el sitio de construcción.

4) Estructura, disposición y espaciamiento del eje

/ Estructura

El eje deberá ser una estructura cilíndrica de concreto armado. Adicionalmente, si el eje va a funcionar como un pozo de drenaje, puede ser un cilindro hueco de hormigón armado.

Las barras de acero se dispondrán de forma circular en una sola fila, pero se podrían considerar hasta un máximo de tres filas de barras de acuerdo con la cantidad requerida de barras de acero.

/ Disposición

La disposición de los ejes debe ser en una sola fila para que todos puedan soportar el empuje del deslizamiento por igual. No se debe adoptar una disposición escalonada ya que los ejes en la parte superior serían propensos a romperse. La disposición debe ser aproximadamente en ángulo recto con respecto a la dirección del movimiento del deslizamiento de tierra y deben estar igualmente espaciados.

/ Espaciamiento

El espaciamiento de los ejes debe determinarse considerando la estabilidad frente a la separación del suelo entre las masas de los ejes, la estabilidad de la cimentación y la trabajabilidad. Como regla general, el espaciado central debe ser de 2.5 a 8 veces el diámetro, y el espaciado debe determinarse considerando la geología de la capa en movimiento y la profundidad del plano de deslizamiento.

El número de ejes a instalar debe ser de una línea por cada bloque de deslizamiento. Si es inevitable instalar múltiples líneas de ejes, se debe tener muy en consideración el desplazamiento de la capa móvil del deslizamiento en la ubicación de instalación del eje.

(3) Anclajes

Los anclajes son un método constructivo que tiene como propósito contrarrestar la fuerza deslizante de los deslizamientos de tierra utilizando la resistencia a la tracción del material de acero que se ha fraguado mediante la lechada en la capa firme.

Este es un método en el que la estructura de reacción y el suelo se integran y estabilizan mediante la transmisión de la carga que actúa sobre la cabeza del anclaje al cuerpo del anclaje (suelo de anclaje) a través de la parte en tensión.

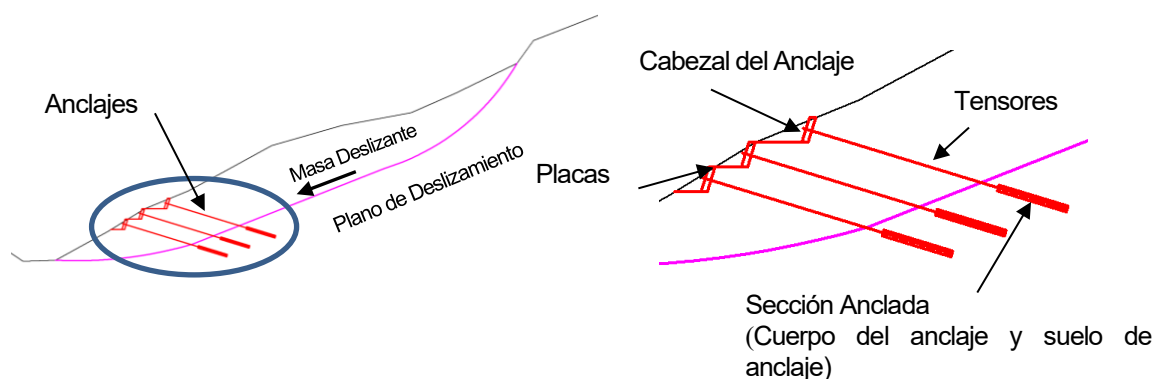
1) Esquema de los anclajes

Las obras con anclajes se componen de tres elementos básicos:

/ Cabeza del anclaje (incluyendo la placa en tensión)

/ Sección en tensión

/ Sección del anclaje (cuerpo del anclaje y suelo de anclaje)



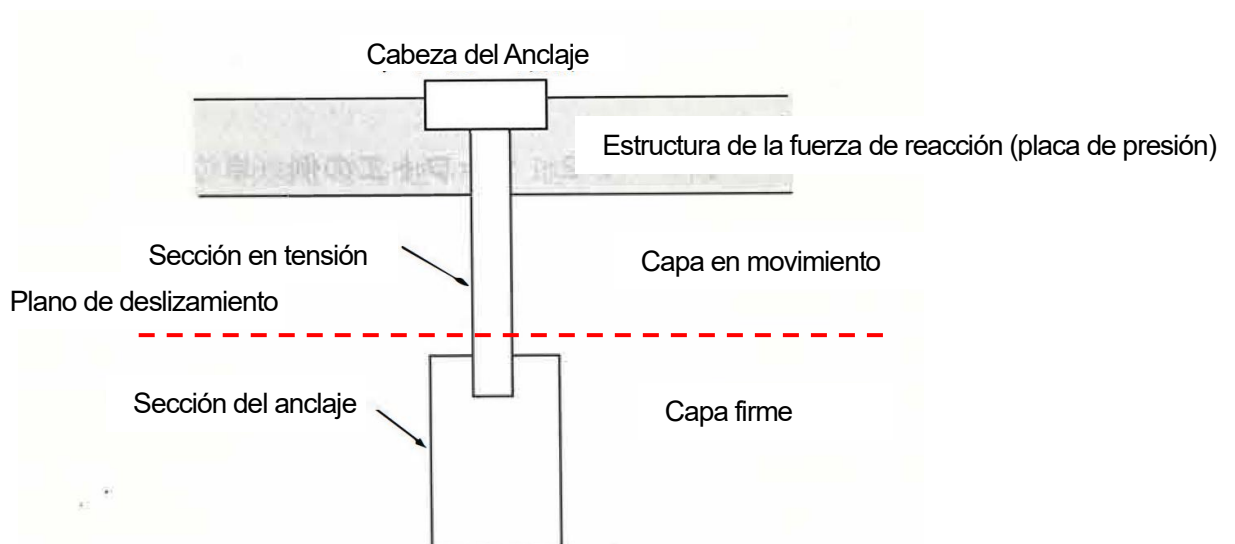


Figura 30 Esquema estructural de los anclajes

Los anclajes utilizados para contramedidas en deslizamientos están diseñados para estabilizar los deslizamientos de tierra al transmitir la carga que actúa sobre la cabeza del anclaje a la sección de anclaje a través de la sección de tracción, y al integrar la capa móvil del deslizamiento y la capa del estrato firme.

El anclaje debe estar diseñado para obtener la fuerza disuasoria prescrita teniendo en cuenta la topografía y la geología del sitio de deslizamiento objetivo, para garantizar la estabilidad de la sección de tensión del anclaje, la sección de anclaje (cuerpo de anclaje y suelo de anclaje) y las estructuras (placa receptora de presión, etc.) contra la fuerza de tensión.

La ubicación del anclaje, la ubicación del suelo de anclaje, la disposición del anclaje, el ángulo de inclinación de los anclajes (ángulo entre la dirección del anclaje y el plano horizontal) y la escala y estructura de las instalaciones se deben determinar cuidadosamente teniendo en cuenta la topografía, la geología y las condiciones de movimiento del sitio de deslizamiento

Los anclajes tienen los siguientes efectos al resistir las fuerzas deslizantes:

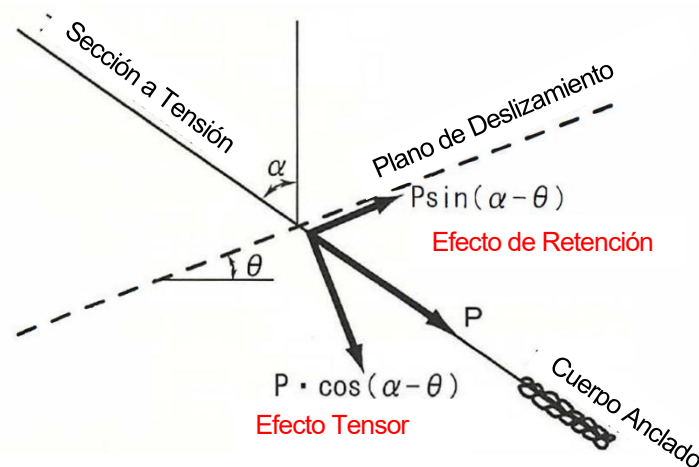


Figura 31 Función de un anclaje

/ Efecto tensor

Este es un efecto utilizado para aumentar la resistencia al corte aumentando la tensión vertical contra el plano de deslizamiento. Para producir un efecto de sujeción, la capa móvil no debe deformarse significativamente en compresión o consolidación cuando se aplica una fuerza de tensión.

Por lo tanto, es difícil esperar un efecto de sujeción cuando la capa en movimiento está compuesta de arcilla, suelo colapsado o roca meteorizada con muchas fracturas. También es difícil esperar el efecto cuando la profundidad del plano de deslizamiento es grande.

/ Efecto de retención

Cuando una masa de deslizamiento intenta moverse a lo largo del plano de deslizamiento, la fuerza tangencial del anclaje al plano de deslizamiento se usa para retener la masa de suelo del deslizamiento.

Al hacer que el material de acero resista la fuerza de tracción, los anclajes se pueden usar para deslizamientos con grandes fuerzas deslizantes o en donde es difícil prevenirlos usando pilotes.

Los anclajes a menudo se instalan en la parte baja de los deslizamientos con el fin de prevenirlos mediante su "función de atrapamiento". Al diseñarlos, se debe seleccionar la más apropiada de estas funciones, teniendo en cuenta el ángulo de inclinación del anclaje, la pendiente y la profundidad del plano de deslizamiento, etc. En algunos casos, ambos efectos se consideran en el diseño.

2) Cálculo de la fuerza de anclaje requerida

Existen dos tipos de anclajes que se utilizan como contramedidas en deslizamientos: los que implementan el efecto tensor y los que implementan el efecto de retención.

El cálculo de la fuerza de anclaje requerida para su diseño está determinado por la siguiente ecuación para cada función.

/ Cálculo de la fuerza de anclaje requerida utilizando el efecto de retención

$$P.F_s = \frac{\{\Sigma(W \cdot \cos \theta - U) + P \cdot \cos(\alpha - \theta)\} \tan \phi' + c' \cdot \Sigma l}{\Sigma W \cdot \sin \theta}$$

/ Cálculo de la fuerza de anclaje requerida utilizando el efecto tensor

$$P.F_s = \frac{\Sigma(W \cdot \cos \theta - U) \cdot \tan \phi' + c' \cdot \Sigma l + P \cdot \sin(\alpha - \theta)}{\Sigma W \cdot \sin \theta}$$

P. Fs : Factor de seguridad planificado

W : Peso de cada sección (kN/m)

U : Presión de poros en el plano de deslizamiento (kN/m)

P : Fuerza de anclaje requerida (kN/m)

- Φ' : Angulo de fricción interna del plano de deslizamiento ($^{\circ}$)
- c' : Cohesión en el plano de deslizamiento (kN/m)
- l : Longitud del plano de deslizamiento en la sección (m)
- θ : Ángulo de inclinación del plano de deslizamiento ($^{\circ}$) (See Figura 32)
- α : Ángulo de ubicación del anclaje ($^{\circ}$) (See Figura 32)

3) Ubicación de anclajes

El anclaje debe colocarse teniendo en cuenta la estabilidad de la ubicación de la placa de presión, las condiciones del suelo circundante y el suelo de anclaje, así como el efecto sobre las estructuras adyacentes. La ubicación de la sección de anclaje y la dirección y espaciamiento de los anclajes deben asumirse por adelantado en la etapa inicial de la fase de diseño.

/ Ubicación prevista del anclaje

Cuando el ángulo de intersección entre el anclaje y el plano de deslizamiento es aproximadamente un ángulo recto, como en la cabeza de un deslizamiento donde la pendiente del plano de deslizamiento es pronunciada, el efecto disuasorio del anclaje se vuelve pequeño y el anclaje puede romperse.

Se debe considerar cuidadosamente la ubicación planificada de los anclajes y, en principio, se debe evitar instalarlos en la cabeza del deslizamiento.

/ Impacto en estructuras adyacentes

Si existen estructuras subterráneas, túneles, pilotes, etc., en las inmediaciones del lugar de colocación del anclaje, es necesario considerar el impacto del anclaje sobre estas estructuras.

/ Ángulo de inclinación de los anclajes

El ángulo de inclinación de los anclajes no debe determinarse únicamente por la ventaja mecánica, sino que debe determinarse considerando la topografía, la geología, las condiciones de construcción, etc. Sin embargo, como regla general, los ángulos de anclaje entre -5° y $+5^{\circ}$ desde el plano horizontal debe evitarse debido a problemas de construcción del anclaje (respiración de material de lechada y limo residual).

/ Espaciamiento de los anclajes

El espaciamiento del anclaje se determinará teniendo en cuenta los parámetros del anclaje, como la fuerza, el diámetro y la longitud del anclaje.

4) Consideraciones de estabilidad para la estructura

/ Para la construcción de anclajes, el material en tensión, la placa de presión y el cuerpo del anclaje tienen una especificación determinada que puede ser estable frente a la fuerza de diseño del anclaje (carga de

tensión).

/ Para el material de tensión para la construcción del anclaje, utilice un material que pueda transmitir de forma fiable la fuerza del anclaje al cuerpo del anclaje. El esfuerzo de tensión permisible del material debe tener un factor de seguridad suficiente para la resistencia a la tensión y el límite elástico del material de tensión.

/ Las condiciones para la placa receptora de presión serán las siguientes:

El suelo que soporta la placa de presión debe ser estable contra el asentamiento debido a la tensión.

La placa de presión debe ser estable frente a fallas por flexión y fallas por corte debido a empuje.

/ El cuerpo del anclaje deberá tener un factor de seguridad suficiente frente a la fuerza de diseño del anclaje (carga de tensión).

/ El cuerpo del anclaje debe estar diseñado para permitir la inyección de lechada. La calidad de la lechada debe ser suficiente para soportar las cargas de diseño.

5) Garantía de durabilidad

Con el fin de mantener la estabilidad a largo plazo, la estructura de anclaje debe estar diseñada para proporcionar suficiente protección contra la corrosión para el tensor y la cabeza, y debe poder volver a tensarse.

Chapter 2. Contramedidas para Fallas de Ladera

2.1 Planificación de Contramedidas

2.1.1 Clasificación de Obras de Contramedidas

(1) Clasificación de las obras de contramedida

Las fallas de ladera son causadas debido a la erosión de la superficie del suelo, la pérdida de resistencia del suelo y el aumento de peso debido al contenido de agua, el aumento de la presión de poros, tuberías fracturadas y la intemperie. Las fallas de ladera se pueden clasificar en dos categorías principales: obras de control, que mitigan estos factores y evitan el riesgo de derrumbes; y obras de contención, que anclan directamente el talud mediante una estructura.

Las obras de control tienen como objetivo estabilizar las laderas cambiando las condiciones naturales, como la topografía, la geología, las aguas superficiales y las condiciones de las aguas subterráneas. Las obras de contención tienen por objeto frenar el derrumbe o falla de laderas mediante la instalación de estructuras.

En particular se definen obras de control como aquellas que se construyen para reducir los efectos del agua lluvia, y obras de contención son aquellas que modifican el equilibrio del talud para que no se produzca el derrumbe, aunque el agua lluvia actúe y se encuentre presente en la ladera.

Los principales tipos de contramedidas para fallas de ladera se muestran en la figura a continuación.

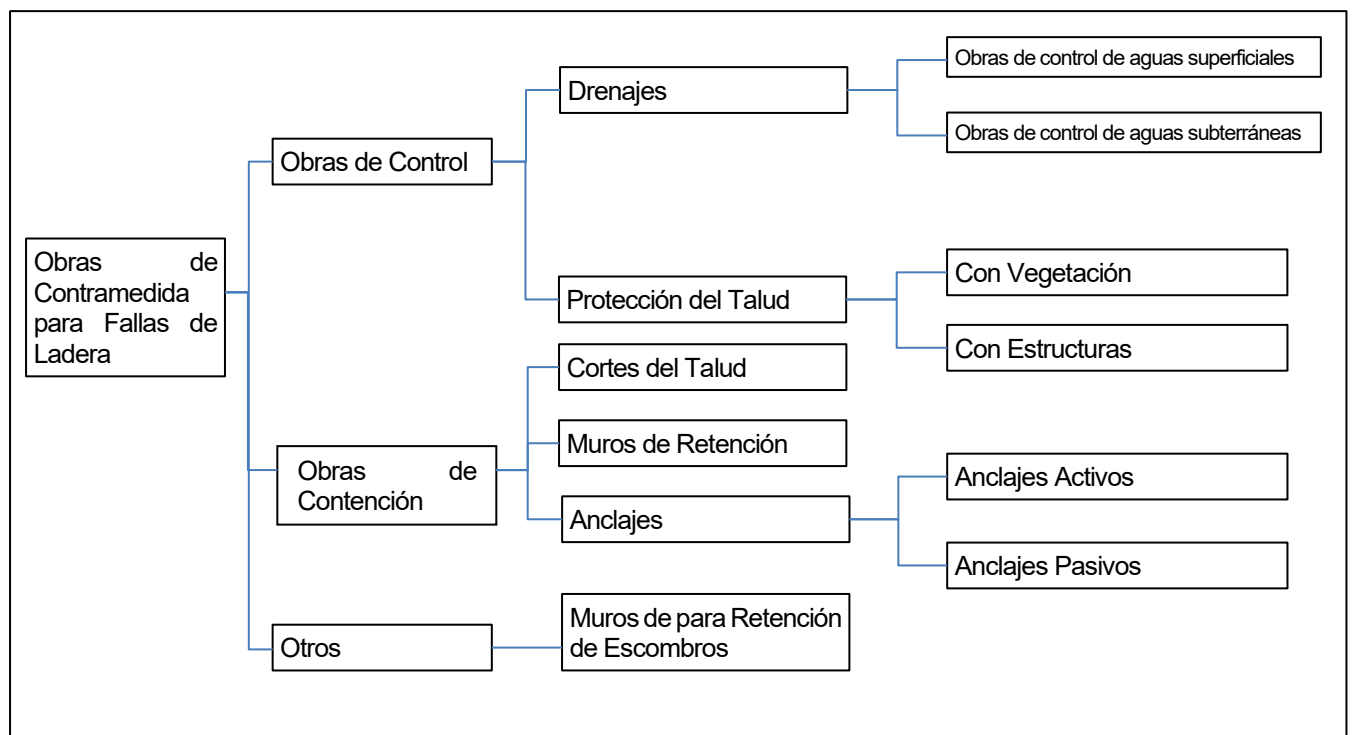


Figura 32 Clasificación de obras de contramedida para Fallas de Ladera

(2) Esquema general de las contramedidas (Obras de Control)

1) Obras de Drenaje (Ver capítulo 1.1.4)

(A) Obras de Control de Aguas Superficiales

Este es el método más básico de estabilización de taludes. Es un método para estabilizar taludes mediante la eliminación de las aguas superficiales y subterráneas que provocan derrumbes. Por lo general, se implementa en la mayoría de los proyectos de construcción y es económico.

La idea básica es recolectar agua superficial y drenarla rápidamente fuera de la ladera o evitar que el agua superficial fluya hacia la ladera.

Se compone de canales en la parte superior, en los escalones (en caso de haberlos), y en la parte inferior de talud, canales longitudinales y obras de prevención de filtraciones.

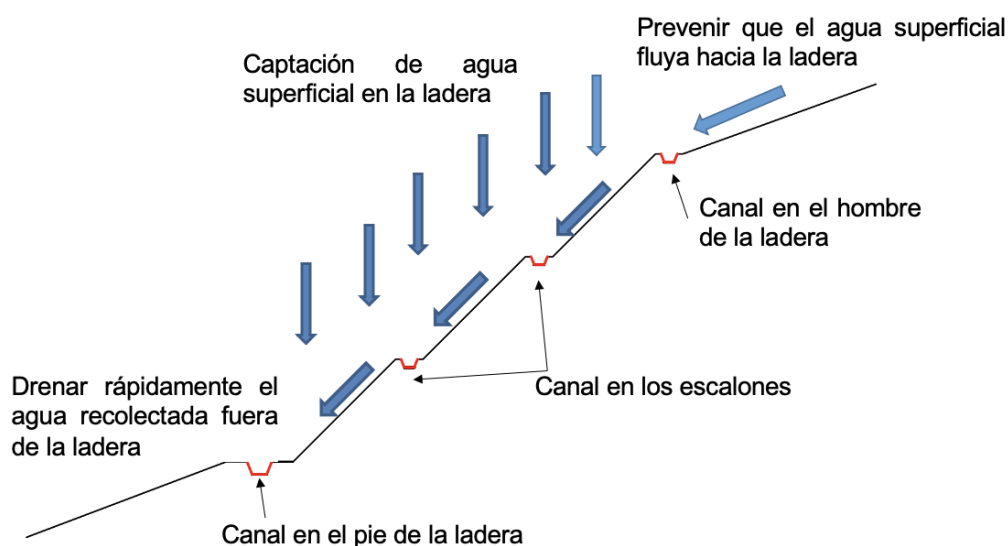


Figura 33 Esquema de obras de control para aguas superficiales en laderas

(B) Obras de Control de Aguas Subterráneas

Las Obras de Control para Aguas Subterráneas tienen el propósito de drenar las aguas subterráneas para así reducir la presión de poros y estabilizar la ladera.

Las obras más comunes son drenajes comunes (respiraderos), perforaciones de drenajes horizontales, y en algunos casos, pozos de drenaje.

Los detalles sobre este método se muestran en P.15 “Capítulo 1. Contramedidas para Deslizamientos 1.1.4 (2) Obras para control de aguas subterráneas”

2) Obras de Protección del Talud

Este método se utiliza para cubrir taludes y controlar la erosión.

Existen dos tipos principales de métodos de protección de taludes: protección de taludes con vegetación y protección de talud con estructuras.

(A) Protección del talud con vegetación

Este es un método para control de la erosión cubriendo la ladera con vegetación. Se usa para taludes en corte sin nacimientos de agua y generalmente se aplica a taludes con un gradiente estable.

En Japón, se implementa la dispersión de semillas, el rociado del suelo, el rociado de semillas con material de base vegetal y suelo, sacos de arena para vegetación y plantación de césped.



Figura 34 Casos de obras para protección de taludes mediante vegetación

(B) Protección del talud con estructuras

a) Concreto lanzado

El concreto lanzado es un método que consiste en rociar hormigón (mortero) en laderas naturales (acantilados) y laderas que son propensas a la intemperie y la erosión. Se construye para proteger las laderas de la intemperie y la erosión y para evitar pequeños derrumbes y desprendimientos de rocas.

Las obras con concreto lanzado consisten en rociar hormigón (mortero) con un espesor de 3 a 10 cm sobre un acantilado o ladera. Es importante considerar que la ladera sobre la cual se aplique sea autosuficiente y estable.

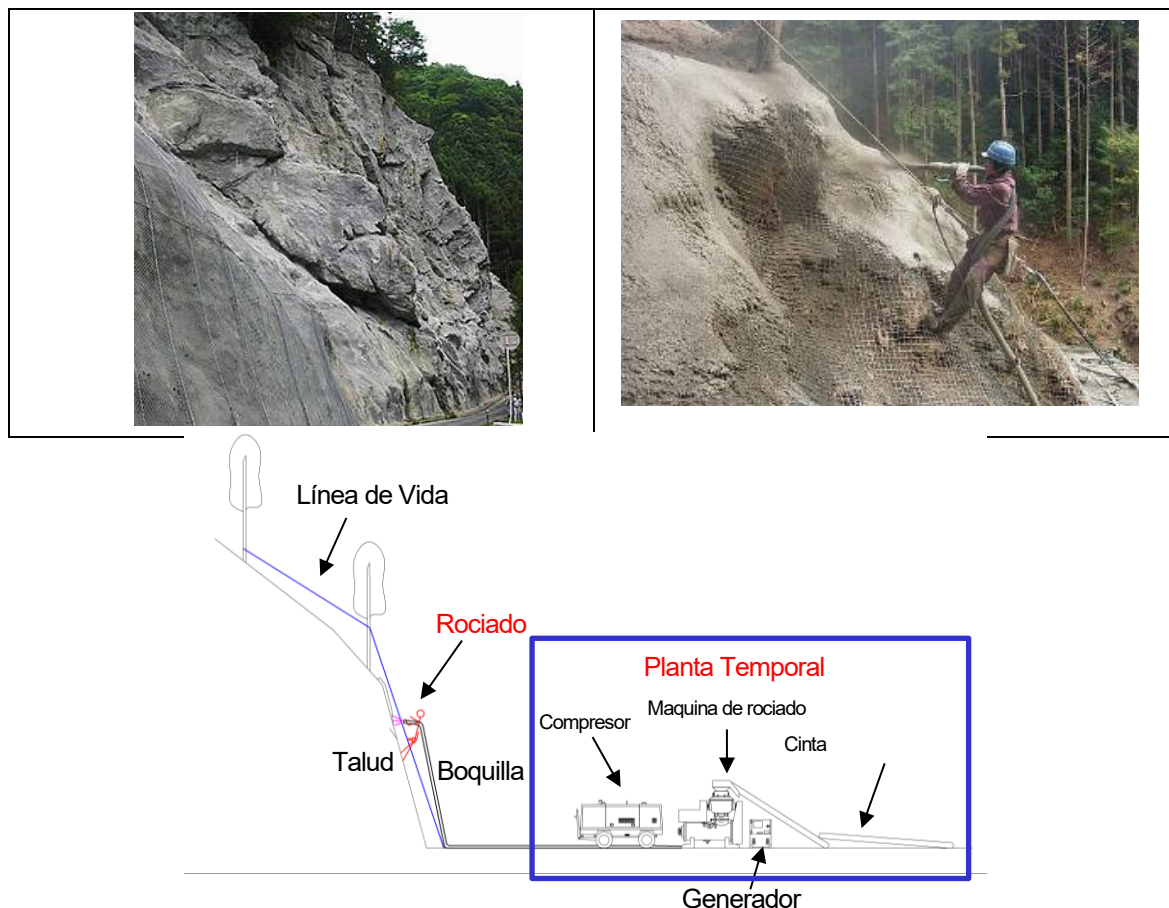


Figura 36 Diagrama general de trabajos con concreto lanzado

b) Obras de Revestimiento

Las obras de revestimiento se implementan para evitar la meteorización y erosión de taludes.

Este método se utiliza cuando la pendiente es inferior a 1:1.0, la altura es inferior a 5 m y la longitud es inferior a 7 m. Generalmente se implementa para suelos no cohesivos, lutitas, rocas blandas y suelos cohesivos.

Los diferentes métodos de revestimiento son revestimiento con mampostería, revestimiento con bloques de concreto y revestimiento con concreto.

El revestimiento con mampostería (piedras) es un método para prevenir el desgaste y la erosión de los taludes. El espesor estándar es de 30 a 40 cm, y los espacios entre piedras se rellenan con concreto.

El revestimiento con bloques de concreto es un método para prevenir el desgaste y la erosión de las laderas utilizando bloques planos de concreto. Los bloques de concreto a menudo se refuerzan llenando la parte trasera de los bloques con concreto.

El revestimiento con concreto es un método mediante el cual se coloca concreto directamente en la ladera para evitar la intemperie y la erosión. Este método se utiliza cuando se dificulta la implementación del concreto lanzado, como en el caso de laderas rocosas con muchas juntas, grietas o escombros. El espesor del revestimiento de concreto es de 20 a 80cm (por lo general 50 cm). Generalmente, el concreto no reforzado se utiliza para pendientes de hasta 1:1,0, mientras que para pendientes de hasta 1:0.5 se utiliza concreto reforzado.

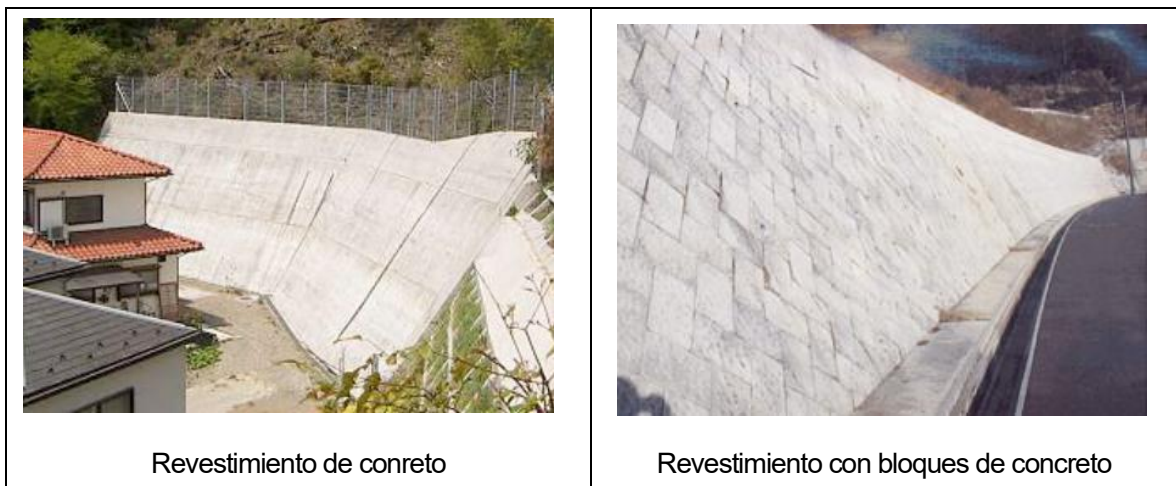


Figura 37 Casos de obras con revestimiento

c) Obras de Cribado

Los taludes se recubren utilizando encofrados y concreto colado en el sitio o con elementos prefabricados. Así mismo, el marco interior se cubre con vegetación, concreto u otros materiales para evitar el desgaste y la erosión de la ladera.

Algunos métodos de construcción con marcos de concreto colados en el sitio cumplen la función de obras de contención y, a menudo, se utilizan también como obras de contención.

Generalmente, las dimensiones de las vigas son de 15 cm a 60 cm, y las dimensiones de la cuadrícula son generalmente de 1.2 m a 3.0 m.

En caso de usarse para trabajos de contención, el tamaño se establece de acuerdo con la escala de colapso objetivo y la resistencia de diseño de los anclajes.



Figura 38 Caso de obra de cribado

(3) Esquema general de las contramedidas (Obras de Contención)

1) Cortes del Talud

Este es un método que consiste en modificar la pendiente y la altura de un talud mediante cortes para poder asegurar la estabilidad del talud incluso cuando sea sometido al efecto de la lluvia.

Este método consiste en eliminar las partes inestables y mejorar el gradiente de la pendiente de acuerdo con las propiedades del suelo o roca que forman el talud.

Este es el método constructivo más básico para el control de derrumbes y es uno de los más efectivos cuando se implementa de manera segura. A menudo se usa en combinación con obras de drenaje y obras de protección para el talud. También se usa en combinación con otras obras de contención (muros de retención, anclajes, etc) cuando la extensión del corte está restringida debido al uso del suelo.

2) Muros de Retención

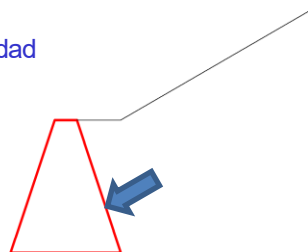
El muro de retención es una de las estructuras de contención que más comúnmente se utiliza para la estabilización de laderas.

Los muros de retención se clasifican según su material principal, su forma, el mecanismo de estabilidad mecánica, etc.

Como medida contra derrumbes, son muy limitadas las dimensiones de la ladera que pueden ser soportadas por un muro de contención, por lo que a menudo se utiliza solamente para fijar la base del talud.

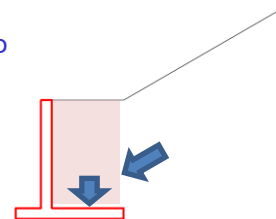
Los muros de retención se clasifican de la siguiente manera:

De gravedad



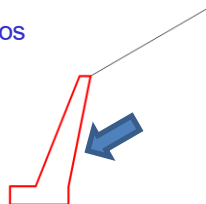
Resiste la presión del suelo debido a la gravedad del muro de contención. La estructura utilizada es de concreto armado común.

En voladizo



Resiste la presión del suelo debido a la gravedad ejercida por el suelo encima del muro de contención y a la fuerza ejercida por el elemento en voladizo. La estructura utilizada es de concreto armado común.

Inclinados



Resiste el empuje del suelo por su propio peso al apoyar el muro de contención contra un talud.

Figura 39 Clasificación por mecanismo de estabilidad

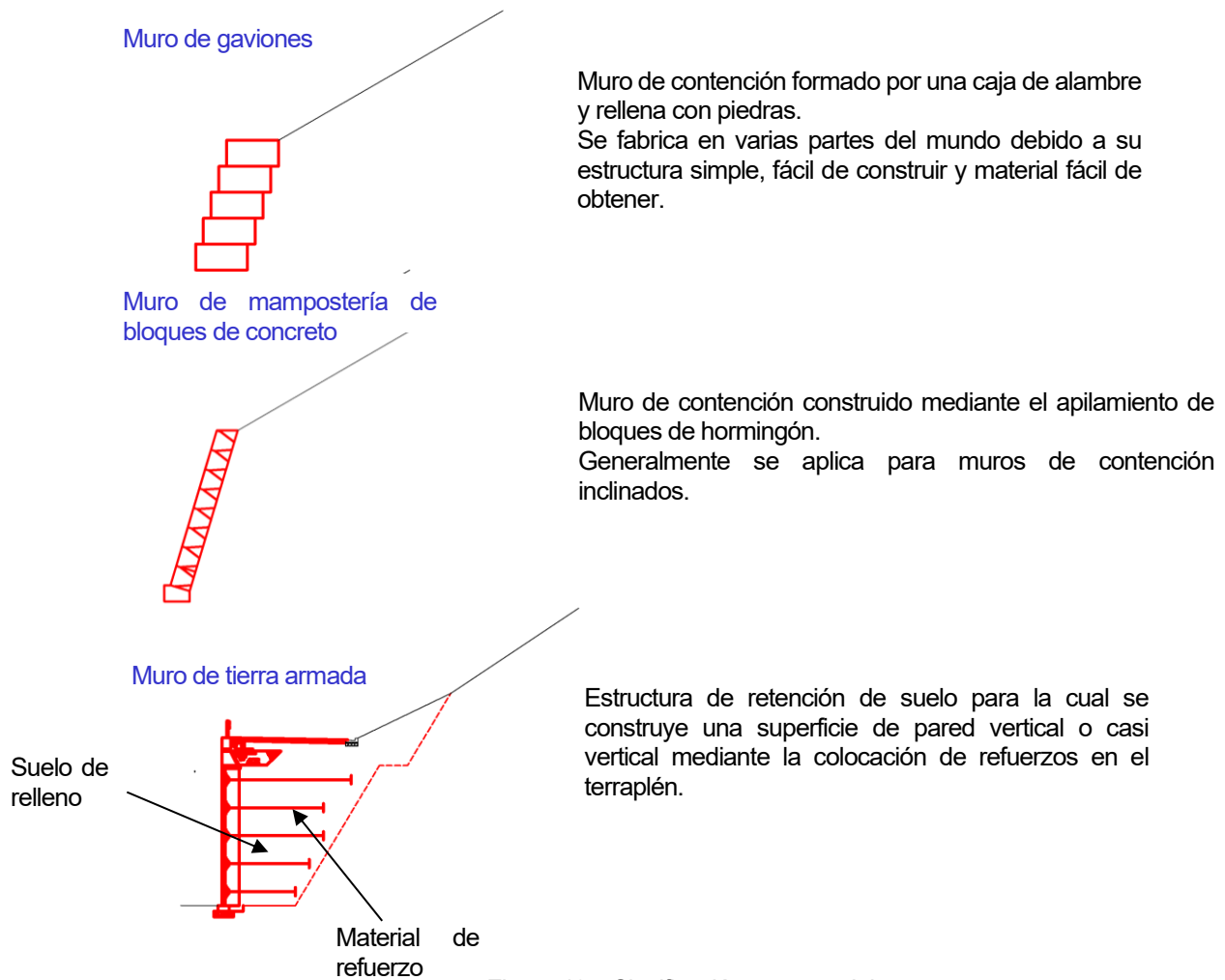


Figura 40 Clasificación por material

Si no es posible controlar directamente el derrumbe del talud, existen casos en que se puede considerar un muro de contención que retenga y atrape los escombros.

Este tipo de estructuras generalmente tienen un espacio en la parte posterior del muro de contención para atrapar los escombros.

También, los muros de protección contra caída de rocas atrapan las rocas caídas de la misma manera y tienen la misma forma.

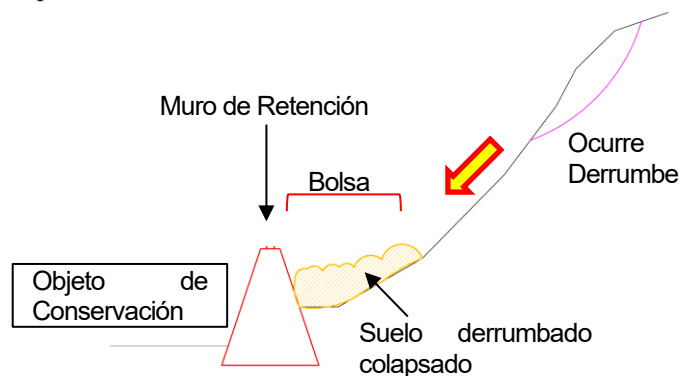


Figura 41 Diagrama de muro de retención para atrapar escombros

3) Anclajes

Este método se utiliza en combinación con obras de cribado, muros de retención y obras de revestimiento para incrementar la estabilidad de laderas a fin de evitar derrumbes de rocas erosionadas, agrietadas y del suelo superficial. Adicionalmente, este método previene derrumbes al aplicar tensión sobre la roca inestable y conectarla con el lecho rocoso estable mediante los anclajes.

A continuación, se muestran las características de las obras con anclajes activos y pasivos.

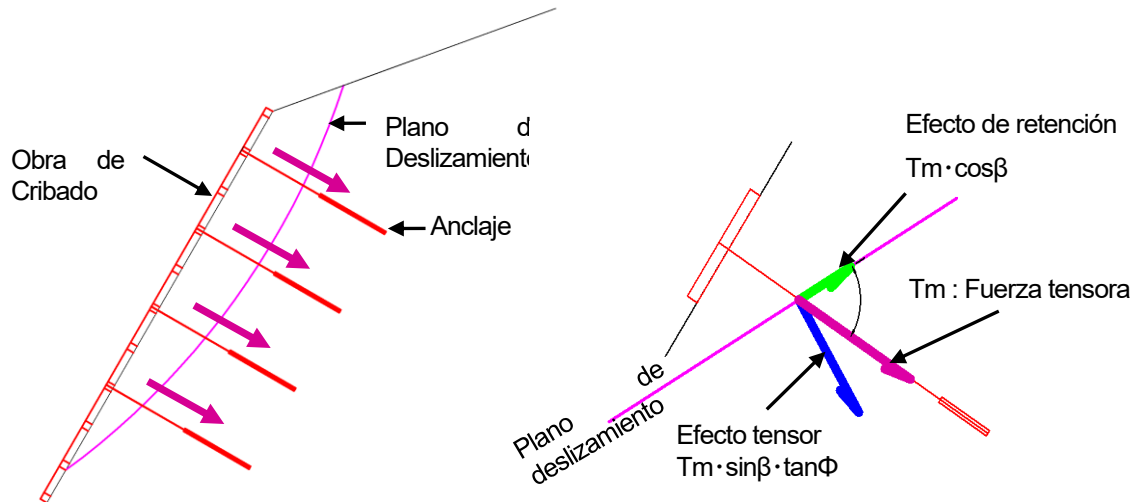


Figura 42 Diagrama de obras con anclajes activos

Los anclajes son un método para estabilizar al modificar el equilibrio del deslizamiento aplicando fuerza de tensión mediante el material de anclaje.

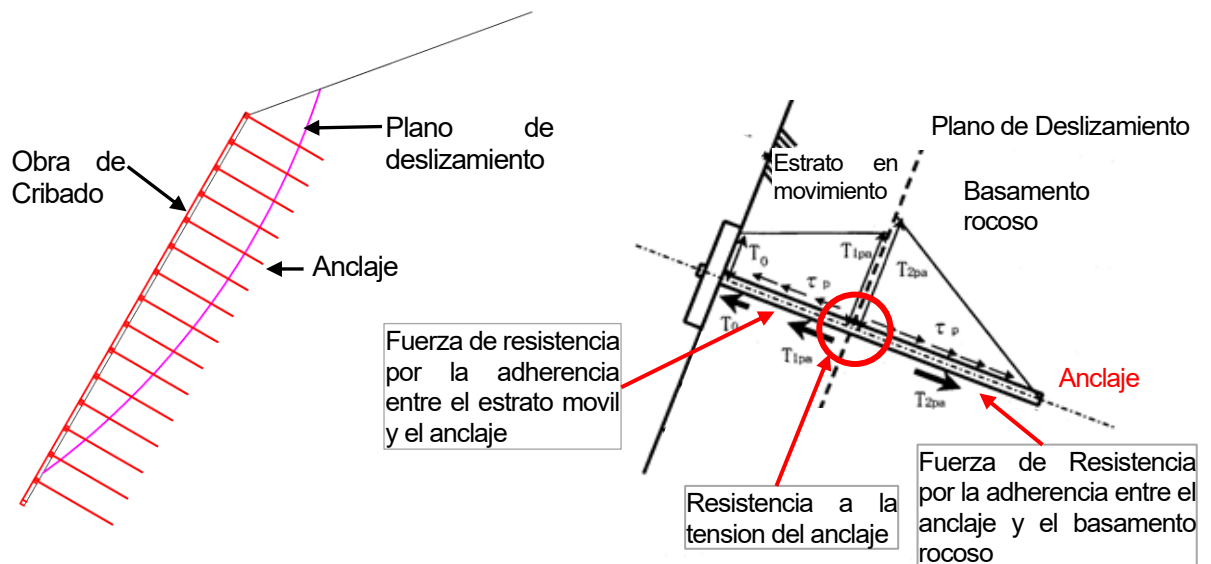


Figura 43 Diagrama de obras con anclajes pasivos

Los anclajes pasivos no aplican fuerza de tensión como si lo hacen los anclajes activos.

Este es un método constructivo para reforzar la ladera mediante las tres fuerzas de resistencia aplicadas al anclaje.

2.1.2 Selección de Método Constructivo

La base para el diseño de obras de prevención en fallas de ladera es comprender qué factores incluyen y de qué forma fallará el talud.

Después de determinar las características y factores involucrados en el derrumbe mediante la investigación, la aplicabilidad del método para intervención de la ladera debe determinarse considerando el entorno/paisaje, la altura de la ladera, la escala, las condiciones de construcción, el estado actual de infraestructura anterior, el costo estimado de construcción, etc.

Después de estimar las características y factores del derrumbe, se debe planificar la estabilización del talud previniendo derrumbes (mediante obras de retención) y luego evitando la erosión de la superficie y el colapso parcial por meteorización (mediante obras de control). Si se prevé más de un tipo de derrumbe, se debe seguir el mismo procedimiento para cada uno de ellos.

(1) Conceptos para selección del método de contramedida

El diagrama de flujo típico del estudio es el siguiente:

- Remoción mínima de masas de suelo inestables: Este método se utiliza para masas con alto riesgo como por ejemplo casos de taludes en voladizo, en los que no queda más remedio que retirarlos o cuando resulta claramente más económico hacerlo.

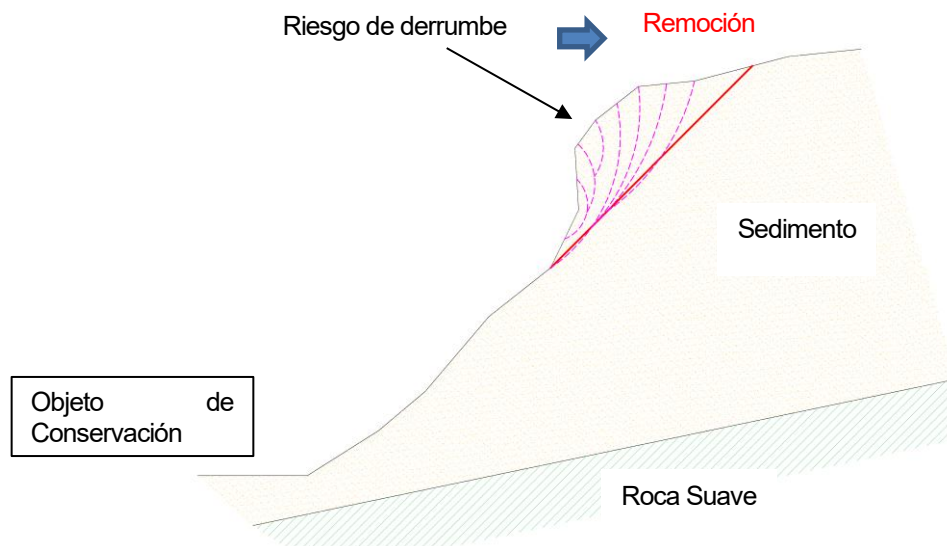


Figura 44 Diagrama de remoción de masas de suelo inestables

- Reconformación del talud: El talud debe cortarse lo más suavemente posible teniendo en cuenta el gradiente de estabilidad adecuado para el suelo y las condiciones geológicas. Sin embargo, en muchos casos existen restricciones cuando la longitud de la pendiente es grande o el terreno es insuficiente.

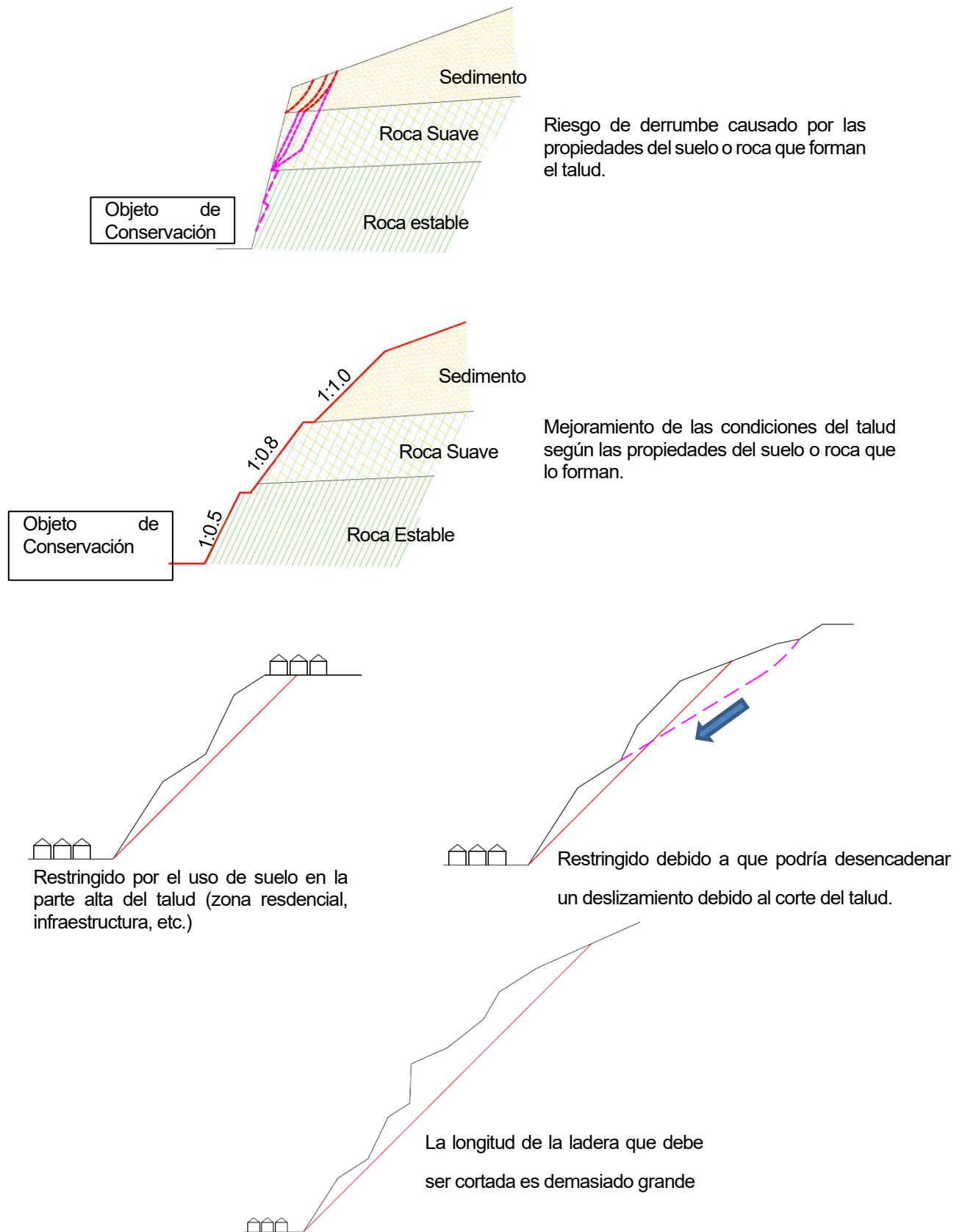


Figura 46 Diagrama de casos en los que la selección del método constructivo está restringida

- Construcción de obras de retención: Se deben considerar obras de retención en caso de que no sea posible realizar la reconfiguración del talud ni la remoción del área inestable.

Para esto, se debe calcular la capacidad soportante del suelo para la ubicación de las cimentaciones y la fuerza disuasoria necesaria.

Considere la estabilidad de toda la ladera y las instalaciones disuasorias apropiadas.

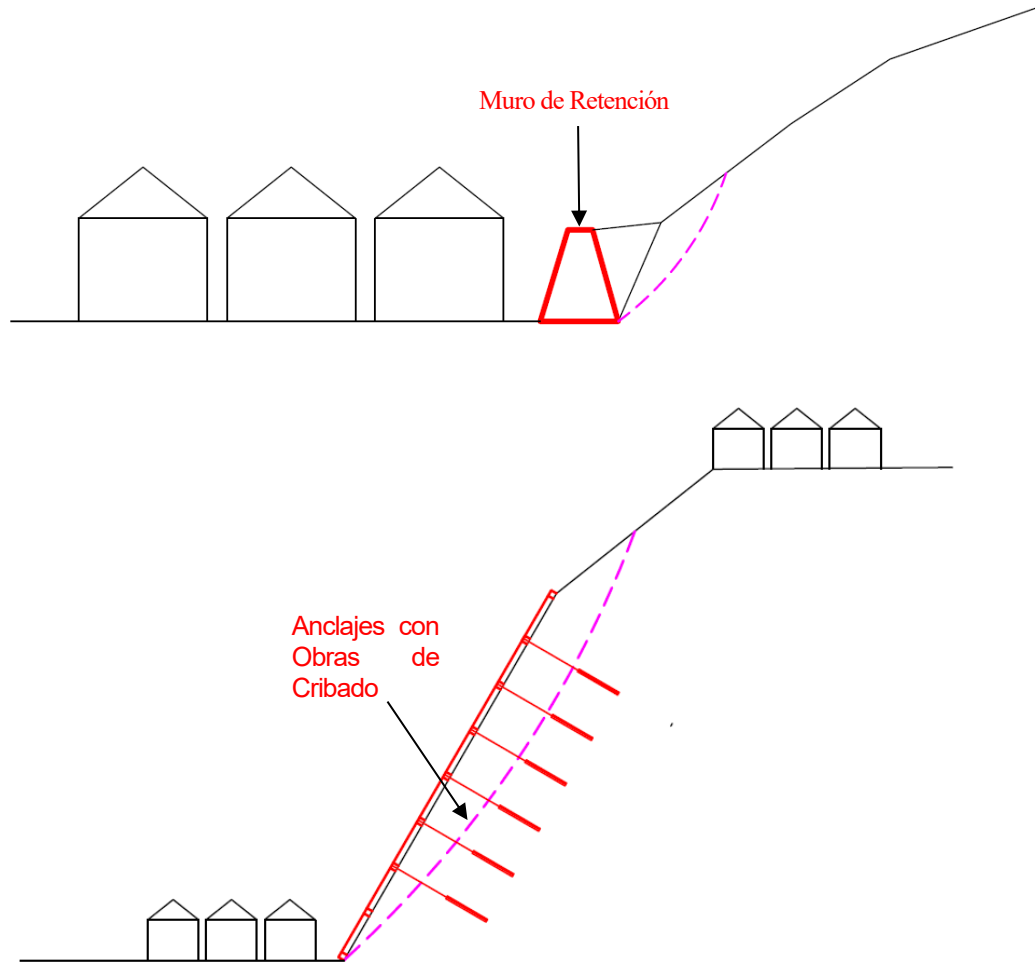


Figura 47 Diagrama de los casos en los que son necesarias obras de retención

- Si a partir de los resultados de la investigación se determina que la estabilidad del talud se ve afectada por el agua subterránea, considere medidas tales como perforaciones de drenajes horizontales.

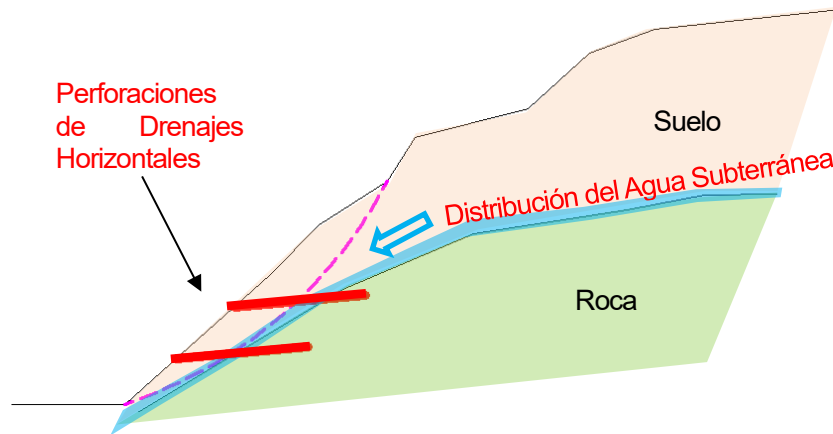


Figura 48 Diagrama de caso en el que se construyen perforaciones de drenajes horizontales

- Considere la protección del talud para prevenir erosión, meteorización y derumbes localizados debido a la escorrentía superficial. Si hay agua que fluye del suelo detrás de la cara de la ladera, se deben considerar obras de drenaje.

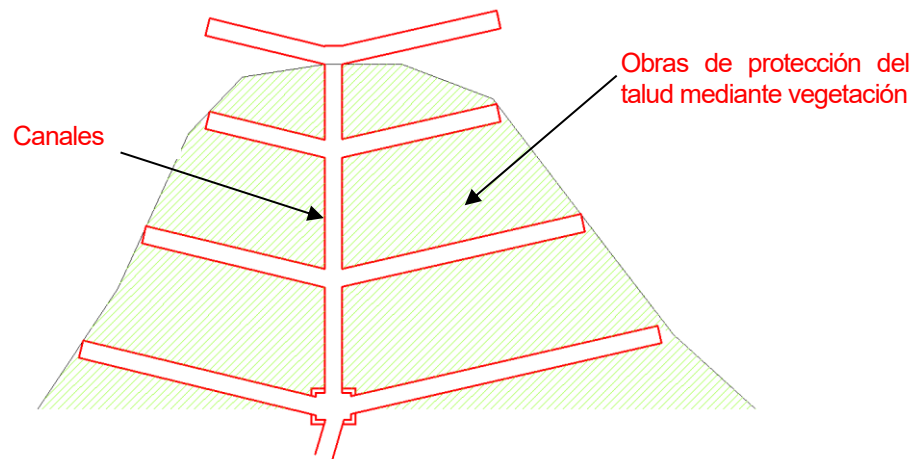


Figura 49 Diagrama de casos en los que se instalan obras de control superficial

(2) Estudio de caso para selección del método de contramedidas

1) Caso en que se mejora la conformación del talud

El talud objetivo tiene una pendiente pronunciada, compuesto por arenisca erosionada y se encuentra detrás de una vivienda.

La capa superficial se encuentra en una condición debilitada debido a la intemperie severa y se producen colapsos localizados durante la temporada de lluvias.

Las condiciones geológicas del talud en cuestión son las siguientes:

/Estrato 1: Arenisca significativamente meteorizada, valor N de alrededor de 10

/Estrato 2: Arenisca desgastada, valor N de alrededor de 20-30

/Estrato 3: Arenisca, valor N de alrededor de 50

El estrato 1 está debilitado y hay algunas áreas sueltas. Se han producido derrumbes localizados durante fuertes lluvias. El estrato 2 está expuesto en un talud pronunciado detrás de una vivienda. Se espera que se erosione y debilite debido a la erosión del agua lluvia en el futuro. El estrato 3 se encuentra en una condición estable con poca meteorización.

Bajo las condiciones actuales, el estrato de arenisca meteorizada en la superficie (estrato 1) corre el riesgo de derrumbe, y se teme que el estrato 2 subyacente se debilite debido al progreso de la meteorización y en transición al colapso.

Por lo tanto, la política de contramedidas es la siguiente:

/Eliminar el suelo inestable / roca significativamente meteorizada

/Reducir el impacto del agua lluvia, la meteorización y debilitamiento mediante drenajes y obras de protección del talud.

/Instalar obras de contención (muro de contención) para evitar el derrumbe incluso si el agua lluvia impacta y avanza la intemperie.

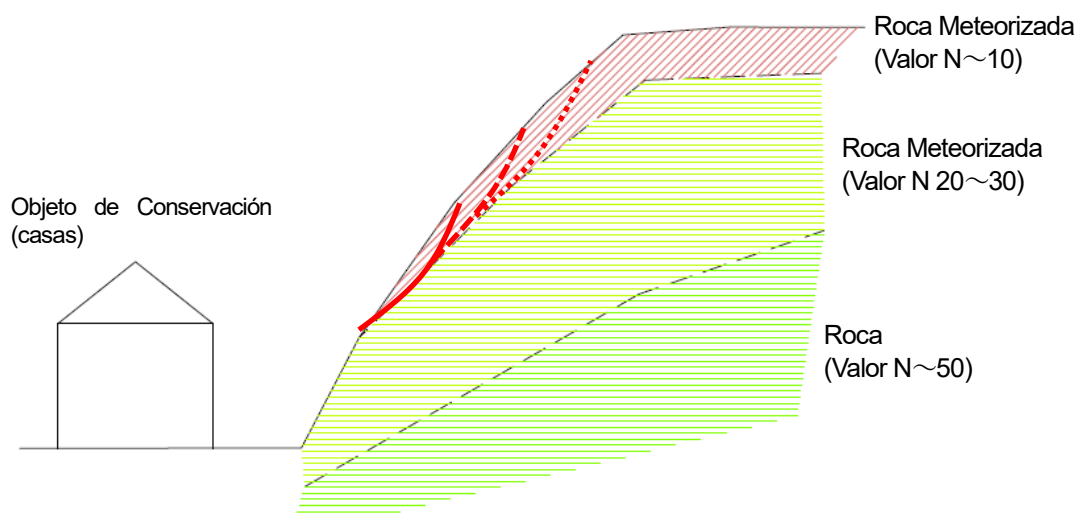


Figura 50 Sección longitudinal del talud antes de las contramedidas

Se deben considerar los siguientes puntos para la selección del método constructivo.

/ Eliminar suelo inestable / roca significativamente meteorizada

Se implementan cortes al talud para eliminar el estrato 1 que se encuentra en un estado inestable.

El ángulo del talud en corte debe ser tal que la pendiente pueda ser estable.

La pendiente del talud en corte debe tener un pequeño escalón (disipador de energía) para reducir la velocidad de la escorrentía superficial, y se debe colocar un canal para drenar dicha agua.

/ Obras de drenaje y protección de taludes

Se realizan obras de rociado de material con base vegetal en el talud para favorecer la introducción de vegetación.

La cobertura vegetal tiene por objeto reducir la erosión ocasionada por la escorrentía superficial.

Se construye un canal para drenar el agua superficial en los rompecargas.

/ Construcción del Muro de Retención

En la parte inferior del talud en corte se construye un muro de retención.

El muro de retención es de tipo inclinado hecho de hormigón.

Adicionalmente se construyen cercos de protección contra caída de rocas en caso de que se produzcan desprendimientos debido a la erosión por cantidades inusuales de lluvia en las laderas superiores.

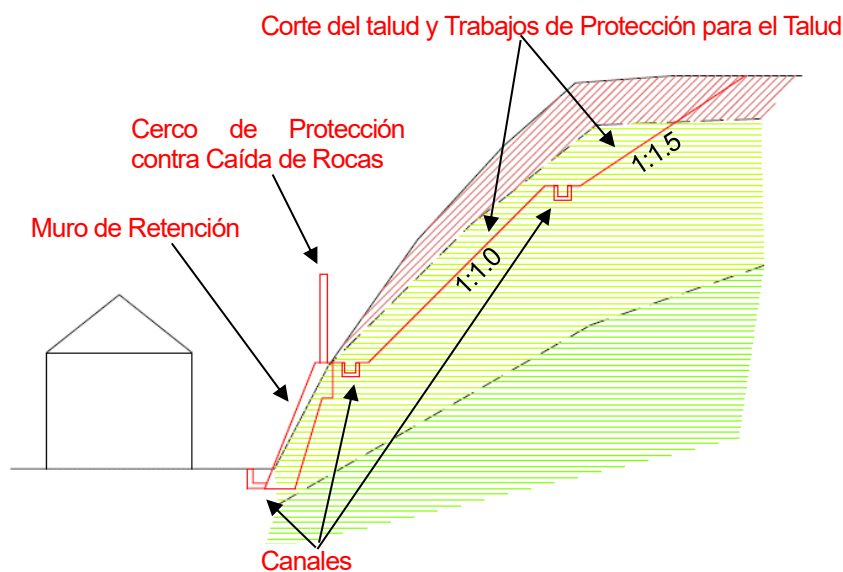


Figura 51 Sección longitudinal del plan de obras de contramedida

2) Caso en que las contramedidas incluyen obras de retención

El talud objetivo es un talud pronunciado ubicado detrás de viviendas y además también existen viviendas en la parte alta del talud.

La estructura geológica es lutita meteorizada con estructuras de buzamiento en el talud, y además existe el riesgo de que ocurra un derrumbe regulado por la estructura rocosa.

Las condiciones geológicas del talud en cuestión son las siguientes:

/ Estrato 1: Lutita erosionada, Valor N 20-30

/ Estrato 2: Lutita, Valor N ~50

La lutita meteorizada en el estrato 1 se debilita debido a la meteorización y se separa fácilmente a lo largo del plano del plano con el estrato firme y sano.

El riesgo de derrumbe de la roca meteorizada regulada por el plano del estrato firme es muy alto.

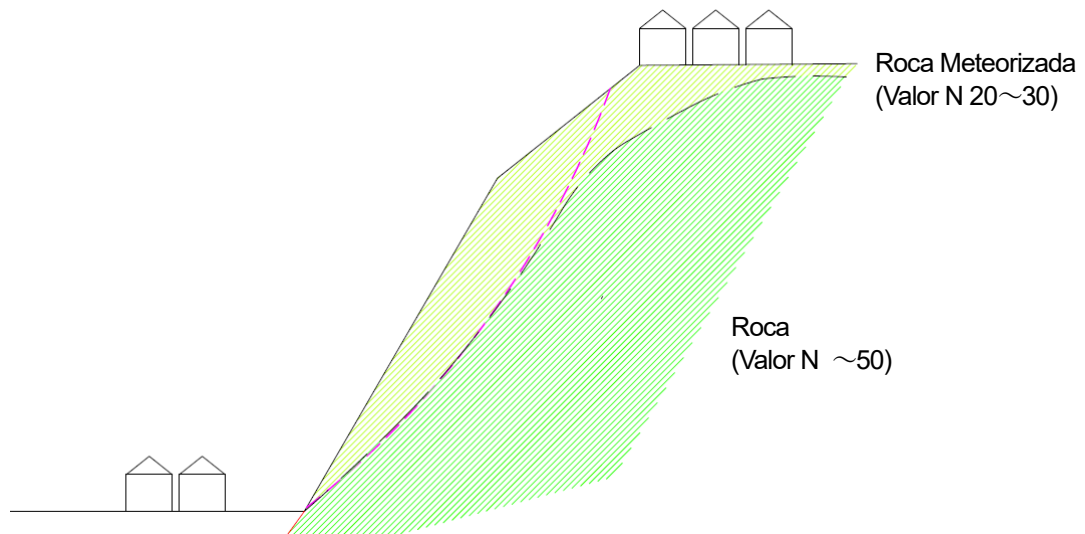


Figura 52 Longitudinal section of slope before countermeasures

Para estabilizar el talud con riesgo de derrumbe una opción es remover o tratar el macizo rocoso inestable.

Sin embargo, la remoción del macizo rocoso inestable sería difícil porque requeriría un corte del talud muy grande, y el corte requeriría la reubicación de casas en la parte superior del mismo.

Por lo tanto, se decide implementar obras de retención para tratar el macizo rocoso inestable.

Por lo tanto, la política de contramedidas es la siguiente:

- / El derrumbe que se muestra en la figura es el derrumbe más grande que puede ocurrir en el talud.

- / Sin embargo, es muy probable que también ocurran derrumbes de menor escala en varios lugares del talud, por lo que es necesario construir contramedidas para que todo el talud pueda estabilizarse.

- / Se pueden adoptar obras de anclajes para evitar el colapso al tensar y conectar la roca inestable a un lecho rocoso profundo y estable mediante los anclajes.

- / La estructura receptora de presión en la superficie del terreno puede ser una obra de cribado, que también tenga la función de proteger el talud.

- / Los anclajes se distribuyen en la ladera para estabilizarla en toda su extensión.

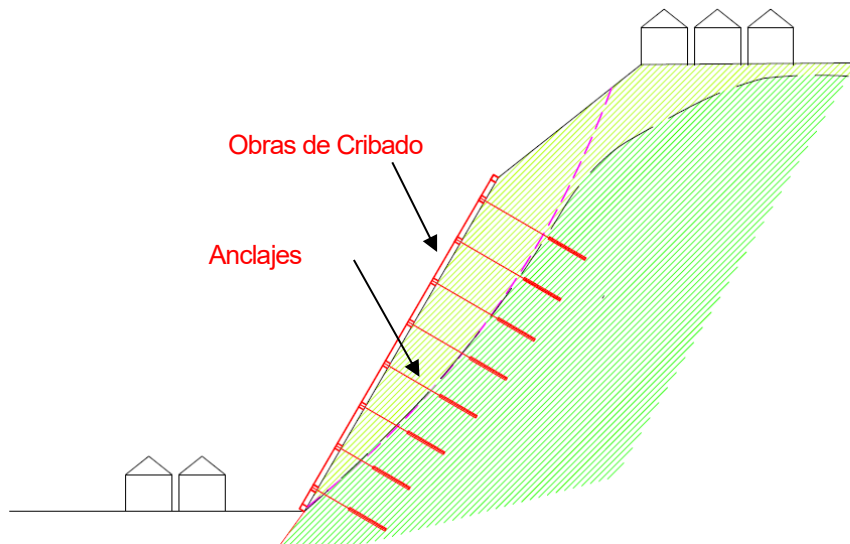


Figura 53 Sección longitudinal del plan de obras de contramedida

2.2 Diseño de Contramedidas

2.2.1 Obras de Control

(1) Obras de Drenaje

Se utilizan para recolectar agua superficial, drenarla fuera de la ladera y evitar que fluya hacia el talud. Generalmente se denominan obras de control para aguas superficiales e incluyen canales de drenaje en los hombros de la ladera, drenajes en bermas, canales verticales de drenaje y obras de prevención de infiltración.

Se utilizan para recolectar agua subterránea, drenarla fuera de la ladera y evitar que fluya hacia dentro de la misma y generalmente se denominan obras de control de agua subterránea. Las obras de drenaje y las perforaciones para drenajes horizontales se utilizan principalmente como contramedidas para fallas de ladera.

Al planificar y diseñar obras de drenaje, se deben investigar las condiciones climáticas, la topografía, la cobertura de la superficie del suelo, la geología, el tipo de suelo, las aguas subterráneas, los nacimientos de agua, la sección transversal y el estado de las instalaciones de drenaje existentes en y alrededor de la ladera. El sistema de drenaje debe investigarse, planificarse y diseñarse racionalmente para equilibrar el sistema de drenaje en su conjunto.

Los detalles de este método se muestran en P.20 “Capítulo 1. Contramedidas para deslizamientos 1.2.1 Obras de control”.

(2) Obras de protección de taludes

1) Obras de vegetación

Las obras de vegetación son un método para proteger taludes al permitir que vegetación florezca en la superficie de la ladera. Al cubrir la ladera con plantas, se puede prevenir la erosión de esta ocasionada por el agua lluvia y también se puede controlar la meteorización. Sin embargo, las obras de vegetación no tienen la misma capacidad mecánica que la de una estructura, por lo que debe combinarse con una estructura de protección para taludes en caso de que exista un riesgo alto de derrumbe.

Las obras de protección de taludes mediante vegetación consisten en obras que introducen plantas en el talud y obras de cimentación de vegetación que crean un entorno para que las plantas crezcan por medio de estructuras. Cuando el gradiente de la pendiente es demasiado empinado para construir solamente obras de vegetación, se combinan obras de vegetación y obras de cimentación de vegetación.

Las siguientes condiciones y métodos se deben cumplir al aplicar obras de vegetación:

/ El terreno base para el crecimiento de las plantas debe ser estable durante un período de tiempo hasta que las plantas crezcan por completo.

/ Las plantas a introducir deben ser compatibles con las condiciones ambientales del sitio de construcción.

/ La selección de las plantas debe estar de acuerdo con los objetivos de la obra de vegetación.

/ La construcción debe realizarse en un momento adecuado para la germinación y crecimiento de las plantas.

Los siguientes métodos se utilizan para obras de vegetación.

(A) Rociado con material de base vegetal: Este método consiste en rociar material de base orgánico (que contiene semillas y fertilizantes) de 3 a 10 cm de espesor sobre una malla de alambre instalada en una ladera, utilizando una máquina de shotcrete, según el objetivo de la vegetación y las condiciones de aplicación.

(B) Mantas de vegetación: Este es un método mediante el cual se fija una manta de vegetación, fertilizantes, etc a la superficie entera del talud utilizando pasadores de anclaje.

(C) Estera de vegetación: Consiste en una red (fibra sintética, fibra de coco, etc.) a la que se unen directamente las semillas, los fertilizantes, bolsas de fertilizante, etc. y se extienden sobre toda la superficie del talud fijándola con pernos de anclaje, estacas, etc.

2) Shotcrete

El shotcrete es un método para cubrir taludes y laderas utilizando mortero u hormigón. Es uno de los métodos más utilizados para cubrir las superficies deterioradas de los taludes debido a la intemperie, etc., porque es muy eficaz para bloquear el aire, los cambios de temperatura y las filtraciones de agua, y es fácil de construir.

Dado que este método solamente previene la meteorización y la erosión, no es efectivo para impedir derrumbes por sí mismo y es importante determinar la estabilidad de la ladera en la etapa de planificación. Si existe riesgo de derrumbe, se debe usar en combinación con obras de retención.

3) Obras de Revestimiento

Las obras de revestimiento se utilizan para evitar la intemperie y erosión de las laderas. Los métodos más comunes son revestimiento con mampostería, revestimientos con bloques de concreto y concreto lanzado (shotcrete).

A continuación, presentamos los tipos de obras de revestimiento más utilizados en Japón.

Las obras con concreto lanzado (shotcrete) son un método de protección de taludes a través del cual se coloca concreto en taludes rocosos para evitar erosión y para reforzar la cara del talud. El espesor generalmente es de 20 a 80 cm. El espesor se determina considerando la condición del suelo, la presencia o ausencia de congelamiento (en los lugares donde aplica), la altura y pendiente del talud. Si la condición de la ladera no es buena, se debe considerar la implementación de un muro de contención inclinado que tenga en consideración la presión del suelo o el uso de pernos y anclajes.

A continuación, se muestra un diagrama general de las obras con concreto lanzado.

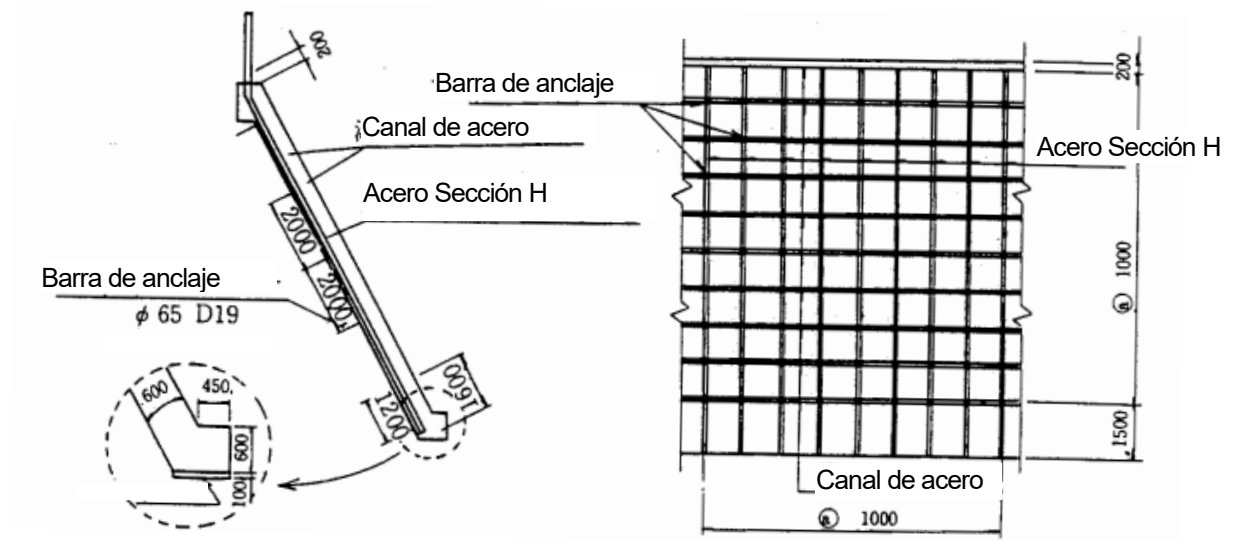


Figura 54 Diagrama general de obras con concreto lanzado

4) Obras de Cribado

Las obras de cribado son un método para estabilizar laderas mediante la creación de una cuadrícula de mortero y concreto en la cara de la ladera. Se utilizan para evitar el colapso de la superficie y como estructura de fuerza de reacción para anclajes activos y pasivos.

Las dimensiones de la sección transversal, el ancho y la cantidad de refuerzo de las vigas se determinan de acuerdo con la escala del derrumbe objetivo y las especificaciones para el uso con anclajes activos y pasivos.

Las obras de cribado se clasifican en concreto lanzado, prefabricado y encofrado-colado in-situ, y el método se selecciona de acuerdo con las condiciones y los objetivos de la construcción en función de las siguientes características:

/ Las obras de cribado con concreto lanzado son un método que consiste en la instalación de un encofrado en la superficie de la ladera y luego se lanza el mortero. Generalmente se aplica para construcción en superficies altas o irregulares.

/ Las obras de cribado prefabricado son un método mediante el cual se ensamblan en la ladera elementos estructurales hechos en fábricas. Esto proporciona un excelente control de calidad y una gran estética.

/ Las obras de cribado encofradas-coladas in-situ son un método mediante el cual se coloca un encofrado en el talud y posteriormente se hace el colado del hormigón in-situ. Es adecuado para laderas planas y bajas con grandes secciones transversales.

Actualmente en Japón el método más utilizado es el de obras de cribado con concreto lanzado. A continuación, introducimos este método. En primer lugar, se instala una malla de alambre en la ladera y se

A continuación, se muestra un diagrama general de las obras de cribado.



75

ambientales y paisajísticas que pueden requerir un corte más pronunciado que el gradiente estable. En estos casos, se utiliza un método combinado (compuesto) de talud de corte y otros trabajos de retención (anclajes activos, anclajes pasivos, etc.) para garantizar la estabilidad.

1) Gradientes de corte para taludes

La siguiente tabla muestra los valores estándar para el corte de taludes según las condiciones geológicas, condiciones del suelo y la altura del talud (caso japonés). Sin embargo, siempre se debe tener especial cuidado de examinar la estabilidad y determinar el gradiente del talud dependiendo de las condiciones específicas de cada caso.

Gradientes estándar para Cortes de Ladera (estándar japonés)

Clasificación de Suelos		Altura de Corte	Gradiente Vertical: Horizontal
Roca dura			1:0.3 to 1:0.8
Roca suave			1:0.5 to 1:1.2
Arena	No denso y mal clasificado		1:1.5 to
Suelo arenoso	Denso	Menos de 5m	1:0.8 to 1:1.0
		5 – 10m	1:1.0 to 1:1.2
	No denso	Menos de 5m	1:1.0 to 1:1.2
		5 – 10m	1:1.2 to 1:1.5
Suelo arenoso mezclado con grava o macizos rocosos	Denso o bien graduado	Menos de 10m	1:0.8 to 1:1.0
		10 – 15m	1:1.0 to 1:1.2
	No denso o mal clasificado	Menos de 10m	1:1.0 to 1:1.2
		10 – 15m	1:1.2 to 1:1.5
Suelo arcilloso		0 – 15m	1:0.8 to 1:1.2
Suelo arcilloso mezclado con macizos rocosos o adoquín		Menos de 5m	1:1.0 to 1:1.2
		5 – 10m	1:1.2 to 1:1.5

Las siguientes son algunos tipos de las laderas que requieren especial atención al momento de determinar el gradiente de corte:

- (A) Taludes propensos a derrumbes tales como suelos coluviales, taludes de rocas fuertemente erosionadas, antiguos deslizamientos y derrumbes.
- (B) Taludes compuestos por rocas expansivas, lutitas terciarias, serpentinitas y rocas con baja resistencia a la intemperie.
- (C) Taludes compuestos por zonas de fractura y rocas con muchas grietas
- (D) Taludes con estructura de buzamientos

(E) Taludes con grandes cantidades de agua subterránea

2) Puntos para tomar en consideración cuando se planifica un corte en talud

Los siguientes puntos se deben considerar al momento de planificar un corte en talud. Estos puntos se mencionan en función de las características geológicas y del suelo mencionadas anteriormente.

(A) Taludes propensos a derrumbes tales como suelos coluviales, taludes de rocas fuertemente erosionadas, antiguos deslizamientos y derrumbes.

Los taludes de roca erosionada, taludes de sedimentos de flujos de lodo volcánico y antiguos derrumbes de ladera son suelos colapsados poco consolidados. El realizar cortes de talud en este tipo de sitios trae consigo grandes riesgos de derrumbe.

Al planificar cortes en este tipo de taludes, es necesario considerar los siguientes factores.

Los factores que afectan la estabilidad del talud son los siguientes:

- / Si el corte es o no más profundo que el nivel del agua subterránea antes del corte
- / Cohesión de la matriz del suelo, tamaño del grano
- / Si la distribución del lecho rocoso es o no una estructura de buzamiento contra la dirección del corte.
- / Si hay antecedentes de derrumbes.

Antes de planificar el corte del talud, se debe implementar un levantamiento y evaluar la estabilidad del talud debido al corte.

(B) Taludes compuestos por rocas expansivas, lutitas terciarias, serpentinitas y rocas con baja resistencia a la intemperie.

La lutita, los esquistos, la toba con bajo contenido de sólidos y la serpentinita de la era terciaria se debilitan desde la capa superficial de la ladera debido a la liberación de tensiones por las excavaciones, seguidas por ciclos repetidos de secado / humedecido y congelación / descongelación, y luego, a menudo, se producen los derrumbes como se muestra en la siguiente figura.

En tales casos, incluso si el talud es duro y estable al momento de la excavación, tienden a debilitarse a medida que pasa el tiempo después del corte. Por lo tanto, los siguientes puntos deben ser considerados desde la etapa de diseño.

- / Tomar medidas para evitar que el agua superficial fluya hacia la ladera.
- / Se deben realizar obras de protección para evitar en lo posible la intemperie.



Figura 56 Diagrama de colapso

(C) Taludes compuestos por zonas de fractura y rocas con muchas grietas

En zonas de fallas fracturadas y en las áreas de lechos rocosos erosionados, normalmente se desarrollan muchas fracturas y agrietamientos en el suelo. Esto es especialmente cierto en las áreas de lecho rocoso que han sufrido una deformación de la corteza a largo plazo, como las rocas sedimentarias del Mesozoico y Paleozoico y las rocas ígneas antiguas.

Cuando se realizan cortes en ese tipo de suelo, la ladera a menudo se derrumba a lo largo de las fracturas y agrietamientos.

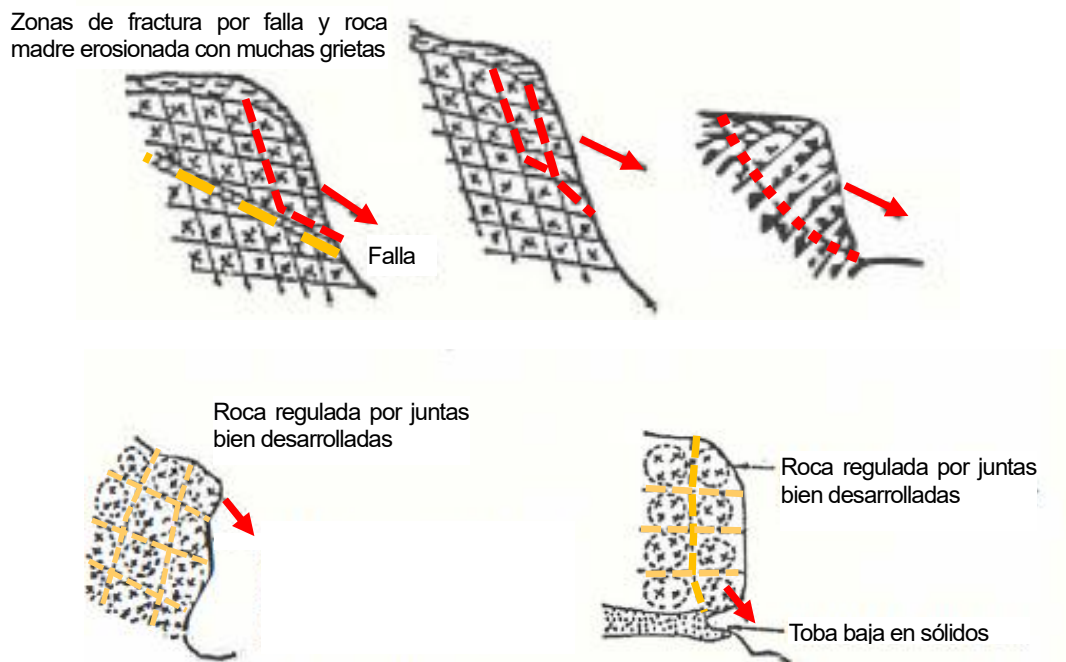


Figura 57 Diagrama de derrumbe

Para tales laderas es importante investigar la distribución y la estructura de las áreas debilitadas y las fallas en el lecho rocoso mediante investigaciones de sondeos, estudios sísmicos, etc., y estimar la escala de desestabilización y derrumbe que puede ocurrir como resultado del corte al talud. De esta manera preparamos un plano de cortes al talud teniendo en cuenta la construcción de obras de contención.

(D) Taludes con estructura de buzamientos

En caso de que las fracturas se desarrollen regularmente en una determinada dirección, como la esquistosidad del esquisto, el plano de estratificación de roca sedimentaria y las juntas columnares y laminares en rocas ígneas; y la dirección de inclinación de estas fracturas es la misma que la dirección de la pendiente de corte, esta relación ladera / fractura se considera una estructura de buzamiento en la ladera. Cuando se implementan cortes en una ladera de este tipo, pueden ocurrir colapsos como se muestra en la figura a continuación.

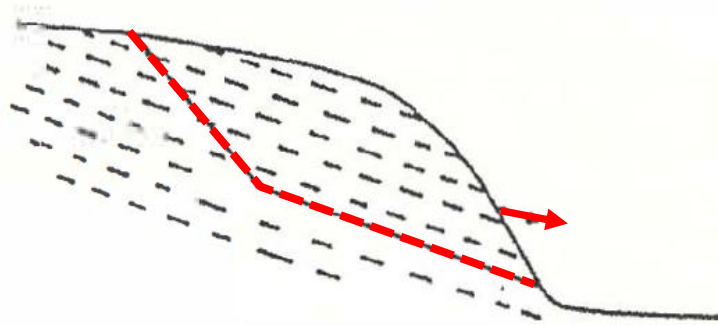


Figura 58 Diagrama de derrumbe

La estabilidad de los taludes de corte en la estructura de taludes con buzamiento está influenciada por la relación entre el gradiente del talud de buzamiento y el gradiente del talud de corte, como se muestra en la figura a continuación.

El gradiente de la ladera en corte debe ser igual o mayor que el gradiente de la estructura de buzamiento del talud.

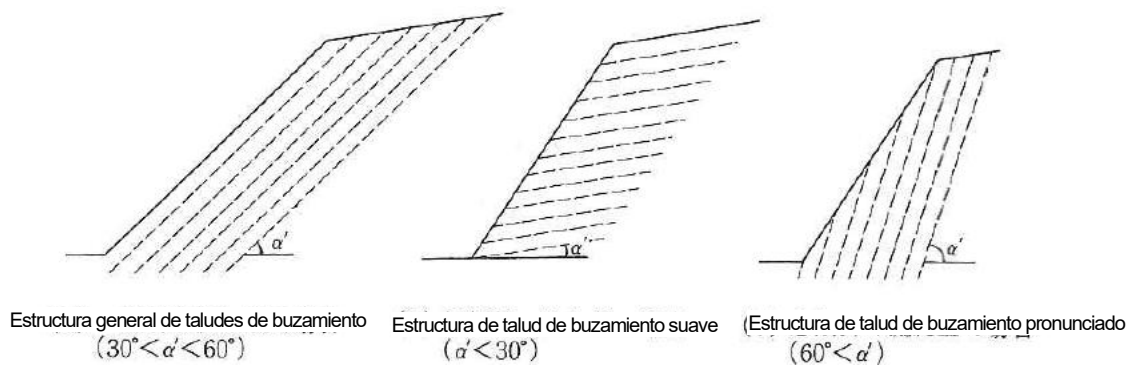


Figura 59 Relación entre el gradiente de la ladera de buzamiento y el gradiente de la ladera de corte

Es importante comprender las condiciones del lecho rocoso durante el proceso de planificación. Dependiendo de las condiciones de las fracturas, la presencia de capas meteorizadas y la distribución de las aguas subterráneas, podría existir riesgo de deslizamientos de rocas.

(E) Taludes con grandes cantidades de agua subterránea

El agua subterránea es directa o indirectamente responsable de la mayoría de las fallas de laderas. Por lo tanto, independientemente de las condiciones geológicas, al hacer cortes en áreas con muchos nacimientos de agua o nivel freático alto, el gradiente de la ladera debe ser lo más bajo posible debido a la naturaleza inestable de la misma.

Además, al cortar en un área con un nivel freático alto, es necesario considerar primero las obras de drenaje antes de considerar el gradiente del talud en corte.

(2) Obras de muro de retención

La construcción de muros de retención se considera para los siguientes propósitos:

- / Para estabilizar la parte baja de una ladera (en el pie)
- / Para impedir derrumbes de pequeña escala en medio de laderas
- / Como cimiento para trabajos de protección de taludes
- / Para evitar daños al atrapar escombros de un derrumbe en la parte baja de la ladera
- / Al reforzar la construcción de terraplenes.

La excavación de los cimientos de un muro de retención tiene una gran influencia en la estabilidad del talud durante y después de la construcción, y debe minimizarse tanto como sea posible. Por la misma razón, la excavación de la parte inferior del talud también debe ser mínima. Si el terreno de cimentación no tiene suficiente capacidad de carga, se debe considerar el uso de otros métodos, como cimentaciones con pilotes.

Al construir un muro de contención en una ladera donde hay muchos nacimientos de agua, se debe prestar suficiente atención al drenaje para que la presión del agua no se acumule detrás del muro de contención.

El muro de retención debe ser estable frente a la presión del suelo que actúa sobre la estructura.

Los métodos de cálculo de estabilidad para evaluar la estabilidad de las estructuras de muros de retención se describen brevemente a continuación (métodos utilizados en Japón)

1) Cálculo del empuje del suelo que actúa sobre el muro de retención

El cálculo del empuje de suelo se basa en la teoría de Coulomb, y el muro de retención se diseña como si sobre el mismo actuara un empuje activo del suelo.

Si la ladera detrás del muro de retención es uniforme y el gradiente es menor que Φ (ángulo de fricción interna), se puede usar la fórmula de Coulomb.

Si la ladera detrás del muro de retención no es uniforme, se usa el método de la cuña de ensayo para calcular la presión del suelo.

A continuación, se muestra la fórmula de Coulomb:

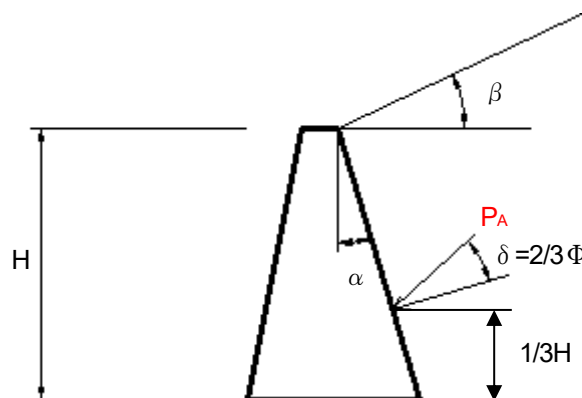


Figura 60 Modelo de cálculo muros de retención

$$P_A = \frac{1}{2} \cdot K_A \cdot \gamma \cdot H^2$$

$$K_A = \frac{\cos^2(\phi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\alpha + \delta) \cdot \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta)}{\cos(\alpha + \delta) \cdot \cos(\alpha - \beta)}} \right\}^2}$$

$$P_v = P_A \cdot \sin(\delta + \alpha)$$

$$P_H = P_A \cdot \cos(\delta + \alpha)$$

Formula de Coulomb

P_A : Presión del suelo

K_A : Coeficiente de presión del suelo

γ : Peso unitario del suelo posterior (kN/m³)

H : Altura del muro de retención (m)

ϕ : Ángulo de fricción interna del suelo posterior (grados)

α : Gradiente de la parte trasera del muro de retención (grados)

(negativo cuando la parte trasera tiene gradiente inverso)

β : Ángulo de inclinación de superficie (grados)

δ : Ángulo de fricción de la superficie de la pared de la pared y suelo posterior (grados) $\leq 2/3\phi$

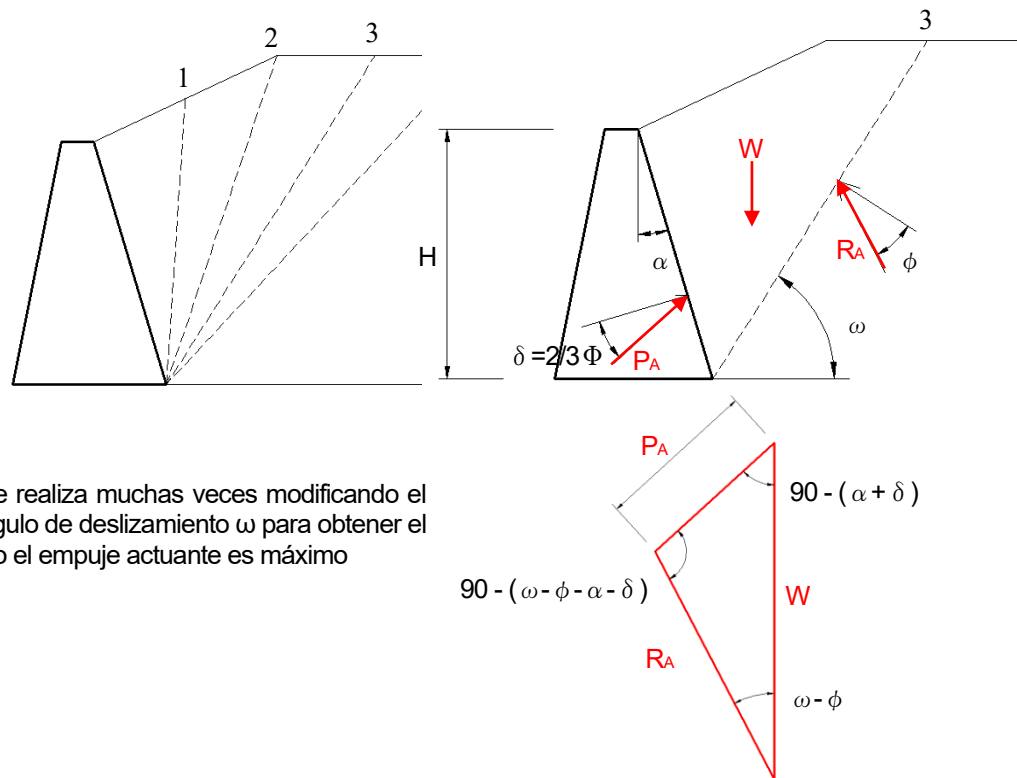
h : Altura desde el fondo de la obra de retención en el punto de aplicación del empuje de suelo(m)

$$h=1/3H$$

P_v : Componente vertical de la fuerza de presión del suelo

P_H : Componente horizontal de la fuerza de presión del suelo

A continuación, se muestra el método de la cuña de ensayo.



El cálculo se realiza muchas veces modificando el valor del ángulo de deslizamiento ω para obtener el valor cuando el empuje actuante es máximo

Figura 61 Modelo de cálculo de muro de retención (método de cuña de ensayo)

$$P_A = \frac{W \cdot \sin(\omega - \phi)}{\cos(\omega - \phi - \alpha - \delta)}$$

$$P_v = P_A \cdot \sin(\delta + \alpha)$$

$$P_H = P_A \cdot \cos(\delta + \alpha)$$

Fórmula del método de cuña de prueba

W : Peso de la cuña de suelo (kN/m)

PA : Presión del suelo kN/m)

RA : Fuerza de reacción que actúa sobre el plano de deslizamiento (kN/m)

ϕ : Ángulo de fricción interna del suelo posterior (grados)

α : Ángulo de gradiente de la parte trasera de las obras de retención del suelo (grados)

(negativo cuando la parte trasera tiene gradiente inverso)

δ : Ángulo de fricción de la superficie de la pared de la pared y suelo posterior (grados) $2/3\phi$

Pv: Componente vertical de la fuerza de presión del suelo

PH: Componente horizontal de la fuerza de presión del suelo

2) Cálculo de estabilidad para muro de retención

Con respecto a la estabilidad del muro de retención, se deben examinar los elementos (A), (B) y (C), pero, según las condiciones del sitio y la escala del muro de retención, también se deben examinar los elementos (D).

- (A) Estabilidad contra el deslizamiento
- (B) Estabilidad contra el vuelco
- (C) Estabilidad para la capacidad portante del suelo de cimentación
- (D) Estabilidad total, incluido el relleno y el suelo de cimentación

(A) Estabilidad contra el deslizamiento

La fuerza, que tiende a deslizar el muro de retención a lo largo del plano debajo de la base, es la componente horizontal de la presión del suelo y es resistida por la fuerza de resistencia al corte creada entre el terreno de cimentación y la base. El factor de seguridad contra el deslizamiento debe satisfacer la siguiente fórmula:

$$F_s = \frac{\text{Fuerza resistente contra el deslizamiento}}{\text{Fuerza deslizante}} = \frac{(\sum V \cdot \mu + C_B \cdot B)}{\sum H}$$

$\sum V$: Carga vertical total en la parte inferior de la base

$\sum H$: Carga horizontal total en la parte inferior de la base

μ : Coeficiente de fricción entre la base y el terreno de cimentación

C_B : Adherencia entre la base y el terreno de cimentación

B : Ancho de la base del muro de retención (m)

El factor de seguridad debe ser mayor de 1.50.

Si no se puede satisfacer el factor de seguridad F_s de la fórmula, se debe aumentar el ancho de la base para la estabilización. Sin embargo, si esto no es posible debido a restricciones como las condiciones topográficas, se debe aumentar la profundidad de empotramiento para considerar la presión pasiva del suelo en el frente, o se debe aplicar una proyección en la parte inferior de la base para aumentar la resistencia horizontal.

(B) Estabilidad contra el vuelco

La carga debida al peso propio del muro de contención, la sobrecarga y el empuje del suelo actuarán en la parte inferior de la base del muro de retención. La reacción del suelo debajo del fondo variará dependiendo de la ubicación del punto en el que trabaja la resultante de estas cargas. En la siguiente fórmula, la distancia d (m) desde el pie hasta este punto se puede expresar como:

$$d = \frac{\sum Mr - \sum Mo}{\sum V} = \frac{W \times a + P_v \times b - P_H \times h}{W + P_v}$$

$\sum Mr$: Momento de resistencia en el pie de la base del muro de retención (kN · m/m)

, $\sum Mo$: Momento de volcamiento en el pie de la base del muro de retención (kN · m/m)

, $\sum V$: Carga vertical total en la parte inferior de la base (kN/m)

W : Peso del muro de retención

P_v : Componente vertical de la fuerza de presión del suelo

P_H : Componente horizontal de la fuerza de presión del suelo

a : Distancia horizontal desde el pie hasta el centro de gravedad del muro de retención

b : Distancia horizontal desde el pie del muro hasta la posición donde actúa la presión del suelo

h : Altura desde el fondo de la obra de retención hasta el punto de acción del empuje del suelo

La distancia de excentricidad " e " desde el centro de la base del muro de retención hasta el punto de acción de la fuerza resultante " R " se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$e = \frac{B}{2} - d$$

Como condición de estabilidad contra volcamiento, la posición de actuación de la resultante debe estar dentro de $B/3$ del centro del ancho de la base del muro de retención.

$$|e| \leq B/6$$

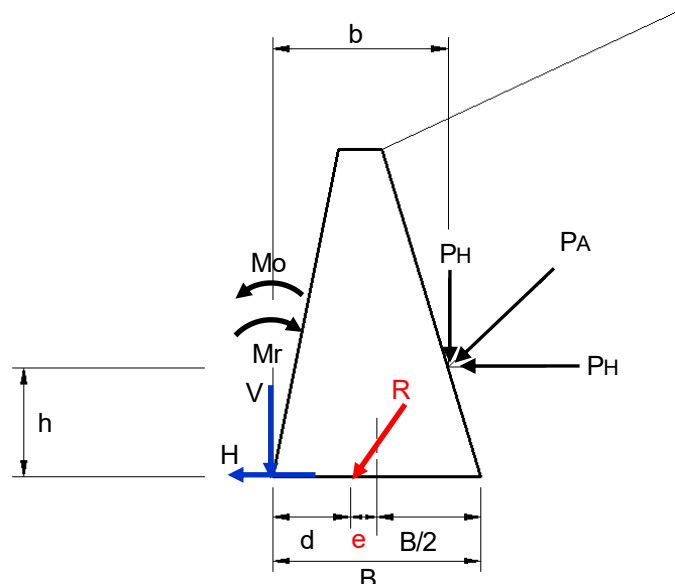


Figura 62 Método para encontrar el punto de actuación de la fuerza resultante " R "

(C) Estabilidad para la capacidad portante del suelo de cimentación

La reacción del suelo se puede derivar de la siguiente fórmula.

La siguiente fórmula establece el caso en el que la posición de la fuerza resultante R está dentro de $B/3$ del centro del ancho de la base del muro de retención.

$$q_1 = \frac{V_o}{B} \cdot \left(1 + \frac{6e}{B} \right) \cdot$$

$$q_2 = \frac{V_o}{B} \cdot \left(1 - \frac{6e}{B} \right) \cdot$$

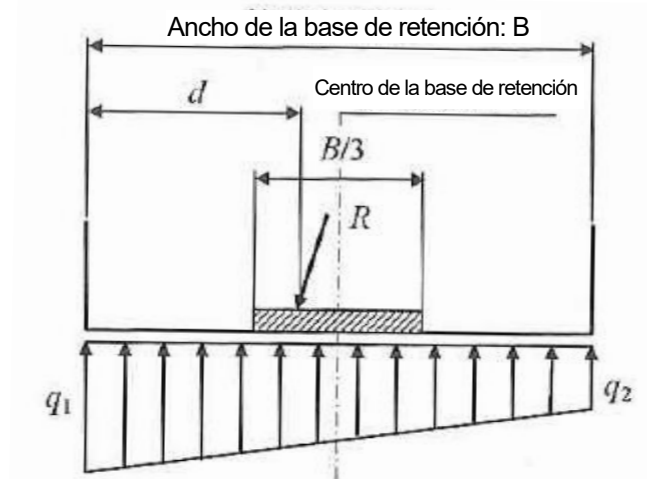


Figura 63 Punto de fuerza resultante “R” y reacción del suelo

La reacción del suelo calculada debe ser menor que la capacidad de carga permitida del terreno de cimentación.

(D) Estabilidad total, incluido el relleno y el suelo de cimentación

En el caso de una construcción de un muro de retención sobre suelo que incorpore una capa blanda, la carga del terraplén en la parte posterior del muro puede causar fallas en el interior del suelo, asentamiento por consolidación debido al terraplén y/o flujo lateral del suelo. La estabilidad contra tal falla debe confirmarse analizando la posibilidad de deslizamiento circular y otros asuntos relevantes.

Cuando se construye un muro de retención en un talud, es necesario analizar la estabilidad de todo el talud, incluido el terraplén en la parte posterior. Ocasionalmente, podría darse el caso de que se construyan múltiples muros de retención en una sola ladera.

En este caso, es esencial confirmar la estabilidad total de la ladera, además de los análisis de estabilidad individuales de los muros de contención.

(3) Anclajes

1) Anclajes Activos

Los anclajes activos se utilizan para estabilizar laderas al agregar retención cuando hay juntas o grietas en el lecho rocoso que pueden provocar derrumbes, o cuando existe riesgo de colapso en las laderas de suelo. Los anclajes se usan en combinación con otros métodos tales como obras de cribado, obras de revestimiento con concreto y muros de retención.

Los detalles de este método se muestran en la Pág. 49 “Capítulo 1. Contramedidas para deslizamientos 1.2.2 trabajos de retención (3) Anclajes”.

2) Anclajes Pasivos

Los anclajes pasivos se utilizan para aumentar la estabilidad de un talud o de todo el talud por medio de refuerzos insertados en el suelo.

Se utiliza para la prevención de derrumbes a pequeña escala, el refuerzo de taludes empinados y el refuerzo de taludes temporales para la excavación de estructuras, etc.

Como se muestra en la siguiente figura, los anclajes pasivos se utilizan en diversas situaciones, como por ejemplo para minimizar la modificación natural causada por cortes de suelo, en el caso de cortes en taludes pronunciados o cuando se requieren temporalmente para la construcción de alguna estructura.

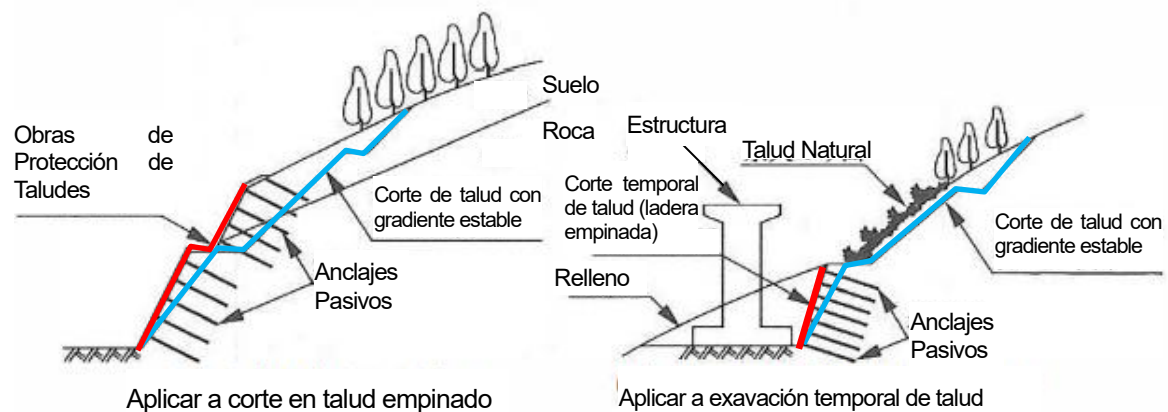


Figura 64 Casos de estudio de obras con anclajes

En esta sección se explica brevemente el concepto de diseño de anclajes pasivos tal y como se lleva a cabo en Japón.

El diseño se puede dividir en el método de diseño empírico, que se aplica cuando el derrumbe es menor; y otros métodos de diseño basados en cálculos de estabilidad.

El método de diseño empírico debe aplicarse solo cuando se considera un derrumbe superficial de 2 m de profundidad o un derrumbe de rocas sueltas cuando el corte se realiza en con un gradiente estandar como contramedida para el derrumbe.

En la siguiente tabla se muestran los parámetros del diseño empírico que omiten los cálculos de estabilidad:

Parámetros para Diseño Empírico

Factor	Parámetro
Diámetro de perforación	φ65mm~
Diámetro de anclaje	19 ~ 25mm
Longitud de anclaje	2 ~ 3m ※
Intervalo de instalación	1 unidad por cada 2m ²
Ángulo de instalación	10 gradias hacia abajo desde la horizontal ~Ángulo recto de la ladera

※2.0 m si la profundidad de derrumbe esperada es de 1 m, 3.0 m si la profundidad de derrumbe esperada es de 2.0 m.

Los siguientes métodos se utilizan al diseñar usando cálculos de estabilidad.

$$F_{sp} \leq \frac{\sum c \cdot l + \sum (W - u \cdot b) \cos \alpha \cdot \tan \phi + P_r}{\sum W \cdot \sin \alpha}$$

Fsp : Factor de seguridad planificado (obra permanente = 1.2, obra temporal = 1.05~1.10)

Pr : Fuerza disuasoria de refuerzo (= Tm · cosβ+ Tm · sinβ · tanφ)

Tm : Fuerza de tensión para el diseño del refuerzo (=λ · Tpa)

β : Ángulo entre el refuerzo y el plano de deslizamiento

φ : Ángulo de fricción interna del plano de deslizamiento

λ : Factor de reducción de la fuerza de tensión del refuerzo (= 0.7)

Tpa : Resistencia a la tensión admisible del refuerzo (=min[Tlpa, T2pa, Tsa])

La resistencia a la tensión admisible T_{pa} del refuerzo se adopta como el valor mínimo en comparación con la resistencia a la tensión admisible del refuerzo de la capa móvil (T_{1pa}), la resistencia a la tensión admisible del refuerzo de la capa inmóvil (T_{2pa}) y la resistencia a la tensión admisible del refuerzo (T_{sa}).

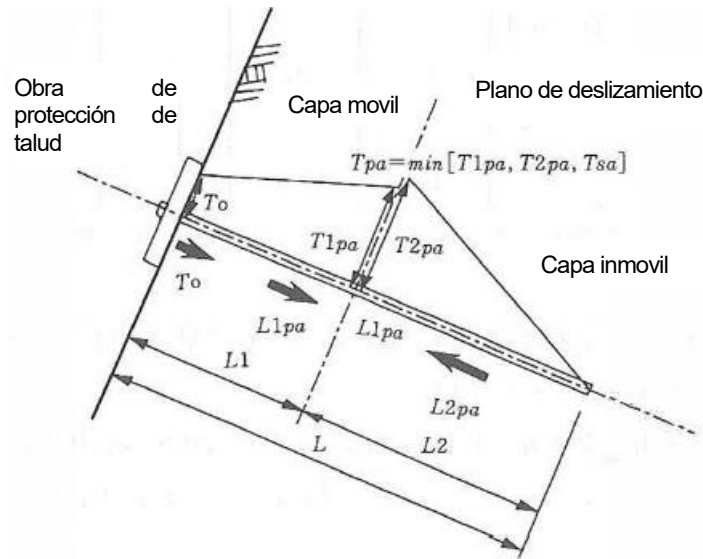


Figura 65 Resistencia a la tensión del refuerzo

Cuando se utilizan scribworks para la protección del talud, T_{1pa} puede ser ignorado. T_{2pa} se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$T_{2pa} = \sum L_2 \cdot t_a$$

L_2 : Longitud fija en la capa estable (m)

t_a : Fuerza de adherencia permitida ($= \min [t_{pa}, t_{sa}]$) (kN/m)

t_{pa} : Fuerza de adherencia admisible entre el suelo y el material de lechada

($= [\tau_p \cdot \pi \cdot D] / F_{sa}$) (kN/m)

t_{sa} : Fuerza de adherencia entre el refuerzo y el material de lechada ($= \tau_c \cdot \pi \cdot d$) (kN/m)

τ_p : Resistencia a la fricción entre el suelo y el material de lechada (kN/ m²)

D : Diámetro de la perforación (m)

F_{sa} : Factor de seguridad de la resistencia a la fricción (Construcción permanente = 2.0, Construcción Temporal = 1.5)

τ_c : Resistencia de adhesión admisible del material de refuerzo y del material de lechada (kN/m²)

d : Diámetro del refuerzo (m)

Chapter 3. Contramedidas para Caída de Rocas

3.1 Planificación de Contramedidas

3.1.1 Clasificación de Obras de Contramedida

(1) Clasificación de Obras de Contramedida

Los objetivos principales de dichas contramedidas son los siguientes:

- / Evitar la meteorización y la erosión que provocan el desprendimiento de rocas.
- / Para detener la generación de nuevos desprendimientos de rocas.
- / Absorber la energía de desprendimientos de rocas
- / Cambiar la dirección de la caída de rocas y encausarlas en direcciones seguras
- / Resistir el impacto de las rocas caídas y detener su movimiento

Por lo tanto, las funciones, la durabilidad, la trabajabilidad, la economía y el mantenimiento de cada tipo de contramedida deben considerarse cuidadosamente para seleccionar el tipo y la combinación de contramedidas más apropiados para el objeto de conservación y las condiciones específicas de la ladera.

Las contramedidas para caída de rocas consideran obras de prevención para remover, reparar y restringir la condición de las rocas en su ubicación de origen, y obras de protección para prevenir daños causados por la caída de rocas.

Obras de prevención para caída de rocas: Este tipo de obras se construyen en la zona de origen del desprendimiento de rocas. Mediante ellas se busca remover o reparar las rocas que tienen potencial de caída. Estas contramedidas son confiables, pero si hay muchas zonas de origen del desprendimiento y su área es muy extensa, es difícil aplicar este tipo de obras en toda el área requerida.

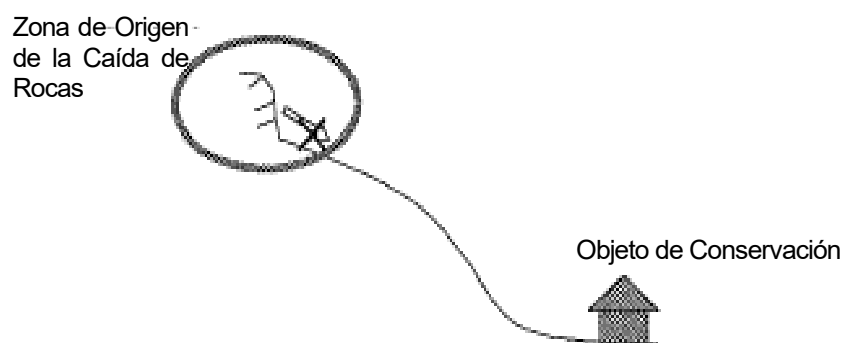


Figura 66 Diagrama de las obras de prevención para caída de rocas

Obras de protección para caída de rocas: Estas obras se realizan para capturar las rocas que caen y reducir su energía en la ladera o parte baja de la montaña, entre la zona de origen de la caída de rocas y el objeto a proteger. Si la obra se instala muy cerca del objeto de conservación a proteger, el tamaño de la contramedida será mayor ya que la energía con la que llegará la roca a esa zona es mayor.

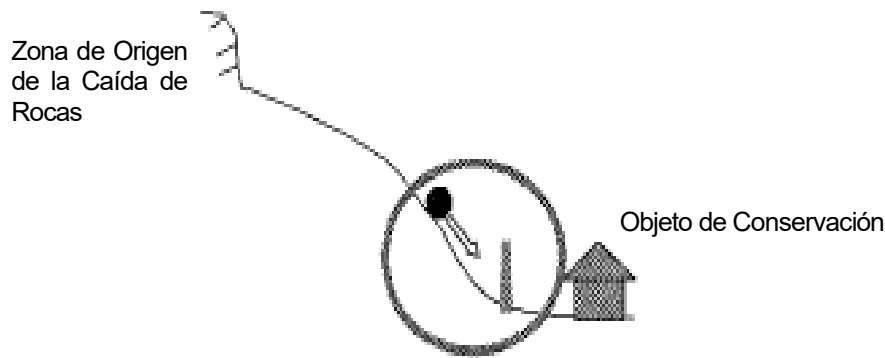


Figura 67 Diagrama de las obras de protección para caída de rocas

(2) Resumen de Contramedidas (Obras de prevención para caída de rocas)

Las obras de prevención para caída de rocas es un tipo de contramedida que se construye en la zona de origen del desprendimiento de rocas (rocas flotantes y cantos rodados) en laderas donde se espera que ocurran desprendimiento de rocas, con la expectativa de que las obras tengan los siguientes efectos:

- (1) Evitar la progresión de la erosión y la meteorización causada por el agua superficial, la congelación y la descongelación, el cambio de temperatura, el clima seco y húmedo repetitivo, la fuerza del viento, etc.
- (3) Fijación de la fuente de desprendimientos de rocas
- (4) Eliminación de la fuente de desprendimientos de rocas
- (5) Prevención de la caída de rocas asociada con el derrumbe de taludes

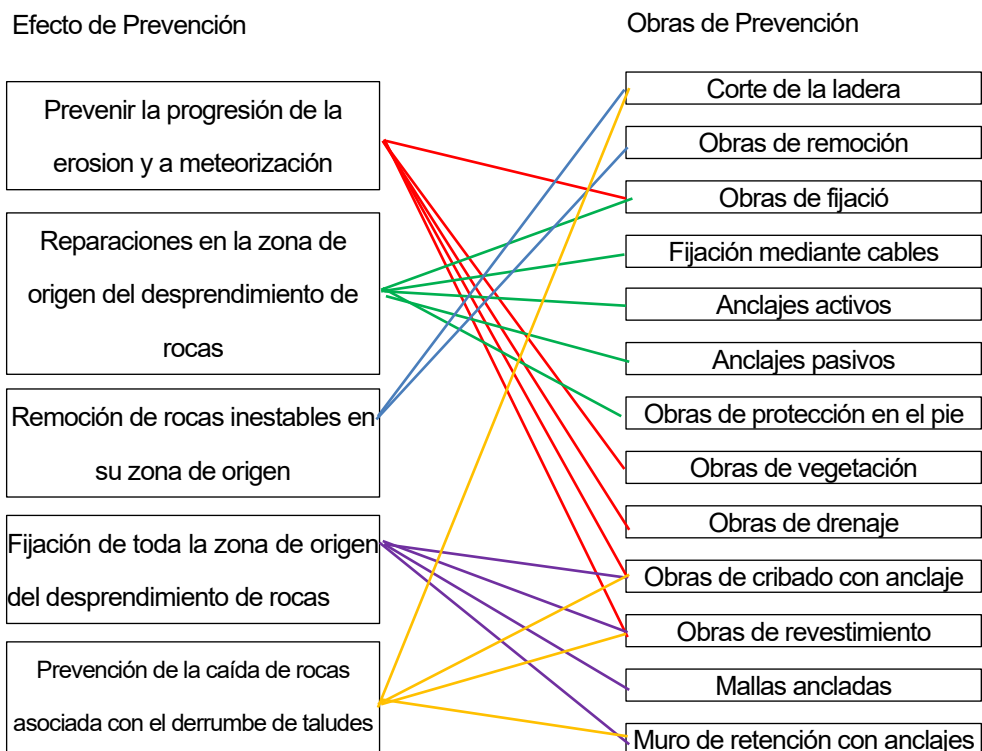


Figura 68 Tipos y efectos de las obras de prevención para caída de rocas

La figura anterior muestra varios tipos de trabajos preventivos que proveen estos efectos por sí solos o en combinación con otras obras. Al seleccionar el método, se deben considerar las características de cada método, así como las condiciones sociales del sitio, la topografía, la geología, la ubicación del objeto de conservación, la trabajabilidad, la eficiencia económica y otros factores. Además, los árboles que crecen en la ladera tienen el efecto de disuadir la caída de rocas, y debe tenerse en cuenta que estos árboles puedan llegar a ser talados.

(3) Resumen de Contramedidas (Obras de protección para caída de rocas)

Las obras de protección para caída de rocas son obras que capturan las rocas caídas en la ladera mediante la construcción de obras en el medio de la ladera, en el borde del objeto de conservación a proteger, o directamente en el objeto de conservación (para carreteras).

Los tipos de obras de protección contra caída de rocas se pueden clasificar según su ubicación de instalación:

/ Los instalados en la zona media entre la zona de origen y el objeto de conservación (en la ladera)

 mallas de protección, cercos dinámicos, muros de contención, etc.

/ Los instalados cerca del objeto de conservación (parte baja de la ladera)

 mallas de protección, cercos dinámicos, muros tipo bermas, etc,

 muros de contención, cobertizos, terraplenes de protección, etc.

3.1.2 Selección de Obras de Contramedida

La planificación de las medidas de prevención de caída de rocas debe basarse en los resultados de los estudios y la evaluación de riesgo de ladera donde se produce la caída de rocas, también es importante tener en cuenta las características naturales de la ladera.

Es necesario seleccionar y planificar la colocación de varios tipos de métodos de prevención y protección contra caída de rocas, teniendo en consideración que cada método tiene sus propias limitaciones estructurales para prevenir daños.

Al planificar las contramedidas contra caída de rocas obras de prevención y protección, la estabilidad de las rocas sueltas, el tamaño de las rocas que caen, la trayectoria de las rocas que caen y el movimiento de las rocas que caen deben estimarse en base a los resultados de la investigación, y debe seleccionarse el método de construcción más efectivo en la ubicación necesaria.

A continuación, se mencionan algunas consideraciones que se deben tener en cuenta al momento de la selección del método de contramedida.

/ Se deben utilizar los resultados de los estudios del talud

Es importante determinar si la caída de rocas es causada por la falla de la ladera o por la caída de rocas sueltas o bolones rodados sueltos.

/ Aunque las contramedidas en el punto de origen de la caída de rocas son las más efectivas, se debe tener en cuenta su viabilidad.

¿Es posible quitar y fijar las rocas en otra ubicación estable en la ladera, o es posible fijarlas en la posición actual?

/ Se debe considerar el hecho de que cada tipo de obra tiene su propia limitación funcional.

/ En muchos casos, el combinar los dos tipos de obra (prevención y protección) podría resultar más efectivo que el usar un solo tipo.

La función, durabilidad, trabajabilidad, economía y método de mantenimiento de cada tipo de contramedida deben considerarse cuidadosamente al decidir que obra se implementará.

Las características de los métodos de contramedidas utilizados en Japón se muestran en la siguiente tabla.

	Característica		Efectos de las Contramedidas					Durabilidad	Requerimientos de Mantenimiento	Dificultad	Confiabilidad	Costo					
Categoría	Tipo de obra	Leyenda	Prevención de la intemperie / erosión	Prevención de ocurrencia	Cambio de dirección	Absorción de energía	Resistencia a impactos										
			Excelente										Excelente	Bajo	Facil	Excelente	Barato
			Bueno										Bueno	Me- dio	Promedio	Bueno	Variable
			Bueno en algunos casos										Dañado por una roca caída	Alto	Difícil	Bueno en algunos casos	Costoso
Obras de Prevención para Caída de Rocas	Corte			⊙				⊙	○	△	⊙	○					
	Obras de remoción			⊙				○	○	△	○	○					
	Obras de protección en el pie			⊙				⊙	○	○	⊙	○					
	Obras de fijación		○	○				△	○	⊙	△	△					
	Anclajes			⊙				○	⊙	○	⊙	○					
	Fijación con cables			⊙				○	○	△	○	⊙					
	Obras de drenaje		⊙					○	○	○	○	⊙					
	Obras con vallas		○	○	△			○	○	⊙	△	⊙					
	Obras de vegetación		○	○				○	⊙	⊙	△	⊙					
	Concreto lanzado		⊙	○				○	○	⊙	○	⊙					
	Obras de revestimiento		⊙	⊙				⊙	⊙	○	○	⊙					
	Obras de Cribado		⊙	⊙				⊙	⊙	⊙	⊙	○					
	Muro de Retención		⊙	⊙	△			⊙	⊙	○	⊙	○					
	Malla + Anclajes			⊙				○	○	⊙	○	⊙					
	Concreto Lanzado + Anclajes		⊙	⊙				○	○	○	⊙	⊙					
	Revestimiento de Concreto + Anclajes		⊙	⊙				⊙	⊙	○	⊙	○					
	Obras de Cribado + Anclajes		⊙	⊙				⊙	⊙	○	⊙	⊙					
	Obras de Cribado + Anclajes Activos		⊙	⊙				⊙	⊙	○	⊙	○					
	Muro de retención + Anclajes		⊙	⊙				⊙	⊙	○	⊙	△					
Obras de Protección para Caída de	Malla de Cubierta			○	○	⊙		○	○	⊙	○	⊙					
	Malla Tipo Bolsa				○	○	○	○	○	⊙	○	⊙					
	Cerco de Protección				⊙	○	△	○	○	⊙	○	⊙					
	Cerco de Protección con escalones			△	⊙	⊙		○	○	⊙	○	⊙					
	Estantes de Protección				⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○	○					
	Muro de Retención				⊙	○	△	⊙	○	⊙	○	⊙					
	Cobertizo para Rocas				⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	⊙	○					

	Dique/zanja de protección			⊙	○	△	⊙	○	⊙	○	○
--	---------------------------	--	--	---	---	---	---	---	---	---	---

Tabla de referencia para la aplicación de contramedidas en caídas de rocas

The following is a flowchart of the countermeasure method selection in use in Japan.

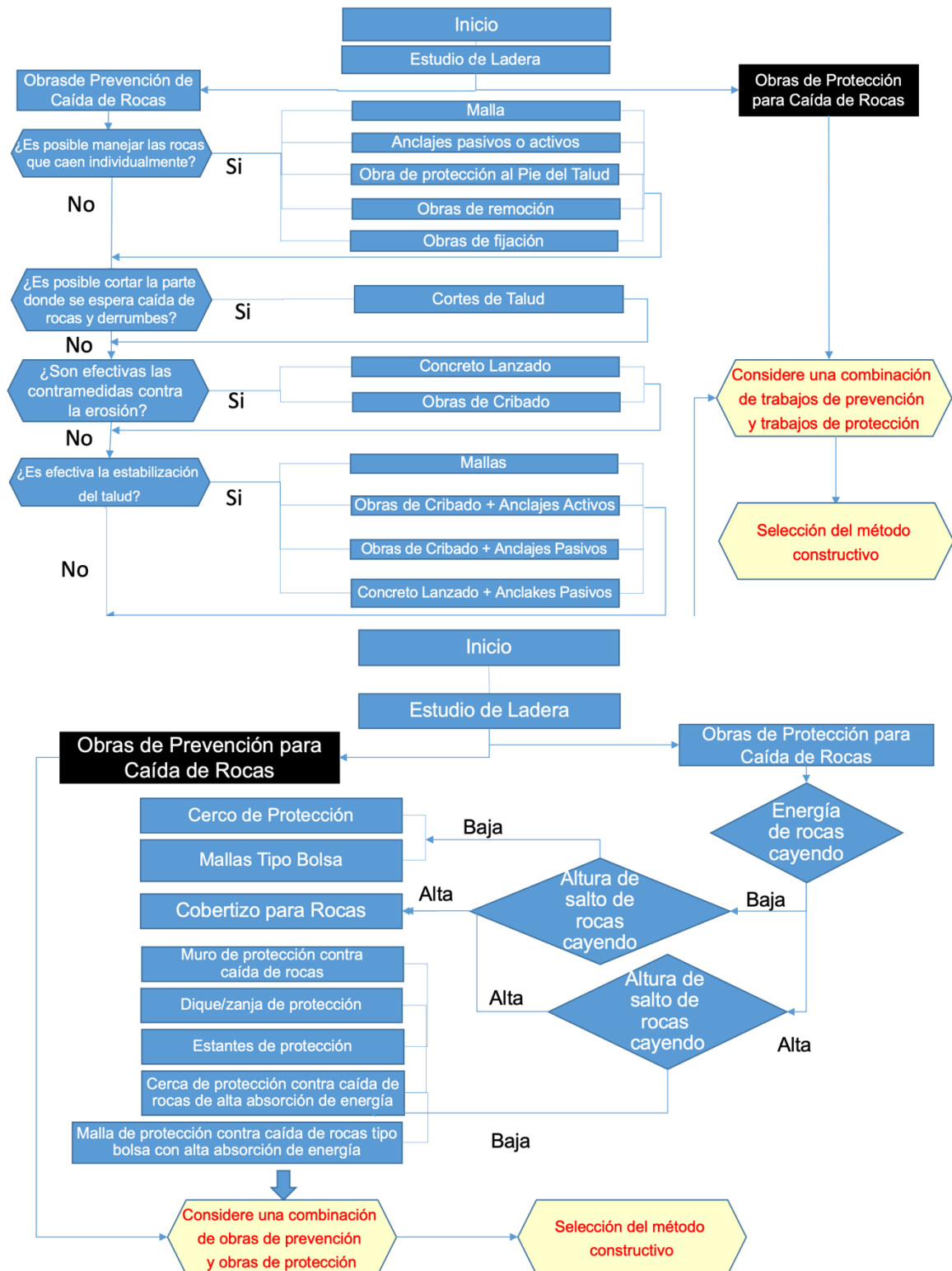


Figura 69 Diagrama de flujo de la selección del método de contramedida

Es importante medir el tipo, la escala, las propiedades y la estabilidad de todo el talud (ya sea una caída de rocas causado por el derrumbe de una masa rocosa o un derrumbe de sedimentos).

Es deseable planificar las contramedidas de manera efectiva combinando las obras de protección y las obras de prevención para caídas de rocas.

Las obras de protección para caída de rocas son un método que se emplea para capturar rocas que caen absorbiendo o capturando su energía. Diferentes métodos pueden manejar diferentes cantidades de energía.

La figura a continuación muestra las energías admisibles correspondientes a obras de protección contra caída de rocas comúnmente utilizadas en Japón.

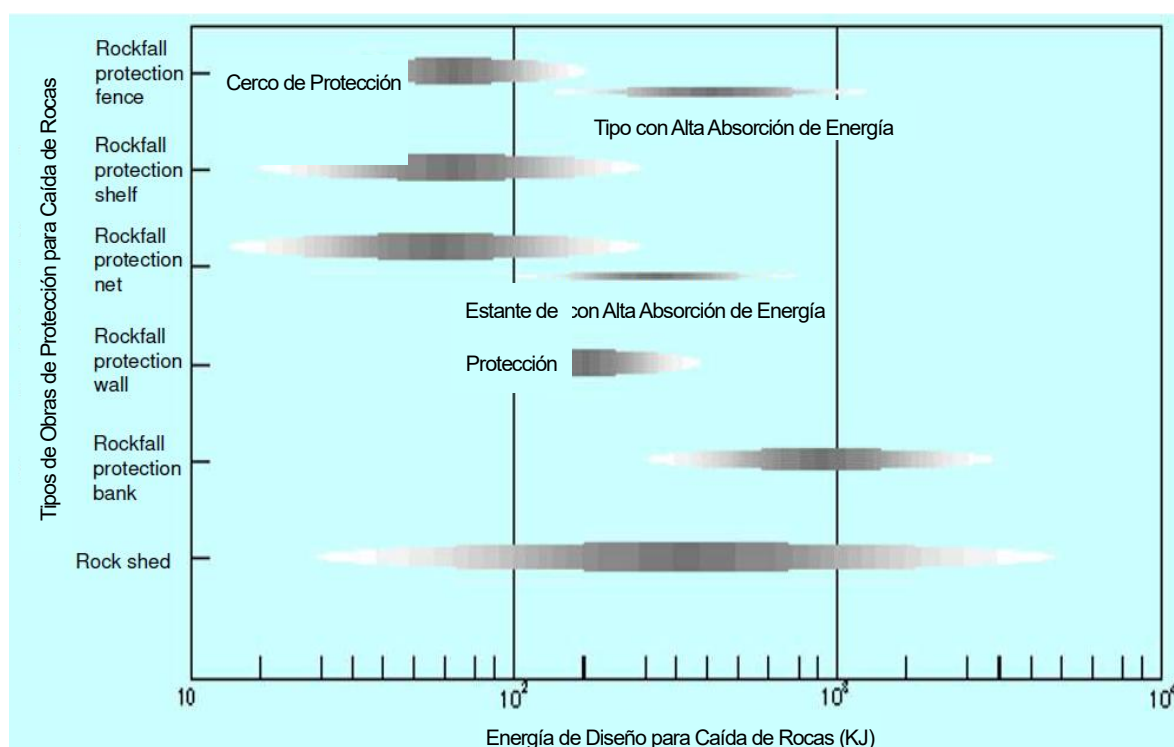


Figura 70 Energía de caída de rocas disponible para cada tipo de trabajo de protección contra caída de rocas (aproximado)

3.2 Diseño de Contramedidas

3.2.1 Obras de Prevención para Caída de Rocas

Las obras de prevención para caída de rocas remueven, reparan y restringen principalmente el origen del desprendimiento de rocas, y son efectivos para reducir la frecuencia de caída de estas.

Sin embargo, si la ladera es larga y empinada, puede ser difícil detener por completo los desprendimientos de rocas utilizando solo obras de prevención de desprendimientos de rocas. Por lo tanto, varios trabajos de prevención de caída de rocas deben usarse en combinación, o los trabajos de protección contra caída de rocas deben combinarse.

Esta sección presenta los diferentes tipos de obras de prevención para caída de rocas y describe las consideraciones de diseño. Además, se omiten los tipos de obra que se traslapan con las contramedidas utilizadas para deslizamientos y fallas de ladera.

(1) Obras de Corte y Remoción de Rocas Inestables

El corte de taludes y la remoción de rocas inestables son métodos mediante los cuales eliminamos aquellas rocas que pueden caer de las laderas rompiéndolas en pedazos pequeños, o cortando taludes rocosos inestables que están en riesgo de caída de rocas.

En taludes donde existe el riesgo de caída de rocas debido a derrumbes, cortar la ladera a un gradiente estable puede estabilizar la misma y evitar la caída de rocas.

En este caso se consideran que enormes masas rocosas inestables están distribuidas sobre la ladera y es difícil fijarlas in situ y prevenir la caída de rocas mediante obras de protección. Debido a esto, se adopta un método que elimina las masas rocosas inestables mediante cortes directos al talud. También es deseable prevenir la erosión del talud por intemperie después del corte mediante obras de protección de taludes.



Figura 71 Ejemplo de obras de corte para taludes rocosos inestables en Japón

(2) Obras de Adhesión

Este es un método para estabilizar macizos rocosos inestables adhiriéndolos a macizos rocosos estables mediante adhesivos. A veces se usa para preservar lugares escénicos como atracciones turísticas.

Su efecto se puede conseguir rellenando, cerrando o adhiriendo grietas con agentes adhesivos. Al inyectar un adhesivo en los huecos, o grietas, es posible suprimir la inestabilidad evitando la infiltración de agua de lluvia y reduciendo la vibración debido a terremotos y vientos.

Se han desarrollado dos tipos de adhesivos: adhesivos a base de cemento y adhesivos a base de resina. Cada uno de estos adhesivos tiene sus propias características en términos de tiempo de solidificación, etc., y deben usarse de acuerdo con el estado de las grietas. También es importante limpiar la superficie de la roca para mejorar la adherencia.



Figura 72 Ejemplo de Obras de Adhesión en Japón

(3) Obras de Fijación con Cables

Las obras de fijación mediante cables metálicos se consideran un tipo de trabajo de protección para el pie de las laderas. Es un método en el que se busca fijar las rocas inestables en una ladera mediante el uso de un enrejado de cables metálicos o varias cuerdas para asegurar o fijar directamente la base de las rocas y así evitar que se deslicen o se caigan.

Este método se usa a menudo cuando las rocas inestables son grandes o cuando deben fijarse en una ladera como medida de emergencia debido a las complicaciones del terreno. El método en sí es más simple que otros métodos, y a menudo se usa como un tipo de obra temporal antes de que se tomen medidas permanentes.

Al fijar rocas inestables con cuerdas, etc., se debe garantizar la estabilidad suficiente para evitar que se salgan de los cables. Así mismo, la parte de soporte del cable debe estar unida a una roca de base sólida mediante anclajes para que pueda soportar suficientemente el peso de las rocas inestables.

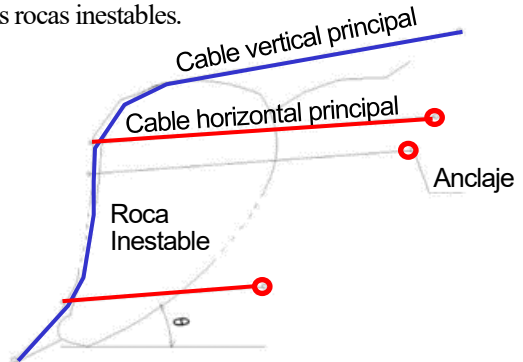


Figura 73 Ejemplo de Obras de Fijación con Cables en Japón

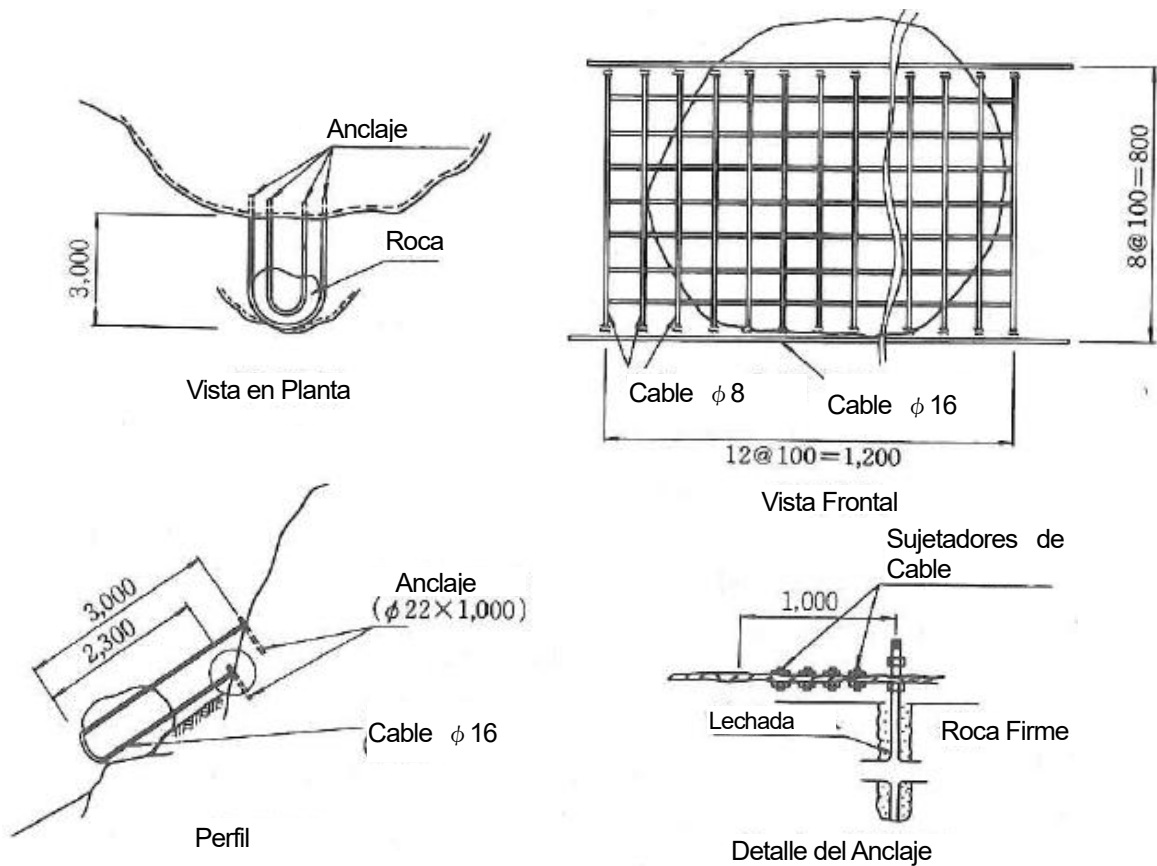


Figura 74 Dibujos de referencia de las obras para instalación de cables de acero

(4) Obras de Protección en el Pie

Cuando las rocas inestables son demasiado grandes para quitarlas fácilmente, se adopta este método.

Este método varía desde métodos relativamente a pequeña escala que utilizan hormigón o mampostería para solidificar la base de la roca inestable, hasta métodos a gran escala que utilizan pilares de hormigón armado o acero en H para mantenerla en su lugar.

El trabajo de protección en el pie es un método para fijar grandes rocas inestables en una ladera mediante la consolidación de la base y el área circundante con hormigón o mampostería para evitar que se muevan.

Cuando el peso de las rocas inestables se carga en la base de los cimientos, es necesario que la obra de protección se coloque sobre cimientos estables para evitar posibles derrumbes de la obra de protección. Entonces es necesario dar forma a la base de cimentación o excavar hasta el suelo sólido y colocar la cimentación en esa posición. En algunos casos, una roca inestable puede desestabilizarse durante la excavación, por lo que se deben usar cables u otros medios (colocación de red temporal) para mantener estable la excavación. Es necesario asegurarse de que el hormigón sea lo suficientemente resistente para evitar que se caída de rocas inestables de las obras de protección y que se instale de manera que cubra no solo la base de las rocas inestables sino también el área circundante.

La efectividad de este tipo de obras se reducirá significativamente si la cimentación es erosionada por el agua superficial que baja por la ladera. Por lo tanto, es necesario prestar atención a la topografía alrededor de la obra de protección en el pie y a la conformación de la superficie de la ladera para prevenir la erosión de los cimientos.

La protección del pie mediante el uso de mampostería consiste en recolectar pequeñas rocas rodadas de la ladera circundante, apilarlas y consolidarlas en la base. Este método también es efectivo para fijar pequeñas rocas rodadas inestables distribuidos en toda la superficie de la ladera.

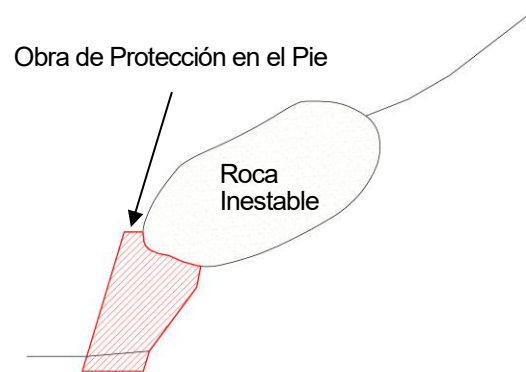


Figura 75 Ejemplo de Obra de Protección en el Pie en Japón

(5) Obras con Mallas

Es un método que evita el movimiento inicial de rocas inestables y cantos rodados dispersos en la ladera y los mantiene en su lugar, al utilizar un recubrimiento mediante una malla de cables de acero.

Los cables verticales y horizontales se intersectan a un intervalo de 2,0 m y se fijan mediante anclajes en sus cruces. Además, se colocan cuerdas de refuerzo o redes de alta tensión entre los cables principales de 2,0 m.

Este método suprime los movimientos iniciales de los macizos rocosos inestables y evita la caída de rocas por la resistencia a la tensión de los cables, las cuerdas de refuerzo, y la resistencia a la tensión de los anclajes.

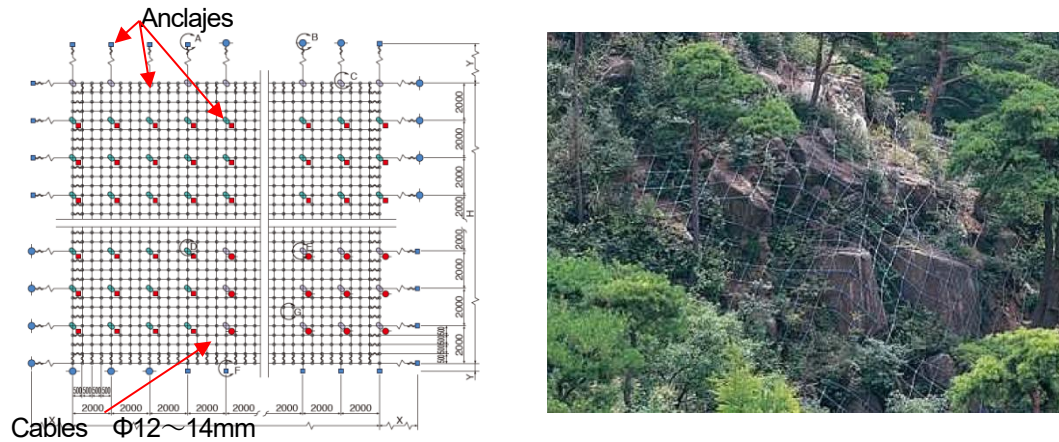


Figura 76 Ejemplo de Obras con Mallas en Japón

3.2.2 Obras de Protección para Caída de Rocas

(1) Malla de Protección para Caída de Rocas

Las mallas de protección para caída de rocas utilizan materiales livianos como mallas de alambre y cables de acero para cubrir toda la superficie de las laderas donde puedan ocurrir caída de rocas, y se clasifican en los siguientes dos tipos según su aplicación:

/ Malla de Protección Tipo Cubierta

/ Malla de Protección Tipo Bolsa

1) Obras con Malla de Protección Tipo Cubierta

La malla de alambre cubre directamente la ladera donde se espera la caída de rocas, y el propósito es que las rocas caigan a lo largo de la ladera sin permitir que salten más allá de la malla. También tiene la función de prevenir pequeños desprendimientos de rocas.

En general, dado que es necesario cubrir el área desde la fuente hasta el borde del objeto de conservación, se aplica en laderas con diferencias de elevación relativamente pequeñas.

El método de diseño consiste en estudiar las especificaciones de las cuerdas, la malla de alambre y los anclajes para que puedan soportar la energía esperada de las rocas que caen y el peso de propio de la malla.

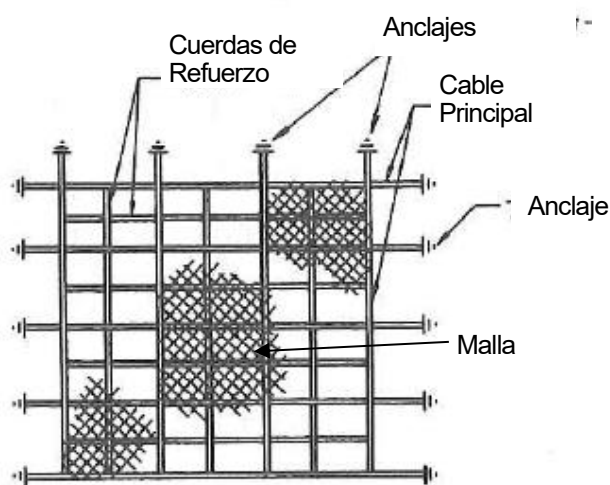
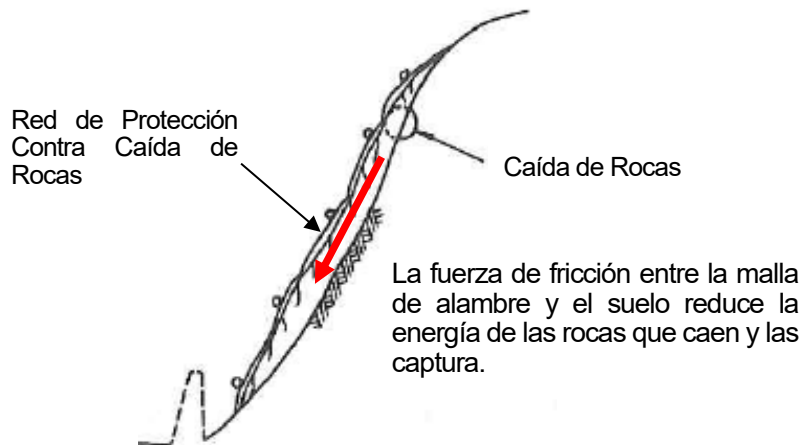


Figura 77 Ejemplo de Malla de Protección Tipo Cubierta en Japón

2) Obras con Malla de Protección Tipo Bolsa

La estructura tiene una abertura en la parte superior para permitir que las rocas caídas desde la parte superior entren en la parte posterior de la malla.

La energía de las rocas caídas es absorbida por la malla debido al impacto de las rocas que caen sobre la misma, y las rocas se capturan cuando caen a lo largo de la ladera.

Este tipo de obras se pueden construir en laderas largas instalándolas en la parte inferior de las mismas.

La energía del desprendimiento de rocas es absorbida por el alargamiento del cable de acero, la deformación de la malla de alambre y el movimiento integrado del desprendimiento de rocas y la red cuando impacta en la red de protección.

Los componentes de este sistema se deben diseñar para que la resistencia de la malla no sea menor a la energía producida por la caída de rocas.

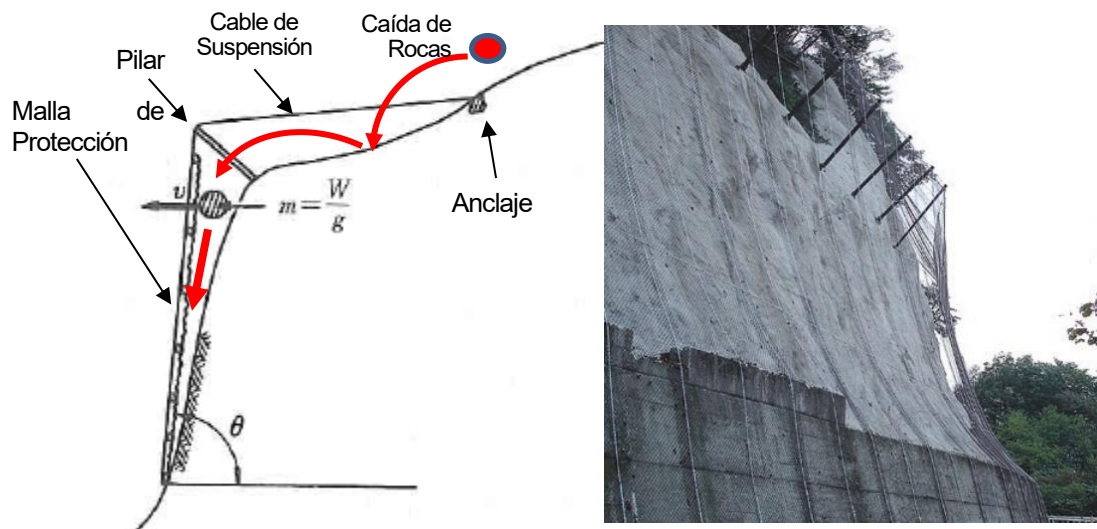


Figura 78 Ejemplo de Malla de Protección Tipo Bolsa en Japón

(2) Cerco de Protección para Caída de Rocas

El Cerco de Protección para Caída de Rocas es un método utilizado para evitar la caída de rocas mediante la absorción de la energía del desprendimiento al utilizar un sistema compuesto por cables, mallas metálicas, postes, etc. Se instala en la parte media o inferior de la ladera, y es eficaz para evitar daños por caída de rocas relativamente pequeñas. En caso de laderas largas, se pueden colocar en una configuración utilizando varios niveles.

La altura del cerco debe ser mayor que la altura de salto de las rocas que caen. Las especificaciones de los componentes deben ser capaces de capturar la energía esperada de las rocas que caen.

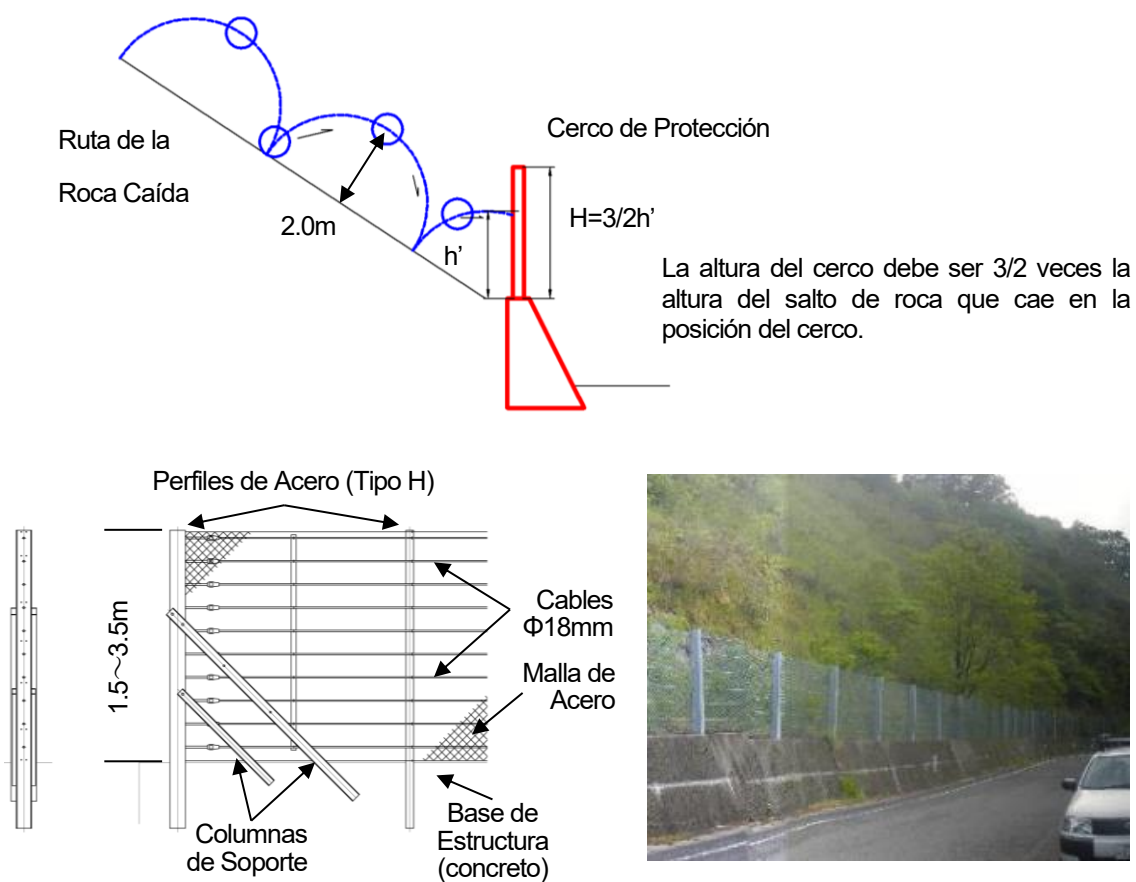


Figura 79 Ejemplo de Cerco de Protección para Caída de Rocas en Japón

(3) Barrera Dinámica con Alta Absorción para Protección contra Caída de Rocas

Las Barreras Dinámicas con Alta Absorción para Protección contra Caída de Rocas están formadas por cercas de protección estructuradas de manera flexible que consisten en soportes, cables, redes y cuerpos de reacción. Este es un método de construcción que puede absorber altas cantidades de energía debido a la deformación de la red y el sistema de frenado del cable. Este método puede emplearse para caída de rocas de gran energía de hasta 2000 kj.

En este método también ocurren deformaciones de los miembros del sistema al capturar el desprendimiento de rocas, por lo que es necesario reemplazar los miembros dañados con mantenimientos regulares.

Este método constructivo está disponible en Honduras

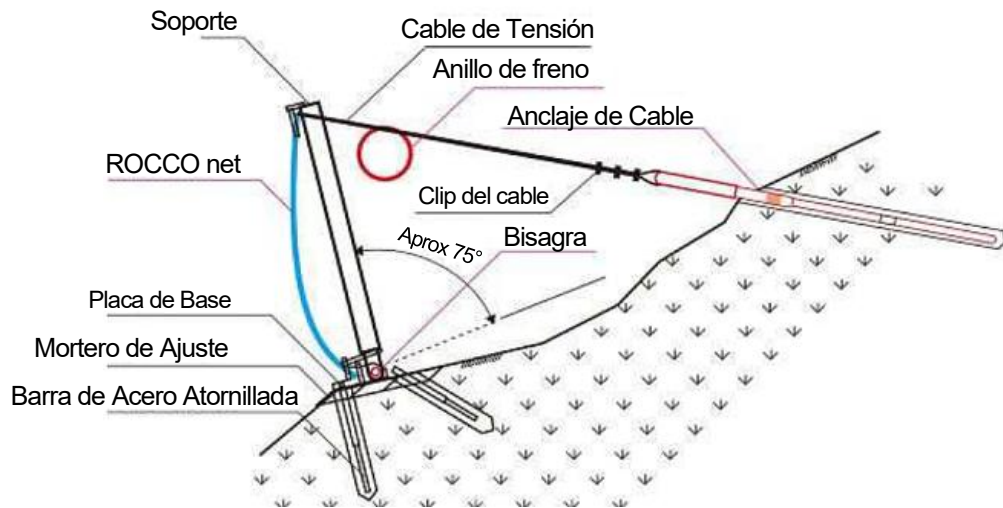


Figura 80 Ejemplo de Barrera Dinámica con Alta Absorción para Protección contra Caída de Rocas en
Japón

(4) Muro de Protección contra Caída de Rocas

El propósito de este método es disuadir el movimiento las rocas caídas debido a la rigidez del cuerpo del muro. Algunas de estas estructuras están equipadas con zonas de amortiguación mediante sacos de arena u otros materiales para absorber y dispersar la fuerza del impacto, lo que hace posible contener caídas de rocas de gran energía. Se construye en el medio o al pie de la ladera.

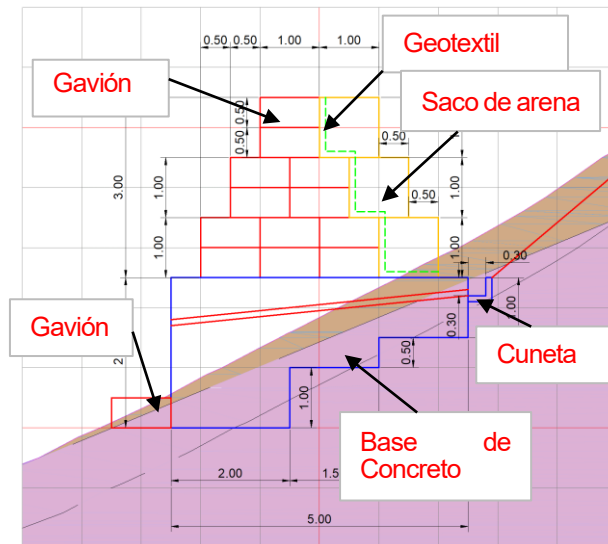


Figura 81 Ejemplo de Muro de Protección contra Caída de Rocas en Honduras (Colonia Fuerzas Unidas)

(5) Obras de Cobertizo de ocas y Estantes de Protección contra Caída de Rocas

1) Cobertizo para Caída de Rocas

Esta es una estructura que sirve para cubrir tramos de carreteras utilizando hormigón armado o acero para brindar protección directa contra la caída de rocas.

Se utiliza en los siguientes casos:

/ No hay espacio para un muro de protección al pie de la montaña en una carretera ubicada directamente debajo de una ladera empinada,

/ La energía de la caída de rocas es enorme

/ El cerco de protección contra caída de rocas no puede capturar los desprendimientos de rocas (debido a que los desprendimientos de rocas saltan sobre la cerca).

/ La construcción de obras de prevención contra caída de rocas es difícil.

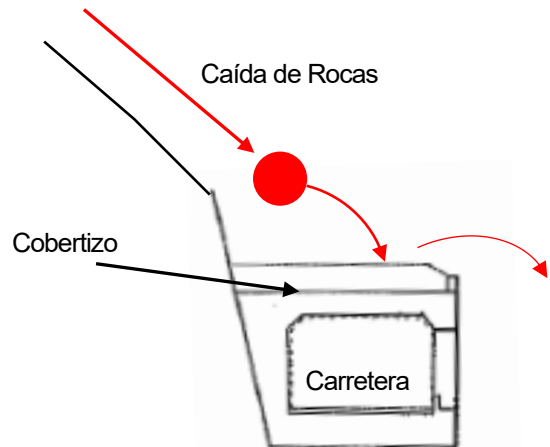


Figura 82 Ejemplo de Cobertizo para Caída de Rocas en Japón

2) Estantes de Protección contra Caída de Rocas

Los estantes de protección son una estructura similar a un alero de acero u hormigón para evitar el daño por caída de rocas de un tamaño que no puede ser manejado por cercas de protección.

Esto es aplicable cuando la trayectoria de caída de las rocas se limita a un área limitada de la carretera. Así mismo, es más económico y fácil de construir que un cobertizo, pero es limitado en términos de altura de desprendimiento de rocas, peso, etc.

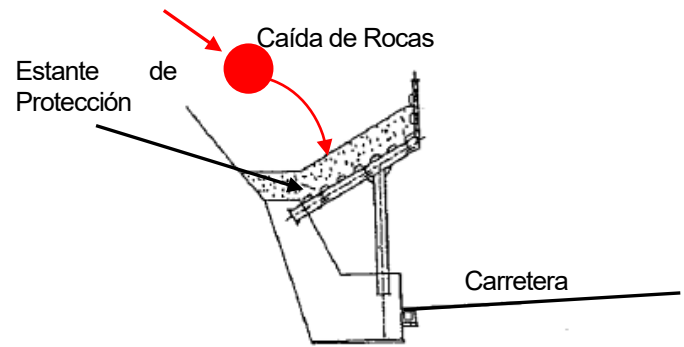


Figura 83 Ejemplo de Estantes de Protección contra Caída de Rocas en Japón

(6) Dique / Zanja de Protección contra Caída de Rocas

Este es un método utilizado para disuadir las caídas de rocas mediante la absorción y disipación de la energía implementando la construcción de diques y zanjas en el área a proteger.

El principal condicionante para su implementación es que debe haber un espacio con una pendiente suave en el área objetivo.

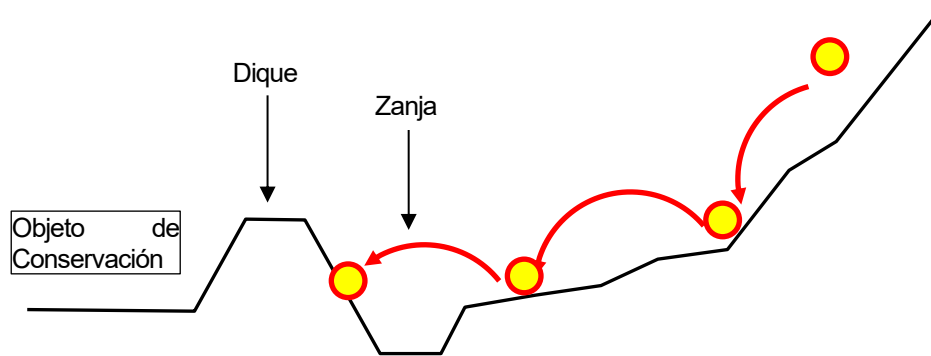


Figura 84 Diagrama de Obra de Dique / Zanja de Protección contra Caída de Rocas

*Manual Para La Supervisión de la Construcción
de Contramedidas En Sitios con Riesgo a
Desastres Ladera de Pequeña / Mediana Escala*

Proyecto para el Control y Mitigación de Desastres en Laderas
del Distrito Central en la República de Honduras

Manual Para La Supervisión de la Construcción de Contramedidas En Sitios con Riesgo a Desastres Ladera de Pequeña / Mediana Escala

Agosto de 2023

Alcaldía Municipal del Distrito Central
Equipo de Expertos de JICA

Tabla de Contenidos

Chapter 1. Introduccion.....	1
1.1 Propósito del manual.....	1
Chapter 2. Esquema de la supervisión para construcción.....	2
2.1 Propósito de la supervisión	2
2.2 Contenidos de la supervisión.....	3
Chapter 3. Metodología Constructiva.....	6
3.1 Contenidos de la metodología constructiva.....	6
3.2 Esquema de la construcción.....	7
3.3 Cronograma de la construcción	7
3.4 Organigrama.....	8
3.5 Maquinaria y Equipo.....	9
3.6 Materiales.....	9
3.7 Métodos constructivos.....	10
3.7.1 Flujo de trabajo para las obras principales.....	10
3.7.2 Notas sobre la implementación de la construcción y los métodos de construcción.....	10
3.7.3 Obras Temporales.....	11
3.8 Plan de Gestión de la Construcción.....	12
3.8.1 Gestión de Procesos	12
3.8.2 Gestión de Calidad	12
3.8.3 Gestión de Dimensiones	12
3.8.4 Gestión de Seguridad.....	12
3.8.5 Gestión de Tráfico.....	15
3.8.6 Medidas Ambientales	16
3.8.7 Reuniones e Informes de Progreso	16
3.8.8 Otros	16
Chapter 4. Gestión de Procesos	17
4.1 Propósito de la Gestión de Procesos.....	17
4.2 Procedimientos de la Gestión de Procesos	17
4.3 Tipos y Características de los Gráficos de Procesos.....	20
Chapter 5. Gestión de Calidad.....	24
5.1 Propósito de la Gestión de Calidad.....	24
5.2 Procedimientos de la Gestión de Calidad.....	24
5.2.1 Elementos necesarios para implementar la gestión de calidad.....	24
5.2.2 Procedimientos.....	25

Chapter 6. Gestión de Dimensiones	27
6.1 Propósito de la Gestión de Dimensiones	27
6.2 Método para la Gestión de Dimensiones.....	27
6.3 Plan para la Gestión de Dimensiones.....	27
6.4 Procedimiento para Gestión de Dimensiones mediante medición directa	29
6.5 Procedimiento para Gestión de Dimensiones mediante fotografías y grabaciones	31
Chapter 7. Gestión de Seguridad.....	33
7.1 Propósito de la Gestión de Seguridad	33
7.2 Contenido de la Gestión de Seguridad	33
Chapter 8. Caso de Estudio de Supervisión (Perforación de Drenajes Horizontales).....	36
8.1 Esquema general para perforaciones de drenajes horizontales.....	36
8.2 Puntos a considerar en la gestión de procesos	38
8.3 Puntos a considerar en la gestión de dimensiones.....	40
8.4 Puntos a considerar en la gestión de calidad.....	43
8.5 Puntos a considerar en la gestión de seguridad.....	44

Figuras

Figura 1 Concepto de Supervisión para Construcción.....	3
Figura 2 (Ejemplo) Organigrama en el Sitio.....	8
Figura 3 (Ejemplo) Flujo de trabajo – (Perforación de Drenajes Horizontales).....	10
Figura 4 (Ejemplo) Organigrama de seguridad.....	13
Figura 5 (Ejemplo) Diagrama de Sistema de Comunicación.....	15
Figura 6 Diagrama de flujo para gestión de procesos.....	19
Figura 7 (Ejemplo) Gráfico de procesos : Tipo gráfico de barras.....	21
Figura 8 (Ejemplo) Gráfico de procesos: Tipo coordenadas.....	22
Figura 9 (Ejemplo) Gráfico de procesos: Tipo curva.....	22
Figura 10 (Ejemplo) Gráfico de procesos: Tipo red.....	23
Figura 11 Diagrama de flujo para gestión de calidad.....	26
Figura 12 (Ejemplo) Cuadros de Gestión.....	29
Figura 13 (Ejemplo) Descripción en planos estructurales.....	30
Figura 14 Componentes básicos del registro fotográfico.....	31
Figura 15 Dibujo de Referencia para Perforación de Drenajes Horizontales.....	36
Figura 16 Perforación de Drenajes Horizontales en Campo Cielo.....	37
Figura 17 Máquinas de perforación para Drenajes Horizontales.....	39
Figura 18 Estudio de caso de levantamiento inicial para referenciar puntos de perforación.....	40
Figura 19 Ejemplo de ubicación de máquina de perforación.....	41
Figura 20 Ejemplo de ubicación del ángulo de perforación.....	41
Figura 20 Ejemplo de gestión de longitud de perforación.....	42
Figure 22 Ejemplo de gestión de la longitud de tubería de drenaje.....	42
Figure 23 Ejemplo de gestión de longitud de instalación de tubería de drenaje.....	43
Figura 24 Ejemplo de posible accidente causado por tubería rotando.....	44
Figura 25 Ejemplo de accidentes por machucones.....	45
Figura 26 Ejemplo de medidas de seguridad para accidentes por caída desde andamios.....	45
Figura 27 Capacidades de carga y condiciones de instalación de la grúa.....	46

Chapter 1. Introduccion

1.1 Propósito del manual

La supervisión de una construcción implica la gestión e implementación de trabajos de construcción basados en una metodología de construcción que ha sido desarrollada teniendo en cuenta y formulando los mejores métodos (mano de obra, materiales, métodos de construcción, equipo, costos y otros medios) para construir de manera económica y segura las obras de acuerdo con las especificaciones y diseños dentro del período de construcción y en base a los requisitos del contrato.

Los principales contenidos son los siguientes (1) gestión de procesos, (2) gestión de dimensiones, (3) gestión de calidad, (4) gestión de seguridad, y (5) gestión de costos.

La gestión de dimensiones se refiere al control de las dimensiones, tales como la forma, el tamaño y el acabado, mientras que la gestión de calidad se refiere al control de la calidad de la obra y a elementos tales como la resistencia de los materiales utilizados y las estructuras construidas.

Los métodos y sistemas de supervisión de construcción difieren dependiendo del país y la autoridad encargada, y se implementan en función de los estándares del país y la autoridad encargada.

Este manual resume los elementos básicos de la supervisión de una construcción utilizando los métodos comúnmente implementados en Japón.

Esperamos que este manual sea de ayuda en el futuro para la implementación de la supervisión de construcción en Honduras.

Chapter 2. Esquema de la supervisión para construcción

2.1 Propósito de la supervisión

La supervisión de la construcción se clasifica en métodos de gestión desde el punto de vista del cliente y puntos de vista del contratista.

La supervisión de la construcción del lado del cliente es responsable de verificar que la construcción se realice según lo diseñado, con la calidad requerida asegurada, según el proceso definido, y evitando que ocurran errores de calidad o dimensionales y procurando reducir los retrasos en el proceso de construcción previniendo cualquier problema que pudiese ocurrir.

En otras palabras, la supervisión del lado del cliente tiene la tarea de administrar al contratista para garantizar que el trabajo de construcción se realice según lo diseñado, con la calidad requerida, la seguridad necesaria y dentro del plazo definido.

La supervisión de construcción en el lado del contratista gestiona el proceso de construcción, la calidad requerida, la seguridad, el costo y las dimensiones de la estructura especificadas en los planos y las especificaciones técnicas para garantizar que la construcción en el sitio avance de manera fluida.

En otras palabras, el lado del contratista gestiona de manera directa la construcción para garantizar que la obra se realice de manera segura, de acuerdo con el diseño y con la calidad requerida dentro del período de construcción.

Ya sea que el cliente o el contratista estén en la posición de supervisión, los elementos de gestión y los propósitos son los mismos.

2.2 Contenidos de la supervisión

Para llevar a cabo el trabajo de construcción, el contratista debe preparar una metodología de construcción que mencione claramente los procedimientos, métodos, maquinaria, mano de obra y procesos a utilizar para llevar a cabo el trabajo, y describir cómo se gestionará el trabajo.

El cliente y el contratista deben ponerse de acuerdo con esta metodología de construcción, y el trabajo de construcción se llevará a cabo basándose en esta metodología acordada.

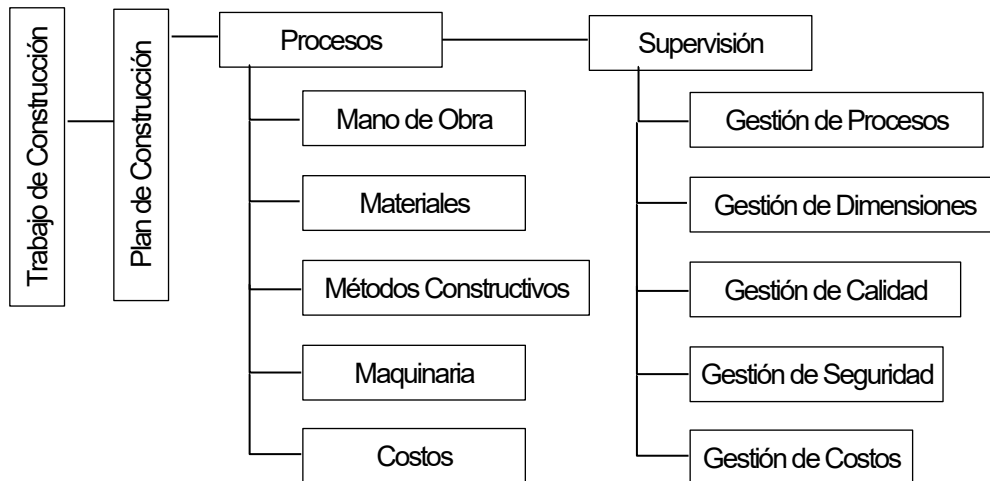


Figura 1 Concepto de Supervisión para Construcción

Como se describió en la sección anterior, los ítems de supervisión son (1) gestión de procesos, (2) gestión de dimensiones, (3) gestión de calidad, (4) gestión de seguridad, y (5) gestión de costos.

A continuación, se describe un resumen de cada elemento de gestión:

(1) Gestión de Procesos

La gestión de procesos implica comparar el proceso planificado al comienzo de la construcción con el proceso que se está llevando a cabo realmente. Si se produce alguna diferencia en el avance, se investigan y eliminan las causas de dicha discrepancia para asegurar que el trabajo avance según el proceso planificado.

(2) Gestión de Dimensiones

1) Gestión de las Dimensiones mediante Medición Directa

La gestión de dimensiones mediante medición directa consiste en confirmar que la estructura construida cumpla con la forma y dimensiones indicadas en los documentos de diseño (planos, especificaciones técnicas).

La forma y dimensiones de la estructura, las alturas de referencia, la desviación de la línea central, etc., son medidas directamente de acuerdo con la secuencia de construcción, y los resultados se registran en un gráfico de control o lista de resultados cada vez que son medidas. Los datos finalmente se evalúan para verificar la conformidad con las especificaciones y para garantizar que la construcción se realice de manera precisa y conforme al diseño.

El control de dimensiones implica investigar las causas de cualquier error o desviación en las dimensiones de la estructura construida. Una vez identificadas las causas, se toman las medidas necesarias para corregir o ajustar las dimensiones.

2) Gestión de las Dimensiones mediante Fotografías y Grabaciones

La gestión de dimensiones mediante fotografías y grabaciones implica registrar las dimensiones basándose en un registro fotográfico. Esto se hace para confirmar la forma y cantidad de estructuras enterradas en el subsuelo y otras partes que no pueden ser verificadas después de la construcción, o para confirmar el progreso en cada etapa de construcción.

(3) Gestión de Calidad

La gestión de calidad implica realizar pruebas físicas y químicas basadas en "normas de control de calidad" con el fin de construir una estructura que cumpla plenamente con los estándares de calidad indicados en los documentos de diseño (planos, especificaciones técnicas). Los resultados de estas pruebas se utilizan para identificar problemas y métodos de mejora mediante el uso de métodos estadísticos, entre otros. En esta gestión, se lleva a cabo un control para garantizar que se logre una buena calidad en la construcción y que la estructura cumpla con los requisitos establecidos en el diseño.

Además, la gestión de calidad, como parte de la gestión de construcción, también se lleva a cabo en combinación con la gestión de procesos y la gestión de dimensiones para garantizar calidad, un proceso estable y dimensiones adecuadas, que son requisitos fundamentales en la construcción.

(4) Gestión de Seguridad

La gestión de seguridad implica asegurar los trabajos de construcción bajo períodos de trabajo, métodos y costos de construcción adecuados, mediante la comprensión de las diversas condiciones en cada sitio, planificando y preparando un sistema y ambiente para una construcción segura, y respondiendo y gestionando con precisión los cambios que surgen a medida que avanza el proceso.

(5) Gestión de Costos

El control de costos implica que el contratista compara el costo planificado calculado en base al presupuesto de trabajo con el costo real incurrido, y gestiona el trabajo de construcción para que avance sin exceder el costo planificado mediante una reducción de costos adecuada.

(6) Relación con cada Gestión

La gestión de procesos, de dimensiones, de calidad, de seguridad y de costos, deben ser manejadas de maneja

conjunta e interrelacionadas y no de manera aislada.

En la obra de construcción se sabe que las relaciones entre la calidad, el proceso y el costo tienen las siguientes características:

La relación entre el proceso y el costo es que, a medida que se acelera el proceso y se aumenta la cantidad de construcción, el costo por unidad de cantidad disminuye, pero si se acelera aún más el proceso y se realizan trabajos apresurados, el costo aumenta.

La relación entre el costo y la calidad es que generalmente se pueden producir elementos de baja calidad a un costo menor, pero los elementos de alta calidad suelen tener un costo más elevado.

La relación entre la calidad y el proceso es que generalmente la alta calidad requiere más tiempo y ralentiza el proceso, si se acelera el proceso y se realizan trabajos apresurados, la calidad disminuye.

Como se describe anteriormente, la calidad, el proceso y el costo están estrechamente relacionados.

El propósito de la supervisión de construcción es coordinar estas características, planificar la construcción para mantener la calidad, el período de construcción, y reducir el costo tanto como sea posible, con el fin de construir el proyecto según lo planeado.

Chapter 3. Metodología Constructiva

3.1 Contenidos de la metodología constructiva

A menos que se especifique lo contrario en los documentos del contrato, el contratista deberá determinar todos los medios para completar los objetivos de construcción bajo su propio riesgo, y el contratista deberá presentar un plan de construcción sobre los procedimientos y métodos necesarios para alcanzar los objetivos de construcción antes del inicio de la construcción.

En la preparación del plan de construcción, se deben incluir los elementos especificados en el contrato y los documentos de diseño, exceptuando los elementos menores. En caso de que se produzcan cambios significativos en el plan de construcción, se deberá preparar y presentar un plan de construcción revisado antes del inicio de los trabajos.

El contratista deberá describir los siguientes elementos en su plan de construcción:

1. Resumen de los trabajos de construcción
2. Cronograma de construcción
3. Organigrama
4. Maquinaria y equipo
5. Materiales
6. Método de construcción (incluyendo maquinaria principal, plan de instalaciones temporales, sitio de construcción, etc.)
7. Plan de gestión de construcción
8. Gestión de seguridad
9. Medidas y planes de emergencia
10. Gestión de tráfico
11. Medidas ambientales
12. Mejora del entorno de trabajo
13. Reuniones de progreso
14. Informes de progreso
15. Otros

3.2 Esquema de la construcción

Como mínimo, los siguientes elementos deben incluirse en el resumen de construcción:

Nombre del contrato:

Sitio de construcción: ubicación, dirección

Período de construcción: fecha de inicio y de finalización

Monto del contrato:

Cliente: nombre, dirección, número telefónico

Contratista: nombre, dirección, número telefónico

Alcance de los trabajos:

Tabla 1 [Ejemplo] Alcance de los Trabajos

Clasificación de la Construcción	Tipo de Obra	Tipo	Particulares	Unidad	Cantidad	Observaciones
Mejoramiento de calle	Terracería para calle	Excavación	Excavación	m3	100.0	
	Construcción de muro de retención	Pilotes prefabricados	Pilotes de perfiles de acero	PC	25	

3.3 Cronograma de la construcción

El cronograma de construcción planificado se puede preparar en forma de una red de actividades (network) o un diagrama de barras, etc., mostrando el inicio y el final de cada tipo de trabajo. Al preparar el cronograma de construcción, se deberán estudiar minuciosamente los datos pasados sobre las condiciones climáticas, especialmente las precipitaciones y la temperatura, y se reflejarán en el plan de progreso.

(Notas)

1. Además de estar incorporado en la metodología de construcción, se preparará una copia del cronograma de construcción planificado para el control de progreso y se mantendrá en el sitio de construcción.
2. Para los tipos de construcción en los que el clima, especialmente la lluvia y la temperatura, pueden tener un impacto significativo en los tiempos de la construcción, se debe investigar con datos históricos el comportamiento de la precipitación y temperatura para reflejarlo en el plan de progreso.
3. El contratista debe ser consistente con el cronograma de construcción adjunto al contrato.
4. Previamente se deberá verificar si el período de construcción para cada tipo de trabajo se ha establecido adecuadamente, teniendo en cuenta el volumen y el momento de la construcción.

Tabla 2 [Ejemplo] Alcance de los Trabajos

Nombre del contrato:

Fecha del contrato:

Período de construcción: desde XX/XX/XXXX hasta XX/XX/XXXX

Item		Unidad	Cantidad	Agosto			Septiembre			Observaciones
Actividad	Tipo			10	20	30	10	20	30	
Muro de retención	Excavación	m3	100.0							
	Pilotes prefabricados	PC	25.0							

3.4 Organigrama

El organigrama de la organización en el sitio deberá mostrar la estructura organizativa y cadena de mando, así como la división del trabajo en el sitio. En caso de que se designe un ingeniero especialista para ciertos trabajos, esto deberá ser indicado. Deberán quedar claramente especificadas las responsabilidades a desempeñar y la persona encargada en el sitio. Si se producen cambios en la organización, el organigrama deberá ser presentado nuevamente.

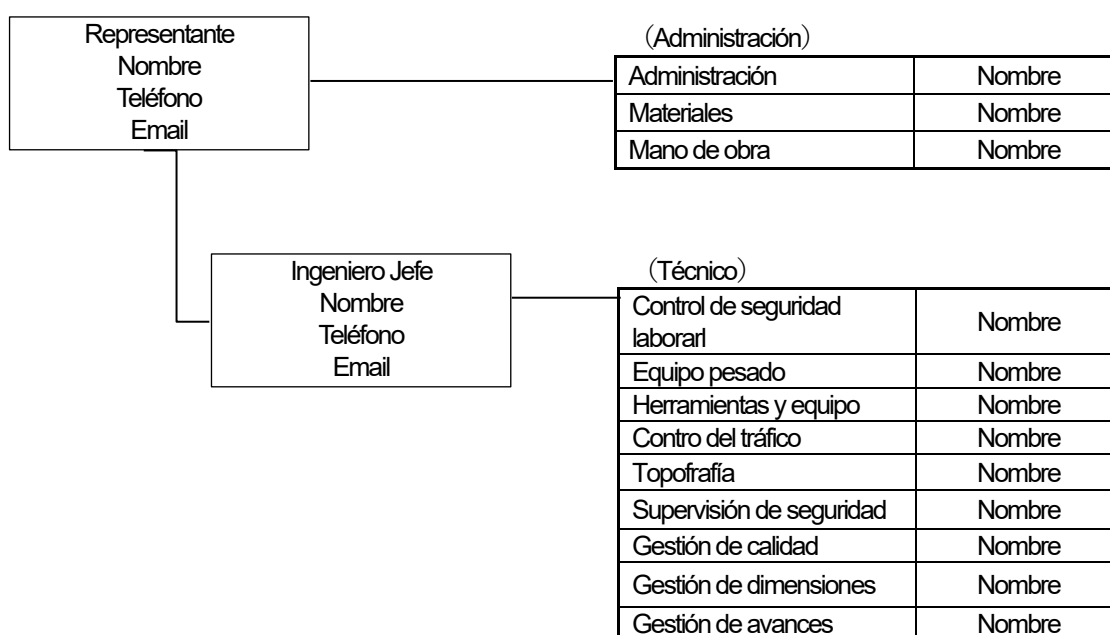


Figura 2 (Ejemplo) Organigrama en el Sitio

3.5 Maquinaria y Equipo

Se describirán los nombres, capacidades y números de las maquinas principales a ser utilizadas en las obras. Las actividades para las cuales se empleará cada máquina deben estar claramente indicadas.

Tabla 3 (Ejemplo) Plan de uso de maquinas principales

Nombre	Especificaciones	Unidad	Cantidad	Actividades en las cuales se usará
Excavadora	0.45m3	Unidad	1	Excavación
Máquina perforadora	3000Ps	Unidad	1	Pilotaje

3.6 Materiales

Se describirán los principales materiales a ser utilizados en construcción en términos de cantidad, método de certificación de calidad y momento de verificación de los materiales. El momento de entrega de los materiales en el sitio deberá ser consistente con el cronograma planificado.

Esta sección debe describir los materiales especificados y los principales materiales a ser utilizados en la construcción, el método de control de calidad (métodos de ensayos a los materiales, certificado de calidad, etc.) y el momento de la verificación de los materiales.

Se debe garantizar que no haya discrepancias entre el momento de las entregas de materiales y el cronograma de construcción.

Tabla 4 (Ejemplo) Plan de Materiales Principales

Nombre del Producto	Norma	Cantidad Planificada	Fabricates	Certificado de Calidad	Fecha de Entrega			Resumen (Fecha de confirmación, etc.)
					Y	M	D	
Varillas de acero corrugadas	D13	800 kg	Iron and steel	Mill sheet	2023	9	5	

3.7 Métodos constructivos

3.7.1 Flujo de trabajo para las obras principales

Se describirá el flujograma para cada tipo de trabajo y se explicarán los aspectos en cada etapa del trabajo. Es recomendable que las explicaciones de cada proceso se mencionen a lo largo del flujo de trabajo.

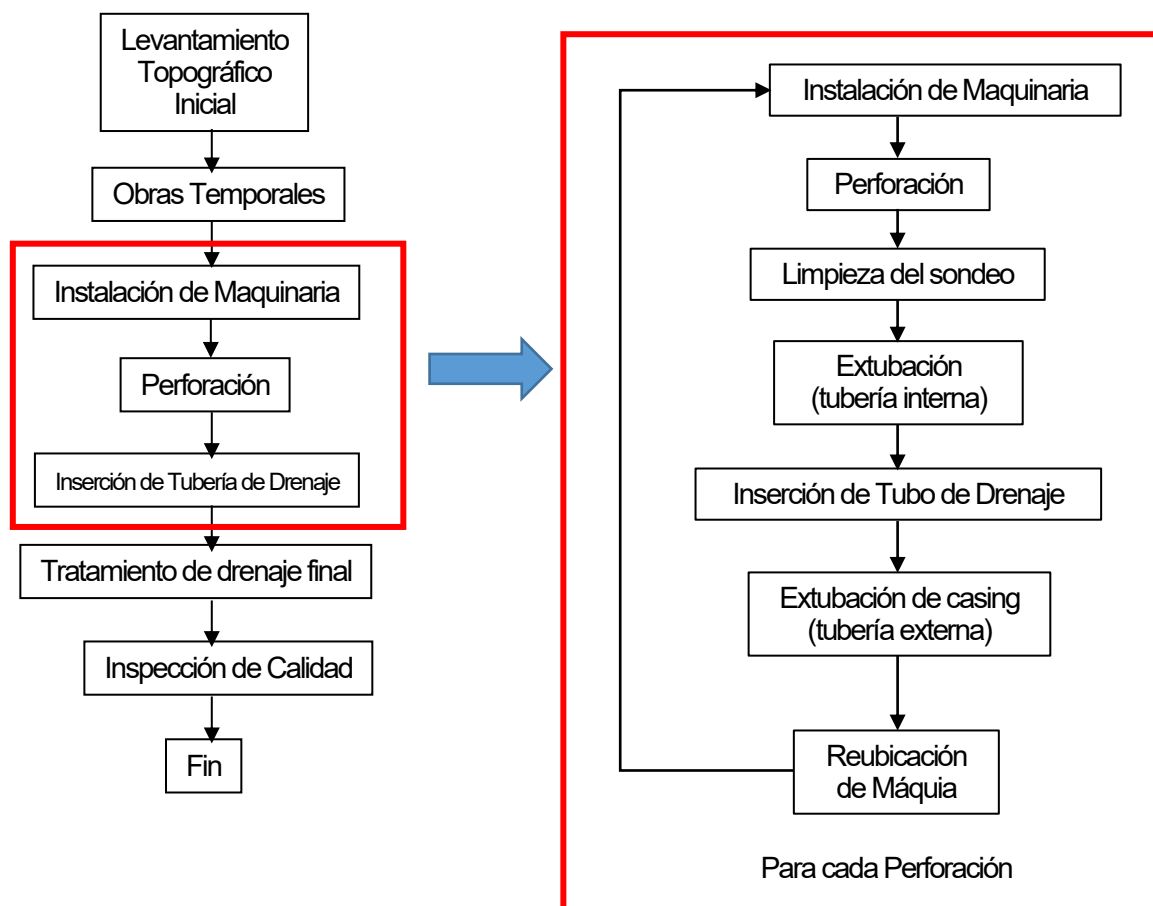


Figura 3 (Ejemplo) Flujo de trabajo – (Perforación de Drenajes Horizontales)

3.7.2 Notas sobre la implementación de la construcción y los métodos de construcción

Se describirá el entorno de trabajo del sitio de construcción, incluyendo información sobre el uso del suelo circundante, el entorno natural y la proximidad al sitio, entre otros aspectos relevantes. También se detallará el momento de la construcción de las obras principales, tomando en cuenta períodos de lluvias, períodos de lluvia-sequía, etc.

A continuación, se presentará una descripción de los puntos principales a tener en cuenta al llevar a cabo el trabajo, los puntos principales del método de construcción, las restricciones (período del año, horas de trabajo, restricciones de tráfico, conservación de la naturaleza, etc.) y la coordinación con las autoridades pertinentes.

También se describen los métodos de protección para los puntos de referencia, instalaciones subterráneas y obstáculos sobre el terreno utilizados en los trabajos preparatorios.

(Ejemplo) Notas sobre la implementación de la construcción y métodos constructivos

1. Se describe el plan para el método de transporte del equipo de construcción, el plan para las rutas temporales de transporte, el plan para el montaje de andamios y el plan para la disposición de materiales y equipo, entre otros. Al planificar la ruta temporal de transporte, se evitarán cambios en la forma de la pendiente tanto como sea posible (ya que el sitio es una zona propensa a deslizamientos de tierra y existe riesgo de inestabilidad de la ladera debido a cambios topográficos).
2. Se describe claramente el método de instalación de la máquina de perforación (ubicación, dirección y altura de la perforación).
3. Se describen claramente los procedimientos de perforación y los procedimientos de inserción de tuberías de drenaje.
4. Se describe el método de tratamiento de drenaje después de la perforación y la instalación de tuberías de drenaje (período de tiempo hasta la instalación de las cajas de recolección).

3.7.3 Obras Temporales

Se debe describir detalladamente la estructura y el plan de disposición de las instalaciones temporales comunes para todo el trabajo de construcción, utilizando planos de ubicación, planos esquemáticos, etc. Además, se deben incluir cálculos estructurales y otros métodos para confirmar la seguridad siempre que sea posible. Se deben describir otras instalaciones temporales, como edificaciones temporales, áreas de almacenamiento temporal para materiales y maquinaria, maquinaria y equipo para las plantas, rutas de transporte, drenaje e instalaciones temporales para la gestión de la seguridad.

- Edificaciones temporales tales como oficinas en el sitio, alojamientos para trabajadores y almacenes.
- Áreas temporales de almacenamiento de materiales, maquinaria, etc.
- Maquinaria y equipo necesario para los trabajos de construcción.
- Rutas de transporte (camino temporales, puentes temporales, reparación de carreteras existentes, etc.).
- Drenaje temporal.
- Carteles de construcción, señales de seguridad, barreras de tráfico, y otras instalaciones temporales para el control de seguridad.

3.8 Plan de Gestión de la Construcción

3.8.1 Gestión de Procesos

Los métodos de gestión utilizados para administrar la red, los gráficos de barras, etc., se describen en el Capítulo 4. En dicho capítulo se proporciona una explicación detallada de la Gestión de Procesos.

3.8.2 Gestión de Calidad

Describe el plan de control de calidad basado en la norma de control de calidad indicada en las especificaciones técnicas. La explicación de la Gestión de Calidad se describe en el Capítulo 5.

3.8.3 Gestión de Dimensiones

Describe el plan de gestión de dimensiones basado en la norma de control de dimensiones indicada en las especificaciones técnicas. La explicación de la Gestión de Dimensiones se describe en el Capítulo 6

3.8.4 Gestión de Seguridad

Se deben describir las personas responsables de la gestión de salud y seguridad, así como la política para las actividades de gestión de salud y seguridad. En caso de un accidente, también se debe describir el método para contactar a las autoridades relevantes, el hogar de la persona afectada, etc., y los hospitales de emergencia, entre otros. Los siguientes elementos deben ser descritos:

(1) Medidas de gestión de la seguridad en la construcción

Describa la(s) persona(s) responsable(s) de la gestión de la salud y seguridad y el plan de acción para la gestión de la salud y seguridad.

(Ejemplo) Elementos a incluir

1. Política de seguridad
 - 1) Objetivos de seguridad y elementos de gestión prioritarios
 - 2) Sistema de construcción seguro
 - 3) Medidas básicas de seguridad
2. Sistema de gestión de salud y seguridad
 - 1) Comité de seguridad y salud
 - 2) Patrullas de seguridad

- 3) Instrucciones de trabajo seguras
- 4) Organización de la gestión de la seguridad

Cada uno de estos elementos debe enlistarse junto con la persona responsable según lo define la Ley en cada país.

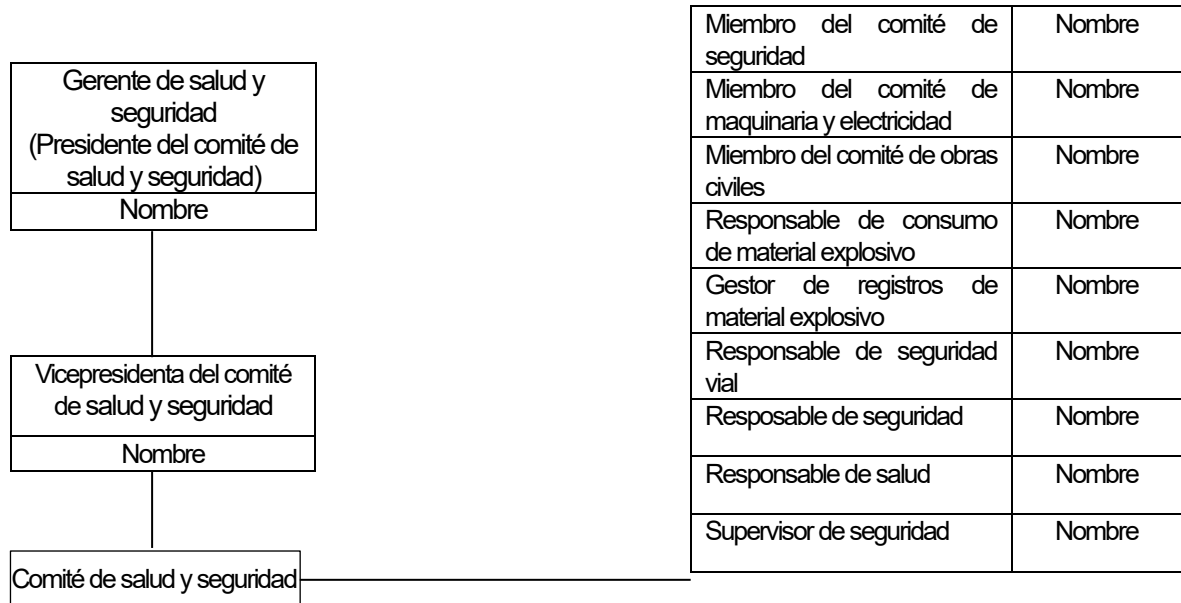


Figura 4 (Ejemplo) Organigrama de seguridad

(2) Medidas de gestión de seguridad para terceros

Esta sección describe las medidas que se deben tomar cuando se realizan trabajos en proximidad a las instalaciones de terceros, tales como viviendas, negocios, carreteras, ferrocarriles, redes de alcantarillado, electricidad, telefonía y suministro de agua.

(3) Plan de acción sobre educación y capacitación en seguridad de la construcción

Se describen las sesiones mensuales de educación y capacitación en seguridad que se proporcionan. En la organización de la gestión de seguridad, se especifica el sistema de patrullaje en el sitio y el personal de seguridad. También se describen los requisitos de las leyes y regulaciones pertinentes.

Tabla 5 (Ejemplo) Plan de Acción para Gestión de Seguridad

Actividad	Ubicación	Persona a Cargo	Frecuencia
Educación para nuevos miembros	Oficina de campo	Operarios de campo	Cada nuevo ingreso de personal
Reunión matutina	En el sitio	Operarios de campo	Cada día al comenzar actividades
Actividades de prevención de riesgos	En el sitio	Operarios de campo	Cada día al comenzar actividades
Reunión para planificar día siguiente	Oficina de campo	Jefe de personal	Cada día por la tarde
Patrullaje de Seguridad	En el sitio	Patrullero de seguridad	Cada día en cualquier momento
Entrenamiento de Seguridad	Oficina de campo	Operarios de campo	Una vez al mes
Patrullaje de Seguridad	En el sitio	Responsable de salud y seguridad en la sede del contratista	Una vez al mes
Consejo de Salud y Seguridad	Field office	Responsable de salud y seguridad en la sede del contratista	Una vez al mes

(4) Extractos de leyes, regulaciones, directrices y otra información necesaria y útil

Se describen extractos de leyes y regulaciones pertinentes de importancia en relación con la salud y seguridad.

(5) Disposiciones y respuestas en casos de emergencia

Se describe la estructura organizativa y el sistema de comunicación en caso de condiciones climáticas anormales, tales como fuertes lluvias, vientos fuertes, terremotos, accidentes relacionados con la calidad del agua, accidentes de construcción, etc.

En caso de condiciones climáticas anormales, como fuertes lluvias, vientos fuertes, etc., y ante la amenaza de un desastre, se llevarán a cabo patrullajes en el sitio según sea necesario para mantener la vigilancia.

1) Especificar los umbrales de clima extremo para ser patrullado.

(Ejemplo)

- Lluvia intensa: cuando la precipitación horaria alcanza los 50 mm y la continua los 250 mm.
- Vientos fuertes: cuando la velocidad media del viento en un período de 10 minutos alcanza los 10 m/seg.
- Terremoto: cuando la intensidad sísmica de 4 o más ocurre en el área del sitio de construcción.

2) Especificar cómo obtener información meteorológica y qué hacer cuando se alcancen los umbrales.

Tabla 6 (Ejemplo) Plan de acción para eventos climáticos extremos

Item	Lluvia torrencial	Vientos fuertes	Terremoto
Medios para recolectar información	TV, radio, reportes de clima, monitoreo de rios/quebradas, pluviómetros	TV, radio, reportes de clima	TV, radio
Medidas a tomar según la información			
Sitio de evacuación			

3) Especificar el número de personas y equipos que se pueden movilizar en caso de desastre.

4) Indicar claramente la ubicación y el método de evacuación.

5) Describir el sistema de comunicación.

Datos de contacto diurnos y nocturnos para las siguientes secciones:

- Relaciones con el cliente (oficina, director de proyecto, ingeniero jefe, etc.)

- Relaciones con contratistas (oficina central, representante del sitio, ingenieros de seguridad, etc.)
- Autoridades pertinentes (policía, estación de bomberos, hospital de emergencia, etc.)
- Otros (por ejemplo, empresas de electricidad, empresas de telecomunicaciones, etc.)

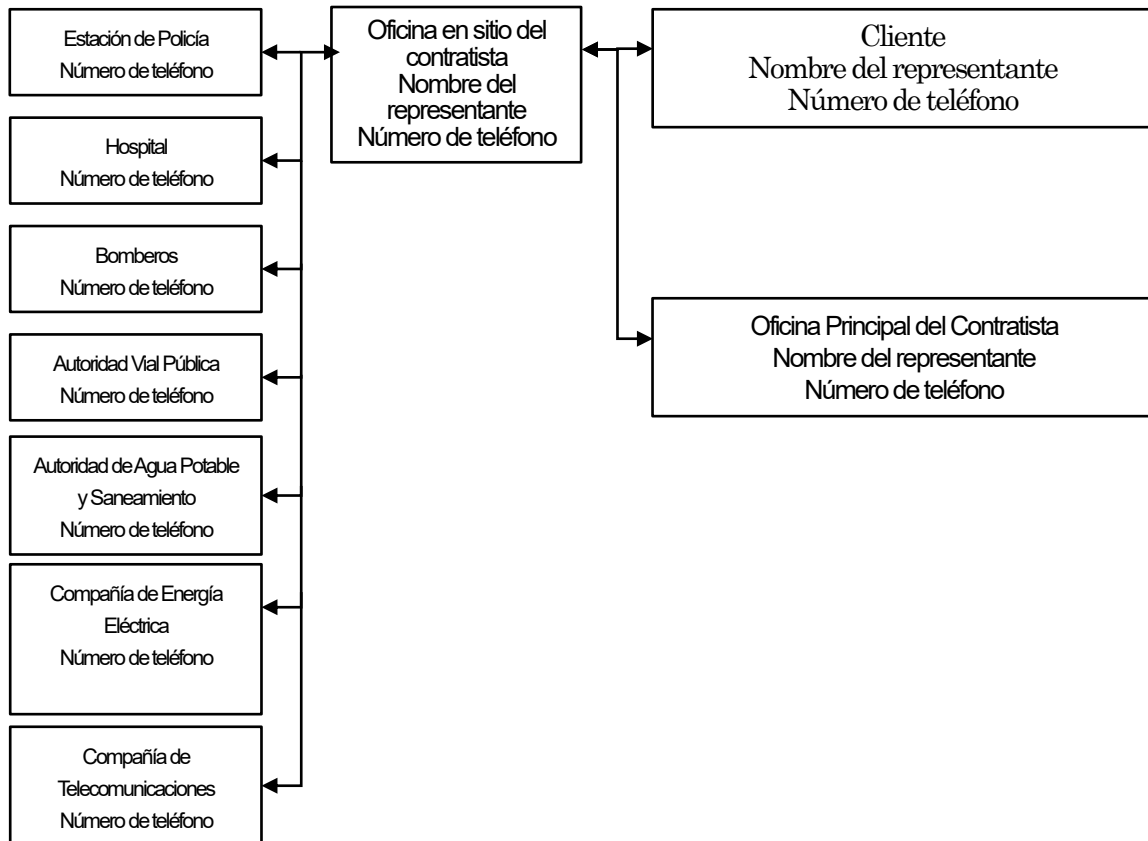


Figura 5 (Ejemplo) Diagrama de Sistema de Comunicación

3.8.5 Gestión de Tráfico

Se describen los tratamientos de tráfico y las medidas de control de tráfico asociadas a las obras.

Cuando se proporcione una ruta de desvío, se describirá un plan de la ruta de desvío y el diseño de las instalaciones de seguridad, señales de guía y personal de control de tráfico.

Se deben proporcionar planes específicos para el diseño de las instalaciones de seguridad, las medidas para las vías públicas y las entradas/salidas, las rutas para el transporte de los principales materiales, las medidas para prevenir sobrecargas, etc.

3.8.6 Medidas Ambientales

Con el propósito de preservar el entorno natural del área del sitio de construcción y asegurar el desarrollo fluido del trabajo de construcción, se deben describir los siguientes planes de medidas correctivas de acuerdo con las leyes y regulaciones pertinentes sobre medidas de preservación ambiental:

- 1) Control de ruido y vibraciones
- 2) Control de la contaminación del agua
- 3) Disposición de basura y polvo
- 4) Manejo de residuos
- 5) Otros

3.8.7 Reuniones e Informes de Progreso

Con respecto a las reuniones periódicas de progreso con el cliente, se debe describir lo siguiente:

- 1) Fecha de la reunión
- 2) Asistentes
- 3) Agenda del día
- 4) Minutas
- 5) Otros

En relación con la preparación y presentación de informes de progreso, se debe describir lo siguiente:

- 1) Frecuencia y fecha de envío
- 2) Número de copias enviadas
- 3) Elementos que deben incluirse (progreso de la construcción, mano de obra, materiales y maquinaria, gestión de procesos, gestión de salud y seguridad, gestión ambiental, gestión de calidad, gestión de mano de obra, fotografías, reclamaciones de mano de obra, gestión de pagos, etc.)
- 4) Otros

3.8.8 Otros

Describe otros asuntos importantes según sea necesario.

- 1) Trámites con las autoridades (policía, municipalidades, administradores de carreteras, etc.)
- 2) Informes a la comunidad local
- 3) Vacaciones

Chapter 4. Gestión de Procesos

4.1 Propósito de la Gestión de Procesos

El propósito de la gestión de procesos es administrar la planificación e implementación de los procesos dentro de un período de construcción especificado. Dado que la calidad y el costo de la construcción están fuertemente afectados por la rapidez del proceso, la gestión de procesos es uno de los aspectos más importantes en la gestión de la construcción.

En el lado del cliente, la gestión de procesos implica la administración del proceso de construcción para garantizar que el trabajo avance adecuadamente y con suficiente calidad y precisión dentro del período de construcción acordado.

Por otro lado, en el lado del contratista, al agregar un factor de gestión de costos al control de procesos, se busca administrar el trabajo de construcción para maximizar la producción a un costo mínimo con suficiente calidad y precisión.

El contratista controla el proceso para sus propias acciones, mientras que el cliente supervisa las acciones del contratista.

4.2 Procedimientos de la Gestión de Procesos

La gestión de procesos se clasifica ampliamente en la función de control en la etapa de "planificación e implementación" y la función de mejora en la etapa de "revisión y acción".

La metodología para la gestión de procesos se divide en los siguientes pasos: planificación, implementación, verificación y acción ($P \rightarrow I \rightarrow V \rightarrow A$). El trabajo de construcción se lleva a cabo en base al gráfico de procesos. El progreso real de la construcción se registra en el gráfico de procesos diaria, semanal y mensualmente. Luego, se realiza una comparación entre el proceso planificado y el proceso real.

El progreso real se compara con el proceso planificado, y se administra el progreso de la construcción de manera que avance tanto como sea posible de acuerdo con el plan. Sin embargo, si hay una gran diferencia entre el proceso planificado y el progreso real ($\pm 10\%$ del planificado), indica que hay un problema con el plan o el sistema de implementación. Por lo tanto, es necesario revisar el plan y tomar medidas necesarias.

A continuación, basándose en el gráfico de replanificación de procesos, se deben realizar nuevamente cada paso de implementación (hacer), revisión (verificar) y acción. Esta es la metodología general de gestión de procesos.

(1) Etapa de Planificación (P)

Para elaborar un plan de procesos, basado en la política básica de métodos de construcción y secuencia de construcción, etc., apropiados para el sitio, se deben determinar el cronograma y los procedimientos de trabajo para cada unidad de trabajo y se debe preparar un gráfico de procesos.

En este caso, se debe considerar completamente el plan de uso de mano de obra, materiales, maquinaria y equipos. Al preparar el plan de procesos, además del gráfico de procesos general, también es necesario preparar un gráfico de

procesos parcial para las partes particularmente importantes del proceso general para asegurar un progreso fluido del proceso en su totalidad.

El procedimiento general para la preparación de un plan de procesos se describe a continuación:

(1) Con base en la categoría de construcción, determine los procedimientos de construcción para los elementos de construcción.

(2) Determine el período de construcción adecuado para cada elemento de construcción.

(3) Coordine los procesos de cada tipo de construcción entre sí para que todo el trabajo de construcción se pueda completar dentro del período de construcción.

(4) Coordine la movilización de mano de obra, materiales y equipo durante todo el período de construcción para evitar trabajos excesivamente concentrados y tiempos de espera.

(5) Prepare gráficos de procesos.

(2) Etapa de Implementación (I)

Organice la mano de obra, materiales, maquinaria y equipos, etc., de acuerdo con el plan de horarios y los procedimientos de trabajo en el cronograma de procesos, y dirija y supervise el trabajo de construcción.

(3) Etapa de Verificación (Revisión) (V)

El progreso del proceso de construcción se supervisa y se gestiona comparando el proceso planificado con el proceso real.

El contratista deberá informar el progreso de la construcción al supervisor del lado del cliente según sea necesario.

(4) Etapa de Acción (A)

Si el progreso real de la construcción difiere del cronograma planificado o no es estable, se deben tomar acciones correctivas, como mejoramiento de los métodos de trabajo para acelerar el proceso.

En algunos casos, el plan de proceso se debe revisar nuevamente, por ejemplo, reorganizando el diagrama de proceso.

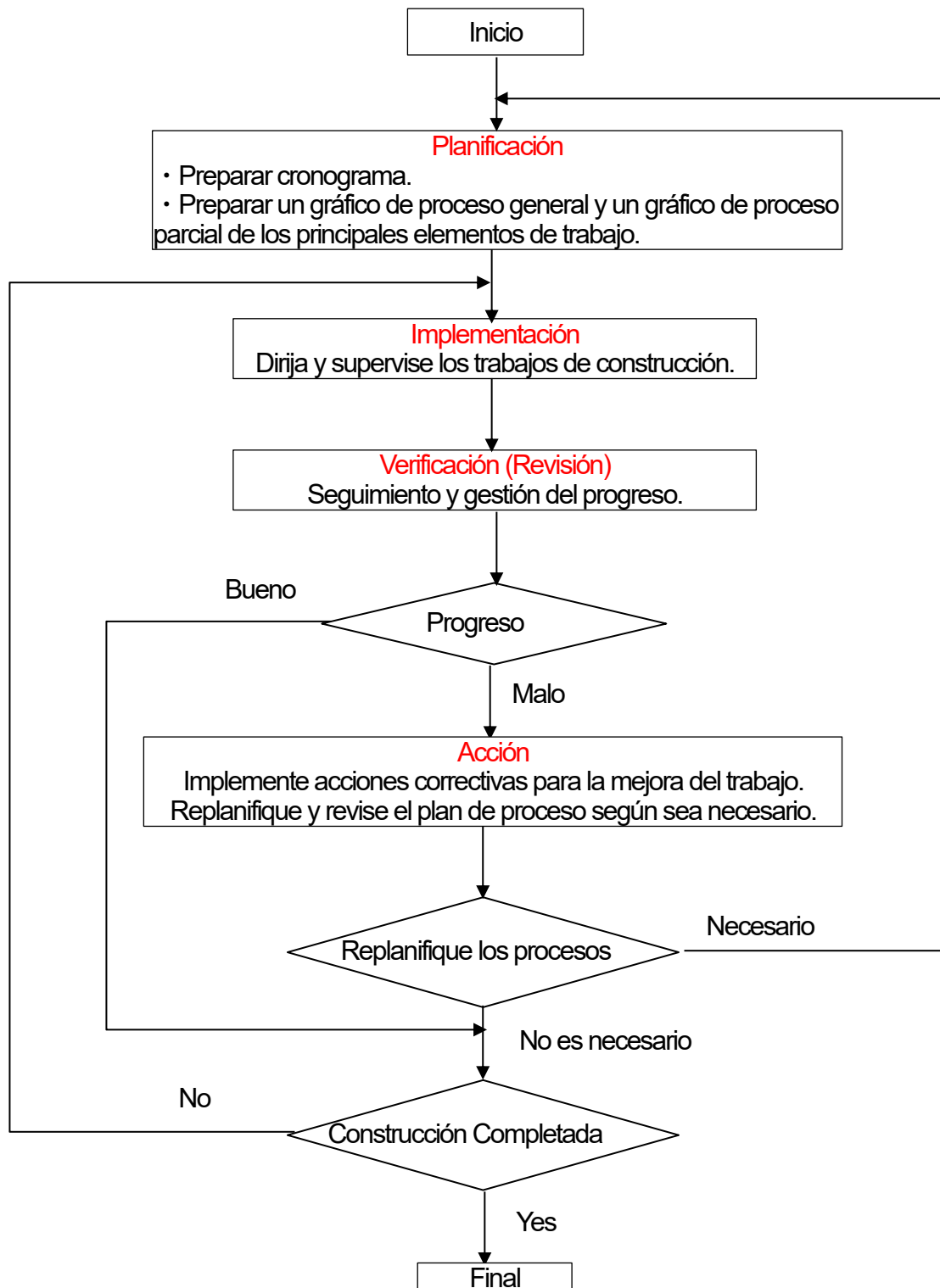


Figura 6 Diagrama de flujo para gestión de procesos

4.3 Tipos y Características de los Gráficos de Procesos

Actualmente, hay cuatro métodos de gestión de procesos de uso general: tipo gráfico de barras, tipo coordenadas, tipo curva y tipo red. Las ventajas y desventajas de cada uno se muestran en la siguiente tabla.

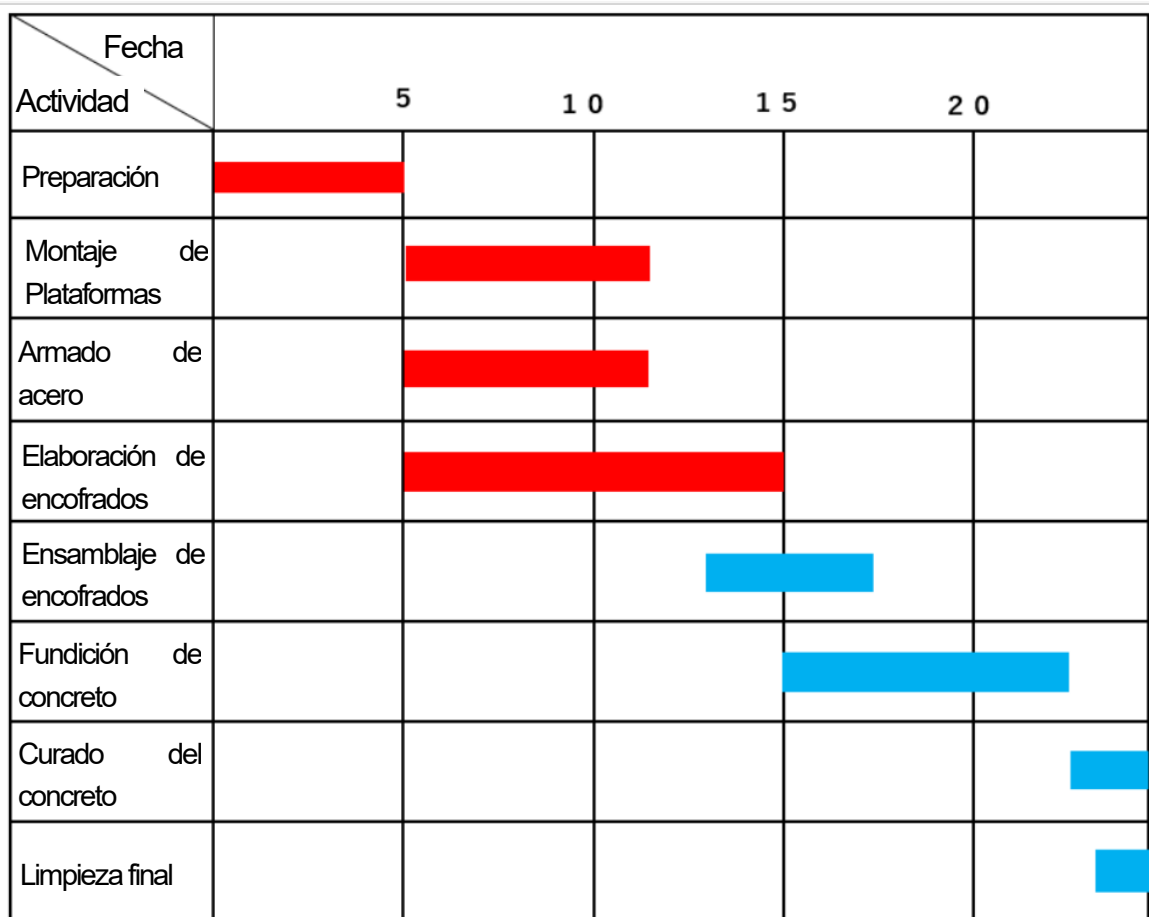
Tabla 7 Tipos de gráficos de proceso

Item	Ventajas	Desventajas
Tipo gráfico de barras	- Fácil de manejar - El progreso es directamente visible - Fácil de revisar	- Las interrelaciones entre obras no están claras. - Cuando se modifican partes del trabajo, es difícil comprender el efecto en el trabajo general. - Es probable que se incluyan factores poco claros. - El cronograma es una estimación aproximada.
Tipo coordenadas	- Cuando el progreso se mide solo por la distancia, como en el caso de la construcción de un túnel, todos los tipos de trabajo se pueden indicar en el cronograma. - La secuencia de construcción, los espacios en el cronograma, etc., se pueden indicar visualmente. - El estado de progreso de la posición y el proceso de construcción se puede indicar visualmente.	- Las interrelaciones entre obras no están claras. - Cuando se modifican partes del trabajo, es difícil comprender el efecto en el trabajo general. - Es probable que se incluyan factores poco claros. - El cronograma es una estimación aproximada. - Cuando se usa en combinación con gráficos de barras, estas desventajas se pueden evitar hasta cierto punto
Tipo curva	- La gestión se basa en la cantidad de trabajo (cantidad de presupuesto) completada, por lo que es fácil comprender el progreso del trabajo.	- Los procedimientos de trabajo no están claros. - Difícil de entender los días requeridos para el trabajo y el trabajo que afectará el período de construcción. - Cuando se usa en combinación con gráficos de barras, estas desventajas se pueden evitar hasta cierto punto.
Tipo red	- Las interrelaciones entre cada trabajo son claras. - Cuando hay un cambio parcial, el impacto en el proyecto general puede entenderse cuantitativamente. - Es adecuado para la gestión general de proyectos complejos. - Capaz de una gestión enfocada.	- Toma mucho tiempo para crear. - Lleva tiempo entender el método. - Es difícil elaborar una red. - Relativamente difícil de revisar.

El gráfico de procesos puede dividirse en un gráfico de procesos general y un gráfico de procesos parcial (gráfico de procesos detallado).

El gráfico de procesos general se prepara para indicar el cronograma general de construcción mediante la clasificación de cada proceso importante y la combinación de la secuencia de construcción. Se utiliza para determinar el progreso del proyecto en su totalidad o la ruta crítica del proceso general.

El gráfico de procesos parcial se utiliza para verificar solo los procesos críticos del proceso general, preparar un horario detallado para ese proceso y realizar una gestión enfocada para asegurar que el proceso general progrese sin problemas según lo planeado.



Progreso 

Planificado 

Figura 7 (Ejemplo) Gráfico de procesos : Tipo gráfico de barras

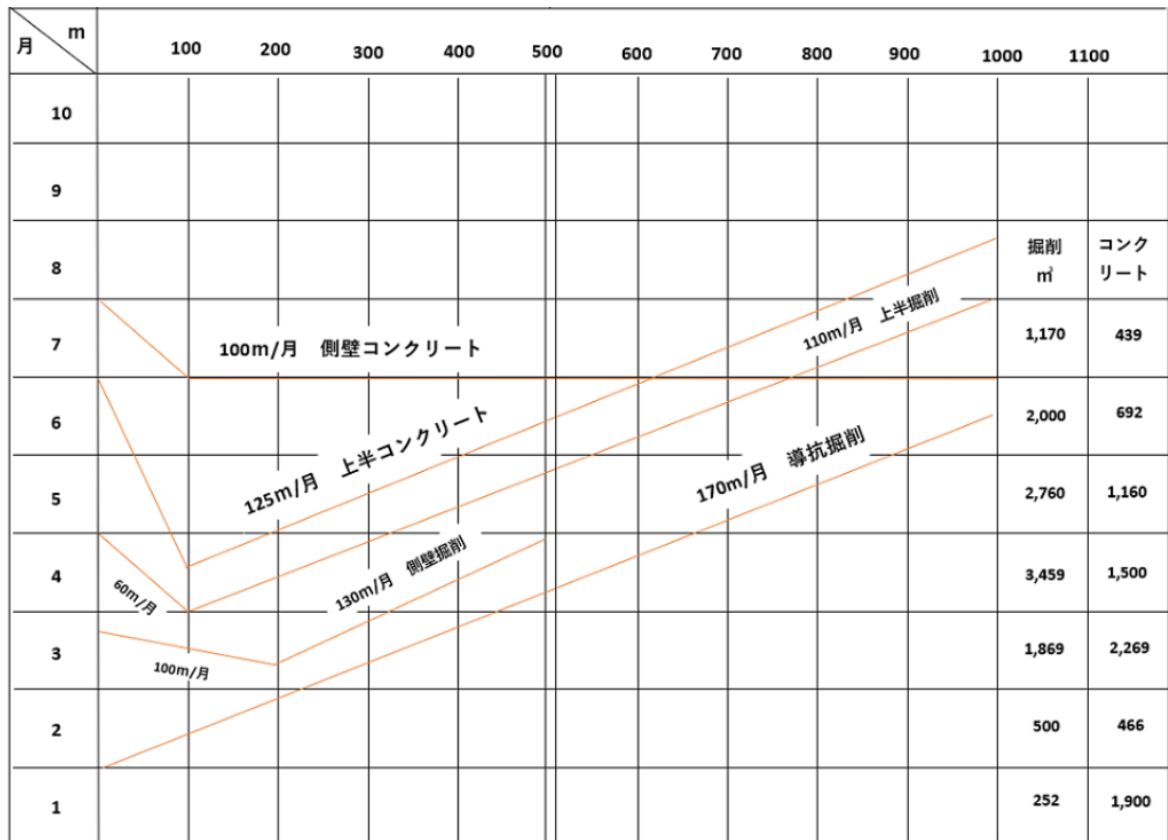


Figura 8 (Ejemplo) Gráfico de procesos: Tipo coordenadas

Relación de la cantidad de obra /
cantidad de presupuesto

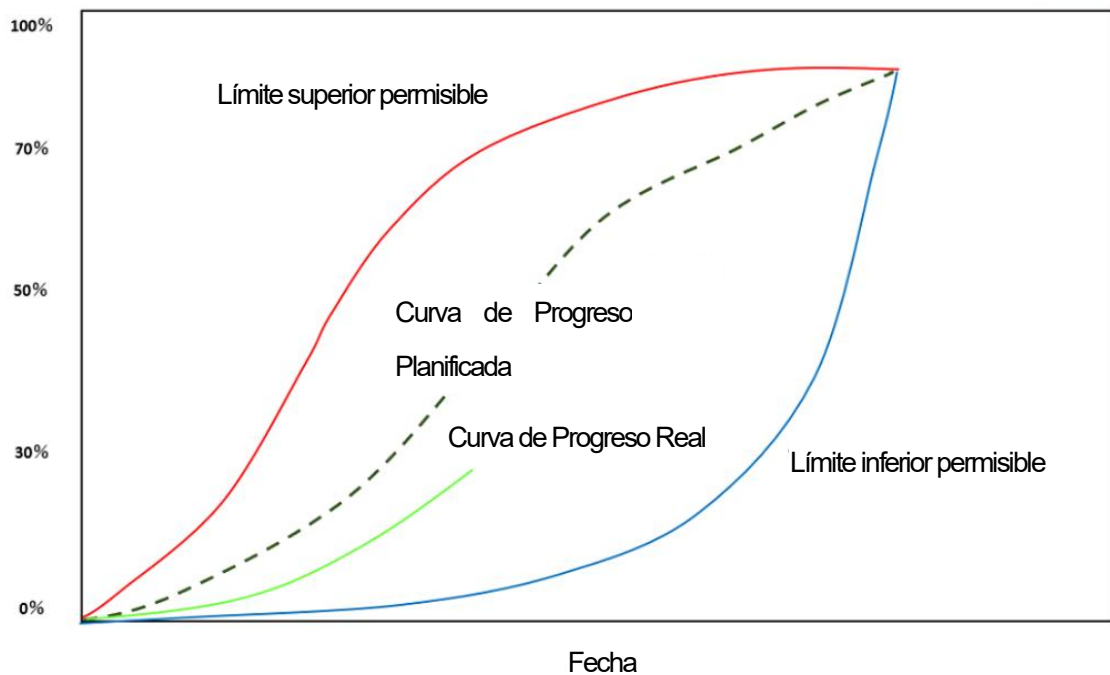
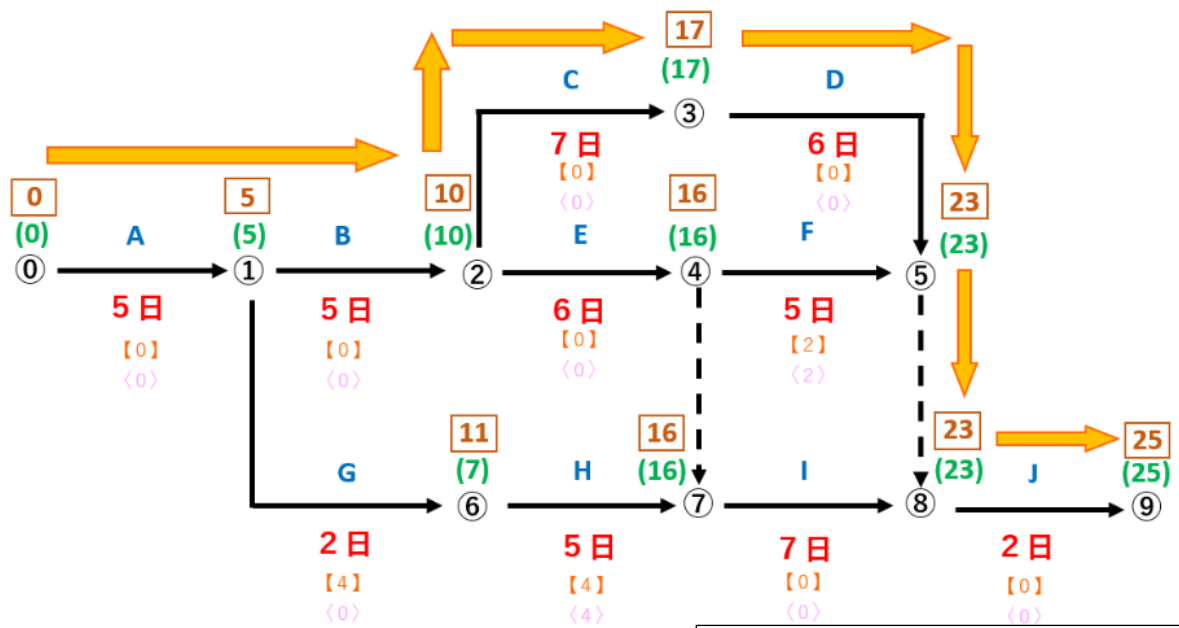


Figura 9 (Ejemplo) Gráfico de procesos: Tipo curva



A~J : Actividades

5Day : Tiempo requerido por actividad

(5) : Fecha de inicio más temprana

15 : Última fecha de finalización del trabajo

[4] : Holgura total

<6> : Holgura libre

→ : Ruta crítica

Figura 10 (Ejemplo) Gráfico de procesos: Tipo red

Chapter 5. Gestión de Calidad

5.1 Propósito de la Gestión de Calidad

La gestión de calidad se realiza en combinación con la gestión de procesos y la gestión de dimensiones como parte de la gestión de la construcción, y se utilizan métodos estadísticos para identificar problemas y métodos de mejora para asegurar la calidad deseada, un proceso estable y un dimensionamiento adecuado de los elementos de construcción.

5.2 Procedimientos de la Gestión de Calidad

5.2.1 Elementos necesarios para implementar la gestión de calidad

(1) Características de calidad

Determine las características de calidad a gestionar y los valores de esas características.

1) Condición de selección

- La característica debe indicar totalmente el estado del proceso.
- La característica debe tener un efecto importante en la calidad del producto.
- Características sustitutas (características que están estrechamente relacionadas con las características reales requeridas y se utilizan en lugar de las características reales).
- Las características deben ser fácil de medir.
- Las características deben permitir tomar medidas de manera fácil y efectiva.

2) Ejemplo de características de calidad

Resistencia a la compresión del concreto $\sigma_{ck} = 18 \text{ KN/mm}^2$

(2) Estándares de calidad

Los estándares de calidad deben ser alcanzables y estar en línea con el promedio de la calidad y el rango de variación. También deben coincidir con el estándar especificado en los documentos de diseño.

1) Determinación del estándar de calidad

- Valor objetivo de calidad a lograr.
- Valor objetivo de calidad con un margen para permitir "variación" en la calidad.
- Establecer un estándar aproximado inicial basado en datos existentes, etc., y revisar el estándar de acuerdo con el proceso de construcción.

2) Ejemplo de estándar de calidad

Revenimiento del concreto (8 cm) $8 \text{ cm} \pm 2.5 \text{ cm}$

(3) Estándares de trabajo (métodos de trabajo)

Para asegurar el estándar de calidad, se deben determinar los estándares, etc., relacionados con los métodos de trabajo, la secuencia de trabajo, precauciones para el equipo utilizado, etc.

1) Cómo definir los estándares de trabajo

- Los estándares de trabajo se determinarán en base al rendimiento pasado, experiencia pasada, etc.
- Se deben determinar procedimientos para que la gestión se pueda llevar a cabo durante todo el proceso general.
- Se deben establecer procedimientos para garantizar procesos estables incluso cuando ocurran anomalías en los procesos.
- Los estándares se documentan y se comparten.

2) Ejemplos de estándares de trabajo

El concreto deberá ser compactado utilizando un vibrador de alta frecuencia durante aproximadamente xx segundos a intervalos de xx m, y compactado cuidadosamente para integrarlo con el concreto previamente colocado.

(4) Métodos de ensayo e inspección

Los métodos de ensayo e inspección deben establecerse previamente.

Como se describió anteriormente, para asegurar los estándares de calidad, el trabajo, la inspección y los ensayos deben realizarse de acuerdo con los métodos establecidos.

5.2.2 Procedimientos

Los procedimientos de gestión de calidad son los siguientes, y se muestran en el flujo de trabajo en la Figura a continuación:

(1) Determinar las "características de calidad" para gestionar el proceso.

(Ejemplo) Resistencia a la compresión del concreto $\sigma_{ck} = 18 \text{ N/mm}^2$

(2) Determinar "estándares de calidad".

El "estándar de calidad" debe estar en concordancia con el estándar especificado en los documentos de diseño, y se debe indicar el promedio de la calidad y el rango de variación aceptable.

(3) Determinar "estándares de trabajo" para garantizar el estándar de calidad. (Se describirá en la metodología de construcción.)

(4) Realizar el trabajo de construcción de acuerdo con los estándares de trabajo y recopilar datos.

(5) Juzgar si cada dato satisface el estándar de calidad con un margen suficiente utilizando un "histograma", etc.

(6) Si cada dato cumple con el estándar de calidad, se juzga el estado estable del proceso utilizando un "gráfico de control".

(7) Si el estándar de calidad no cumple o se produce una anomalía en el proceso, se investiga la causa y se toman

medidas para evitar recurrencias.

(8) Si el proceso está en un estado estable, se mantiene el límite de gestión y se continúa con el trabajo.

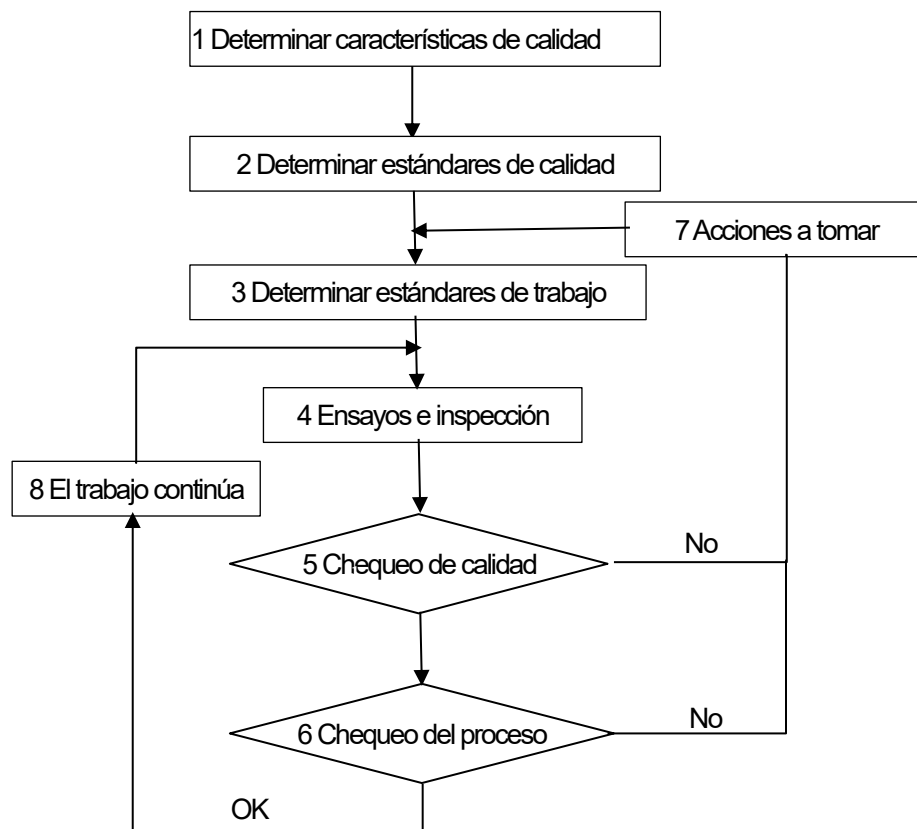


Figura 11 Diagrama de flujo para gestión de calidad

Chapter 6. Gestión de Dimensiones

6.1 Propósito de la Gestión de Dimensiones

Para el supervisor es necesario examinar cómo se construyen las estructuras en comparación con las condiciones requeridas (dimensiones, posiciones, tamaños, grosor, profundidad, etc.) mostradas en el documento del contrato y los planos. Si se encuentran condiciones insatisfactorias, se deben buscar las causas y realizar mejoras. Esta acción se denomina gestión de dimensiones.

6.2 Método para la Gestión de Dimensiones

(1) Gestión de Dimensiones mediante medición directa

La gestión de dimensiones mediante medición directa consiste en confirmar que la estructura construida cumple con la forma y dimensiones indicadas en los documentos de diseño (dibujo, especificación técnica).

La forma y las dimensiones de la estructura, la altura de referencia, la desviación de la línea central, etc., se miden directamente de acuerdo con la secuencia de construcción, y los resultados se registran en un gráfico de control o en una lista de resultados cada vez que los datos se evalúan.

El control de dimensiones implica investigar la causa de cualquier error y tomar las medidas necesarias.

(2) Gestión de Dimensiones mediante fotografías y grabaciones

La gestión de dimensiones mediante fotografías y grabaciones implica registrar las dimensiones basándose en un registro fotográfico. Esto se hace para confirmar la forma y cantidad de estructuras enterradas en el subsuelo y otras partes que no pueden ser verificadas después de la construcción, o para confirmar el progreso en cada etapa de construcción.

6.3 Plan para la Gestión de Dimensiones

La gestión de dimensiones debe llevarse a cabo según un plan de gestión preparado con antelación que defina específicamente los puntos de medición, las posiciones de dimensionamiento, las posiciones y estándares del registro fotográfico, la frecuencia de las mediciones y los tipos de gráficos de control.

También es importante preparar un sistema de verificación y corroborar si el trabajo está progresando de acuerdo con el plan de gestión.

Los puntos a tener en cuenta al preparar el plan son los siguientes.

(i) Las mediciones deben realizarse en los lugares y mediante los métodos definidos en las especificaciones técnicas.

(ii) Las fotografías deben tomarse en los mismos lugares que los puntos de gestión de dimensiones.

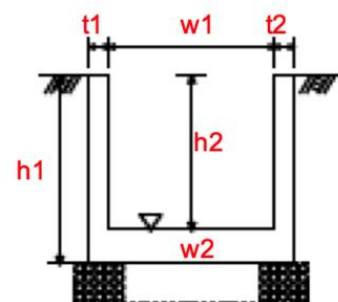
(iii) Los gráficos de gestión y otros gráficos deben prepararse de acuerdo con su propósito.

Por ejemplo, los utilizados principalmente para confirmar la cantidad de trabajo ejecutado deben mostrarse en un plan de desarrollo.

Mientras que los que requieren tolerancias en los estándares deben mostrarse en planos "as built", gráfico de actividades, gráfico de capacidad de proceso, histograma, etc.

(iv) Un ejemplo de una tabla de plan de gestión se muestra a continuación.

Tabla 8 (Ejemplo) Tabla de plan de Gestión de Dimensiones

Categorías a Gestionar		Alcance de la gestión del control de dimensiones según obra por parte del Contratista					Método de supervisión por el ingeniero
Categoría	Item	Ítem a Medir	Tolerancia	Frecuencia de Medición	Archivo	Posición de medición	
Canal de Concreto	Fundición en el sitio	Elevación del elemento	$\pm 30\text{mm}$	Cada 40m de longitud completada. Si la longitud total no supera los 40 m, Se realizarán 2 medidas.	Mantener un registro fotográfico en el archivo para inspección.		Inspección para medición por el Contratista
		Espesor: t1, t2	-20mm				
		Ancho: w1, w2	-30mm				
		Alto: h1, h2	-30mm				
		Largo	-200mm				

6.4 Procedimiento para Gestión de Dimensiones mediante medición directa

(1) Selección de puntos de medición a controlar

Los puntos de control se seleccionan generalmente en función de un "plan de gestión de dimensiones". En este caso, los puntos de control deben ser seleccionados teniendo en cuenta la topografía y los puntos de cambio estructural.

(2) Gestión de valores de referencia y valores estándar

Los valores de referencia de gestión son valores de referencia establecidos en la etapa de control de construcción para garantizar que los valores se encuentren dentro del rango de los 'valores estándar'.

Los valores estándar son los límites de la diferencia entre los valores de diseño y la ejecución del trabajo.

En los casos en que se establezcan valores estándar de gestión de la empresa por separado para garantizar una mayor calidad, se debe verificar si se gestionan utilizando los valores estándar de gestión de la empresa.

(3) Método de Gestión

La gestión de dimensiones se lleva a cabo con dos propósitos: proporcionar un "margen de tolerancia" frente a los valores estándar y confirmar la cantidad de trabajo ejecutado. Esta gestión también es necesaria como dato y respaldo para en el momento de la entrega de los trabajos al cliente después de completar la obra.

Los métodos de gestión se pueden visualizar de la siguiente manera:

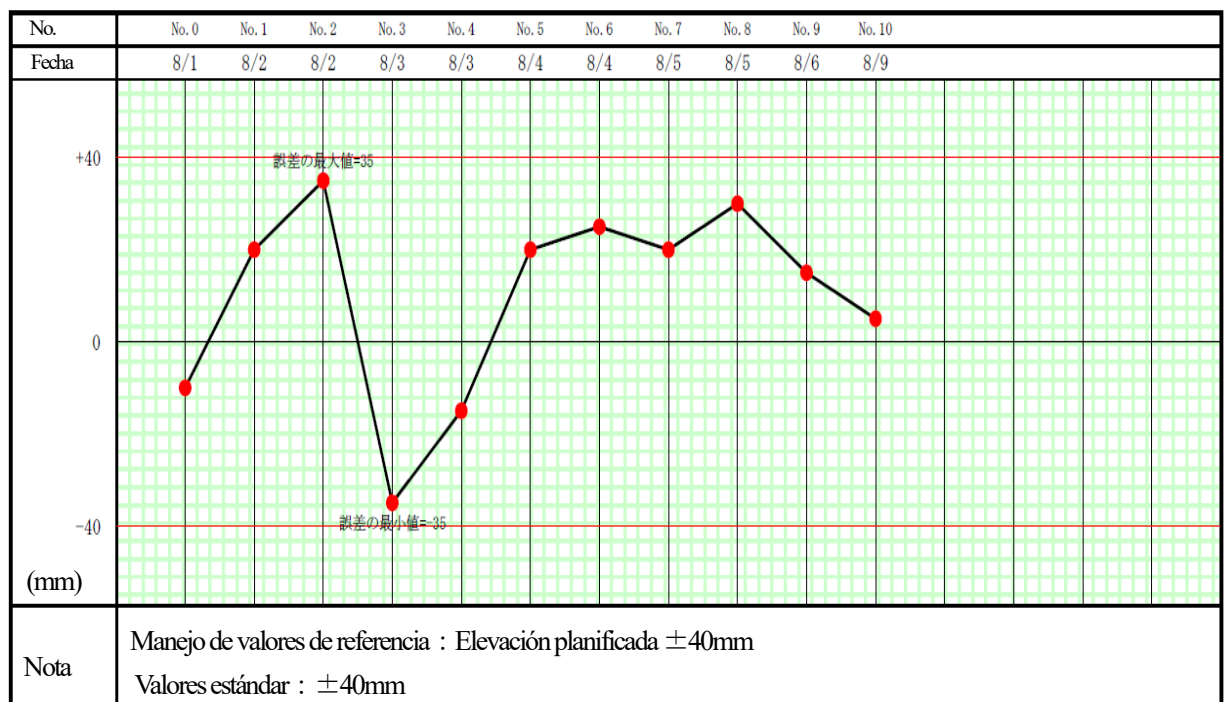


Figura 12 (Ejemplo) Cuadros de Gestión

Tabla 9 (Ejemplo) Lista de resultados de gestion de dimensiones

Ítems	Elevación 1			Elevación 2			Espesor		
Valor Estándar	-40 ~ +40			-40 ~ +40			-25 ~		
Valores estándar de gestión de la empresa	-20 ~ +20			-20 ~ +20			-13 ~		
Posición	Valor de Diseño	Valor Medido	Diferencia	Valor de Diseño	Valor Medido	Diferencia	Valor de Diseño	Valor Medido	Diferencia
No.1	100.000	99.990	-0.010	100.000	99.990	-0.010	20	21	+1
No.2	110.000	110.020	+0.020	110.000	110.020	+0.020	20	22	+2
No.3	120.000	120.035	+0.035	120.000	120.035	+0.035	20	24	+4
No.4	130.000	129.965	-0.035	130.000	129.965	-0.035	20	32	+12

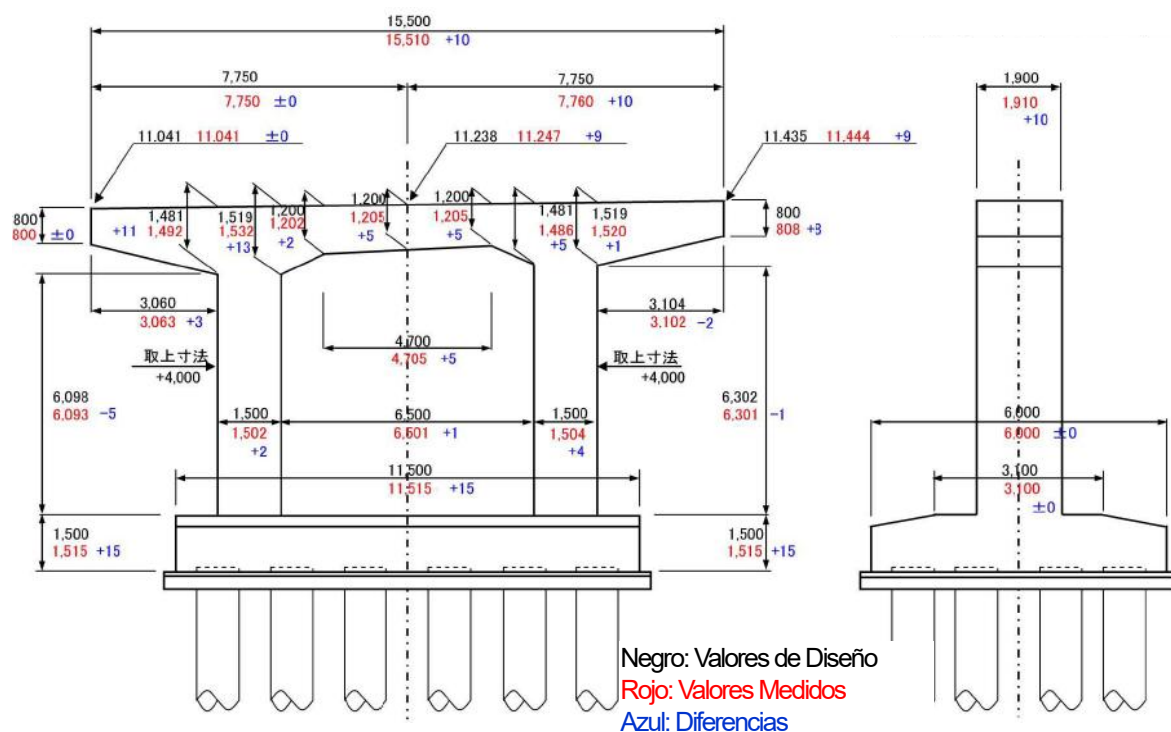


Figura 13 (Ejemplo) Descripción en planos estructurales

6.5 Procedimiento para Gestión de Dimensiones mediante fotografías y grabaciones

(1) Selección de puntos de medición a gestionar

El número de puntos que se deben fotografiar debe estar de acuerdo con el 'plan de gestión', pero como regla general, la selección de lugares para fotografiar debe ser la misma que en el caso de la gestión de dimensiones mediante medición directa. Al tomar fotografías, es necesario hacerlo de manera que la información a obtener sea clara, basándose en una comprensión sólida del plan de gestión y la situación en el sitio.

(2) Componentes básicos del registro fotográfico

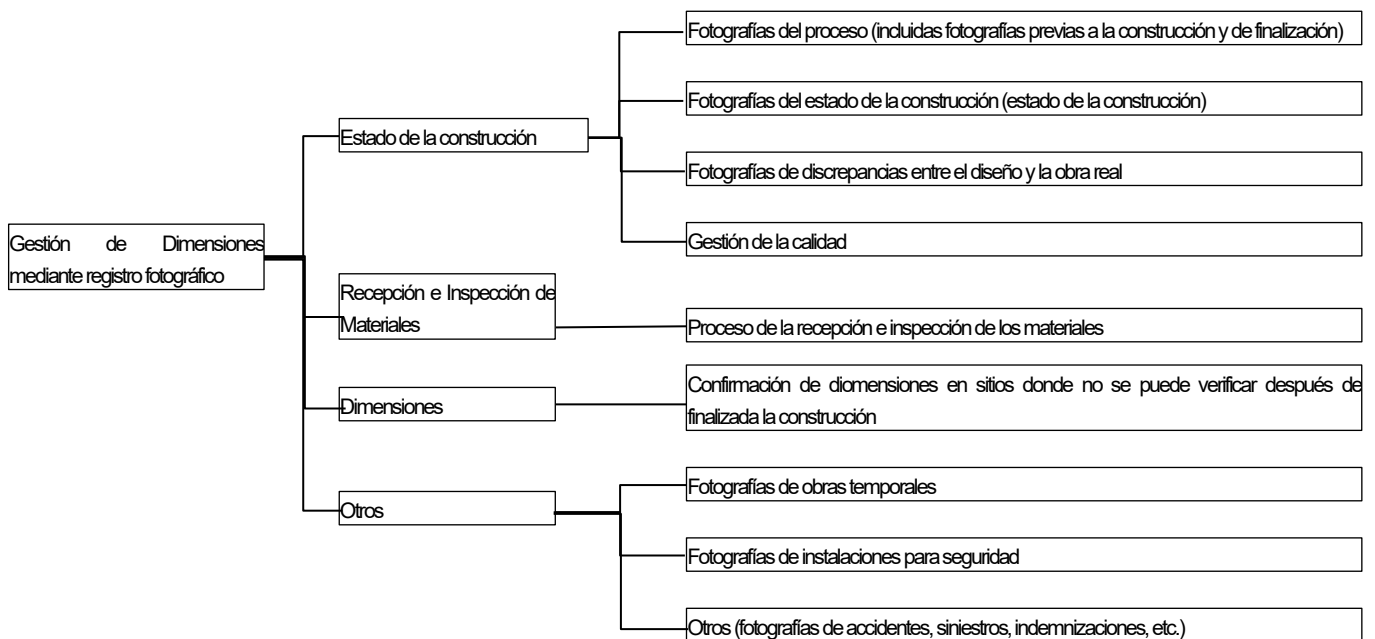


Figura 14 Componentes básicos del registro fotográfico

(3) Organización del registro fotográfico

1) Organización general

Las fotografías deben clasificarse según las actividades de la construcción y puntos de medición, y de acuerdo con la secuencia de construcción, con títulos y croquis complementarios adjuntos para aclarar qué se fotografió y dónde.

Para los contenidos relacionados con los gráficos de gestión, las posiciones de medición en el gráfico de gestión y las posiciones de las fotografías deben ser consistentes.

2) Secuencia de edición

La secuencia de edición varía ligeramente según el tamaño, tipo y volumen de la obra de construcción, pero en general, la secuencia es la siguiente:

(i) Fotografías de situación

(a) Fotografías de los procesos (incluyendo fotografías previas a la construcción y con la obra terminada)

(b) Fotografías del estado de los trabajos de construcción..... secuencia de construcción

(c) Fotografías de discrepancias entre el diseño y la obra real

(d) Control de calidad por ítem evaluado

(ii) Fotografías de inspección de aceptación de materiales..... por fecha de inspección y orden o por material

(iii) Fotografías para confirmación de dimensiones..... organizar las dimensiones de mano de obra por tipo de construcción y puntos de medición en el orden de construcción.

(iv) Otras fotografías

(a) Fotos temporales del estado de la construcción..... según tipo

(b) Fotografías de las instalaciones de seguridad según instalación

(c) Otros Organizar los detalles de los factores que puedan cambiar las condiciones del contrato (ejemplo: cambios en la geología, aparición de aguas subterráneas, etc.)

Chapter 7. Gestión de Seguridad

7.1 Propósito de la Gestión de Seguridad

El propósito de la gestión de seguridad es tomar medidas para prevenir accidentes en sitios de construcción donde existen riesgos. Las medidas de seguridad son importantes no solo para los trabajadores en el sitio de construcción, sino también para terceros.

La gestión de seguridad implica garantizar la seguridad de los trabajos de construcción en función de los períodos de construcción, métodos y costos apropiados mediante la comprensión de las diversas condiciones en cada sitio, planificación y preparación de un sistema y entorno para una construcción segura, y respondiendo y gestionando con precisión los cambios en las condiciones que ocurren a medida que avanza el proceso.

7.2 Contenido de la Gestión de Seguridad

Esta sección presenta pautas para la gestión de seguridad tal como se implementa en Japón. Sin embargo, este tipo de gestión siempre debe realizarse tomando como referencia el tamaño de las obras y el sistema de contratación y ejecución en Honduras.

(1) Responsabilidad del contratista principal

Dependiendo del tamaño del proyecto de construcción, a menudo se lleva a cabo mediante una entidad corporativa compuesta por un contratista principal y subcontratistas. El contratista principal es responsable de establecer un sistema de gestión y ejecución para las medidas de seguridad, mientras que los subcontratistas siguen este sistema de gestión de seguridad y realizan trabajos de construcción seguros.

La gestión de seguridad que debe llevar a cabo el contratista principal se muestra a continuación:

1) Preparar un plan de gestión de salud y seguridad

Preparar un plan de gestión de salud y seguridad que incluya políticas básicas para la gestión de la salud y seguridad en los sitios de construcción, objetivos de salud y seguridad y elementos prioritarios para las medidas de prevención de accidentes laborales.

2) Contratos de subcontratación con contenido de trabajo apropiado

Subcontratación de acuerdo con la calidad del subcontratistas

3) Aclarar quién implementará medidas para prevenir accidentes laborales y quién será responsable de los costos de dichas medidas en el contrato

Aclarar la carga de los costos de las medidas de seguridad y definir las responsabilidades de los subcontratistas y el contratista principal al especificar los elementos y montos de las medidas de seguridad en el contrato.

4) Comprender la información (trabajadores, equipos, etc.) de los subcontratistas por parte del contratista principal

Para llevar a cabo una orientación adecuada sobre salud y seguridad a los subcontratistas, el contratista principal deberá recibir y comprender los siguientes elementos, entre otros, notificados por el subcontratista al contratista principal:

- (i) El nombre del subcontratista, los detalles del contrato y el nombre de la persona responsable de la salud y seguridad por parte del subcontratista.
- (ii) Una lista de trabajadores, si han obtenido o no una licencia de trabajo salud y seguridad, y si han asistido a la educación sobre seguridad, entre otros.
- (iii) Información sobre el gerente de salud y seguridad del subcontratista (si se encuentra en el lugar de construcción o no).
- (iv) Maquinaria y equipos que serán llevados al lugar de construcción.

5) Preparación de manuales de procedimientos de trabajo

El contratista principal instruirá a los subcontratistas para que preparen manuales de procedimientos de trabajo que tengan en cuenta la prevención de accidentes laborales. Así mismo, el contratista principal deberá asegurarse que los subcontratistas trabajen de acuerdo con los manuales de procedimientos de trabajo.

6) Establecimiento y operación de consejos de seguridad

El contratista principal, junto con todos los subcontratistas, deberá establecer un consejo de seguridad para aumentar la conciencia sobre las medidas de seguridad entre los trabajadores

7) Patrullaje del área de trabajo

El gerente de seguridad del contratista principal deberá realizar patrullajes diarios de todo el sitio de trabajo.

8) Capacitación de nuevos trabajadores

Por parte del contratista principal, se deben dar instrucciones y apoyo a los subcontratistas para llevar a cabo una capacitación competente para los nuevos trabajadores que ingresen al proyecto.

9) Reuniones de salud y seguridad antes del inicio del trabajo

El contratista principal deberá instruir al subcontratista para que reúna a sus trabajadores todos los días y celebre una reunión de salud y seguridad antes de que comience la jornada de trabajo.

(2) Medidas de seguridad específicas

1) Chequeo de la salud de los trabajadores

El chequeo de la salud de los trabajadores es parte importante de la gestión de seguridad en la obra.

2) Inspeccionar regularmente el equipo

Las inspecciones regulares de equipos son importantes para la gestión de la seguridad en los sitios de construcción. Las inspecciones deben llevarse a cabo de manera regular para verificar si hay cambios en el rendimiento o condiciones del equipo y maquinaria utilizados.

Además, es una práctica deseable el inspeccionar el equipo antes de comenzar el trabajo y al final de cada jornada laboral. En caso de tormentas o terremotos, también es una práctica deseable verificar posibles anomalías en maquinaria y equipo cuando se reinicie el trabajo.

3) Prevención de accidentes bajo cargas suspendidas

Para prevenir accidentes bajo cargas suspendidas, es importante prohibir estrictamente el acceso a las proximidades de la carga suspendida.

4) Cuidados al trabajar simultáneamente en posiciones superiores e inferiores

Se debe tener precaución especial al trabajar simultáneamente en posiciones superiores e inferiores debido al riesgo de caída de objetos. Cuando se trabaje bajo estas condiciones, instale protección para atrapar objetos que caigan y prepare un manual de procedimientos de trabajo para garantizar que se cumplan estrictamente las reglas y se tomen las medidas de seguridad.

5) Realizar los trabajos de acuerdo con el manual de procedimientos de trabajo

Todos los trabajadores deben llevar a cabo sus trabajos de acuerdo con el manual de procedimientos de trabajo previamente preparado y teniendo en cuenta las medidas de seguridad. Es importante verificar e informar a los trabajadores sobre los procedimientos de trabajo antes de llevar a los trabajos.

6) Prevención de caídas

La prevención de caídas es una práctica de seguridad importante en los sitios de construcción. El contratista principal deberá asegurarse de que los pasillos sean seguros para evitar tropiezos y resbalones. Así mismo, importante garantizar que las áreas de trabajo estén organizadas y se mantengan limpias para prevenir caídas.

7) Medidas de seguridad según temporada

Es muy importante tomar precauciones de seguridad específicas para cada temporada. Cada temporada requiere diferentes precauciones, por lo que es necesario estar consciente de ellas y gestionar la seguridad en consecuencia. La condición física de los trabajadores requiere diferentes consideraciones en diferentes estaciones.

- **Condiciones climáticas adversas:** Generalmente, bajo condiciones climáticas adversas, el sitio puede volverse resbaladizo debido a la lluvia. Además, en el caso de vientos fuertes como huracanes, existe un alto riesgo de que los trabajadores se caigan y los materiales y equipos sean arrastrados por el viento. Si el sitio está cerca de un río o una bahía, se debe prestar atención a derrames de materiales e inundaciones.

- **Protección contra el calor del verano:** La prevención ante las olas de calor debe ser tomada en consideración. En primer lugar, es necesario contar con un entorno en el que las personas puedan tomar agua y sal con frecuencia. Los supervisores del sitio deben estar atentos a la condición física de sus trabajadores.

8) Medidas para trabajos en alturas

Es muy importante utilizar cinturones de seguridad al trabajar en alturas. Si el área de trabajo está a una altura de 2 metros o mayor, se deben instalar cercas de protección u otro equipo para prevenir caídas. Si la altura o profundidad supera los 1.5 metros, también deben implementarse instalaciones que permitan a los trabajadores subir y bajar de manera segura.

Chapter 8. Caso de Estudio de Supervisión (Perforación de Drenajes Horizontales)

La perforación de drenajes horizontales ha sido un método eficaz de obras para prevención de deslizamientos en Honduras, y se espera que se siga implementando en el futuro.

Este capítulo describe los puntos a tener en cuenta en la supervisión de la construcción de la perforación horizontal para el drenaje.

8.1 Esquema general para perforaciones de drenajes horizontales

La perforación de drenajes horizontales es un método utilizado para drenar el agua subterránea que desencadena la actividad de los deslizamientos.

Como se muestra en el diagrama, este es un método simple que consiste en perforar un agujero hacia con inclinación positiva de 5-10° con respecto a la horizontal usnado una máquina perforadora. Posteriormente, se inserta un tubo para drenaje y el agua subterránea recogida se drena fuera del bloque de deslizamiento a través de un canal.

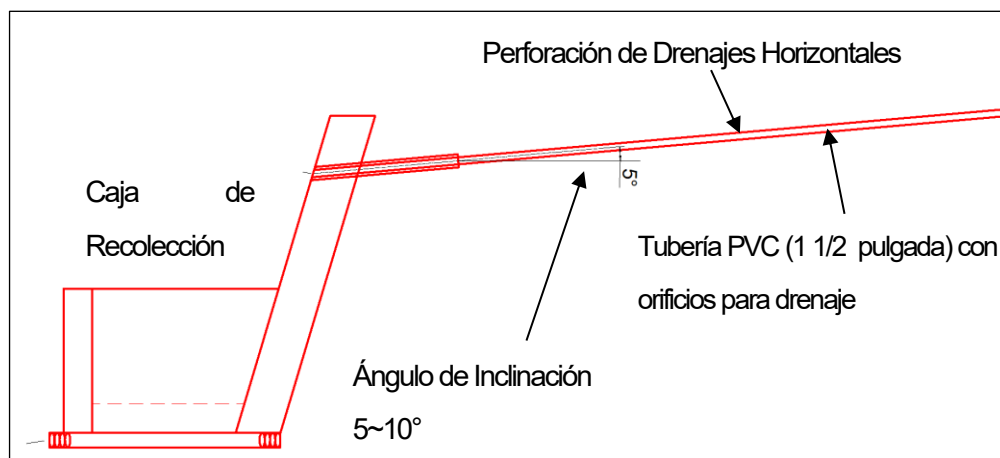
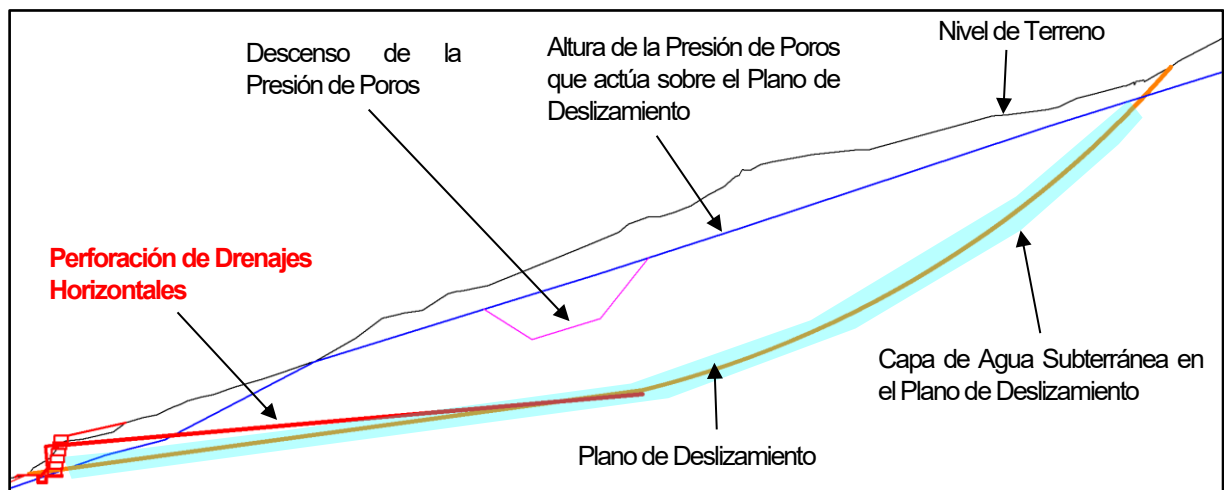


Figura 15 Dibujo de Referencia para Perforación de Drenajes Horizontales



Proceso de Perforación



Instalación de Tubería de Drenaje



Obra Completada



Drenaje de las Aguas

Figura 16 Perforación de Drenajes Horizontales en Campo Cielo

8.2 Puntos a considerar en la gestión de procesos

(1) Tiempos para gestión de procesos

Como se explicó en el capítulo anterior, el propósito de la gestión de procesos es administrar la planificación y ejecución de los procesos dentro de un período de construcción especificado.

La gestión de procesos no debe llevarse a cabo únicamente durante la construcción, sino que también debe ser considerada durante las etapas de diseño y preparación de documentos de licitación.

En la etapa de diseño, es necesario seleccionar el método de perforación (selección de la máquina de perforación) de acuerdo a las condiciones de construcción en el sitio. Puede resultar difícil instalar máquinas grandes cuando el área en el sitio de construcción es pequeña. También puede resultar complicado instalar múltiples máquinas y realizar actividades simultáneamente.

En la etapa del diseño es esencial considerar adecuadamente los procedimientos de construcción, la selección de las máquinas a utilizar y los métodos de construcción temporales, ya que esta planificación tiene un impacto significativo en la gestión de procesos durante la construcción.

En la etapa de preparación de las bases de licitación, es necesario estimar los costos de construcción adecuadamente y establecer el período de construcción de acuerdo con el método constructivo, la maquinaria de construcción y el método de obras temporales considerados en la etapa de diseño.

Si el cronograma de construcción se establece sin tener en cuenta el método y los procedimientos de construcción, se generará una carga considerable para la gestión de procesos durante la construcción, y tendrá un impacto significativo no solo en la gestión del proceso, sino también en la gestión de la seguridad, la gestión de la calidad y la gestión de las dimensiones.

(2) Selección de la máquina de perforación

El factor más importante en la gestión de procesos para la perforación de drenajes horizontales es la selección de la máquina de perforación.

Las máquinas de perforación se puede clasificar en 2 categorías principales:

Máquina de Perforación a Rotación



De tipo pequeño



Para perforación horizontal

Máquina de Perforación a Rotopercusión



Tipo Oruga



Tipo Patín

Figura 17 Máquinas de perforación para Drenajes Horizontales

○ Máquina de Perforación a Rotación

Al perforar con rotación, la velocidad de la perforación es **lenta**.

El espacio de trabajo requerido es pequeño.

La velocidad de perforación se puede acelerar instalando un martillo neumático.

No es adecuada para perforar roca dura.

○ Máquina de Perforación a Rotopercusión

Perforación mediante rotación y golpes. La velocidad de perforación es más **rápida**.

El espacio de trabajo requerido es grande.

Adecuado para perforación de roca dura.

Debe seleccionarse el tipo de máquina perforadora en función de las condiciones geológicas y la disponibilidad del espacio de trabajo. Si el proceso se retrasa, se debe considerar cambiar el tipo de máquina perforadora y añadir múltiples

máquinas.

8.3 Puntos a considerar en la gestión de dimensiones

Los elementos para la gestión de dimensiones utilizados en las perforaciones de drenajes horizontales son los siguientes:

- Ubicación, dirección y altura del punto de perforación
- Ángulo de perforación
- Longitud del sondeo perforado
- Longitud de la tubería instalada

La siguiente es una explicación de cómo administrar estos elementos de control en el proceso de construcción.

(1) Gestión de ubicación, dirección y altura del punto de perforación

Antes de iniciar la construcción, la ubicación del punto de perforación debe ser claramente indicada en el sitio mediante un levantamiento inicial (consulte la figura a continuación).

El contratista deberá especificar la ubicación, dirección y altura del punto de perforación para cada perforación de drenaje horizontal. El supervisor del lado del cliente deberá confirmar que no hay diferencia con respecto a la posición, dirección y altura indicadas en los documentos de diseño.

Después de la aprobación por parte del supervisor del lado del cliente, se inicia la obra de construcción.

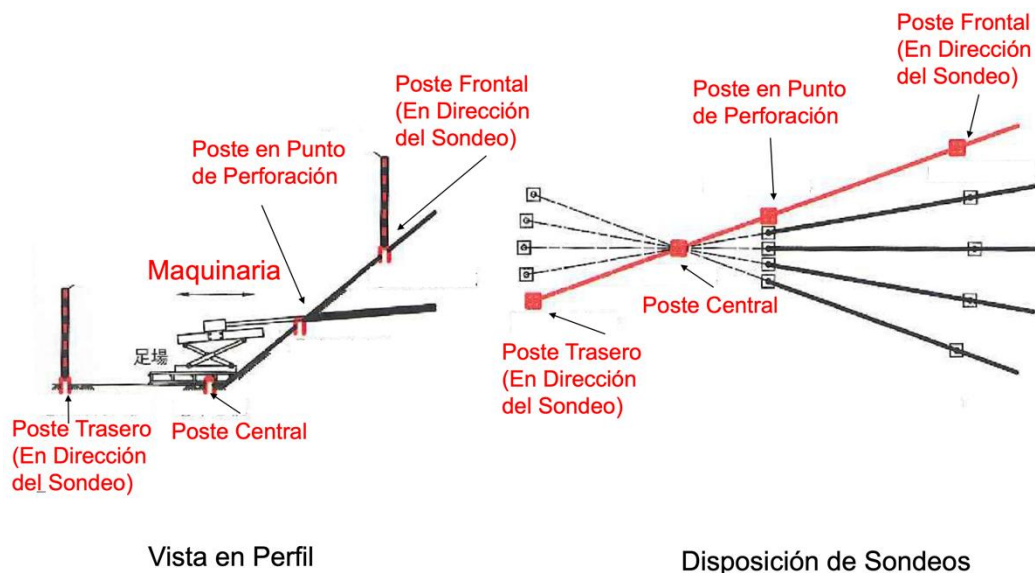


Figura 18 Estudio de caso de levantamiento inicial para referenciar puntos de perforación

En la etapa de construcción, la máquina de perforación se coloca de acuerdo con la ubicación, dirección y altura del punto de perforación indicados en el levantamiento inicial, y se inicia la excavación.

Cuando la máquina está colocada, el supervisor del lado del cliente verifica que la posición establecida sea correcta.

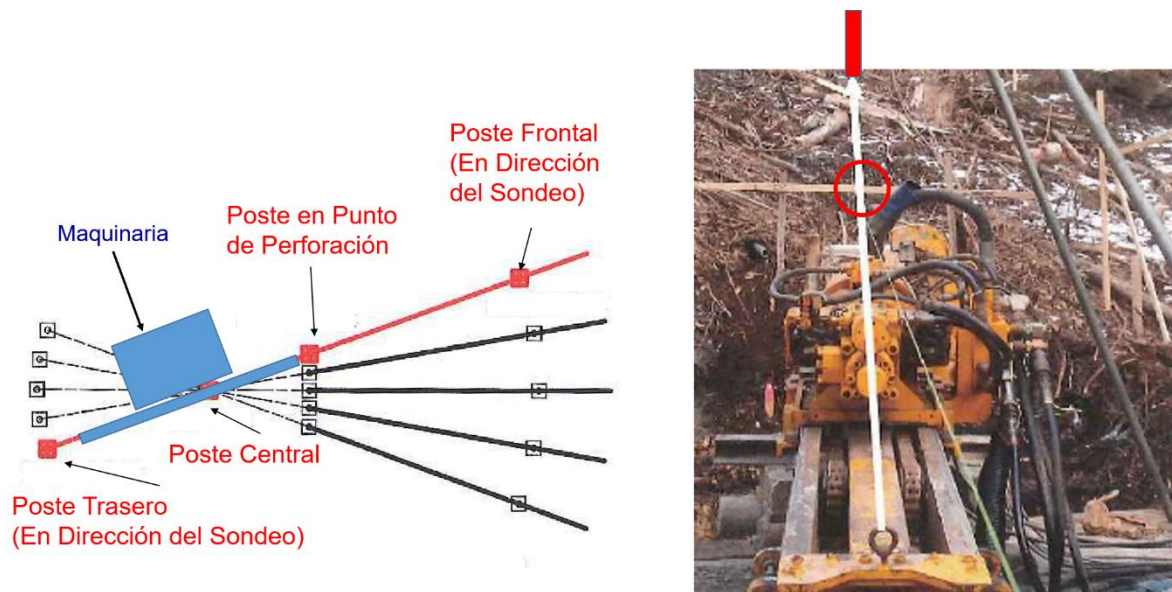


Figura 19 Ejemplo de ubicación de máquina de perforación

(2) Gestión del ángulo de perforación

Después de colocar la máquina de perforación según el levantamiento inicial, se debe ajustar el ángulo de perforación (ángulo de elevación).

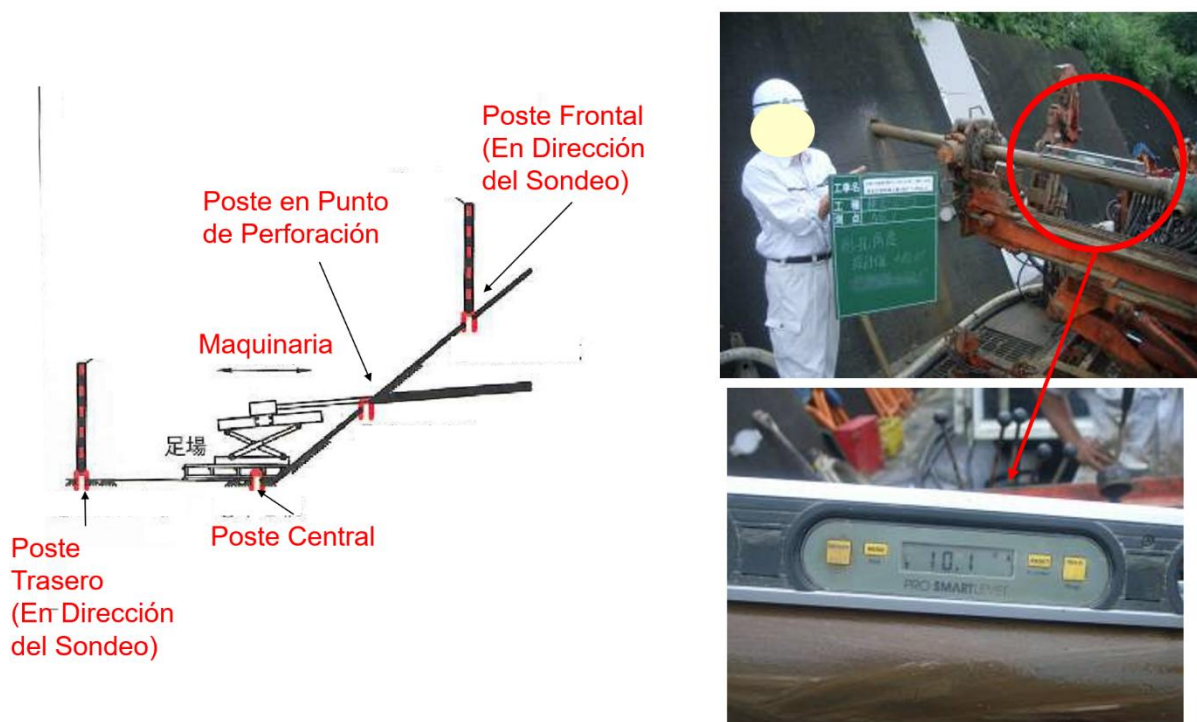


Figura 20 Ejemplo de ubicación del ángulo de perforación

(3) Gestión de la Longitud de Perforación

La longitud de perforación se gestiona mediante el número de tubos de encamisado. (Ver figura abajo).

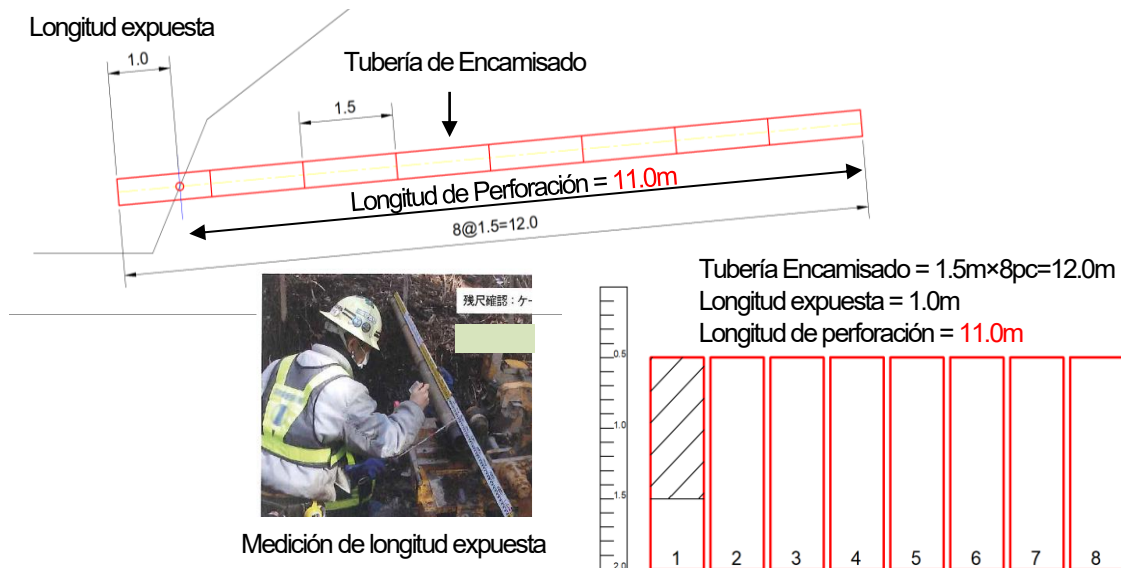


Figura 21 Ejemplo de gestión de longitud de perforación

(4) Gestión de la Longitud de Tubería de Drenaje Instalada

La longitud de la tubería de drenaje se gestiona por la cantidad de tuberías de drenaje. (Ver figura abajo). Las tuberías de drenaje se insertan conectando tuberías que se han dividido en longitudes de aproximadamente 3 m. Antes de insertar una tubería, verifique la longitud y el número de tuberías que se van a insertar. Al mismo tiempo, verifique el diámetro de la tubería, el diámetro del agujero de drenaje y la separación entre ellos. Durante la inserción, asegúrese de que todas las tuberías estén insertadas. La longitud de inserción se verifica a partir del número de tuberías insertadas y la longitud expuesta en la superficie, así como de la gestión de la longitud de perforación.



Figure 22 Ejemplo de gestión de la longitud de tubería de drenaje

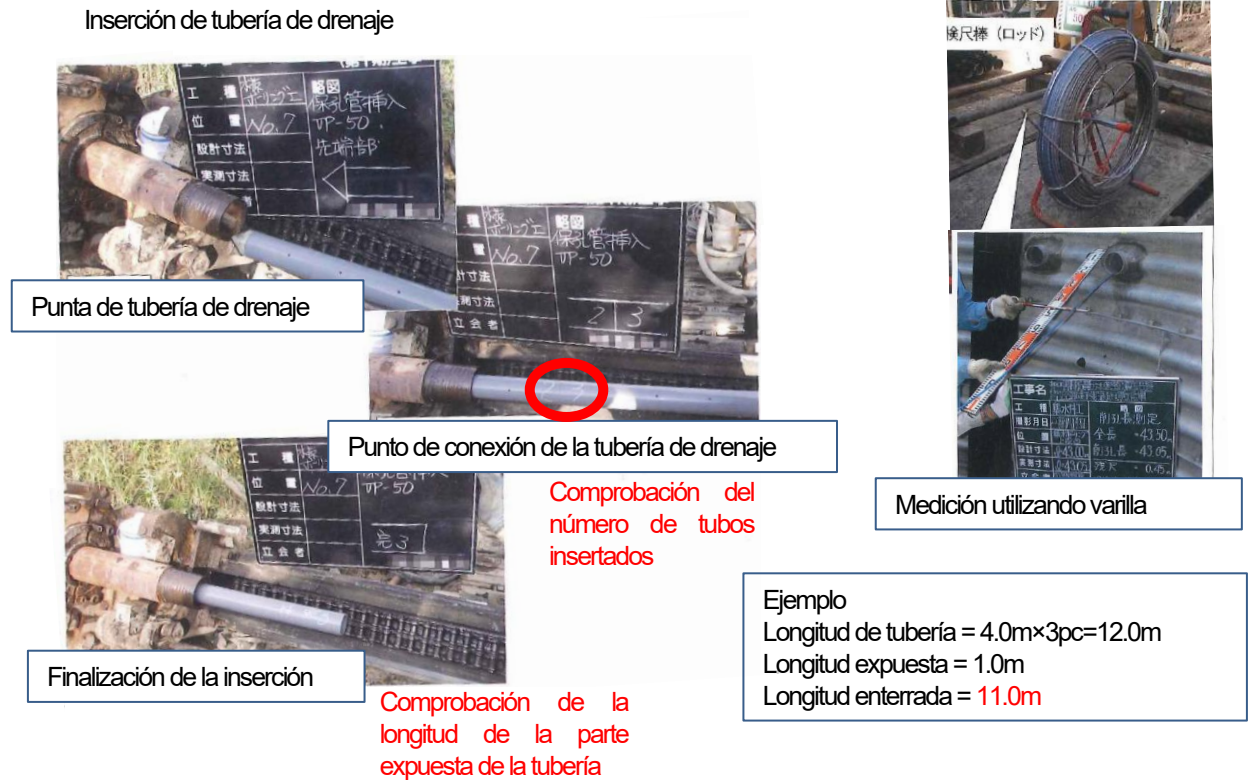


Figure 23 Ejemplo de gestión de longitud de instalación de tubería de drenaje

La gestión de dimensiones requiere la confirmación visual por parte del supervisor, así como el registro fotográfico.

8.4 Puntos a considerar en la gestión de calidad

Los elementos que se deben considerar para el control de calidad en los proyectos de perforación de drenajes horizontales corresponden al control de los materiales utilizados. Los materiales aplicables son los siguientes:

- Tubería de PVC: utilizando material aprobado por el supervisor (cliente)
- Informe de pruebas de resistencia y calidad de productos
- Concreto para la base: resistencia, materiales, mezclas, etc.

8.5 Puntos a considerar en la gestión de seguridad

Los accidentes más comunes en la construcción de perforaciones horizontales son los siguientes:

- Atasques en máquinas, (piezas giratorias como varillas y carcassas)
- Accidentes de machucones, (en uniones de tuberías y carcassas, rieles, etc.)
- Accidentes por caída de andamios
- Accidente por caída de cargas suspendidas durante carga / descarga

A continuación, se presentan los contenidos de las medidas a tomar para evitar cada tipo de accidente:

(1) Gestión de la Seguridad para Accidentes de Atasques en Máquinas

Se han confirmado casos de accidentes en los que personas han quedado atrapadas por las barras de encamisado durante la perforación. Para evitar estos accidentes, se deben considerar los siguientes puntos:

- Manténgase alejado de las partes giratorias de la máquina de perforación cuando esté en movimiento.
- Mantenga el área de trabajo ordenada (para evitar el contacto con las partes giratorias debido a tropiezos y caídas).
- No use ropa de lluvia de nylon (la ropa de lluvia de nylon mojada tiende a pegarse a las barras, lo que ha provocado accidentes en el pasado).

Atascos en tubería rotando



Figura 24 Ejemplo de posible accidente causado por tubería rotando

(2) Gestión de la Seguridad para Accidentes de Machucones

En el pasado han ocurrido accidentes en los cuales la mano del operario queda atrapada en la parte de conexión o el riel, al conectar las barras y la carcassa.

Para evitar accidentes de este tipo, se deben considerar los siguientes puntos

- Observe el procedimiento de trabajo y confirme la señal con el operador y el trabajador.
- Mantenga su mano alejada de la parte de conexión y el espacio entre el riel y la carcassa.



Figura 25 Ejemplo de accidentes por machucones

(3) Gestión de la Seguridad para Accidentes por Caída de Andamios

Accidentes en los que los trabajadores caen de andamios y materiales caen desde los andamios han provocado pérdidas humanas y materiales. Para evitar estos accidentes, se deben considerar los siguientes puntos:

- Los andamios deben ser seguros para soportar el peso de la máquina de perforación.
- Instale pasamanos y barandas para evitar caídas como se muestra en la figura.
- No haga ninguna abertura en el suelo.

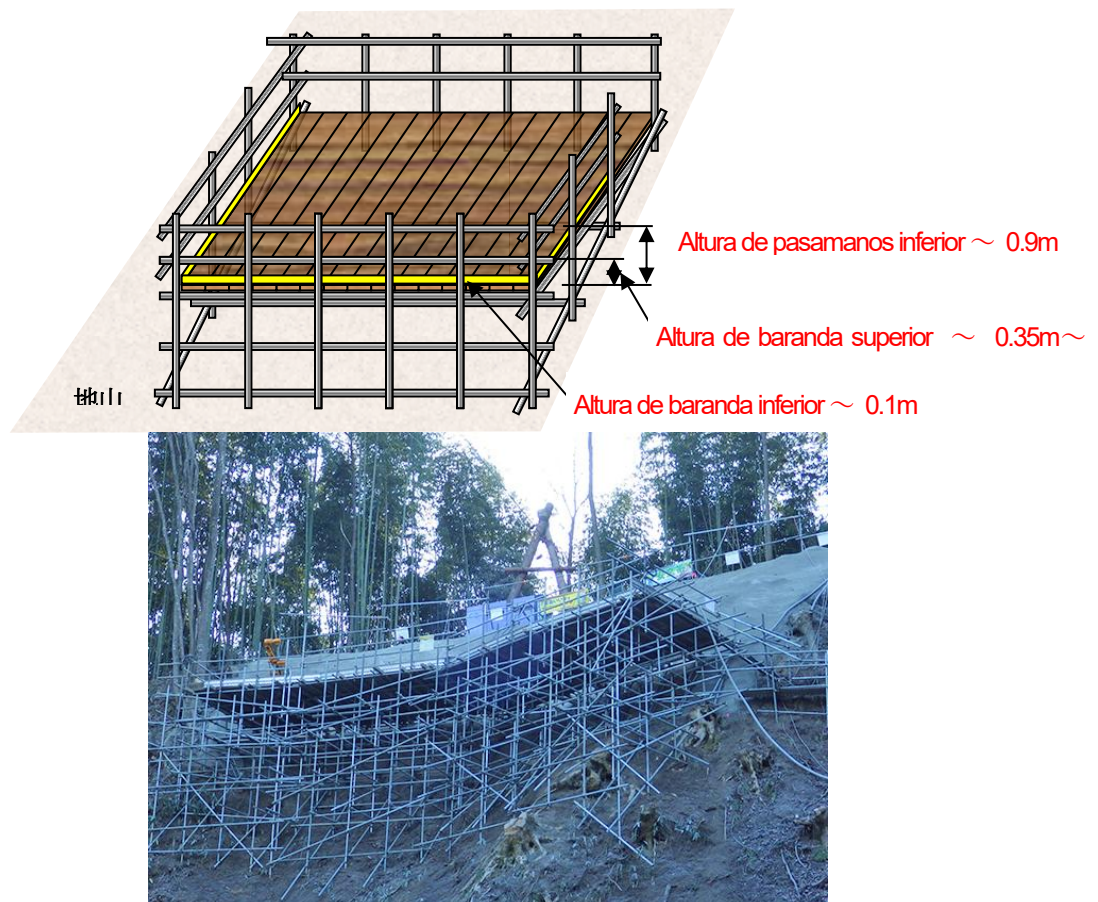


Figura 26 Ejemplo de medidas de seguridad para accidentes por caída desde andamios

(4) Gestión de la Seguridad para Accidentes por caída de cargas suspendidas durante carga / descarga

La caída de cargas suspendidas a menudo es causada por los siguientes factores:

- Corte de las eslingas
- Mala conexión del cable de la eslinga
- Suspensión de una carga mayor que la carga nominal de la grúa

Para prevenir este tipo de accidentes, se deben considerar los siguientes puntos:

- Cortes de las eslingas
 - Suspensión solamente de cargas inferiores a la carga nominal del cable.
 - Verificar el estado del cable y no utilizar cables defectuosos.
- Mala conexión del cable de la eslinga
 - Asegurarse de ubicar el centro de gravedad de la carga, suspendiéndola en total equilibrio.
 - Asegurarse de que el cable unido a la carga no se resbale y o salga.
 - Suspensión solamente de cargas inferiores a la carga nominal del cable.
 - No acercarse al área bajo la carga suspendida.
- Suspension of a load over the rated load of crane
 - La suspensión de cargas debe ser menor que la carga nominal de la grúa.
 - Instalar los estabilizadores en suelo firme.
 - Manténgase alejado del área bajo la carga suspendida.
 - Verifique las señales del operador y de los colaboradores, y trabajar de acuerdo con dichas señales.
 - No trabajar con vientos fuertes.

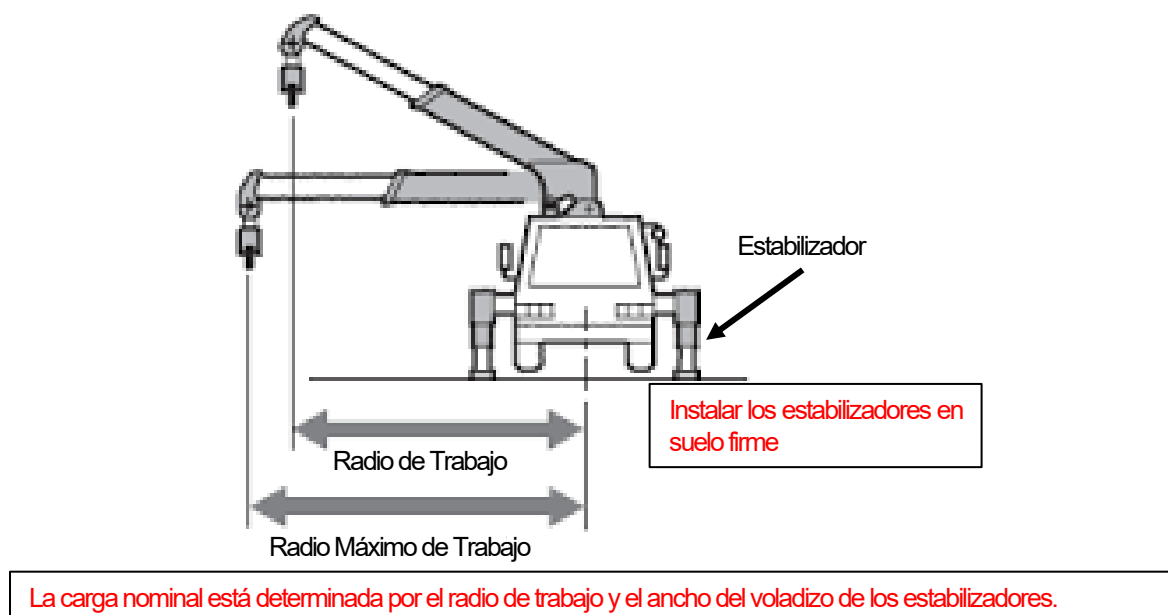


Figura 27 Capacidades de carga y condiciones de instalación de la grúa

*Manual para el Monitoreo y Mantenimiento de
Estructuras de Contramedidas en Sitios con
Riesgo de Desastres en Laderas de Pequeña /
Mediana Escala*

Proyecto para el Control y Mitigación de Desastres en Laderas
del Distrito Central en la República de Honduras

Manual para el Monitoreo y Mantenimiento de Estructuras de Contramedidas en Sitios con Riesgo de Desastres en Laderas de Pequeña / Mediana Escala

Abril de 2025

Alcaldía Municipal del Distrito Central
Equipo de Expertos de JICA

Contenido

Capítulo 1. Introducción	1
1.1 Propósito del manual	1
1.2 Concepto de monitoreo	1
Capítulo 2. Esquema de monitoreo para obras de contramedida	2
2.1 Procedimiento de monitoreo para obras de cotramedida	2
2.2 Bitácoras	3
2.3 Esquema de monitoreo	9
2.3.1 Tipos y tiempo para monitoreo	9
2.3.2 Formas de monitoreo (monitoreo periódico o de emergencia)	10
2.3.3 Elementos del monitoreo	12
2.3.4 Procedimiento de evaluación de estabilidad basado en el resultado del monitoreo	14
Capítulo 3. Método del monitoreo para contramedidas	16
3.1 Drenajes Horizontales	16
3.1.1 Estructura de Drenajes Horizontales	16
3.1.2 Disminución de la función de los Drenajes Horizontales y sus causas	17
3.1.3 Criterios de evaluación para niveles de deformación (monitoreo periódico o de emergencia)	19
3.1.4 Criterios de evaluación de niveles de estabilidad (Monitoreo periódico y de emergencia)	22
3.1.5 Monitoreo detallado	24
3.2 Pozos de drenaje	33
3.2.1 Estructura de los pozos de drenaje	33
3.2.2 Disminución de la función de los pozos de drenaje y sus causas	36
3.2.3 Criterios de evaluación para niveles de deformación (monitoreo periódico y de emergencia)	38
3.2.4 Criterios de evaluación para niveles de estabilidad (monitoreo periódico y de emergencia)	45
3.2.5 Monitoreo detallado	47
3.3 Canales	64
3.3.1 Estructura de los canales	64
3.3.2 Disminución de la funcionalidad de los canales y sus causas	67
3.3.3 Criterios de evaluación para niveles de deformación (monitoreo periódico y de emergencia)	69
3.3.4 Criterios de evaluación para niveles de estabilidad (monitoreo periódico y de emergencia)	78
3.4 Muro de de retención	80
3.4.1 Estructura de los muros de retención	80
3.4.2 Disminución de la función del muro de retención y sus causas	81
3.4.3 Criterios de evaluación para el nivel de deformación (Monitoreo periódico y de emergencia)	83
3.4.4 Criterios de evaluación para el nivel de estabilidad (Monitoreo periódico y de emergencia)	91
3.5 Concreto lanzado (Shotcrete)	93
3.5.1 Estructura del Concreto Lanzado (Shotcrete)	93
3.5.2 Disminución de la función del concreto lanzado y sus causas	94

3.5.3	Criterios de evaluación del nivel de deformación (Monitoreo periódico y de emergencia).....	101
3.5.4	Criterio de evaluación del nivel de estabilidad (moódico y emergencia).....	105
3.5.5	Monitoreo detallado.....	108
Capitulo 4. Monitoreo de la actividad de deslizamientos y monitoreo de contramedidas		118
4.1	Concepto.....	118
4.2	Resultados del monitoreo de la actividad del deslizamiento y el monitoreo de las contramedidas	119
Capitulo 5. Mantenimiento de las estructuras de las contramedidas.....		123
5.1	Drenajes Horizontales	123
5.1.1	Eliminación de obstrucción en perforación de drenaje (obra de limpieza).....	123
5.1.2	Reparación estructuras auxiliares (recolectoras, muro de retención, etc.).....	126
5.1.3	Reinstalación de contramedidas	126
5.2	Pozos de drenaje	127
5.2.1	Mantenimiento del cuerpo principal del pozo	127
5.2.2	Mantenimiento y reparación de las estructuras de seguridad.....	133
5.3	Canales.....	136
5.3.1	Causa de deformación y política de mantenimiento	136
5.3.2	Método de mantenimiento	137
5.4	Muros de retención.....	141
5.4.1	Causa de deformación y política de mantenimiento	141
5.4.2	Método de manteniimiento	142
5.5	Concreto Lanzado (Shotcrete)	146
5.5.1	Clasificación y política de mantenimiento.....	146
5.5.2	Método de mantenimiento	147
Capitulo 6. Conclusiones		150

Capítulo 1. Introducción

1.1 Propósito del manual

Las obras de contramedida para estabilización de laderas son estructuras que contribuyen a la estabilidad de estas y, si su funcionalidad disminuye, no será posible garantizar la estabilidad de las laderas en las que están construidas.

Es importante realizar el mantenimiento de las obras de contramedida para mantener la estabilidad de las laderas.

Al realizar el mantenimiento a las obras, es importante no solo confirmar el estado de las mismas y realizar reparaciones, sino también verificar el estado de la ladera en estudio.

Este manual describe métodos para la confirmación del estado de obras de contramedida (monitoreo de las obras) y el mantenimiento de las obras, así como la confirmación del estado de las laderas (monitoreo de laderas), y describe los métodos de monitoreo y mantenimiento que vinculan eficazmente estos dos objetivos (obras y ladera).

1.2 Concepto de monitoreo

La estabilidad de la ladera se puede preservar mediante el buen funcionamiento de las obras de contramedida instaladas.

Asimismo, las obras de contramedida construidas se deterioran gradualmente y su función se reduce de la misma manera.

Si se produce un cambio en el estado de la ladera, es necesario determinar si la causa se debe a una reducción del funcionamiento de las obras de contramedidas instaladas o a un cambio en el estado de la ladera, e investigar y tomar medidas al respecto.

Especialmente en el caso de las obras de contramedida para deslizamientos, es importante llevar a cabo un monitoreo del estado de las laderas y de la funcionalidad de las obras para confirmar el estado de ambas.

Para monitorear el estado de las laderas, se realiza periódicamente un monitoreo (nivel de las aguas subterráneas, medición de inclinómetro, etc.) y una inspección visual. (Este método de monitoreo se muestra en el manual de investigación del Resultado 1).

Este manual describe los métodos de monitoreo y mantenimiento de las obras de contramedidas instaladas.

También explica cómo verificar el resultado del monitoreo de las laderas y los resultados del monitoreo de las obras, así como el mantenimiento que debe realizarse en función de los resultados obtenidos.

Capítulo 2. Esquema de monitoreo para obras de contramedida

2.1 Procedimiento de monitoreo para obras de cotramedida

El procedimiento de monitoreo para obras de contramedida es el siguiente:

Es importante llevar a cabo el monitoreo del estado de las laderas y de la funcionalidad de las obras en paralelo para confirmar y verificar cada estado.

Luego, en función de los resultados del monitoreo, se aplicarán reparaciones a las obras de contramedidas y se continuará con el monitoreo.

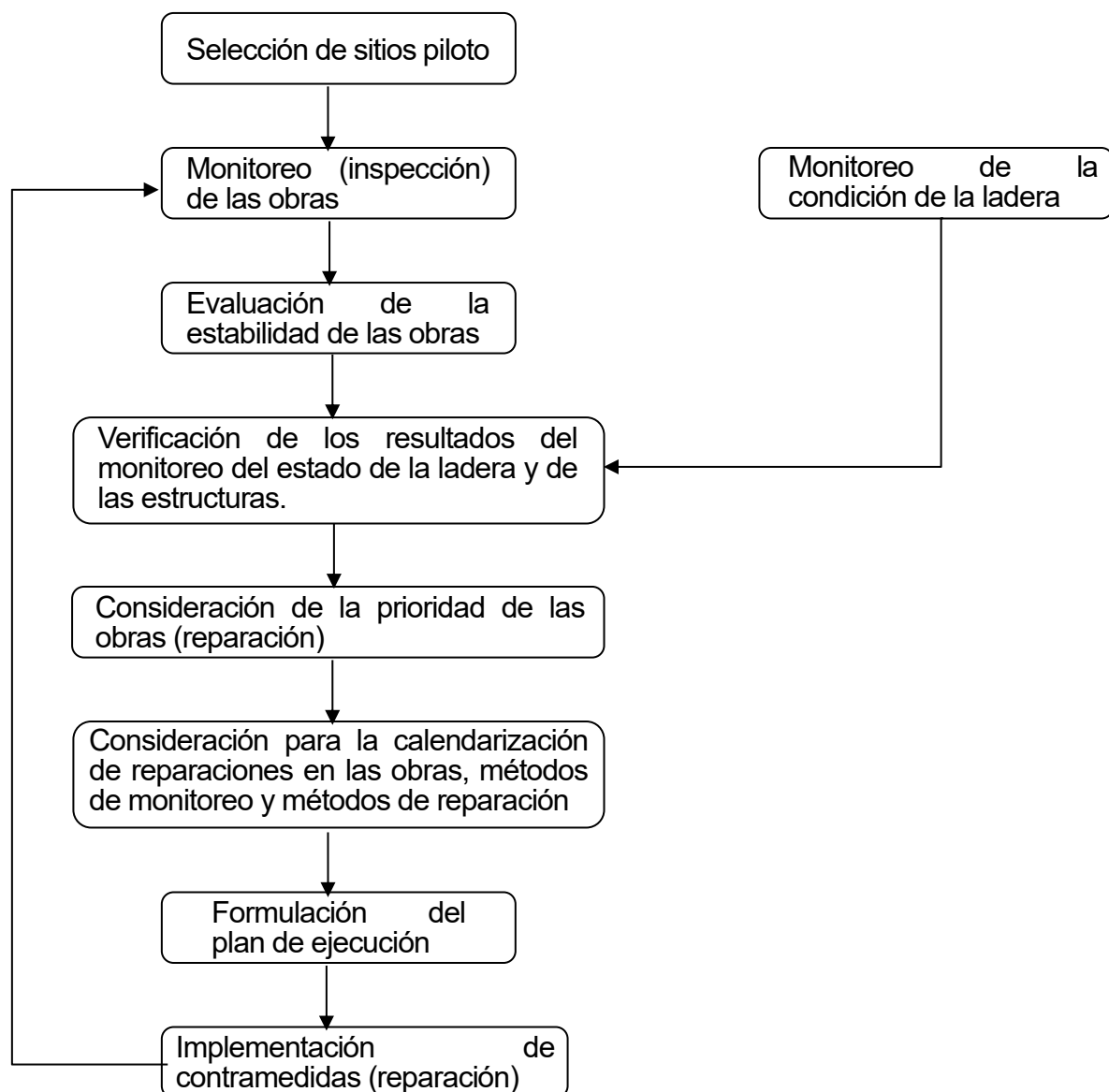


Figura 1 Procedimiento para monitoreo de obras

2.2 Bitácoras

Para llevar a cabo el monitoreo y mantenimiento correctamente, es necesario seleccionar correctamente las obras.

Para ello, es esencial preparar bitácoras sobre las obras que se han construido en el pasado y saber de qué tipo son, donde está ubicadas, cuáles son las estructuras de las que están compuestas, etc.

Los siguientes puntos se deben describir y organizar en las bitácoras:

- Condiciones generales del área piloto
(ubicación, extensión, información sobre los propietarios, proceso del proyecto, historial de desastres, etc.)
- Ubicación de las obras
(planos en planta, perfiles, etc.)
- Información de cada obra
(tipo de construcción, tamaño, año de construcción, planos estructurales, fotografías, etc.)

Es útil organizar esta información mediante un SIG para facilitar su gestión.

Además, es importante gestionar bitácoras con la siguiente información para su mantenimiento

- Resultados de monitoreo : tiempos, resultado, evaluaciones
- Plano de reparación basado en el monitoreo : reparaciones, mantenimiento, renovación, etc.
- Resultados de reparaciones

Es importante que esta información se consolide, se utilice y actualice en la supervisión y ejecución del mantenimiento.

A continuación, se presentan casos de estudio de bitácoras para proyectos japoneses de contramedidas para deslizamientos.

En Japón, al momento de implementar obras para deslizamientos, es necesario designar por ley como zona de prevención por deslizamientos, la zona circundante en la que se prevén daños y el lugar en el que se van a construir las obras de contramedidas.

Por lo tanto, es necesario organizar la información sobre la zona de prevención en una bitácora.

La bitácora debe contener la siguiente información:

- Información general del deslizamiento
- Información de las obras de contramedida
- Información sobre los terrenos situados en la zona del deslizamiento y de sus propietarios
- Información de ventas/arrendamientos de terrenos que se facilita para la ejecución de obras de contramedidas.

Tabla 1 Caso de estudio de bitácora para zona de deslizamiento (Contenido general)

[illegible]

Tabla 2 Caso de estudio de bitácora para zona de deslizamiento (Listado de obras)

Obras para Prevención de Deslizamientos									
Zona No.		1							
Nombre del deslizamiento		OO							
Ubicación (Bloque)	Tipo de contramedida	Nombre de la obra	Administrador	Dueño	Estructura	Cantidad	Fecha de finalización	Si la ubicación de la obra se encuentra o no en una zona regulada por otras	Observaciones
Bloque A	Drenajes Horizontales	HDB-1	AMDC	Distrito Central	φ90mm L=30~40m	10pc	1/20/2024	NA	Muro de gaviones, caja de recolección
Bloque A	Drenajes Horizontales	HDB-2	AMDC	Distrito Central	φ90mm L=30~50m	8pc	2/20/2024	NA	Muro de gaviones, caja de recolección
Bloque A	Canal	CH-1	AMDC	Distrito Central	Canal de concreto	45m	3/12/2024	NA	
Bloque B	Drenajes Horizontales	HDB-3	AMDC	Distrito Central	φ90mm L=40~45m	12pc	9/20/2023	NA	Muro de gaviones, caja de recolección
Bloque B	Drenajes Horizontales	HDB-4	AMDC	Distrito Central	φ90mm L=25~40m	10pc	10/30/2023	NA	Muro de gaviones, caja de recolección
Bloque B	Canal	CH-2	AMDC	Distrito Central	Canal de concreto	45m	11/19/2023	NA	
Bloque B	Muro de gaviones	RW-1	AMDC	Distrito Central	H=3.0 W=1.5m	25m	10/20/2023	NA	
Bloque B	Muro de gaviones	RW-2	AMDC	Distrito Central	H=4.0 W=1.5m	35m	11/15/2023	NA	
Bloque B	Muro de gaviones	RW-3	AMDC	Distrito Central	H=3.0 W=1.5m	20m	11/30/2023	NA	
Bloque B	Corte de ladera		AMDC	Distrito Central		100m2	12/20/2024	NA	Incluye hidrosiembra

Además, se adjuntarán a la bitácora un plano en planta y perfiles longitudinales que muestren las obras de contramedida y el perfil del deslizamiento (bloque, plano de deslizamiento, etc.), un plano estructural de cada obra de contramedida y una fotografía de la obra terminada.

Tabla 3 Caso de estudio de bitácora para zona de deslizamiento (Historial de obras)

Bitácora (Historial de Obras)														
Zona No.		2024		2023		2022		2021		2020		OO		
Nombre de deslizamiento														
Año	Plan maestro	2020		2021		2022		2023		2024				
Costo de proyecto	HNL 50,000,000	HNL 8,400,000		HNL 8,900,000		HNL 10,900,000		HNL 10,900,000		HNL 10,900,000				
Costo de construcción	HNL 30,000,000					HNL 10,000,000		HNL 10,000,000		HNL 10,000,000				
Costos indirectos	HNL 1,500,000					HNL 500,000		HNL 500,000		HNL 500,000				
Costes de estudios, investigación y diseño	HNL 10,000,000	HNL 8,000,000		HNL 2,000,000										
Costo de adquisición de tierras	HNL 5,000,000			HNL 5,000,000										
Costo compensatorio	HNL 1,500,000			HNL 1,500,000										
Costo administrativo	HNL 2,000,000	HNL 400,000		HNL 400,000		HNL 400,000		HNL 400,000		HNL 400,000				
Constructor		OOConsultants		□□Consultants		OOConstruction&Built ltd.		OOConstruction&Built ltd.		OOConstruction&Built ltd.				
Fecha de finalización		12/20/2020		8/10/2021		12/15/2022		12/20/2023		12/10/2024				
Ítem de Trabajo	Drenajes Horizontales	Nombre de obra	Cantidad	Unidad	Nombre de obra	Cantidad	Unidad	Nombre de obra	Cantidad	Unidad	Nombre de obra	Cantidad	Unidad	
	Drenajes Horizontales			PC			PC	HDB-1	10	PC			PC	
	Drenajes Horizontales			PC			PC	HDB-2	8	PC			PC	
	Drenajes Horizontales			PC			PC			PC	HDB-3	12	PC	
	Drenajes Horizontales			PC			PC			PC	HDB-4	10	PC	
	Canales			m			m	CH-1	45	m			m	
	Canales			m			m			m	CH-2	45	m	
	Muro de gaviones			m			m			m			25	m
	Muro de gaviones			m			m			m			35	m
	Muro de gaviones			m			m			m			20	m
Corte de ladera			m2			m2			m2			100	m2	
Observaciones		Sondeos Geotécnicos, Análisis, Diseño, Levantamientos Topográficos				Adquisición de terrenos, Reubicación de residentes								

Tabla 4 Caso de estudio de bitácora para zona de deslizamiento (Tierras para ubicación de obras)

Bitacora (Tierras para Ubicación de Obras)							Zona No.	1
							Nombre de Deslizamiento	OO
Dirección	Zonificación de área	Área (m2)	Fecha de contratación	Contratista		Contenido del contrato	Bitácora de Zonas de Deslizamiento	Observaciones
				Nombre de dueño	Dirección			
OO3-3	Bosques	50.0	10/10/2021			Contratos de arrendamiento de tierra		
OO5-1	Área salvaje	50.0	10/15/2021			Contratos de arrendamiento de tierra		
OO1-15	Área cultivada	30.0	9/25/2021			Contrato de venta de tierra	12/5/2021	
OO3-1	Área cultivada	30.0	9/25/2021			Contrato de venta de tierra	12/5/2021	
OO3-2	Área residencial	50.0	11/3/2021			Contrato de venta de tierra	12/5/2021	
OO4-1	Área residencial	50.0	11/3/2021			Contrato de venta de tierra	12/5/2021	
OO6-1	Área residencial	50.0	11/3/2021			Contrato de venta de tierra	12/5/2021	

Tabla 5 Caso de estudio de bitácora para zona de deslizamiento (Zonas de Deslizamientos)

Bitácora (Zonas de Deslizamiento)					Zona No.	1
					Nombre de Deslizamiento	OO
Departamento	Ciudad	Distrito	Dirección			
Francisco Morazan	Tegucigalpa	OO	1-1,2-1,3,7-1,8,8-1,8-2,8-3,9-1,9-2,9-3			
		□□	1-13,2-2,2-4,2-7,2-8,2-9,2-10,2-11,2-12,3-1,3-2,3-3,3-4,3-5,3-8,3-9			
		△△	1-4,2-3,3,7-5,8,8-1,8-2,8-3,9-1,9-2,9-3			
		※※	1-1,2-1,3,7-1,8,8-1,8-2,8-3,9-1,9-2,9-3			
Observaciones						

Debe adjuntarse el mapa catastral de la zona designada como zona de prevención por deslizamiento

2.3 Esquema de monitoreo

2.3.1 Tipos y tiempo para monitoreo

Los tipos de monitoreo se clasifican en 4 categorías:

< Monitoreo diario >

Durante la gestión diaria de las estructuras de prevención a deslizamientos (inspecciones), se comprueba visualmente si las estructuras se deforman o no (debido al envejecimiento, la deformación de la ladera u otros factores).

Resulta eficaz realizar este monitoreo durante la observación del deslizamiento (nivel freático, inclinómetro en sondeos, etc.)

El monitoreo debe llevarse a cabo durante las inspecciones diarias y el monitoreo de deslizamientos de tierra.

< Monitoreo periódico >

Se lleva a cabo para comprobar visualmente si hay deformación, envejecimiento, etc. o no, y el nivel de deformaciones de las obras.

Se confirman y juzgan los riesgos futuros que pueden causar las deformaciones, etc.

Los elementos de control se establecen en función de las características y la finalidad de la estructura.

El monitoreo se realiza una vez cada 5 a 10 años. No obstante, en el caso de las instalaciones que se considere que necesitan monitoreos para evaluar el nivel de estabilidad de las mismas, el monitoreo debe realizarse a intervalos de 5 años o menos.

< Monitoreo de emergencia >

Se lleva a cabo para comprobar si hay deformación, envejecimiento, etc. o no, y el nivel de deformaciones de las obras después de lluvias anormales o terremotos.

Los elementos a verificar son los mismos que en un monitoreo periódico.

< Monitoreo detallado >

Se realiza para confirmar con más detalle el nivel y las causas de las deformaciones confirmadas en los monitoreos periódicos y de emergencia (en caso de que se considere necesario un monitoreo detallado durante la realización de un monitoreo periódico o de emergencia).

En función de los resultados de este tipo de monitoreo, se juzga la conveniencia o no de reparar o renovar las obras.

2.3.2 Formas de monitoreo (monitoreo periódico o de emergencia)

Para el monitoreo periódico y de emergencia, se comprobará y registrará en el formulario de monitoreo la condición de las obras y de sus áreas circundantes.

Si se detecta alguna anomalía en la obra (excepto las de menor importancia), se comprobará la misma mediante métodos tales como la medición, la prueba del martillo, observación, etc., adaptados a la situación, si fuese necesario. (Véase el Capítulo 3: Método de monitoreo para contramedidas).

Durante el monitoreo, deben tenerse en cuenta los siguientes puntos:

1. En principio, se comprueba si hay algún problema en la obra y se registra.
2. Las fotografías deben tomarse desde el mismo ángulo y dentro del mismo rango, etc., con el fin de captar los cambios en comparación con la verificación anterior.
3. Cuando se tomen fotografías de deformaciones, es mejor utilizar una cinta métrica para determinar el alcance de la deformación.
4. Es mejor utilizar un martillo u otro instrumento sencillo para comprobar la situación, dependiendo de la situación de anomalía (prueba del martillo, etc.).

La prueba del martillo es un método para comprobar problemas internos golpeando una estructura con un martillo y determinando la diferencia de sonido.

Se utiliza para comprobar los problemas internos del concreto armado, etc.

A continuación, se muestran ejemplos de conclusiones a las cuales se pueden llegar a partir de la prueba del martillo

Tabla 6 Ejemplos de conclusiones para la prueba del martillo

Sonido emitido por el martillo	Estado asumido de la estructura
Se oye un sonido agudo y claro durante el martilleo (sonido claro)	Estable (sin anomalía)
Sonido apagado como golpeteo, repiqueteo, etc. (sonido apagado)	Deteriorado, hueco cerca de la superficie
Sonidos de desprendimiento (descascarado) Comúnmente observado en deformaciones de shotcrete	Sonido de desprendimiento (flotante)



5. Se registra la situación de la anomalía encontrada, incluida su localización, en la hoja de monitoreo. También deben adjuntarse fotografías.
6. Es mejor marcar o remachar los puntos de medición en los que se detecta una anomalía para observar su evolución. En el monitoreo, es mejor medir las posiciones anormales (cambio en la distancia entre los puntos de marcado o remachado) y comprender cuantitativamente el progreso de la anomalía.



7. Durante el monitoreo, es mejor llevar planos de las obras y las hojas de monitoreo anteriores para confirmar la situación de anomalía y su progreso.

El modo detallado para monitoreo se describe en el Capítulo 3, teniendo en cuenta las características de cada obra.

2.3.3 Elementos del monitoreo

Los elementos del monitoreo para las obras de contramedida para deslizamientos son los que se muestran a continuación (se centra en los elementos concernientes a obras de contramedidas ya construidas en Honduras).

Más adelante se explicarán los detalles de los elementos de monitoreo para cada tipo de estructura y ejemplos de deformidades.

Tabla 7 Lista de elementos de monitoreo

Estructura	Parte	Daños (deformación) en los que centrarse	Consideraciones al realizar monitoreo
Drenajes Horizontales	Tubería de Drenaje	Deterioro, corrosión, deformación	- Se comprueba el estado de corrosión (acero) y deterioro (plástico) de las tuberías de drenaje debido al envejecimiento - Se comprueba el estado de daños y deformaciones de las tuberías de drenaje debido a la actividad del deslizamiento
		Obstrucción de tubería	- Se comprueba si hay obstrucciones (hierro, bacterias, barro, algas) en la tubería de drenaje
	Caja de Recolección	Deterioro, corrosión, deformación	- Se controla visualmente si hay alguna deformación o no - Se sugiere medir y registrar la cantidad de caudal que drena de las tuberías - Se comprueba el estado de corrosión de los materiales de acero y el deterioro del hormigón y otros materiales debido al envejecimiento - Se comprueba el estado de los daños y deformaciones de las obras de protección de las tuberías de drenaje y de las cajas de recolección debido a la actividad del deslizamiento
		Depósito de sedimento	- Se comprueba si hay depósitos de sedimentos, etc. en la caja de recolección
Pozos de Drenaje	Cuerpo Principal	Deterioro, corrosión, deformación	- Se comprueba y registra la localización, tamaño y dirección de cualquier daño o deformación entrando en el pozo de drenaje - El ingreso al pozo se hará solamente hasta después de monitorear y garantizar la seguridad por riesgo de deficiencia de oxígeno, gases tóxicos, caídas, etc - Si no se ingresa al pozo, se comprueba visualmente el cuerpo principal para ver si está dañado, roto o inclinado, si hay anegamiento y el estado de la obstrucción de la salida del tubo de drenaje - Se sugiere medir y registrar la cantidad de caudal que drena de las tuberías (drenajes)

			horizontales) - Se registra la localización, escala y dirección de la deformación y daños en el cuerpo principal. En particular, se debe registrar la ubicación y la dirección de la grieta y la deformación, ya que son información importante para estimar cómo actúa la fuerza - Se registra la localización y la escala de la corrosión (material de acero) y el deterioro (material de hormigón) en el cuerpo principal debido al envejecimiento
	Tubería de drenaje (drenajes horizontales)	Deterioro, corrosión, deformación	- Se comprueba el estado de corrosión (acero) y deterioro (plástico) de las tuberías de drenaje debido al envejecimiento - Se comprueba el estado de daños y deformaciones de las tuberías de drenaje debido a la actividad del deslizamiento
		Obstrucción de tubería	- Se comprueba si hay obstrucciones (hierro, bacterias, barro, algas) en la tubería de drenaje
	Tubería de drenaje desde el pozo	Deterioro, corrosión, deformación	- Se comprueba el estado de corrosión (acero) y deterioro (plástico) de las tuberías de drenaje debido al envejecimiento - Se comprueba el estado de los daños y deformaciones de las tuberías de drenaje del pozo debido a la actividad del deslizamiento - Se comprueba el anegamiento del pozo debido a la obstrucción de la tubería de drenaje desde el pozo - Se puede confirmar la presencia o ausencia de fugas de agua de la tubería de drenaje comparando la cantidad de agua en la entrada y la salida de la tubería de drenaje del pozo
		Obstrucción de tubería	- Se comprueba si hay obstrucciones (hierro, bacterias, lodo, algas) en la tubería de drenaje del pozo
	Elementos de seguridad (escaleras, canopy, vallas, puertas, etc.)	Deterioro, corrosión, deformación	- Se comprueba la situación de corrosión, deterioro, daños, deformación, etc. de la estructura
Canales	Canales, cajas y disipadores de energía	Deterioro, corrosión, deformación	- Se comprueba visualmente si hay deformaciones - Se comprueba la corrosión de los materiales de acero y el deterioro del hormigón y otros materiales debido al

		envejecimiento - Se comprueba si hay daños y deformaciones en el canal, las cajas de recolección y los disipadores de energía debido a la actividad del deslizamiento
	Depósito de sedimento	- Se comprueba el estado de los depósitos de sedimentos (basura, árboles caídos, hojas, etc.) en canales, cajas de recolección y disipadores de energía (confirmar que los sedimentos no obstruyan el flujo de agua ni causen desbordamientos)
Muro de Retención	Deformación, colapso, erosión, etc.	- Se comprueban las grietas / daños / deformaciones de la estructura y el asentamiento / nacimiento de agua / erosión en los cimientos
Obras de Protección de Talud (Shotcrete)	Deformación, hundimiento, cavidades en el talud	- Deformación, colapso, cavidades, etc. En el talud

2.3.4 Procedimiento de evaluación de estabilidad basado en el resultado del monitoreo

La siguiente figura muestra el flujograma desde la puesta en marcha del monitoreo hasta la determinación de la estabilidad de la estructura.

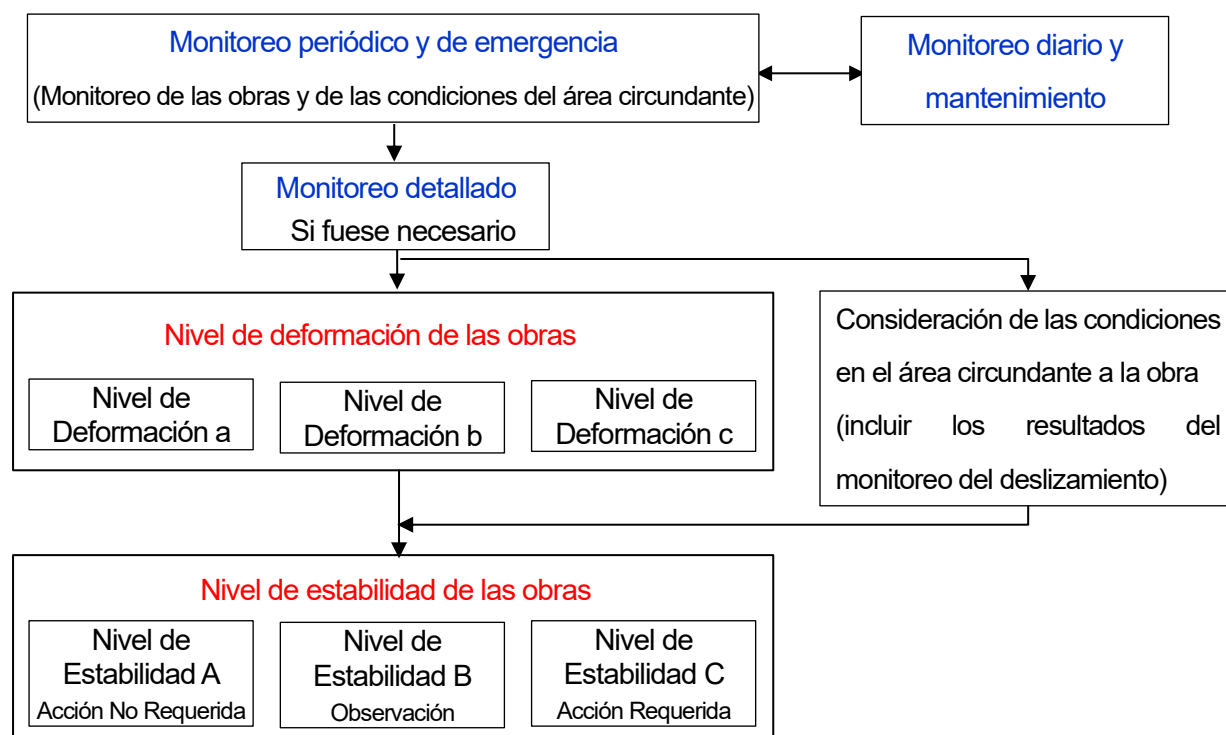


Figura 2 Flujograma para Monitoreo

El propósito del flujograma es el siguiente:

- Determinar el nivel de deformación de cada estructura basándose en varios resultados de monitoreo

- Basándose en la evaluación del nivel de deformación, determinar la estabilidad de las estructuras teniendo en cuenta las condiciones del área circundante, el riesgo futuro de la ladera y el resultado del monitoreo del deslizamiento.

A continuación, se ofrece una guía que define los niveles de deformación y estabilidad.

Tabla 8 Índice de valoración del nivel de deformación

Nivel de Deformación	Condición de Deformaciones
a	No se han producido daños o existen solamente daños menores en la estructura evaluada. No hay pérdida de rendimiento debido a los daños y no se requieren acciones.
b	Se han producido daños en la estructura evaluada, pero no se ha producido un deterioro significativo. Aunque actualmente no es necesario tomar acciones inmediatas, es necesario vigilar la evolución de los daños mediante monitoreos periódicos y de emergencia.
c	Debido a que se han producido daños en la estructura evaluada, hay pérdida de rendimiento, o existe la preocupación de que disminuya el rendimiento.

Tabla 9 Índice de valoración del nivel de estabilidad

Nivel de Estabilidad	Condición de Deformaciones
A Acción No Requerida	No se han producido daños o existen solamente daños menores en la estructura evaluada. No hay pérdida de rendimiento debido a los daños y no se requieren acciones.
B Obsevación	Aunque se han producido daños en la estructura, no se ha producido una pérdida de función o rendimiento que suponga un problema. Aunque en la en el momento no sea necesario tomar acciones de forma inmediata, existe la posibilidad de que sea necesario tomar medidas en el futuro, por lo que se debe supervisar la evolución de los daños mediante un monitoreo periodico o tomar medidas desde el punto de vista del mantenimiento preventivo.
C Acción Requerida	Debido al daño de la estructura, el rendimiento y la resistencia se pierden o disminuyen.

El declive funcional se determina teniendo en cuenta los resultados del monitoreo del deslizamiento (nivel de aguas subterráneas, etc.), la deformación de las laderas circundantes y la estabilidad estructural.

Capítulo 3. Método del monitoreo para contramedidas

3.1 Drenajes Horizontales

3.1.1 Estructura de Drenajes Horizontales

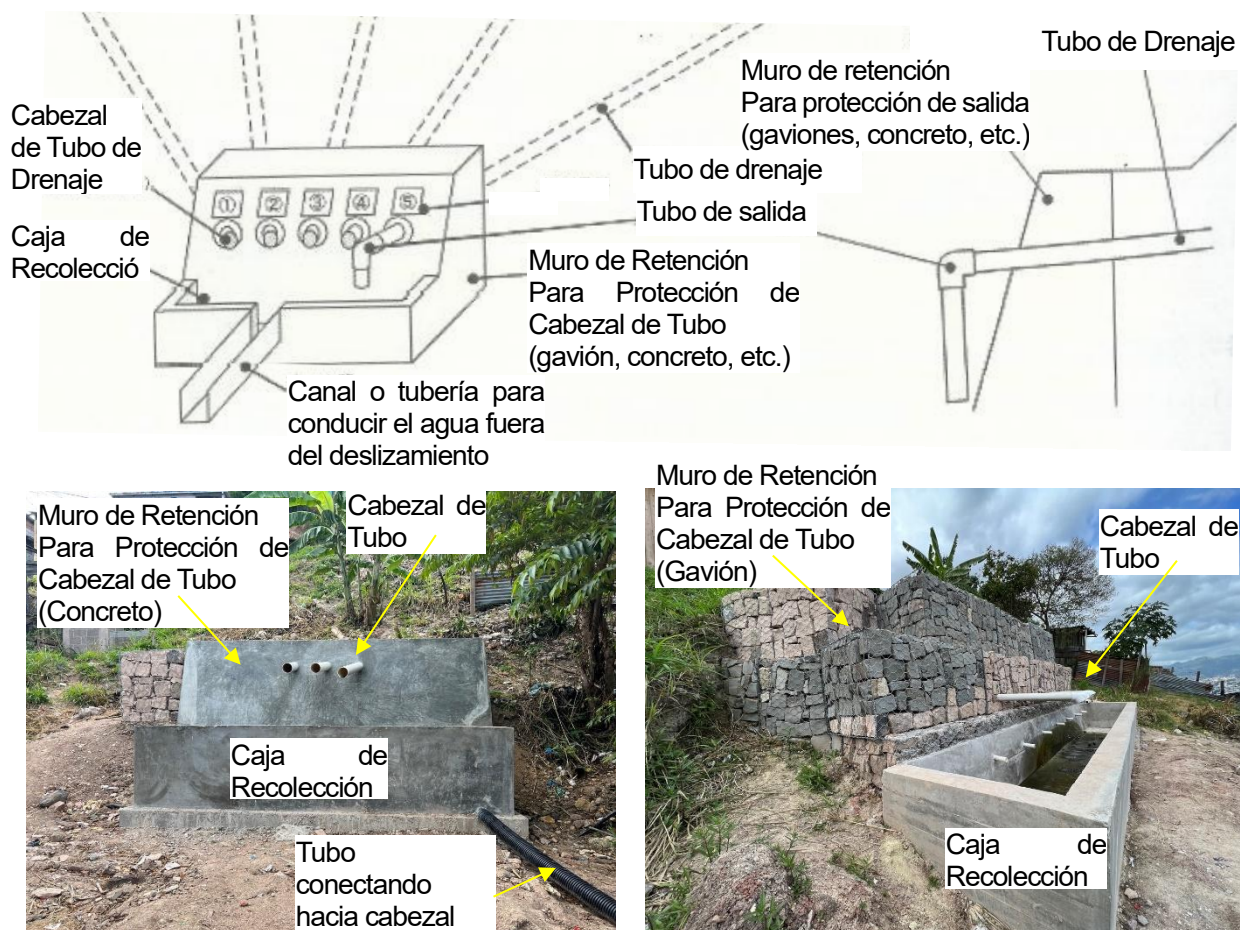


Figura 3 Caso de Estudio en Honduras (Campo Cielo)

Tabla 10 Estructura de Drenaje Horizontal

Elemento	Explicación
Tubo de Drenaje	- Se perfora el cuerpo de deslizamiento y se inserta una tubería de 40 a 100 mm de diámetro para drenar las aguas subterráneas - Suelen utilizarse tuberías de PVC con filtros
Cabezal de Tubo	- Conduce las aguas subterráneas recogidas hacia la caja de recolección - Suelen utilizarse tuberías de PVC
Muro de Retención para Protección	- Muro de retención para proteger el cabezal de tubo - Generalmente se elaboran con concreto o gaviones
Caja de Recolección	- Estructura para drenar el agua de las tuberías de drenaje y conducirla a canales y tuberías - Generalmente está unido a un muro de retención
Canal, tubo	- Estructuras que conectan con los canales principales de agua, etc., para conducir el agua recogida en las cajas de recolección a un área fuera del deslizamiento

3.1.2 Disminución de la función de los Drenajes Horizontales y sus causas

A continuación, se indican los elementos que provocan una disminución de la función y su repercusión en los deslizamientos.

Tabla 11 Disminución de la función de drenajes horizontales y sus causas

Eficacia y funciones como método de contramedida para deslizamientos	- Reducción de la presión de poros que actúa sobre el plano de deslizamiento (con el efecto de drenar el agua subterránea en el cuerpo del deslizamiento y que se suministra al plano de deslizamiento)				
	- Disminución de la capacidad de recogida de agua (tubo de drenaje) - Disminución de la capacidad de flujo (tubo de drenaje) - Disminución de la capacidad de drenaje (caja de recolección, canal, tubo)				
Tipos de declive funcional	Elemento	Daño, corte, deterioro, deformación de las tuberías de drenaje	Obstrucción de la tubería de drenaje, obstrucción del cabezal	Deformación, bloqueo y soterramiento de muros de contención, cajas de recolección, canales, tuberías, etc.	Humedad del suelo y nacimientos d agua alrededor de las estructuras
Fenómeno que indica declive funcional	Contenido	Daños en la tubería causados por deslizamientos, deformaciones debidas al envejecimiento o corrosión de la tubería	Disminución de la capacidad de recogida de agua debido a la obstrucción de los orificios de drenaje, disminución de la capacidad de flujo debido a la obstrucción de las tuberías de drenaje	Pequeños colapsos de las laderas circundantes debido a las filtraciones de agua, deformación e inclinación de las estructuras debido a la socavación de los cimientos de las estructuras. Reducción de la capacidad de flujo debido al depósito de suelo en la caja de recolección y en los canales	Debido al deterioro de la estructura, aumenta el nivel de las aguas subterráneas en los alrededores.
Afecciones que pueden producirse debido al deterioro funcional		Se reduce la función de la tubería de drenaje de recoger y drenar las aguas subterráneas. Fugas y re-percolación del agua recogida en la tubería debido al bloqueo y rotura de la misma.		El agua recogida se filtra y vuelve a percolar en el cuerpo del deslizamiento.	
Impacto en deslizamientos		La reducción de la capacidad de drenaje por obstrucciones y fugas en las tuberías de drenaje y la filtración y repercolación del agua recogida provocan un aumento del nivel de las aguas subterráneas, lo que a su vez provoca una disminución de la estabilidad del deslizamiento			

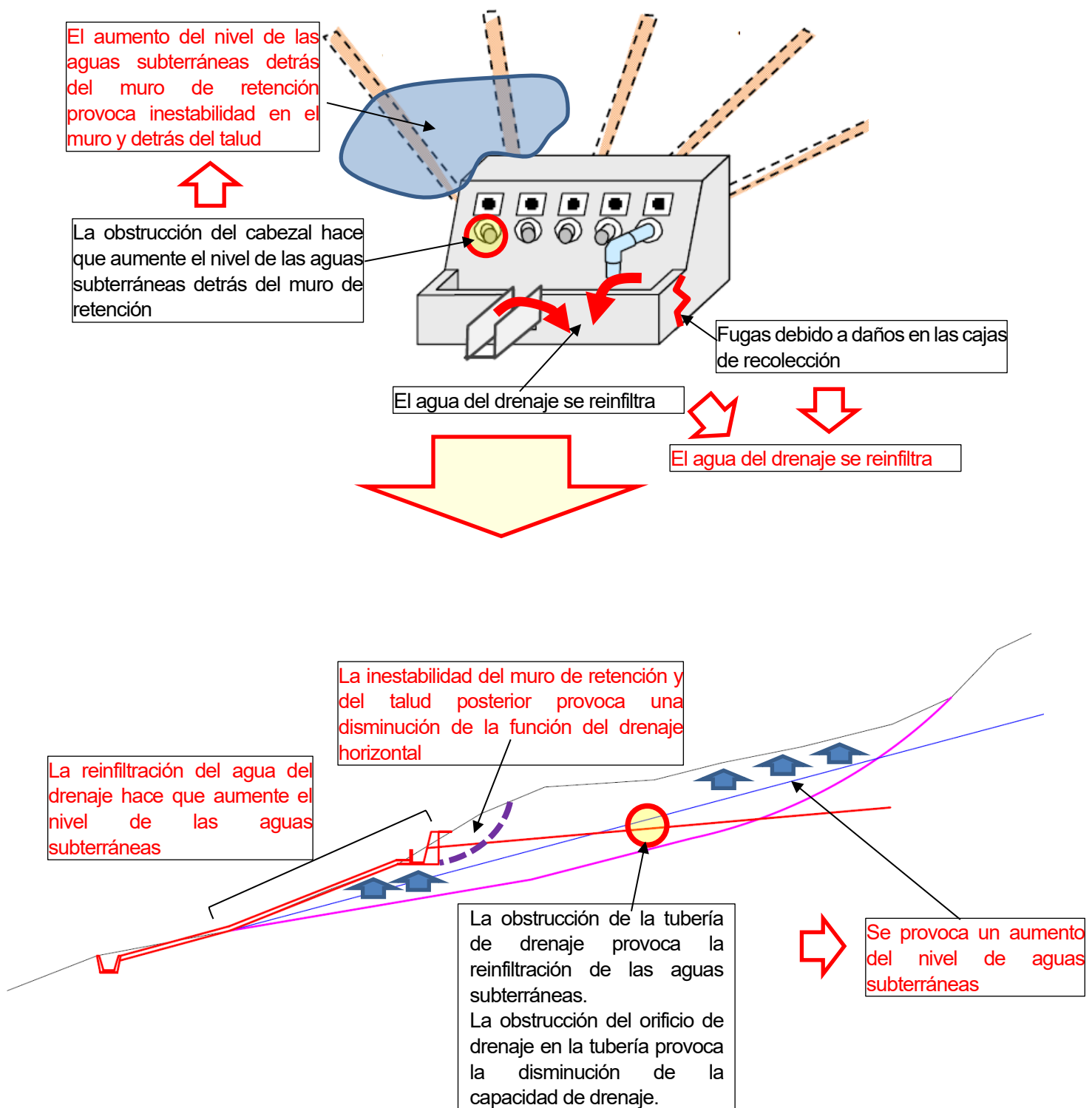


Figura 4 Impacto a la estabilidad del deslizamiento por disminución de la funcionalidad de las obras de contramedida.

3.1.3 Criterios de evaluación para niveles de deformación (monitoreo periódico o de emergencia)

A continuación, se indican los elementos que provocan una disminución de la funcionalidad y su repercusión en los deslizamientos.

Tabla 12 Criterios de evaluación del nivel de deformación (Drenajes Horizontales)

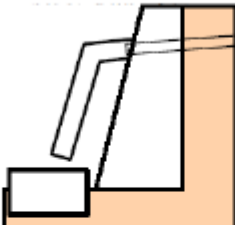
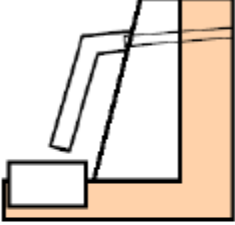
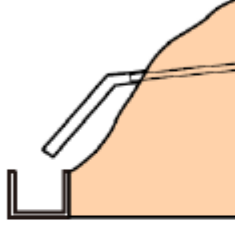
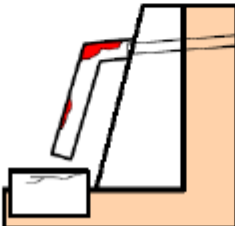
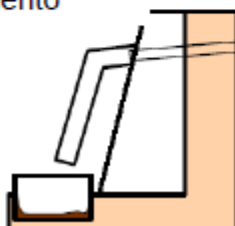
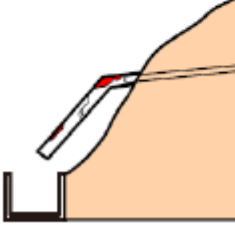
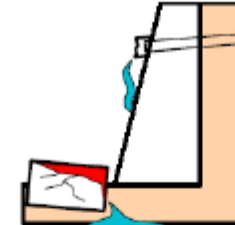
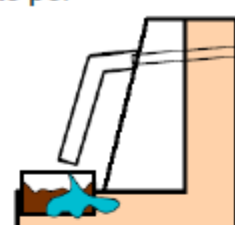
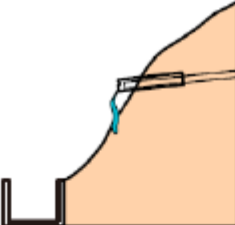
Nivel de Deformación		Drenajes Horizontales			
		Deformación del muro de retención, la caja de recolección, el canal y la tubería	Sedimentación de la caja de recolección y del canal	Deformación del cabezal de tubo	Obstrucción de la tubería de drenaje
a	Daños menores o inexistentes	Ninguno o daños menores 	Sin sedimentación 	Ninguno o daños menores 	- Sin obstrucciones - Pequeña obstrucción en el exterior de la tubería de drenaje - Se ha confirmado el drenaje de aguas subterráneas 
b	Hay daños, pero no han provocado un deterioro de la funcionalidad o rendimiento	Algunos daños, sin fugas 	Algo de sedimentación, sin desbordamiento 	Algunos daños, sin fugas 	- Obstrucción en la mayoría de las tuberías de drenaje (generalmente menos del 25% del área de salida de cada tubería de drenaje) - Se ha confirmado el drenaje de aguas subterráneas 
c	Existe una disminución de la función o el rendimiento	Filtraciones por daños 	Desbordamiento por sedimentación 	La mayoría están dañados 	- Gran cantidad de obstrucción en la mayoría de las tuberías de drenaje (generalmente más del 25% del área de salida de cada tubería de drenaje)- Parece que el drenaje de aguas subterráneas se detuvo debido a la obstrucción 
Puntos de Evaluación		- La disminución de La capacidad de drenaje, las fugas de agua de drenaje y el desbordamiento del agua provocan el aumento del nivel de las aguas subterráneas y La inestabilidad de los deslizamientos - los datos del monitoreo de las aguas subterráneas y del volumen de drenaje de las aguas subterráneas son información útil para evaluar La estabilidad de una obra			
Puntos a tener en cuenta para el Monitoreo		Existe el riesgo de que el agua de drenaje del sistema de drenaje horizontal no se recoja o de que el agua recogida se infiltre	Existe riesgo de infiltración del agua en el cuerpo del deslizamiento	Existe el riesgo de que sea imposible recoger el agua drenada en la caja de recolección	La obstrucción de la tubería de drenaje provoca una disminución de la capacidad de drenaje y la infiltración de las aguas subterráneas drenadas
		- Compruebe cualquier cambio mediante inspección visual. - Es conveniente registrar el volumen de drenaje de cada tubería	- Compruebe el estado de sedimentación de suelo, restos vegetales, basura, etc. en la caja de recolección	- Compruebe el estado de corrosión de los materiales de acero y el deterioro del concreto y otros materiales debido al envejecimiento - Compruebe el estado de los daños y deformaciones de los muros de retención y de las cajas de recolección debidos a la actividad del deslizamiento	- Compruebe si hay obstrucciones en los cabezales

Tabla 13 Casos de Estudio de Monitoreo (Tuberías de Drenaje)

Nivel de Deformación	Puntos a tener en cuenta	Fotos
a Daños menores o nulos	- Sin obstrucciones - Pequeñas obstrucciones en el exterior de la tubería de drenaje - Se ha confirmado que existe el drenaje de aguas subterráneas	
b Existe daño, pero no se ha traducido en una disminución de la funcionalidad	- Obstrucción en la mayoría de las tuberías de drenaje (generalmente menos del 25% del área de salida de cada tubería de drenaje) - Se ha confirmado que existe el drenaje de aguas subterráneas	
c Existe una disminución de la funcionalidad	- Gran cantidad de obstrucción en la mayoría de las tuberías de drenaje (generalmente más del 25% del área de salida de cada tubería de drenaje). - Parece que el drenaje de aguas subterráneas se detuvo debido a la obstrucción	

Tabla 14 Caso de Estudio de Monitoreo (Caja de Recolección)

Nivel de deformación	Puntos a tener en cuenta	Foto
a Daños menores o nulos	Sin sedimentación	
b Hay daños, pero no ha resultado en una disminución de la función	Algo de sedimentación, sin desbordamiento	
c Existe una disminución de la funcionalidad	Desbordamiento debido a sedimentación	

3.1.4 Criterios de evaluación de niveles de estabilidad (Monitoreo periódico y de emergencia)

Tabla 15 Criterio de evaluación del nivel de estabilidad (Monitoreo periódico y de emergencia)

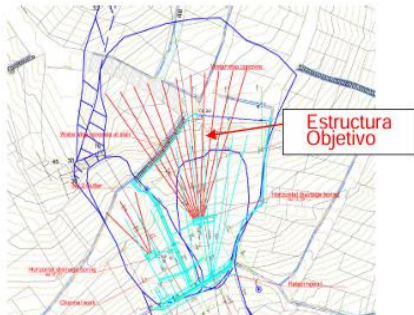
Nivel de estabilidad	Condición de deformación	Solución
A Acción No Requerida	Sin daños	- Continuar monitoreo
B Observación	Aunque se observe más de un caso de deformación de nivel B en la tubería de drenaje, el muro de retención, la caja de recolección o el talud circundante, pero se determina que no existe relación entre cada una de las deformaciones ni son progresivas, se considera que no hay disminución de la funcionalidad	- Durante el monitoreo periódico, se debe dar seguimiento al progreso de cualquier deformación - En algunos casos, se tiene en cuenta la frecuencia y el momento del monitoreo periódico
C Acción requerida	- El nivel de deformación es C - Hay múltiples niveles de deformación B y estas deformaciones son causadas por el mismo factor o estas deformaciones están progresando	Es necesario realizar el monitoreo detallado , y se estudian y aplican trabajos de reparación y medidas de emergencia

A la hora de juzgar la estabilidad, es importante tener en cuenta los resultados del monitoreo del deslziamiento (nivel de aguas subterráneas, precipitación, inclinómetros, caudal de agua drenada, etc.)

Tabla 16 Caso de estudio de Monitoreo (Monitoreo periódico y de emergencia)

Sitio		Campo Cielo	Bloque de deslizamiento	L-1
Año de Construcción		2022	Estructura No.	No.1
Especificaciones de Estructuras	Tubería de Drenaje	Tubería PVC	Reporte No.	1
	Muro de Retención	Gaviones	Fecha de monnitoreo	11/11/2024
	Caja de Recolección	Concreto	Departamento Responsable	EEJ
	Tubería de Descarga	Tubería flexible	Persona Responsable	Hotaka Aoki
Elemento		Deformación	Comentarios	
Tubería de Drenaje	Obstrucción	c	6 drenajes tiene el cabezal obstruido (más del 50% del área del cabezal de salida)	
	Obstrucción	a	Sin daño	
Muro de Retención	Obstrucción	a	Sin daño	
Caja de Recolección	Obstrucción	a	Sin daño	
	Obstrucción	b	Un poco de sedimentacion, sin desbordamiento	
Canal (Tubo)	Obstrucción	a	Sin daño	
	Obstrucción	a	Sin sedimentación	
Ladera Circundante	Obstrucción	a	Sin sedimentación	
			Comentarios	
Coclusión	A : Acción No Requerida	Debido a la considerable obstrucción del cabezal de la tubería, se llevará a cabo un monitoreo detallado para determinar la necesidad de realizar trabajos de limpieza u otras reparaciones. No se observaron deformaciones en otras partes, y se seguirá realizando un monitoreo diario.		
	B : Observación			
	C : Acción Requerida			

Esquemas y Fotos



Estructura Objetivo



Cabezal obstruido





Tubería de descarga obstruidas

3.1.5 Monitoreo detallado

Los elementos que pueden verificarse durante el monitoreo periódico (descrito en la sección 3.1.3) se limitan a los que pueden apreciarse con el alcance visual de la superficie del suelo.

El objetivo del monitoreo detallado de los drenajes horizontales es verificar cualquier deformación (obstrucción, atascamiento, rotura, etc.) en la tubería de drenaje.

Este contenido presenta los métodos de las inspecciones detalladas realizadas en Japón.

Se utilizan los siguientes métodos para monitoreo.

Inspección visual: Comprobación de la situación de obstrucción en el cabezal de la tubería de drenaje. (Igual que el monitoreo periódico y de emergencia).

Vara de medición: Inserción de una vara de medición en la tubería de drenaje para comprobar si hay obstrucción o rotura y la profundidad de cualquier obstrucción o rotura.

Cámara para sondeo: Se introduce una pequeña cámara CCD en la tubería para fotografiar el interior y comprobar si hay obstrucciones o roturas.

Medición del caudal de drenaje: Se comprueba el caudal de agua subterránea drenada a través de la tubería de drenaje. Cuando se va a realizar una limpieza en el interior de la tubería, estos datos se utilizan para comparar la cantidad de agua que drena antes y después de la limpieza.

En general, si resulta necesario comprobar el estado interno de la tubería con más detalle como consecuencia de la medición con la varilla de medición, se lleva a cabo una inspección con cámara para sondeo.

A continuación, se explica la medición mediante vara de medición y el sondeo con cámara.

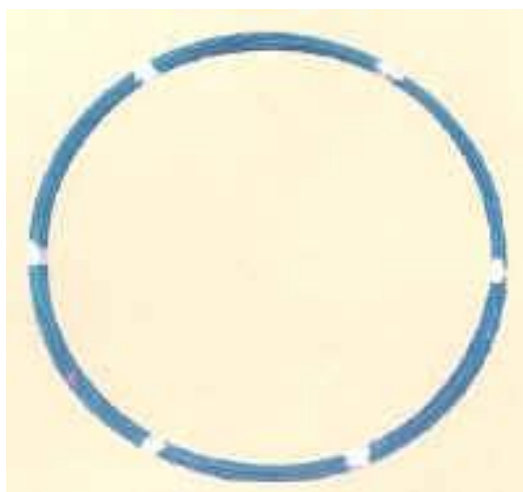
(1) Vara de medición

La vara de medición es un método que consiste en introducir una vara en la tubería de drenaje y comprobar si puede introducirse hasta la profundidad prevista.

También se utiliza para comprobar la profundidad a la que la inserción se hace difícil o imposible debido a una obstrucción.

En Japón, las varas de medición se utilizan para realizar sondeos y, por lo general, el monitoreo se lleva a cabo utilizando estas varas.

La vara de medición preparada en Japón se muestra a continuación.



Varilla de medición (almacenada)



Escala en la varilla

Figura 5 Vara de medición utilizada en Japón

Las varas de medición son de fibra de vidrio y tienen unos 6 mm de diámetro.

La longitud estándar es de 100 m (máximo 200 m), y como se muestra en la foto superior, tiene una escala marcada en incrementos de 50 cm, por lo que es posible medir la profundidad de inserción de la vara.

Cuando se guarda, se puede enrollar como se muestra en la foto, lo que facilita su transporte.

El método de monitoreo consiste en insertar la vara de medición en la tubería de drenaje para comprobar la profundidad a la que se puede insertar.

Antes de la inserción, es necesario conocer la longitud de cada tubo de drenaje.

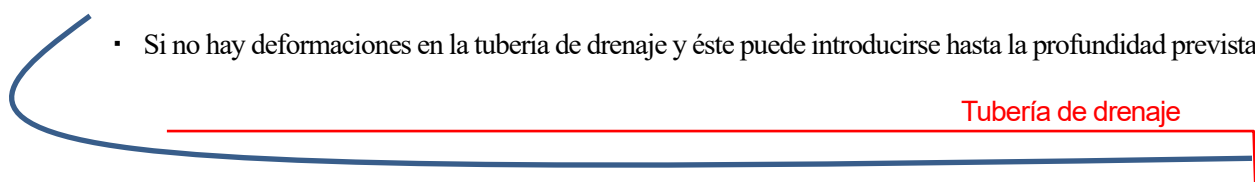
Si no es posible introducir la varilla a la profundidad prevista, se considera que existe un problema debido a una obstrucción o rotura de la tubería.

Si se siente fricción al insertar debido a una obstrucción de lodo, anote la profundidad a la que se encontró.



Figura 6 Situación de monitoreo (Caso de estudio de drenajes horizontales dentro de pozo de drenaje)

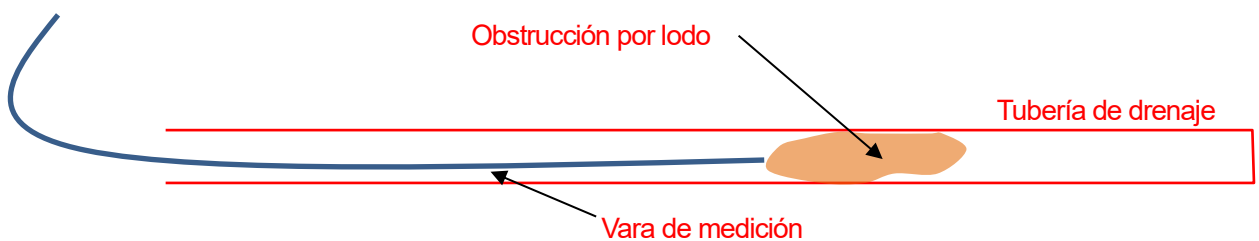
- Si no hay deformaciones en la tubería de drenaje y éste puede introducirse hasta la profundidad prevista



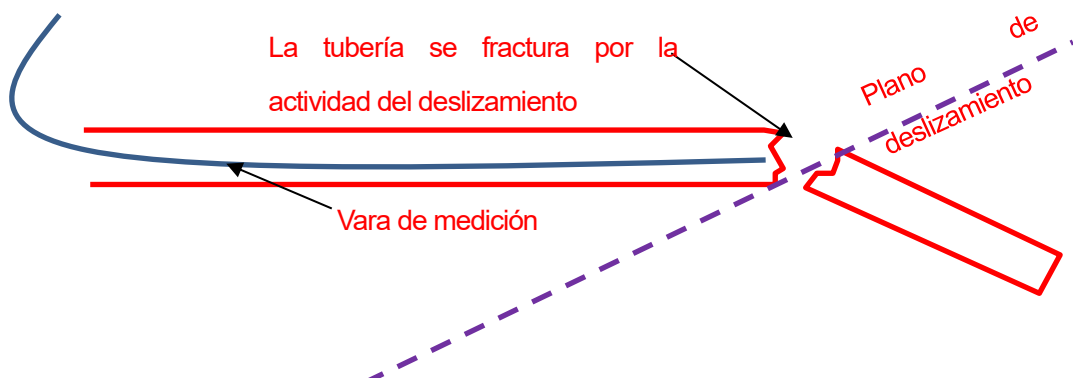
- Si está bloqueado por lodo, puede resultar difícil o imposible insertarlo.

Anota la profundidad a la que es imposible o difícil insertarlo.

Si resulta difícil insertarla, intente insertarla a la profundidad prevista si es posible.



- Si se rompe, evidentemente será imposible insertarlo (la sensación al insertarlo es diferente a cuando la tubería se encuentra obstruida por lodo)



(2) Evaluación de los resultados del monitoreo detallado

Durante el monitoreo detallado, se llevará a cabo la observación del cabezal de la tubería de drenaje (obstrucción, daños) y el monitoreo dentro de la tubería de drenaje.

La evaluación de los resultados del monitoreo se muestra en las siguientes tablas.

○Cabezal de tubería de drenaje (Inspección visual)

Tabla 17 Evaluación de la deformación de cada tubo de drenaje (cabezales)

Nivel de deformación		Situación de deformaciones
Obstrucción en el cabezal de la tubería de drenaje	Nivel 1	Sin obstrucción
	Nivel 2	Pequeña cantidad de lodo en el cabezal
	Nivel 3	Obstrucción de las tuberías de drenaje (menos del 25% del área del cabezal)
	Nivel 4	Obstrucción de las tuberías de drenaje (25% al 50% del área del cabezal)
	Nivel 5	Obstrucción de las tuberías de drenaje (50% o más del área del cabezal)
Deformación del cabezal de la tubería	Nivel 1	Sin daño
	Nivel 2	Daño menor
	Nivel 3	Daño significativo

Tabla 18 Evaluación de la deformación de cada grupo de tuberías de drenaje (cabezal)

Nivel de deformación		Evaluación de deformaciones
Obstrucción en el cabezal de la tubería de drenaje	a	Si la deformación de todos los cabezales del grupo es de nivel 1 a 3
	b	Si el número de cabezales con nivel de deformación 4 o 5 es inferior al 50% del número total del grupo
	c	Si el número de cabezales con nivel de deformación 4 o 5 es igual o superior al 50% del número total del grupo
Deformación en el cabezal del tubo de drenaje	a	Si la deformación de todos los cabezales del grupo es de nivel 1 a 2
	b	Si el número de cabezales con nivel de deformación 3 es inferior al 50% del número total del grupo
	c	Si el número de cabezales con nivel de deformación 3 es igual o mayor al 50% del número total del grupo

OTubería de Drenaje (Monitoreo por Vara de Medición)

Tabla 19 Evaluación de la deformación de cada tubo de drenaje (Interior del tubo)

Nivel de deformación		Situación de deformaciones
Obstrucción en el interior de la tubería de drenaje	Nivel 1	Si no hay deformaciones en el tubo de drenaje y éste puede introducirse hasta la profundidad prevista
	Nivel 2	Se puede insertar a la profundidad prevista, pero se siente fricción al insertar debido a una obstrucción de lodo
	Nivel 3	Si no es posible introducir la vara hasta la profundidad prevista

Tabla 20 Evaluación de la deformación de cada grupo de tuberías de drenaje
(Interior de la tubería)

Nivel de deformación		Evaluación de deformaciones
Obstrucción en el interior de la tubería de drenaje	a	Si la deformación de todos los cabezales del grupo es de nivel 1 ó 2
	b	Si el número de tuberías con nivel de deformación 3 es inferior al 50% del número total del grupo
	c	Si el número de tuberías con nivel de deformación 3 es igual o mayor al 50% del número total del grupo

Si se confirman tuberías con evaluaciones de nivel 2 o 3, es conveniente realizar un monitoreo mediante cámaras para sondeos.

(3) Monitoreo por cámara para sondeo

El monitoreo con cámara para sondeo confirma directamente las condiciones de obstrucción y rotura en el interior de la tubería de drenaje mediante las imágenes que emite la cámara.

A veces se realiza antes y después de los trabajos de limpieza de la tubería de drenaje para comprobar la eficacia de los trabajos de limpieza.

A continuación, se presentan ejemplos de control de deformaciones con cámara para sondeo en Japón.



Figura 7 Monitoreo con camara CCD para sondeo

Se introduce en la tubería de drenaje una cámara CCD con escala en el cable o una cámara CCD con tambor de cable conectado al sistema de medición para comprobar y registrar cualquier deformación (depósitos de limo, obstrucciones, roturas, etc.) en la tubería.



Figura 8 Resultados del monitoreo

○Evaluación del resultado del monitoreo mediante cámara para sondeo

Tabla 21 Evaluación de la deformación de cada tubería de drenaje (cámara para sondeo)

Nivel de deformación	Situación de deformaciones
Nivel 1	Sin deformación o deformación menor
Nivel 2	Se han confirmado los depósitos de lodo y las obstrucciones en las tuberías causados por el lodo, pero se espera que la función pueda restablecerse mediante la limpieza.
Nivel 3	Se observa obstrucción por raíces de plantas, pero no hay daños en la tubería. La entrada de sedimentos por el orificio de drenaje de la tubería es significativa, y no se puede esperar un restablecimiento funcional mediante limpieza durante un largo periodo de tiempo.
Nivel 4	Se confirma la obstrucción o los daños debidos a la corrosión de la tubería, etc. Se confirman los daños en la tubería debidos a raíces de plantas, etc.
Nivel 5	La tubería está rota debido a la actividad del deslizamiento.

Tabla 22 Evaluación de la deformación de cada grupo de tuberías de drenaje (cámara para sondeo)

Nivel de deformación	Situación de deformaciones
a	Solo Nivel 1
b	Si el número de tubos con nivel de deformación 2, 3 es inferior al 50% del número total del grupo. Si el número de tubos con nivel de deformación 4, 5 es inferior al 20% del número total del grupo.
c	Si el número de tubos con nivel de deformación 2, 3 es igual o superior al 50% del número total del grupo. Si el número de tubos con nivel de deformación 4, 5 es igual o superior al 20% del número total del grupo.

(4) Evaluación Global

Tabla 23 Evaluación global y medidas en el monitoreo de drenajes horizontales.

Nivel de deformación	Evaluación global	Medida
A	En caso de que toda la evaluación sea de nivel A	Continuar monitoreo periódico
B	En caso de que el nivel de evaluación sea B o A	<Observación Regular> Aumentar la frecuencia de los monitoreos periódicos. Llevar a cabo inspecciones detalladas durante el monitoreo periódico para comprobar cualquier progresión de las deformaciones.
C	En caso de que se aplique el nivel de evaluación C	<Tomar medidas> Considerar y aplicar trabajos de reparación y medidas de emergencia.

La decisión sobre la reparación o reinstalación (incluida la limpieza) debe tomarse teniendo en cuenta los resultados del monitoreo de la actividad del deslizamiento (nivel del agua subterránea, cantidad de lluvia, inclinómetro de pozo, etc.)

Consulte el Capítulo 4.

En la página siguiente se muestra un caso de estudio de los resultados detallados del monitoreo y una tabla de evaluación de los drenajes horizontales.

Tabla 24 Caso de estudio de la ficha de monitoreo (monitoreo detallado)

Sitio		Campo Cielo	Bloque de Deslizamiento		L-1		No. Estructura		No.1															
Año de Construcción		2022			No. Reporte			1																
Especificaciones de Estructura	Tubería de Drenaje	Tubería PVC			Diámetro de Tubería de Drenaje			2 pulgadas																
	Muro de Retención	Gavión			Fecha de monitoreo			11/11/2024																
	Caja de Recolección	Concreto			Organización a Cargo			JET																
	Canal de Desagüe	Tubería flexible			Persona a Cargo			Hotaka Aoki																
Items de Estructura	Items de Monitoreo	No., Longitud Items de Evaluación	No.1 50m	No.2 50m	No.3 50m	No.4 50m	No.5 50m	No.6 50m	No.7 50m	No.8 50m	No.9 50m	No.10 50m	Evaluación del nivel de deformación											
Cabezal de Tubería	Inspección Visual	Nivel de obstrucción	1	2	2	3	4	5	4	3	2	1	Nivel de obstrucción total	Nivel 1 1 pc	Nivel 2 3 pc	Nivel 3 2 pc	Nivel 4 2 pc	Nivel 5 1 pc	Cantidad Nivel 4, 5 3	Ratio 30%	Nivel de deformación (grupo) b			
		Material de obstrucción	Lodo (limo) marrón rojizo																					
		Nivel de deformación	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Nivel de deformación total	Nivel 1 10 pc	Nivel 2 0 pc	Nivel 3 0 pc			Cantidad Nivel 3 0	Ratio 0%	Nivel de deformación (grupo) a		
		Situación de deformación																						
Tubería Interna	Monitoreo de la cantidad de drenaje	Durante monitoreo (L/min)	0.1	0.2	0.3	0.2	0.4	0.6	0.6	0.2	0.1	0.1	Caudal de drenaje total	2.8 L/min	Tras la limpieza de la tubería interior, se procederá a medir la cantidad de agua drenada									
		Después de limpieza (L/min)												0.0 L/min										
	Monitoreo mediante vara de medición	Longitud insertada (m)	50m	50m	50m	50m	40m	45m	38m	40m	50m	50m	Nivel de obstrucción total	Nivel 1 1 pc	Nivel 2 1 pc	Nivel 3 3 pc			Cantidad Nivel 3 4	Ratio 40%	Nivel de deformación (grupo) b			
		Nivel de obstrucción	1	2	2	2	3	3	3	3	2	1												
		Sensación al insertar		fricción 22m~	fricción 15m~	fricción 25m~	fricción 12m~	fricción 8m~	fricción 11m~	fricción 15m~	fricción 18m~			Dado que la obstrucción causada por el lodo era importante, se revisa el interior de la tubería con una cámara para sondeo.										
	Monitoreo mediante cámara para sondeo	Nivel de obstrucción	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	Nivel de obstrucción total	Nivel 1 2 pc	Nivel 2 8 pc	Nivel 3 0 pc	Nivel 4 0 pc	Nivel 5 0 pc	Cantidad Nivel 2, 3 8	Ratio 80%	Cantidad Nivel 4, 5 0	Ratio 0%	Nivel de deformación (grupo) c	
		Situación					Debido a la distribución del lodo, no es posible introducir una cámara a profundidades superiores a 38~45m.																	
	Plano & Foto																							
Evaluación Global	A Continuar monitoreo periódico		<Comentarios> No se ha confirmado ninguna rotura en la tubería ni en las instalaciones circundantes. Como hay mucho lodo distribuido por el interior de la tubería, es necesario realizar una limpieza interior de la misma. Al realizar la limpieza, se propone comparar la cantidad de drenaje y comparar el nivel de agua subterránea, antes y después de la limpieza.																					
	B Observación regular																							
	C Tomar medidas																							

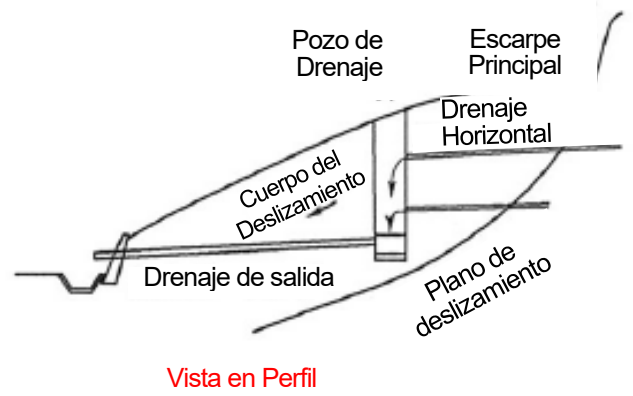
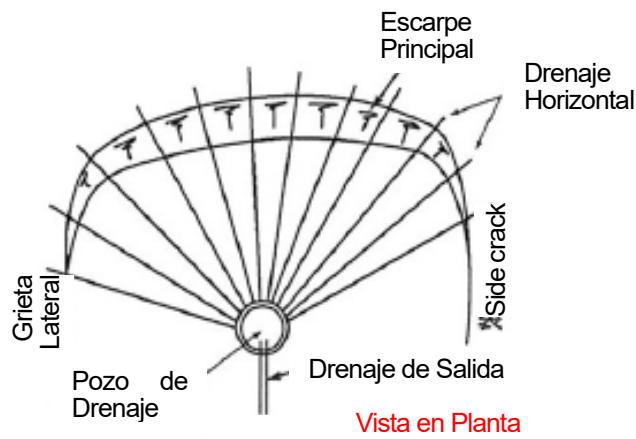
3.2 Pozos de drenaje

3.2.1 Estructura de los pozos de drenaje

La estructura de los pozos de drenaje se explica a continuación.

Tabla 25 Estructura de pozo de drenaje

Items		Material	Explicación
Cuerpo Principal del Pozo	Cuerpo del pozo	Acero	Placa de retención de tierra de chapa de acero (placa de revestimiento) ensamblada en forma cilíndrica. La placa de revestimiento es una hoja delgada de acero que se mecaniza con una forma corrugada.
	Anillo de refuerzo	Acero	Acero circular en forma de H que se instala a lo largo de la pared interior (placa de revestimiento) del pozo como material de refuerzo.
	Refuerzo vertical	Acero	Acero en forma de H que se instala verticalmente en el interior del pozo como material de refuerzo.
	Puntal lateral	Acero	Acero en forma de H que se instala horizontalmente en el interior del pozo como material de refuerzo.
	Base de concreto	Concreto	Una caja de recolección de concreto en el fondo del pozo de drenaje. Sirve para evitar la meteorización del sótano del pozo y prevenir las filtraciones.
Base de concreto (en la superficie)		Concreto	Se coloca concreto en la superficie para fijar la tapa del pozo y evitar que el agua superficial fluya hacia la pared posterior del pozo.
Drenajes Horizontales		Tubería PVC	Estructura de drenaje de aguas subterráneas que consiste en perforar el suelo radialmente desde el interior de un pozo e insertar un tubo de drenaje. Se utilizan mucho los tubos de PVC con filtros.
Drenajes de Salida		Acero	Se trata de una instalación que drena las aguas subterráneas recogidas en las paredes del pozo y en las perforaciones de drenaje horizontales hacia el exterior del pozo de drenaje. Principalmente se usan tubos de acero.
Otros	Canopy de Techo	Acero	Está fabricado con placas de acero de forma circular o metal expandido. Tiene una compuerta para mantenimiento (para entrar y salir).
	Escalera	Acero	Se instala a lo largo de la pared del pozo hasta el fondo del pozo de drenaje con fines de mantenimiento.
	Cerco	Acero	Se coloca una valla de seguridad alrededor del pozo de drenaje para impedir la entrada de curiosos.



Exterior



Interior del pozo de

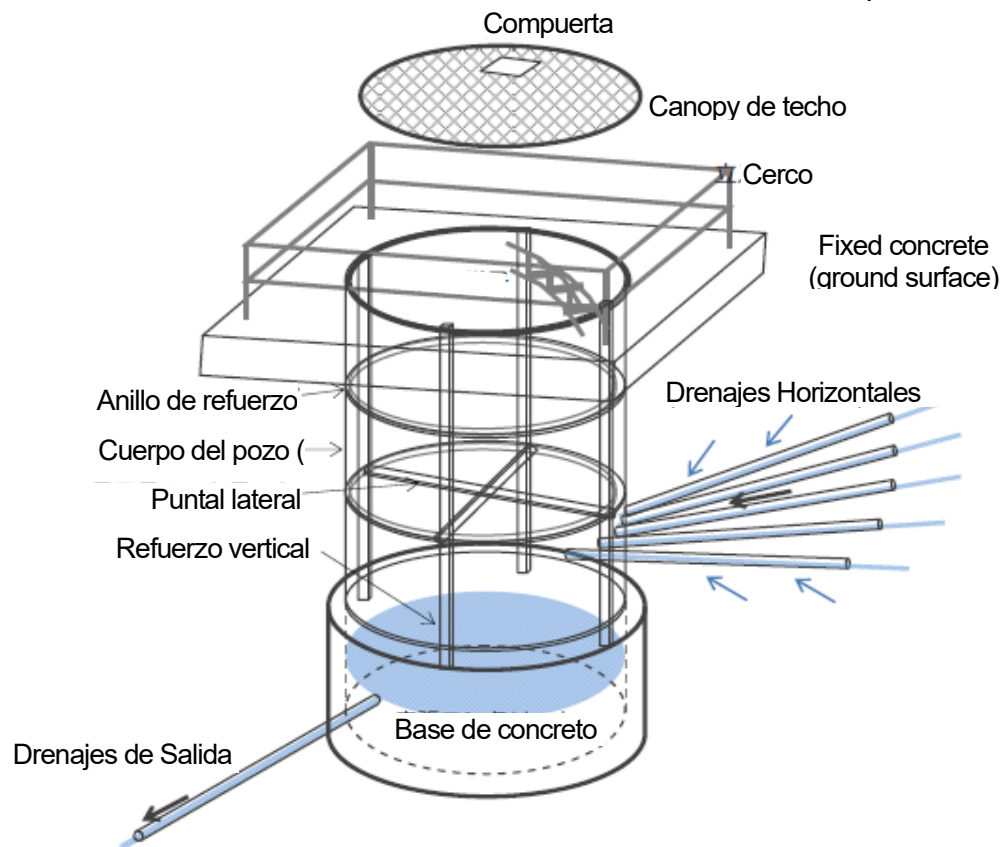


Figura 9 Imagen del esquema del pozo de drenaje.

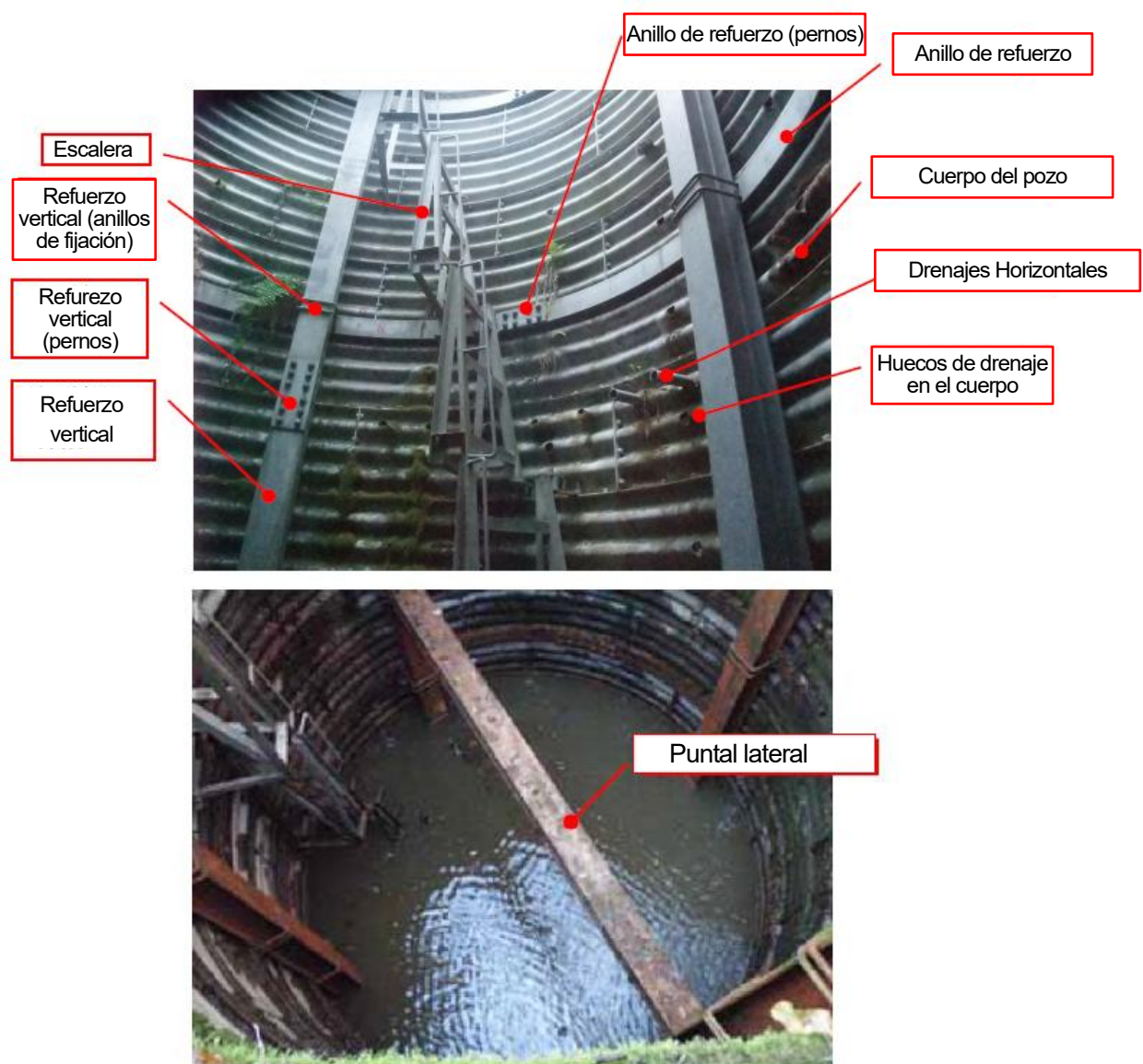


Figura 10 Fotografías internas de pozo de drenaje.

3.2.2 Disminución de la función de los pozos de drenaje y sus causas

A continuación, se indican los elementos que provocan una disminución de la función y su repercusión en los deslizamientos.

Tabla 26 Disminución de la función del pozo de drenaje y sus causas

Eficacia y funciones como método de obra de contramedida para deslizamientos	Reducción de la presión de poros en el plano de deslizamiento. (El agua subterránea de la capa profunda se drena de la zona del deslizamiento)		
Tipos de deterioro funcional	- Disminución de la capacidad de captación de agua (drenajes horizontales) - Disminución de la capacidad de flujo (drenajes horizontales) - Disminución de la capacidad de drenaje (drenaje de salida, cuerpo principal del pozo)		
	Item	Daños en el cuerpo principal del pozo, desplazamiento o deformación, corrosión o deterioro.	Obstrucción y rotura de la tubería de drenaje (drenajes horizontales).
Fenómeno que indica el deterioro funcional	C o n t e n i d o	Daños o deformaciones del cuerpo del pozo causados por la actividad del deslizamiento, el deterioro o la corrosión de los materiales.	Disminución de la capacidad de captación de agua debido a la obstrucción de los orificios de la tubería de drenaje, disminución de la capacidad de flujo debido a la obstrucción de las tuberías de drenaje.
			La capacidad de recogida y drenaje de las aguas subterráneas se reduce debido a la obstrucción, corrosión o daños de la tubería de drenaje y el cuerpo del pozo, y el nivel de las aguas subterráneas aumenta.
Afecciones que pueden producirse debido al deterioro funcional	Las aguas subterráneas no se pueden recoger, drenar o desaguar suficientemente. Hay fugas o re-infiltración del agua recogida.		
Impacto en deslizamientos	La disminución de la capacidad de captación de agua debido a obstrucciones en la tubería de drenaje (drenajes horizontales), el desbordamiento y las fugas de la caja de recolección en el fondo del pozo debido a obstrucciones en las tuberías de drenaje y las fugas debidas a grietas en el concreto del fondo (caja de recolección) pueden hacer que aumente el nivel de las aguas subterráneas, lo que provoca una disminución de la estabilidad del deslizamiento.		

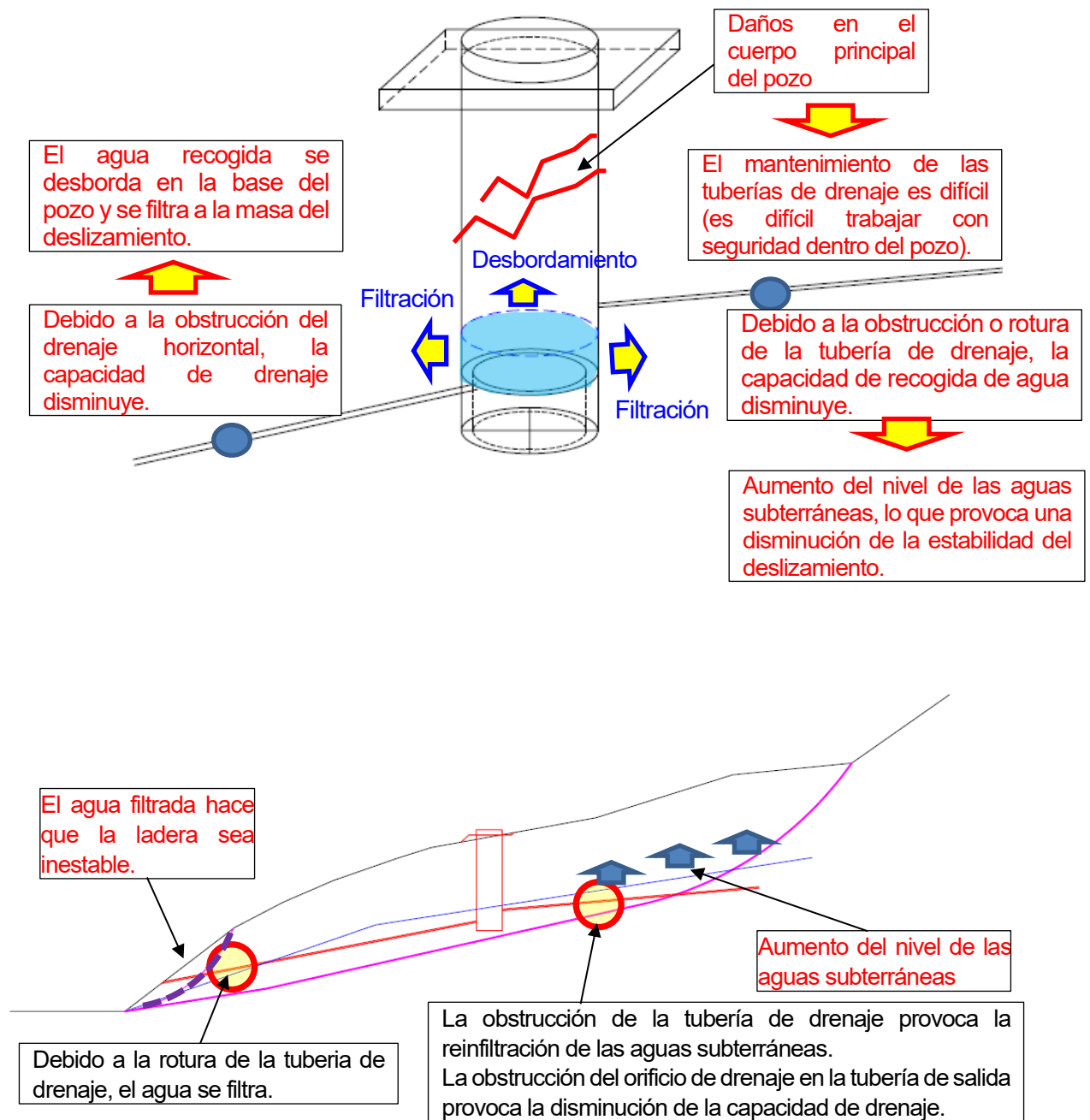


Figura 11 El impacto en la estabilidad de los deslizamientos debido a la disminución de la funcionalidad de las obras

3.2.3 Criterios de evaluación para niveles de deformación (monitoreo periódico y de emergencia)

A continuación, se indican los elementos que provocan una disminución de la función y su repercusión en los deslizamientos.

Tabla 27 Criterios de evaluación del nivel de deformación (pozo de drenaje)

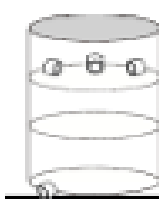
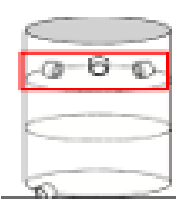
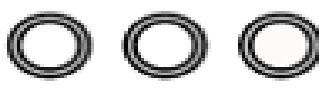
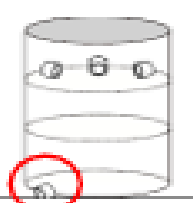
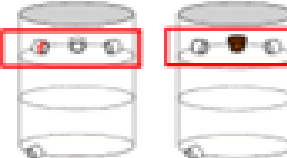
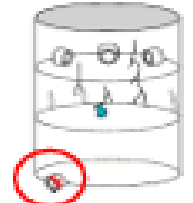
Nivel de Deformación		Pozo de Drenaje			
		Deformación del cuerpo principal del pozo	Corrosión, deterioro, daños y deformación de tuberías de drenaje (drenajes horizontales)	Obstrucción de la tubería de drenaje (drenajes horizontales)	Corrosión, deterioro, daños y deformación de tuberías de drenaje (drenajes horizontales)
a	Daños menores o inexistentes	Sin daños o daños menores 	Sin daños o daños menores 	- Sin obstrucciones - Pequeña cantidad de obstrucción en el cabezal de la tubería de drenaje - Se ha confirmado el drenaje de aguas subterráneas 	Sin daños o daños menores 
b	Hay daños, pero no han provocado un deterioro de la función o el rendimiento	- Hay daños o deformaciones debidos a cizallamiento, etc. - Algunas partes del cuerpo principal están dañadas debido a corrosión o deterioro. 	Algunas tuberías de drenaje están rotas o bloqueadas. 	- Obstrucción en la mayoría de las tuberías de drenaje instaladas (generalmente menos del 25% del área de salida de cada tubería de drenaje) - Se ha confirmado el drenaje de aguas subterráneas. 	- La sección transversal del tubo de drenaje disminuye debido a daños o deformaciones. - El tubo de drenaje está deformado debido a la corrosión o al deterioro. - El drenaje está confirmado (confirmar en el cabezal) 
c	Hay una reducción de la función o el rendimiento	- La mayor parte del cuerpo principal está dañada debido a corrosión, deterioro, daños o deformación. - El cuerpo principal está roto debido a daños o deformaciones como el cizallamiento. - El cuerpo principal está inclinado 	La mayoría de las tuberías de drenaje están rotas o bloqueadas. 	- Gran cantidad de obstrucciones en la mayoría de las tuberías de drenaje instaladas (generalmente más del 25% del área de salida de cada tubería de drenaje). - Parece que el drenaje de aguas subterráneas se detuvo debido a la obstrucción. 	- Debido a la corrosión, deterioro, daño y deformación, las tuberías de drenaje se rompen y el agua recogida se filtra. - Debido a la obstrucción de la tubería de drenaje, el agua recogida se desborda de la caja en la parte inferior del pozo se fuga en la pared del pozo. 
Puntos de Evaluación		- La disminución de la capacidad de drenaje, las fugas del agua drenada y el desbordamiento del agua provocan el aumento del nivel de las aguas subterráneas y la inestabilidad del deslizamiento - Los datos del monitoreo de las aguas subterráneas y la observación del volumen de drenaje de las aguas subterráneas son información útil para evaluar la estabilidad de la instalación			
		- Si la corrosión, deterioro, daño o deformación del cuerpo principal progresa debido a la actividad del deslizamiento, eventualmente se romperá. - Si la corrosión, el deterioro, el daño o la deformación del cuerpo principal progresan, el cuerpo principal se romperá y existe el riesgo de que el agua recogida se filtre o no se recoja.	Si el deterioro, la corrosión, los daños o la deformación progresan, existe el riesgo de que las tuberías de drenaje no puedan recoger el agua.	La obstrucción de la tubería de drenaje provoca una disminución de la capacidad de drenaje y la reintiltración de las aguas subterráneas drenadas.	- Si se produce un desbordamiento y el nivel del agua aumenta más arriba de la salida de la tubería de drenaje (drenaje horizontal), el drenaje del agua de la tubería será difícil. - Si el agua recolectada se desborda caja de recolección en el fondo del pozo, existe el riesgo de fuga por las paredes del pozo.
Puntos a tener en cuenta para el monitoreo		- El monitoreo debe llevarse a cabo entrando al interior del pozo de drenaje para registrar la posición, escala y dirección de cualquier daño o deformación. - Al entrar en el interior del pozo para el monitoreo, existe el riesgo de anoxia, gas tóxico, o caídas, etc., por lo que debe asegurarse de que es seguro antes de entrar. - Si el monitoreo se lleva a cabo sin entrar al interior, se debe inspeccionar visualmente el cuerpo principal para detectar daños, roturas, inclinación, desbordamiento de agua y situación de la salida de la tubería de drenaje. - Es conveniente registrar la situación del drenaje (cantidad) de la tubería de drenaje (drenaje horizontal)			
		- Registrar la localización, escala y dirección de la deformación del cuerpo principal. En particular, la localización de grietas y la dirección de la deformación son información importante para estimar la dirección de la fuerza, así que regístralas apropiadamente. - Registre la localización y la escala de la corrosión (miembros de acero) y el deterioro (miembros de concreto) del cuerpo principal debido al envejecimiento.	- Comprobar el estado de corrosión (acero) y deterioro (plástico) de las tuberías de desagüe debido al envejecimiento. - Comprobar el estado de los daños y deformaciones de las tuberías de drenaje debidos a la actividad del deslizamiento	Compruebe si hay obstrucciones en la salida del tubo de drenaje.	- Comprobar el estado de corrosión (acero) y deterioro (plástico) de las tuberías de drenaje debido al envejecimiento. - Comprobar el estado de los daños y la deformación de las tuberías de drenaje debido a la actividad del deslizamiento - Compruebe si hay un desbordamiento de agua recogida en la caja en la parte inferior del pozo debido a un tubo de drenaje bloqueado. - Se comprueba si hay una fuga de la tubería de drenaje comparando la cantidad de agua en la entrada y salida de la tubería de drenaje, etc.

Tabla 28 Criterios de evaluación para el nivel de deformación (pozo de drenaje)

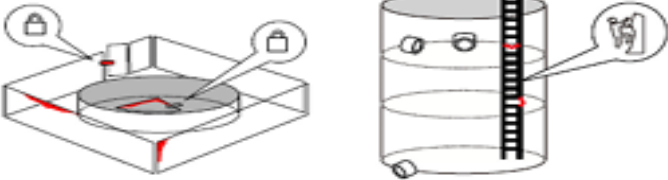
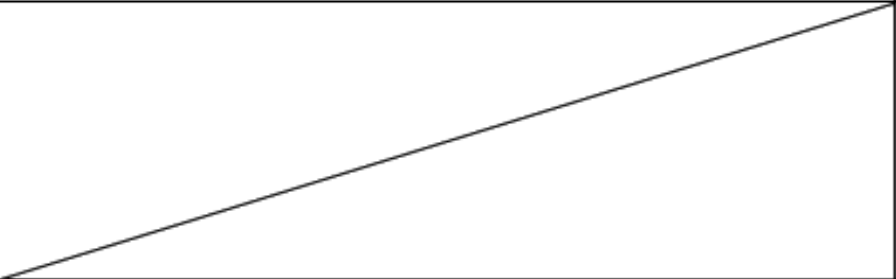
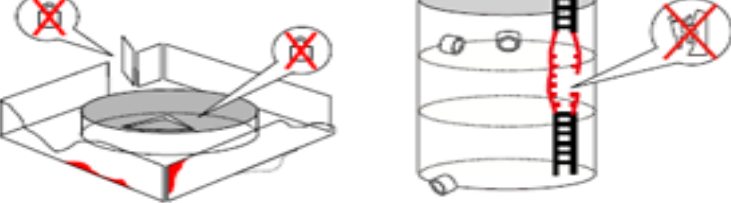
Nivel de Deformación		Pozo de Drenaje		
		Obstrucción de la tubería (Drenajes Horizontales)	Equipamiento de seguridad (canopies, cerco, compuertas, cerraduras, escaleras, etc.)	
a	Daños menores o inexistentes	- Sin obstrucciones - Pequeña cantidad de obstrucción en el exterior de la tubería de drenaje - Se confirma el drenaje del agua recogida 	- Sin daños o con daños menores. - Están corroídas, deterioradas, dañadas, deformadas, pero son utilizables. 	
b	Hay daños, pero no han provocado un deterioro de la función o el rendimiento	- Obstrucción en la tubería de drenaje instalada (generalmente menos del 25% del área de salida de la tubería de drenaje) - Se confirma el drenaje del agua recogida 		
c	Hay una disminución de la función o el rendimiento	- Gran cantidad de obstrucción en la tubería de drenaje instalada (generalmente más del 25% del área de salida de la tubería de drenaje) - Debido a la obstrucción de la tubería de drenaje, el agua recogida se desborda de la caja de recolección en la parte inferior del pozo y se fuga por la pared del pozo. 	- Debido a la corrosión, deterioro, daños, deformación, no funcionan ni son utilizables. 	
Puntos de Evaluación		- La disminución de La capacidad de drenaje, las fugas de agua de drenaje y el desbordamiento del agua provocan el aumento del nivel de las aguas subterráneas y la inestabilidad del deslizamiento - Los datos del monitoreo de las aguas subterráneas y la observación del volumen de drenaje de las aguas subterráneas son información útil para evaluar la estabilidad de las obras		
		- Si la tubería de drenaje está obstruida, el agua recogida no puede ser descargada, la caja de recolección en la parte inferior del pozo se desborda y hay un riesgo de fuga de la pared del pozo.	- Si los daños progresan, causarán problemas con la gestión de la seguridad, tales como accidentes debidos a que personas no autorizadas entren o caigan en el fondo del pozo. - Si el daño, deformación, corrosión o deterioro de las instalaciones de seguridad progresa, causará problemas con la implementación segura del trabajo de monitoreo.	
Points to note for monitoring		- El monitoreo debe realizarse entrando en el interior del pozo de drenaje para registrar la posición, escala y dirección de cualquier daño o deformación. - Al entrar en el interior del pozo para el monitoreo, existe el riesgo de anoxia, gas tóxico, o caídas, etc., por lo que debe asegurarse de que es seguro antes de entrar. - Si el monitoreo se lleva a cabo sin entrar al interior, se debe inspeccionar visualmente el cuerpo principal para detectar daños, roturas, inclinación, desbordamiento de agua y la condición de la salida de la tubería de drenaje. - Es conveniente registrar la situación del drenaje (cantidad) de la tubería de drenada por los drenajes horizontales.		
		- Registre La condición del drenaje (volumen) de La tubería de drenaje. - Compruebe La obstrucción de entrada y salida de La tubería de drenaje.	- Compruebe el estado de la obra para detectar corrosión, deterioro, daños, deformaciones, etc.	

Tabla 29 Casos de estudio de monitoreo (cuerpo principal del pozo)

Nivel de deformación	Puntos a tener en cuenta	Fotos
a Daños menores o nulos	- Ningún daño o daños menores	
b Hay daños, pero no ha resultado en una disminución de la función	- Algunas partes del cuerpo principal están dañadas debido a la corrosión o al deterioro.	
c Hay disminución de funcionalidad	- La mayor parte del cuerpo principal está dañado debido a la corrosión, deterioro, daños o deformación.	

Table 30 Casos de estudio de monitoreo (cuerpo principal del pozo)

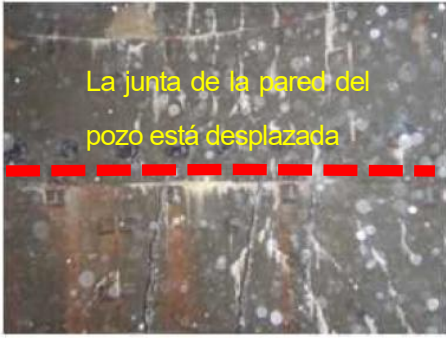
Nivel de deformación	Puntos a tener en cuenta	Fotos
a Daños menores o nulos	- Ningún daño o daños menores	
b Hay daños, pero no ha resultado en una disminución de la función	- Hay daños o deformaciones por corte, etc.	 La junta de la pared del pozo está desplazada
c Hay disminución de funcionalidad	- La mayor parte del cuerpo principal está dañada debido a corrosión, deterioro, daños o deformación - El cuerpo principal está roto debido a daños o deformaciones como el corte. - El cuerpo principal está inclinado	

Tabla 31 Casos de estudio de monitoreo (drenajes horizontales)

Nivel de deformación	Puntos a tener en cuenta	Fotos
a Daños menores o nulos	- Sin obstrucciones - Pequeña cantidad de obstrucción en el exterior de la tubería de drenaje. - Se ha confirmado el drenaje de aguas subterráneas	
b Hay daños, pero no ha resultado en una disminución de la función	- Obstrucción en la mayoría de las tuberías de drenaje instaladas (generalmente menos del 25% del área de salida de cada tubería de drenaje) - Se ha confirmado el drenaje de aguas subterráneas.	
c Hay disminución de funcionalidad	- Gran cantidad de obstrucciones en la mayoría de las tuberías de drenaje instaladas (generalmente más del 25% del área de salida de cada tubería de drenaje). - Parece que el drenaje de aguas subterráneas se detuvo debido a la obstrucción.	

Tabla 32 Casos de estudio de monitoreo (tubería de drenaje del pozo)

Nivel de deformación	Puntos a tener en cuenta	Fotos
a Daños menores o nulos	- Sin obstrucciones - Pequeña cantidad de obstrucción en el exterior de la tubería de drenaje ▪ Se confirma el drenaje del agua recogida	
b Hay daños, pero no ha resultado en una disminución de la función	- Obstrucción en la tubería de drenaje instalada (generalmente menos del 25% del área de salida de la tubería de drenaje) - Se confirma el drenaje del agua recogida	
c Hay disminución de funcionalidad	- Gran cantidad de obstrucciones en la tubería de drenaje instalada (generalmente más del 25% del área de salida de la tubería de drenaje) - Debido a la obstrucción de la tubería de drenaje, el agua recogida se desborda de la caja de recolección en la parte inferior del pozo y se fuga por la pared del pozo.	

Tabla 33 Casos de estudio de monitoreo (instalaciones de seguridad)

Nivel de deformación	Puntos a tener en cuenta	Fotos
a Daños menores o nulos	- Sin daños o con daños menores. - Están corroídos, deteriorados, dañados, deformados, pero son utilizables.	
b Hay daños, pero no ha resultado en una disminución de la función		
c Hay disminución de funcionalidad	- Debido a la corrosión, deterioro, daños, deformación, no funcionan ni son utilizables.	

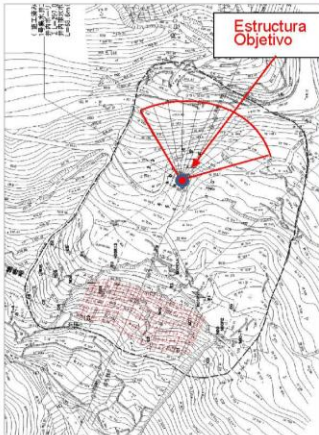
3.2.4 Criterios de evaluación para niveles de estabilidad (monitoreo periódico y de emergencia)

Tabla 34 Criterios de evaluación para nivel de estabilidad de estructuras (monitoreo periódico y de emergencia)

Nivel de estabilidad	Condición de deformación	Solución
A Acción No Requerida	Sin daño	- Continuar con el monitoreo
B Observación	En caso de que, aunque se observe más de un caso de deformación de nivel b en el cuerpo principal del pozo, en la tubería de drenaje (drenajes horizontales y drenaje de salida), en las instalaciones de seguridad o en el talud circundante, pero no haya relación entre cada una de las deformaciones y la progresión y se considere que no hay disminución funcional en la actualidad.	- Durante el monitoreo periódico, se monitorea el progreso de cualquier deformación. - En algunos casos, se tiene en cuenta la frecuencia y el momento del monitoreo periódico.
C Acción Requerida	- El nivel de deformación es c. - Hay múltiples niveles de deformación b y estas deformaciones son causadas por el mismo factor o estas deformaciones están progresando.	Se lleva a cabo el monitoreo detallado necesario, y se consideran e implementan los trabajos de reparación y las medidas de emergencia.

A la hora de juzgar la estabilidad, es importante tener en cuenta los resultados del monitoreo del deslizamiento (nivel del agua subterránea, cantidad de precipitación, inclinómetro, cantidad de agua drenada, etc.)

Tabla 35 Estudio de caso de hoja de monitoreo (monitoreo periódico y de emergencia)

Sitio			Jawadi	Bloque de Deslizamiento	L-1
Año de Construcción			2012	Estructura No.	No.1
Especificaciones de Estructuras	Cuerpo Principal del Pozo		Placa de revestimiento $\phi 3.5mL=20.0m$	Reporte No.	1
	Drenajes Horizontales		Tuberia PVC	Fecha de Monitoreo	2024/11/11
	Drenajes de Salida		Tubería de gas (acero)	Organizacion a Cargo	JET
	Canal de Salida		Tubería Flexible	Persona a Cargo	Hotaka Aoki
Item		Nivel de Deformación	Comentario		
Cuerpo principal del pozo	Cuerpo del pozo	Daño Deformación	a	Sin daños	
		Corrosión, Deterioro	a	Sin daños	
	Anillo de refuerzo	Daño Deformación	a	Sin daños	
		Corrosión, Deterioro	a	Sin daños	
	Refuerzo vertical Puntal lateral	Daño Deformación	a	Sin daños	
		Corrosión, Deterioro	a	Sin daños	
Drenajes horizontales		Obstrucción	b	•Blockage of some drainage pipes (generally less than 25% of outlet area of each drainage pipe) •Groundwater drainage has been confirmed	
		Daño Deformación	a	Sin daños	
		Corrosión, Deterioro	a	Sin daños	
Drenajes de salida		Obstrucción	a	Sin daños	
		Daño Deformación	a	Sin daños	
		Corrosión, Deterioro	a	Sin daños	
Base de Concreto		Daño Deformación	a	Sin daños	
		Corrosión, Deterioro	a	Sin daños	
Concreto fijo (Superficie del suelo)		Daño Deformación	a	Sin daños	
Otros	Canopy de Techo	Daño Deformación	a	Sin daños	
		Corrosión, Deterioro	a	Sin daños	
	Escalera	Daño Deformación	a	Sin daños	
		Corrosión, Deterioro	a	Sin daños	
	Cerca	Daño Deformación	a	Sin daños	
		Corrosión, Deterioro	a	Sin daños	
Talud Circundante		a	Sin deformación		
			Comentarios		
Conclusión	A : Acción No Requerida		• Obstrucción de algunas tuberías de drenaje (generalmente menos del 25% del área de salida de cada tubería de drenaje). • Se ha confirmado el drenaje de aguas subterráneas • Durante el monitoreo periódico, se vigila el progreso de cualquier deformación. • En algunos casos, se reconsidera la frecuencia y el momento de las inspecciones periódicas. • No se observaron deformaciones en otras partes, y se seguirá realizando el monitoreo diario.		
	B : Observación				
	C : Acción Requerida				
Esquema & Fotografías					
   Situación de Obstrucción  					

3.2.5 Monitoreo detallado

El monitoreo detallado se lleva a cabo para comprobar el estado de las instalaciones en detalle, y se lleva a cabo cuando el deterioro o daño se confirma durante los monitoreos periódicos.

Los ítems evaluados para el monitoreo detallado son los siguientes:

○ Cuerpo del pozo

El estado de deterioro y los daños se determinan observando y midiendo directamente la deformación de la pared del pozo. Los elementos que deben comprobarse son los siguientes:

- Daños y deformaciones del material de la pared (incluyendo anillo de refuerzo, refuerzo vertical, puntal lateral): Comprobación de la existencia y el grado de grietas, roturas, abombamiento, flexión, desplazamiento e inclinación, etc.

- Deterioro y corrosión del material del muro (incluyendo anillo de refuerzo, refuerzo vertical, puntal lateral): Comprobación de la existencia y el grado de óxido, grosor y perforaciones.

○ Drenajes horizontales

Compruebe los mismos puntos que para los drenajes horizontales en la superficie (rotura, obstrucción de la tubería de drenaje, etc).

○ Drenajes de salida

El objetivo de este monitoreo es comprobar que la tubería de drenaje evacue correctamente el agua recogida.

En primer lugar, hay que comprobar que la caja del fondo del pozo no rebose.

Si rebosa, existe la posibilidad de que la tubería de drenaje no funcione, por lo que hay que comprobar si hay obstrucciones o roturas, del mismo modo que en el caso de los drenajes horizontales.

○ Base de Concreto

El objetivo es comprobar que la caja almacena el agua recogida y que el agua se drena correctamente por la tubería de salida.

Se debe comprobar la presencia y el grado de grietas, inclinación, deterioro y sedimentación en la caja.

○ Estructuras de Seguridad

Debe comprobarse si hay corrosión, deterioro, deformación y rotura del cubierta y la escalera.

(1) Puntos a tener en cuenta para realizar el monitoreo de forma segura

Al entrar en el pozo, es necesario tomar las medidas suficientes para evitar tener una falta de oxígeno, sufrir gases tóxicos y posibles caídas.

○ Contramedidas para la falta de oxígeno y los gases tóxicos

Para realizar de forma segura los trabajos dentro del pozo, es necesario preparar un entorno con una **concentración de oxígeno superior al 18% y de sulfuro de hidrógeno inferior a 1ppm.**

Durante el trabajo, es necesario medir constantemente la concentración de oxígeno y gas con un medidor para comprobar que el entorno se mantiene según lo especificado.

Para mantener las condiciones especificadas (oxígeno superior al 18%, sulfuro de hidrógeno inferior a 1 ppm), es esencial ventilar el pozo en todo momento utilizando un soplador de aire, como se muestra en la figura siguiente:

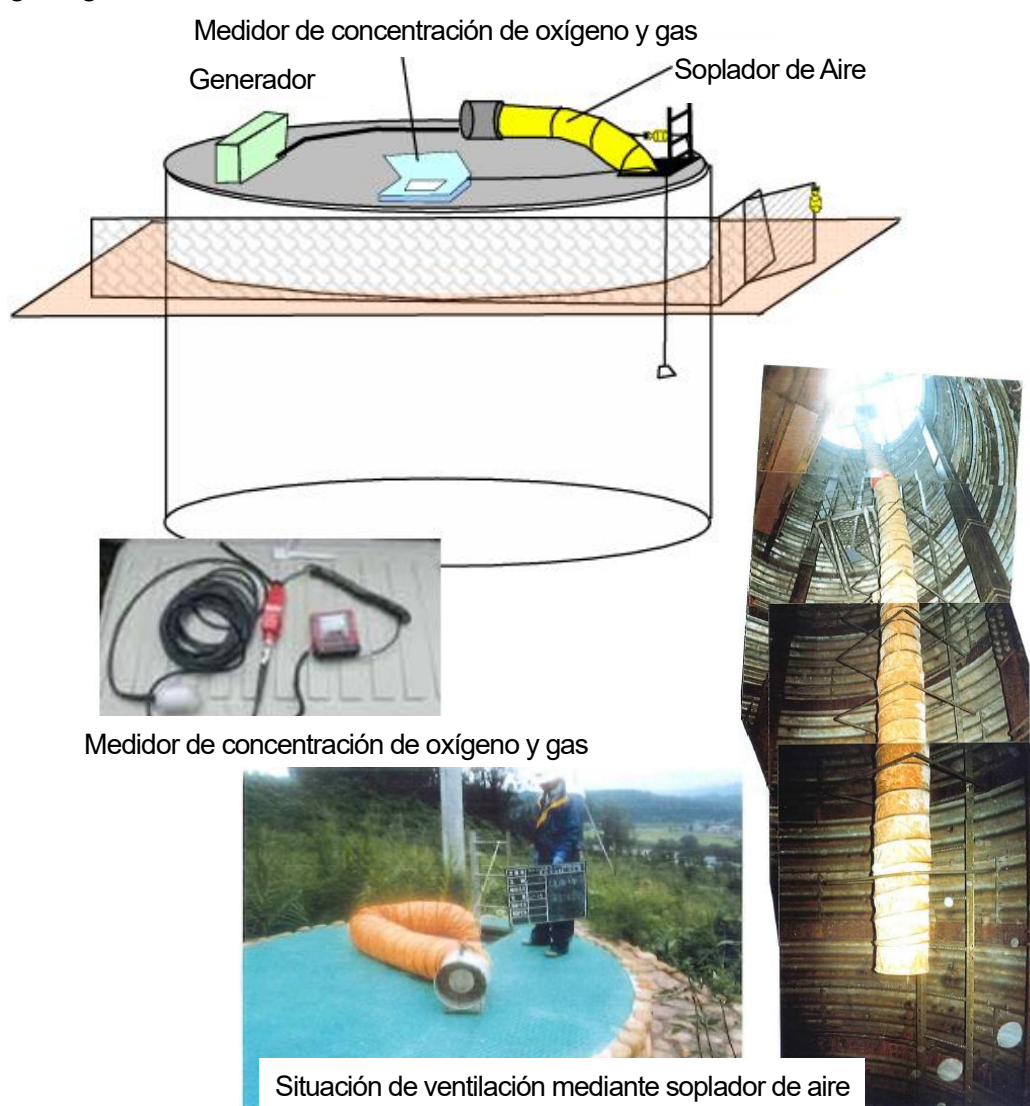


Figura 12 Caso de estudio de contramedidas para contrarrestar la falta de oxígeno y gases tóxicos

○ Contramedidas para las caídas

Como el trabajo se realizará en altura, es esencial tomar medidas para evitar caídas.

Básicamente, el trabajo se realizará utilizando una escalera, pero existe el riesgo de que la propia escalera se deteriore y sea difícil garantizar la seguridad durante el trabajo.

Por lo tanto, es necesario utilizar un arnés de seguridad y una cuerda de seguridad para garantizar la seguridad de los trabajadores.

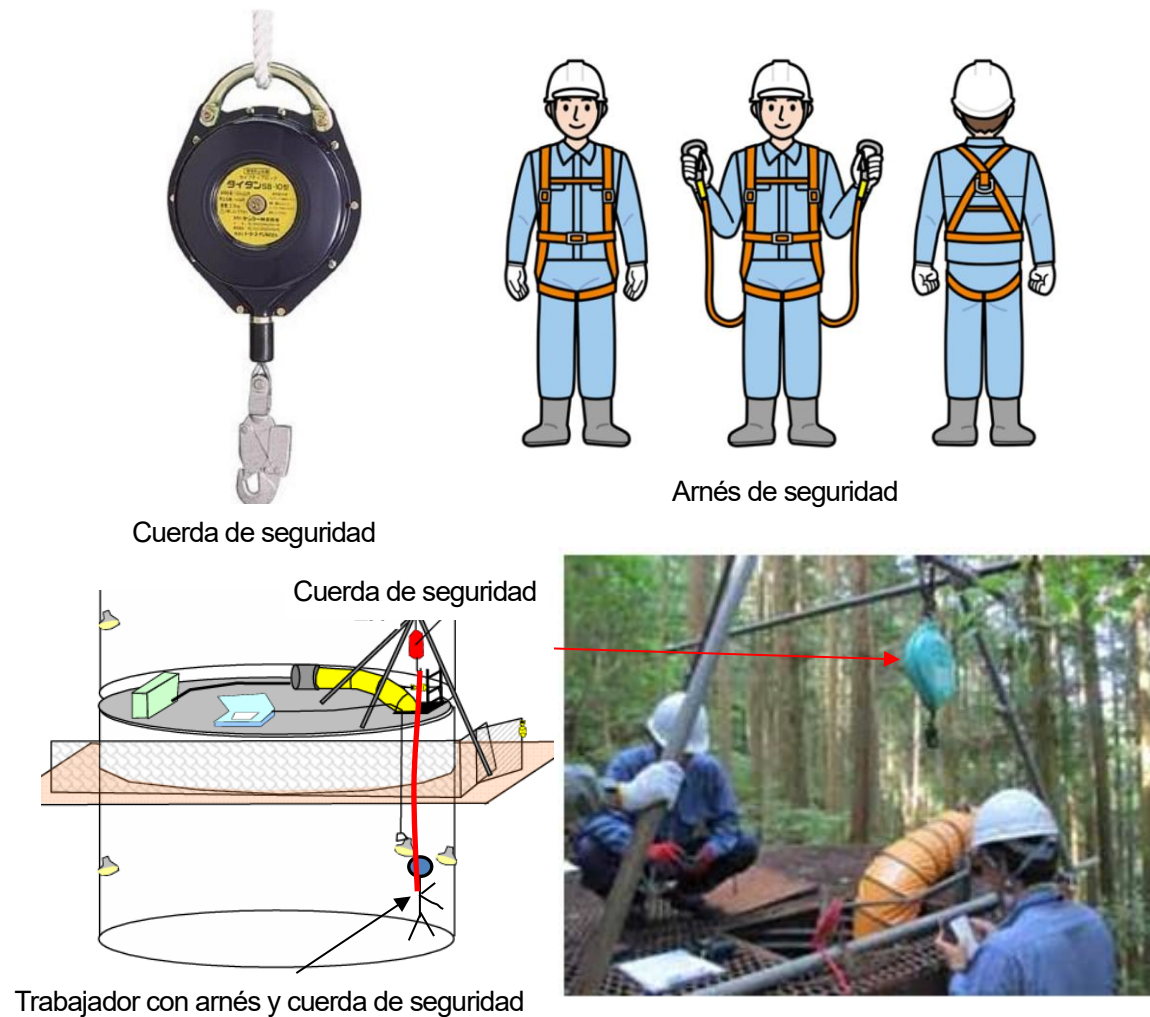


Figura 13 Caso de estudio de contramedidas para caídas

(2) Monitoreo detallado del cuerpo del pozo

Los principales elementos de monitoreo son los siguientes:

- Comprobación del estado de la pared del pozo (preparación de esquema interno de los resultados del monitoreo)
- Prueba del martillo para la pared del pozo
- Medición del grosor del material de la pared del pozo (placa de revestimiento)
- Medición de la plomada

○ Comprobación del estado de la pared del pozo (preparación de esquema interno de los resultados del monitoreo)

Entre los elementos de comprobación se incluyen la distribución del óxido y la corrosión, la distribución de la adherencia de lodos, la ubicación, el alcance y el grado de deformación, las trazas de flujo de agua, la distribución del crecimiento de las plantas, etc.

La posición de la huella de agua (posición de nacimientos de agua) y la zona alrededor de la perforación de los drenajes horizontal se deben revisar minuciosamente porque el óxido y la corrosión tienden a progresar fácilmente en estas zonas.

Los resultados de la investigación de las condiciones de la pared del pozo se organizan en un esquema interno del pozo.

Es posible comprender de manera más objetiva la situación dentro del pozo de drenaje tomando una fotografía de la pared del pozo y mostrándola junto con el esquema interno del pozo para contrastarlas.

A continuación, se muestra un ejemplo de esquema interno y de la fotografía.

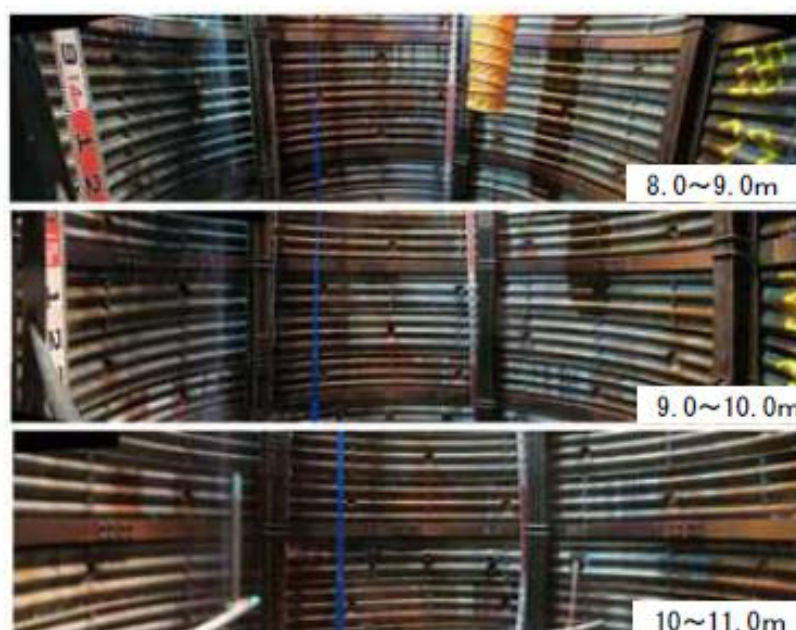


Figura 14 Caso de estudio de fotografías del esquema del pozo

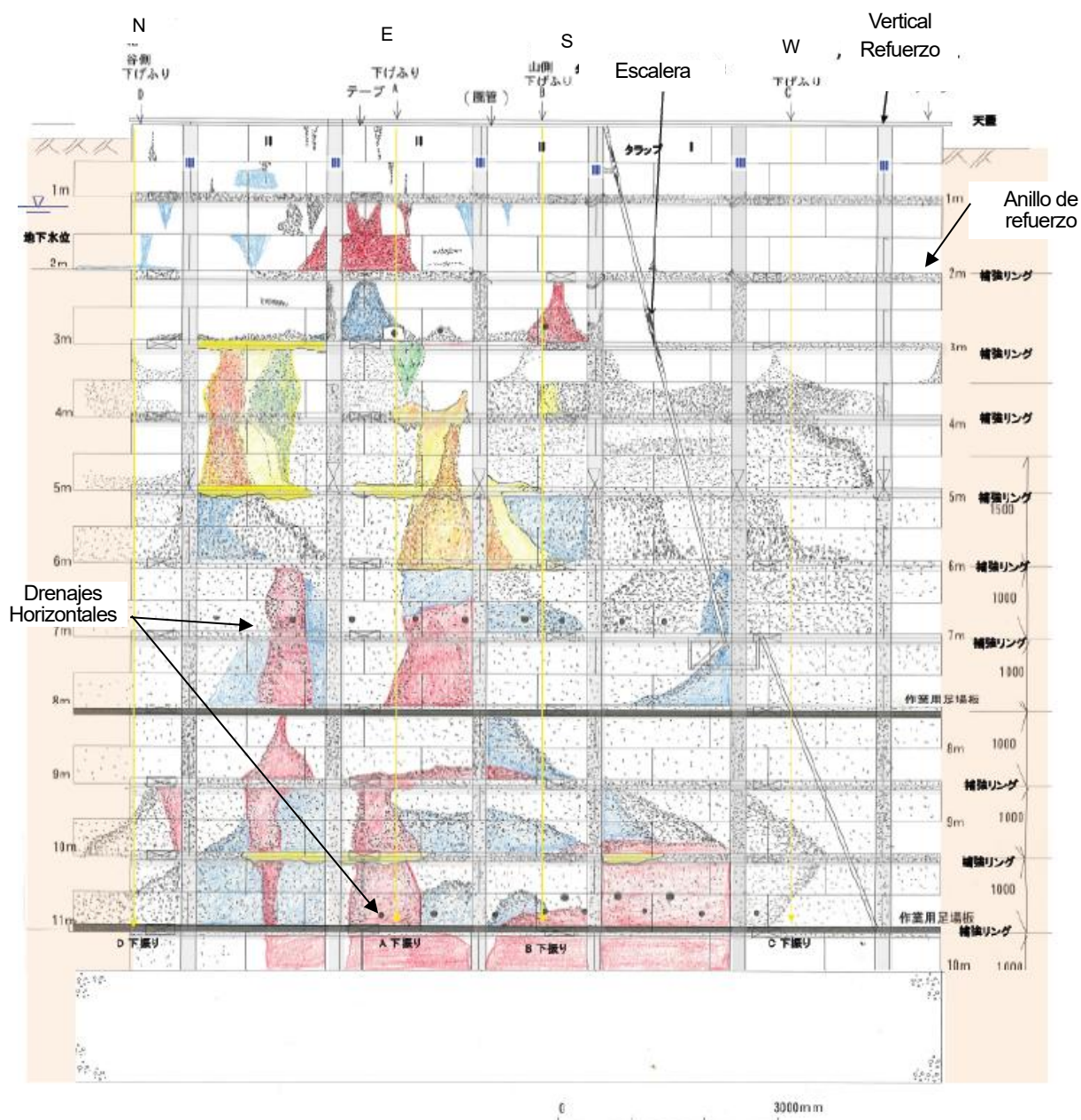


Figura 15 Caso de estudio de esquema interno de pozo

Si se confirma la deformación o rotura del muro, deberá anotarse la localización, extensión y grado de los daños. Además, se adjuntarán fotografías y croquis detallados.

○ Prueba del martillo para la pared del pozo

Como se explica en la página 16, la prueba del martillo es un método para estimar las condiciones internas de una estructura escuchando las diferencias en el sonido del martillo al golpear la estructura.

Generalmente se utiliza para estructuras de concreto, pero también se usa para determinar el deterioro de las paredes del pozo (acero).

Sin embargo, el sonido cambia en función del estado de la parte trasera de las paredes (si está hueco, si está relleno y si está en contacto con el suelo).

Además, dado que la corrosión y el deterioro comienzan en una zona pequeña, es difícil juzgar con precisión basándose únicamente en el sonido del martillo.

Tabla 36 Comparación del sonido de la prueba del martillo y el deterioro (guía general)

Resultado del sonido del martillo	Condición asumida de la estructura de concreto
Sonido metálico agudo	Buen estado (sin anomalías)
Sonido metálico algo grave	Sospecha de inicios de deterioro
Sonido metálico apagado	Sospecha de deterioro

○ Medición del grosor del material de la pared del pozo (placa de revestimiento)

Esta medición se realiza para comprobar si el espesor de la sección transversal del material de la pared (placa de revestimiento) se ha reducido debido a deterioros como la oxidación.

- El espesor de la placa de revestimiento se mide en la posición del orificio de drenaje.

En principio, se realiza una medición a una profundidad de 1 m.

▪ Dado que la acreción (óxido, sarro, limo) se adhieren a la superficie de la placa de revestimiento, esta se puede pulir en la medida en que no afecte el espesor restante de la placa de revestimiento.

Para calcular la cantidad de corrosión, es necesario recopilar datos sobre el espesor del material de diseño (placa de revestimiento).



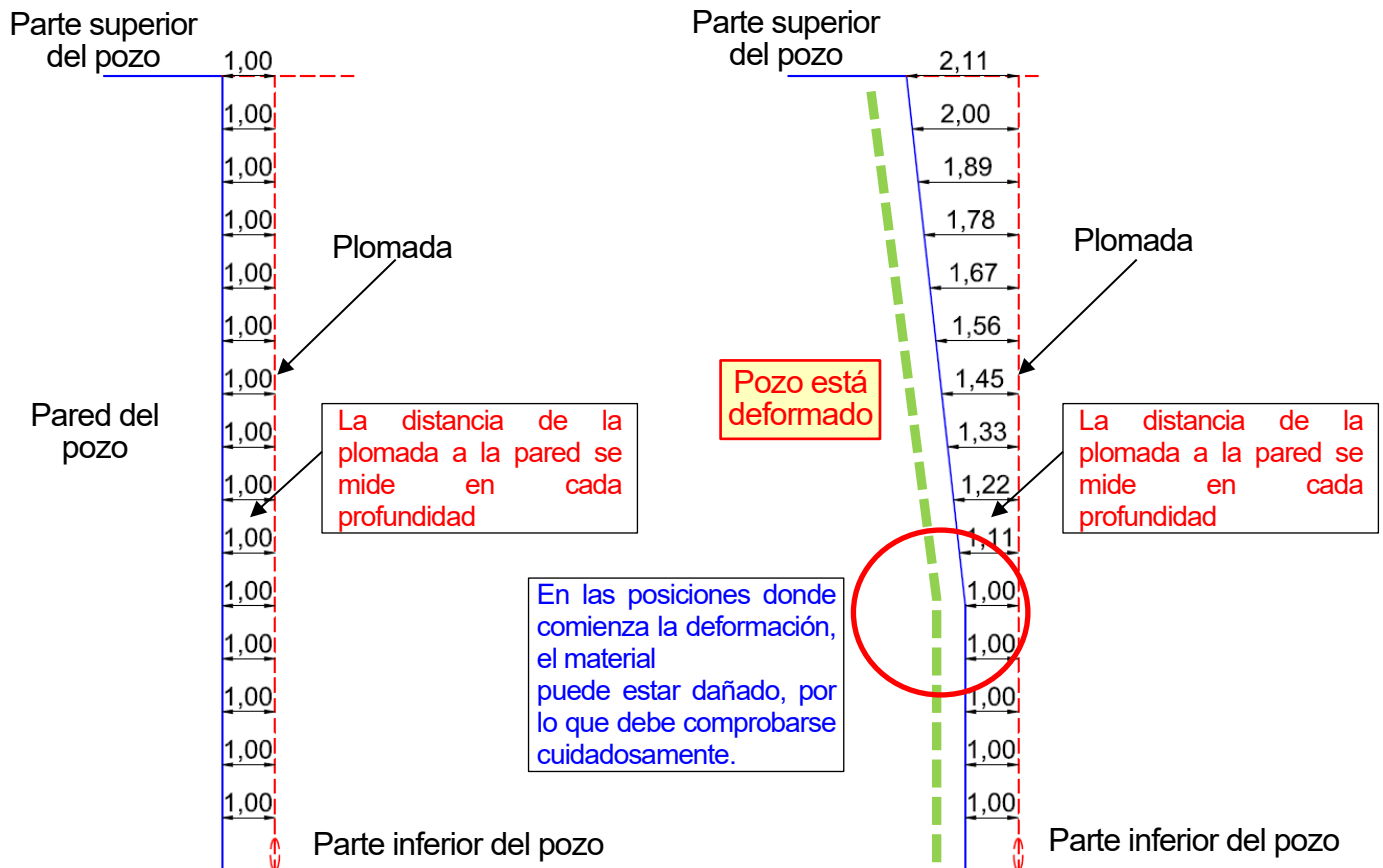
Figura 16 Situación de la medición del espesor restante de los materiales

○ Medición de la plomada

Se trata de una medida para comprobar la deformación del cuerpo del pozo.

La plomada se suspende de la parte superior del pozo, y la distancia de la plomada a la pared se mide en cada profundidad para calcular la inclinación y la flexión del cuerpo del pozo.

Un esquema de la medición se muestra en la siguiente figura.



Si el pozo no está deformado, la distancia entre la plomada y la pared del pozo es casi la misma desde la parte superior hasta la parte inferior del pozo.

Si el pozo está deformado, la distancia entre la plomada y la pared del pozo cambia en la parte deformada.

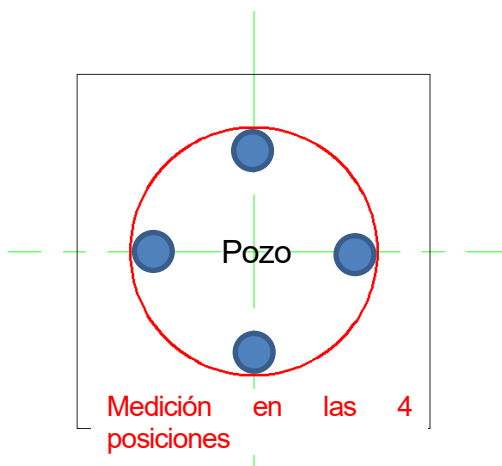


Figura 17 Imagen de la medición con plomada

○ Caso de estudio de monitoreo detallado (cuerpo del pozo)

Los siguientes son ejemplos de los resultados del monitoreo detallado del cuerpo del pozo.

Los niveles de deformación a, b y c se corresponden de arriba a abajo en cada cuadro.

Tabla 37 Caso de estudio de monitoreo detallado (cuerpo del pozo)

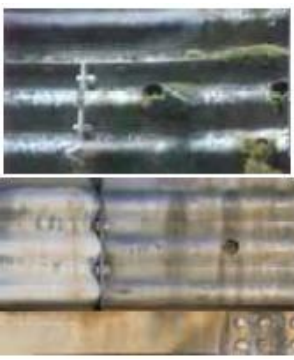
Prueba del martillo	Placa de revestimiento		Anillo de refuerzo	
Sonido metálico agudo	Sin daños o sólo pequeñas manchas de óxido, incluida una decoloración localizada de color rojo marrón.		Sin daños o sólo pequeñas manchas de óxido, incluida una decoloración localizada de color rojo marrón.	
Sonido metálico algo grave Sonido metálico agudo, pero ligeramente fangoso (incluye el sonido de pelado del óxido en la superficie).	Pequeña dilatación superficial debida a la oxidación. La superficie es áspera en general, con algunos desconchamientos.		Dilatación superficial menor debida al óxido. La superficie es áspera en general, con algunos desconchamientos.	
Sonido metálico apagado Se mezclan un sonido apagado y un sonido metálico.	Dilatación y debilitamiento de la superficie debido a la oxidación. Disminución de la resistencia. Se desprende fácilmente de la capa superficial. Defectos y daños.		Dilatación y debilitamiento de la superficie debido a la oxidación. Disminución de la resistencia. Se desprende fácilmente de la capa superficial. Defectos y daños.	

Tabla 38 Caso de estudio de monitoreo detallado (cuerpo del pozo)

Prueba del martillo	Refuerzo vertical	Puntal lateral	Tornillos y tuercas	
Sonido metálico agudo	Sin daños o sólo pequeñas manchas de óxido, incluida una decoloración localizada de color rojo marrón.		Sin daños o sólo pequeñas manchas de óxido, incluida una decoloración localizada de color rojo marrón.	
Sonido metálico algo grave Sonido metálico agudo, pero ligeramente fangoso (incluye el sonido de pelado del óxido en la superficie).	Dilatación superficial menor debida al óxido. La superficie es áspera en general, con algunos desconchamientos.		Dilatación superficial menor debida al óxido. La superficie es áspera en general, con algunos desconchamientos. Es posible apretar con una llave.	
Sonido metálico apagado Se mezclan un sonido apagado y un sonido metálico.	Dilatación y debilitamiento de la superficie debido a la oxidación. Disminución de la resistencia. Se desprende fácilmente de la capa superficial. Defectos y daños.		Dilatación y debilitamiento de la superficie debido a la oxidación. Disminución de la resistencia. Se desprende fácilmente de la capa superficial. Defectos y daños. No es posible apretar con una llave.	

(3) Drenajes Horizontales

Compruebe los mismos puntos que para los drenajes horizontales en la superficie (rotura, obstrucción de las tuberías de drenaje).

Consulte la página 31 para obtener más información sobre cómo monitorear.

(4) Drenajes de salida

En primer lugar, hay que comprobar que la caja de recolección del fondo del pozo no rebose.

Si el nivel del agua es superior a la abertura del tubo de desagüe, es muy posible que haya un atasco u otro problema con el tubo de desagüe.

Si la cantidad de agua que sale por la abertura de salida es inferior a la que sale por la abertura de entrada, es posible que haya una fuga en la tubería del drenaje de salida.

También es posible que la cantidad de agua subterránea drenada por los drenajes horizontales el cuerpo del pozo haya superado la capacidad del drenaje de salida (que se establece en función del diámetro y la pendiente de la perforación). En este caso, es necesario considerar la posibilidad de añadir más drenajes de salida para el pozo.

Compruebe los mismos elementos que para los drenajes horizontales en la superficie (rotura, obstrucción de las tuberías de drenaje)

Consulte la página 31 para obtener información detallada sobre cómo monitorear.

(5) Base de concreto

Compruebe la sedimentación de la tierra en la caja de recolección, las grietas en el concreto y la inclinación.

Mida y anote la ubicación, profundidad, anchura y longitud de las grietas.

En algunos casos, vacíe el agua de la caja de recolección con una bomba, etc., e inspecciónela.

(6) Instalaciones de seguridad

Debe comprobarse si hay corrosión, deterioro, deformación y rotura del canopy de techo y la escalera.

A continuación, se muestran ejemplos de los resultados del monitoreo detallado de las instalaciones de seguridad. Los niveles de deformación a, b y c se corresponden de arriba a abajo en la tabla.

Tabla 39 Caso de estudio de monitoreo detallado (instalaciones de seguridad)

Cubierta de techo		Escalera	
Sin daños o sólo pequeñas manchas de óxido, incluida una decoloración localizada de color rojo marrón.		Sin daños o sólo pequeñas manchas de óxido, incluida una decoloración localizada de color rojo marrón.	
Pequeña dilatación superficial debida a la oxidación. Superficie rugosa en general, con algunos desconchamientos.		Pequeña dilatación superficial debida a la oxidación. Superficie rugosa en general, con algunos desconchamientos.	
Se ha producido una pérdida parcial de piezas o debilitamiento, hay partes que no están aseguradas ni funcionando correctamente.	 	Se ha producido una pérdida parcial de piezas o debilitamiento, hay partes que no están aseguradas ni funcionando correctamente.	 

(7) Evaluación de los resultados del monitoreo detallado

A continuación, se muestra la evaluación del nivel de deformación para cada parte del pozo de drenaje.

○ Cuerpo del pozo

Tabla 40 Evaluación de deformación del cuerpo del pozo

Nivel de deformación		Evaluación de deformaciones
Deformación	a	- Ningún daño o daños menores
	b	- Hay daños y deformaciones, como cizallamiento, etc., pero no afectan a la estabilidad del cuerpo principal en su conjunto.
	c	- La mayor parte del cuerpo principal está dañada o deformada. - El cuerpo principal está roto por cizallamiento, deformaciones u otros daños. - El cuerpo principal está deformado por inclinación. - El daño o deformación es menor, pero el monitoreo ha confirmado un claro desplazamiento acumulado.
Corrosión, deterioro	a	- Corrosión o deterioro nulos o de poca importancia
	b	- Se observa un deterioro/corrosión de nivel medio en menos del 70% del cuerpo principal. - Se observa un deterioro/corrosión significativo en menos del 10% del cuerpo principal. - Aunque se confirma cierto deterioro y corrosión, el material de acero no se dilata en la superficie ni disminuye su grosor.
	c	- Se observa un deterioro/corrosión de nivel medio en más del 70% del cuerpo principal. - Se observa un deterioro/corrosión significativo en más del 10% del cuerpo principal. - Causado por el deterioro y la corrosión, el material de acero se dilata en la superficie o disminuye su grosor y se confirma la rotura de las piezas.

○ Base de concreto

Tabla 41 Evaluación de deformación de la base de concreto

Nivel de deformación		Evaluación de deformaciones
Deformación	a	- Ningún daño o daños menores
	b	- Aunque se confirman algunos daños, no hay pérdida de la función de almacenamiento de agua.
	c	- Hay daños como grietas que causan fugas de agua en el fondo. - La caja de recolección está inclinada y deformada. La mayor parte del cuerpo principal está dañado o deformado.
Sedimentación	a	- Sin sedimentación o con sedimentación menor.
	b	- Sedimentación de menos del 50% del volumen de la caja de recolección, y la tubería del drenaje de salida no está bloqueada por la sedimentación
	c	- Sedimentación de más del 50% del volumen de la caja de recolección, - La tubería del drenaje de salida está bloqueada por sedimentación.

○ Estructuras de seguridad

Tabla 42 Evaluación de deformación de las estructuras de seguridad

Nivel de deformación		Evaluación de deformaciones
Deformación	a	- Ningún daño o daños menores
	b	- Hay algunas partes deformadas o dañadas en el canopy de techo y la escalera, pero no se confirma ninguna pérdida funcional.
	c	- Hay algunas partes deformadas o dañadas en el canopy de techo y la escalera, entonces se confirma la pérdida funcional y el riesgo de pérdida funcional.
Corrosión, deterioro	a	- Sin corrosión ni deterioro, o con corrosión y deterioro menores.
	b	- Se confirman pequeñas dilataciones superficiales debidas al óxido, superficie rugosa en general y con algunos desconchamientos, en cada una de las instalaciones.
	c	- Pérdida parcial de piezas o debilitamiento producido por el óxido y la corrosión. Existen partes que no están funcionando correctamente.

○ Drenajes horizontales

Compruebe los mismos puntos que para los drenajes horizontales en la superficie (rotura, obstrucción de las tuberías de drenaje).

Consulte la página 31 para obtener más información sobre cómo monitorear.

○ Drenajes de salida

Compruebe los mismos puntos que para los drenajes horizontales en la superficie (rotura, obstrucción de las tuberías de drenaje).

Tabla 43 Evaluación de deformación de los drenajes horizontales

Nivel de deformación		Evaluación de deformaciones
Deformación, corrosión, deterioro y obstrucción (entrada y salida)	a	- Sin daños o con daños menores.
	b	- Hay algunas partes deformadas o dañadas en el canopy de techo y la escalera, pero no se confirma ninguna pérdida de funcionalidad.
	c	- Hay algunas partes deformadas o dañadas en el canopy de techo y la escalera, y se confirma la pérdida de funcionalidad.
Monitoreo por vara de medición	a	No hay deformaciones en el tubo de drenaje y éste puede introducirse hasta la profundidad prevista
	b	Se puede insertar a la profundidad prevista, pero se siente fricción al insertar debido a una obstrucción de lodo.
	c	No es posible introducir la vara hasta la profundidad prevista
Monitoreo por cámara para sondeo	a	Sin deformación o deformación menor
	b	Hay una acumulación de limo en la tubería, pero no la obstruye.
	c	- Debido a la acumulación de limo en la tubería, ésta se obstruye. - La tubería está dañada debido a la tensión causada por la actividad de los deslizamientos, la corrosión y el deterioro.

Si la caja de recolección se desborda a pesar de no existir los problemas mencionados, es posible que la capacidad de la tubería del drenaje de salida sea insuficiente (perforación de la tubería de drenaje de salida, gradiente de la perforación).

En ese caso, teniendo en cuenta el caudal drenado por los drenajes horizontales, el caudal drenado por la pared del pozo y el caudal drenado por los pozos aguas arriba, se debe comprobar la capacidad de drenaje de la tubería de drenaje de salida y considerar la instalación de una perforación de drenaje de salida adicional.

○ Evaluación global

Tabla 44 Evaluación global y medidas en el monitoreo de pozos de drenaje

Nivel de deformación	Evaluación global	Medidas
A	En caso de nivel A	Continue periodic monitoring
B	En caso de nivel B	<Observación de seguimiento> Aumentar la frecuencia de los monitoreos periódicos. Llevar a cabo inspecciones detalladas durante el monitoreo periódico para comprobar cualquier avance de las deformaciones.
C	En caso de nivel C	<Tomar medidas> Considerar y aplicar trabajos de reparación y medidas de emergencia.

La decisión sobre la reparación o reinstalación (incluida la limpieza) debe tomarse teniendo en cuenta los resultados del monitoreo de la actividad del deslizamiento (nivel del agua subterránea, cantidad de lluvia, inclinómetro de pozo, etc.).

Consulte el capítulo 4.

En la página siguiente se muestra un caso de estudio de los resultados detallados del monitoreo y la tabla de evaluación del pozo de drenaje.

Tabla 45 Caso de estudio de hoja de monitoreo (monitoreo detallado)

Sitio	Ulloa	Bloque de Deslizamiento	III	No. de Estructura	No.2	Año de Construcción	2015	Reporte No.	1-1
Profundidad del pozo de drenaje	GL-18.0m	Material del cuerpo principal	Acero	Fecha de estructura	11/11/2024	Organización a cargo del monitoreo	JET		
Diámetro del pozo de drenaje	3.50m					Persona a cargo del monitoreo	Hotaka Aoki		

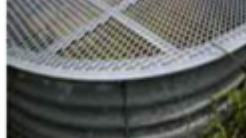
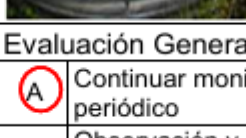
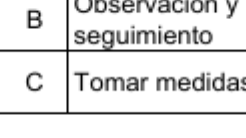
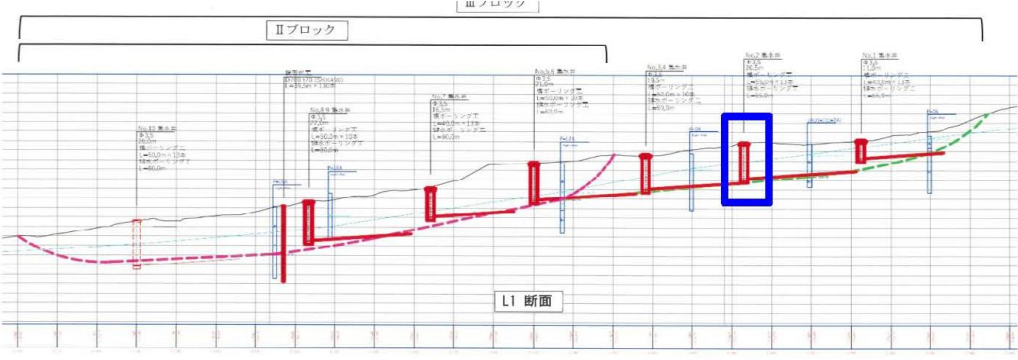
Registro de deformaciones en posiciones específicas												Evaluación por elementos						
Profundidad (m)	Nivel de deformación	Nivel de corrosión	Medición del espesor (mm)				Medición de la plomada (mm)				Prueba del martillo (Presencia / ausencia de anomalía)		Comentarios	Elementos		Items de Monitoreo	Evaluación	Comentario
0 ~ 1	a	a	27.0	27.0			0.0	0.0	0.0	0.0	Yes	No		Cuerpo Principal	Anillo de refuerzo	Nivel de deformación	a	
1 ~ 2	a	a	27.0	27.0			0.0	0.0	0.0	0.0	Yes	No				Nivel de corrosión	a	
2 ~ 3	a	a	27.0	27.0			0.0	0.0	0.0	0.0	Yes	No				Nivel de deformación	a	
3 ~ 4	a	a	27.0	27.0			0.0	0.0	0.0	0.0	Yes	No				Nivel de corrosión	a	
4 ~ 5	a	a	27.0	27.0			0.0	0.0	0.0	0.0	Yes	No			Refuerzo vertical	Nivel de deformación	a	
5 ~ 6	a	a	27.0	27.0			0.0	0.0	0.0	0.0	Yes	No				Nivel de corrosión	a	
6 ~ 7	a	a	27.0	27.0			0.0	0.0	0.0	0.0	Yes	No			Puntal lateral	Nivel de deformación	a	
7 ~ 8	a	a	27.0	27.0			0.0	0.0	0.0	0.0	Yes	No				Nivel de corrosión	a	
8 ~ 9	a	a	27.0	27.0			0.0	0.0	0.0	0.0	Yes	No		Base de concreto		Nivel de deformación	a	
9 ~ 10	a	a	27.0	27.0			0.0	0.0	0.0	0.0	Yes	No				Nivel de corrosión	a	
10 ~ 11	a	a	27.0	27.0			0.0	0.0	0.0	0.0	Yes	No				Sedimentación	a	
11 ~ 12	a	a	27.0	27.0			0.0	0.0	0.0	0.0	Yes	No		Instalaciones de Seguridad	Canopy de techo	Nivel de deformación	a	
12 ~ 13	a	a	27.0	27.0			0.0	0.0	0.0	0.0	Yes	No				Nivel de corrosión	a	
13 ~ 14	a	a	27.0	27.0			0.0	0.0	0.0	0.0	Yes	No			Escalera	Nivel de deformación	a	
14 ~ 15	a	a	27.0	27.0			0.0	0.0	0.0	0.0	Yes	No				Nivel de corrosión	a	
15 ~ 16	a	a	27.0	27.0			0.0	0.0	0.0	0.0	Yes	No			Cerca de seguridad	Nivel de deformación	a	
16 ~ 17	a	a	27.0	27.0			0.0	0.0	0.0	0.0	Yes	No				Nivel de corrosión	a	
17 ~ 18	a	a	27.0	27.0			0.0	0.0	0.0	0.0	Yes	No		Fotos y Esquemas				
18 ~ 19											Yes	No						
19 ~ 20											Yes	No						
20 ~ 21											Yes	No						
21 ~ 22											Yes	No						
22 ~ 23											Yes	No						
23 ~ 24											Yes	No						
24 ~ 25											Yes	No						
25 ~ 26											Yes	No						
26 ~ 27											Yes	No						
27 ~ 28											Yes	No						
28 ~ 29											Yes	No						
29 ~ 30											Yes	No						
Refuerzo vertical			Anillo de refuerzo				Puntal lateral				Instalaciones de seguridad							
Comentarios			Comentarios				Comentarios				Comentarios							

Tabla 46 Caso de estudio de hoja de monitoreo (monitoreo detallado)

Sitio		Ulloa	Bloque de deslizamiento	III	No. de Estructura		No.2		Año de construcción		2015		Reporte No.		1-1										
Especificaciones de Estructuras	Tubería de drenaje	Tubería de PVC			Profundidad del pozo de drenaje			GL-18.0m			Fecha de monitoreo		2024/11/11		Organización a cargo del monitoreo		JET								
	Tamaño de tubería	2 pulgadas			Profundidad de drenajes horizontales			GL-15.0m							Persona a cargo del monitoreo		Hotaka Aoki								
Elementos Estructurales	Items de Monitoreo	No., longitud Items a evaluar	No.1 50m	No.2 50m	No.3 50m	No.4 50m	No.5 50m	No.6 50m	No.7 50m	No.8 50m	No.9 50m	No.10 50m	Evaluación del nivel de deformación												
Cabezal de tubería	Inspección visual	Nivel de obstrucción	1	2	2	3	4	5	4	3	2	1	Nivel de obstrucción total	Nivel 1 1 pc	Nivel 2 3 pc	Nivel 3 2 pc	Nivel 4 2 pc	Nivel 5 1 pc	Cantidad de Nivel 4,5 3	Ratio 30%	Nivel de deformación (grupo) b				
		Material que obstruye	Lodo marrón rojizo																						
		Nivel de obstrucción	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Nivel de deformación total	Nivel 1 10 pc	Nivel 2 0 pc	Nivel 3 0 pc			Cantidad de Nivel 3 0	Ratio 0%	Nivel de deformación (grupo) a			
		Situación de deformación																							
Interior de tubería	Medición de caudal drenado	Durante monitoreo (L/min)	0.1	0.2	0.3	0.2	0.4	0.6	0.6	0.2	0.1	0.1	Caudal drenado total	2.8 L/min		Tras la limpieza de la tubería interior, se procederá a medir el caudal drenado									
		Después de limpieza (L/min)													0.0 L/min										
	Monitoreo por vara de medición	Longitud de inserción (m)	50m	50m	50m	50m	40m	45m	38m	40m	50m	50m	Nivel de obstrucción total	Nivel 1 1 pc	Nivel 2 1 pc	Nivel 3 3 pc			Cantidad de Nivel 3 4	Ratio 40%	Nivel de deformación (grupo) b				
		Nivel de obstrucción	1	2	2	2	3	3	3	3	2	1													
		Sensación al insertar		se siente fricción 22m~	se siente fricción 15m~	se siente fricción 25m~	se siente fricción 12m~	se siente fricción 8m~	se siente fricción 11m~	se siente fricción 15m~	se siente fricción 18m~			Because the blockage caused by slime was significant, it's checked inside of the pipe using borehole camera.											
	Cámara para pozo	Nivel de obstrucción	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	Nivel de obstrucción total	Nivel 1 2 pc	Nivel 2 8 pc	Nivel 3 0 pc	Nivel 4 0 pc	Nivel 5 0 pc	Cantidad de Nivel 2, 3 8	Ratio 80%	Cantidad de Nivel 4,5 0	Ratio 0%	Nivel de deformación (grupo) c		
		Situación					Due to the distribution of slime, it is not possible to insert a camera at depths more than 38~45m.																		
	Evaluación General		A Continuar monitoreo periódico	<Comentarios> ▪ No hay rotura confirmada en la tubería o en las instalaciones circundantes. ▪ Dado que hay mucho lodo distribuido dentro de la tubería, es necesario llevar a cabo la limpieza interior de la tubería. ▪ Al realizar la limpieza, se propone comparar el caudal drenado y el nivel de agua subterránea, antes y después de la limpieza.										Esquema y Fotos 											
B Observación y seguimiento																									
C Tomar medidas																									
<Drenajes Horizontales y Drenajes de Salida>																									
No.	Longitud (m)	Deformación de la entrada y salida	Corrosión, deterioro de la entrada y salida	Caudal drenado (L/min)	Obstrucción (%)		Vara de medición (m)	Cámara de pozo		Desbordamiento de la caja de recolección															
					Entrada	Salida		Obstrucción	Quiebre																
1	40	No	No	3.5	0	0	40	No	No	No															
Evaluación		a	a		a	a	a	a	a	a															
Caudal drenado de drenajes horizontales (L/min)			2.8	Caudal en la entrada (L/min)																					
Caudal drenado de drenajes de salida (l/min)			3.5	Caudal en la salida (L/min)																					
Evaluación General		A Continuar monitoreo periódico	<Comentarios>																						
		B Observación y seguimiento																							
		C Tomar medidas																							

3.3 Canales

3.3.1 Estructura de los canales

(1) Obras de control de aguas superficiales (canales)

Los elementos para este tipo de obras se explican a continuación.

Tabla 47 Elementos para obras de control de aguas superficiales (canales)

Elemento		Material	Explicación
Canales		Concreto	Esta obra recoge las aguas superficiales, las cuales pueden venir de nacimientos o agua lluvia, y el agua drenada procedente de las perforaciones de drenajes horizontales.
		Acero	
		PVC	Drena hacia el exterior de la zona del deslizamiento.
Obras auxiliares	Cajas de recolección	Concreto	Funciona como conexión de canales, retención de suelos, prevención de saltos hidráulicos y obras de caída. También capta las aguas subterráneas recogidas por las obras de drenaje. Se instalan en los puntos de unión, curvas y cambios de pendiente de los canales.
		Acero	
	Disipadores de energía	Concreto	Se instala en escalones o pendientes pronunciadas de los canales. Se instala para reducir la pendiente del canal, para reducir la velocidad del flujo de agua o para asegurar la estabilidad del canal.
Obras terminales		Concreto	Estructura instalada al final del canal para evitar el colapso del talud y la erosión al final del canal.
		Mampostería	

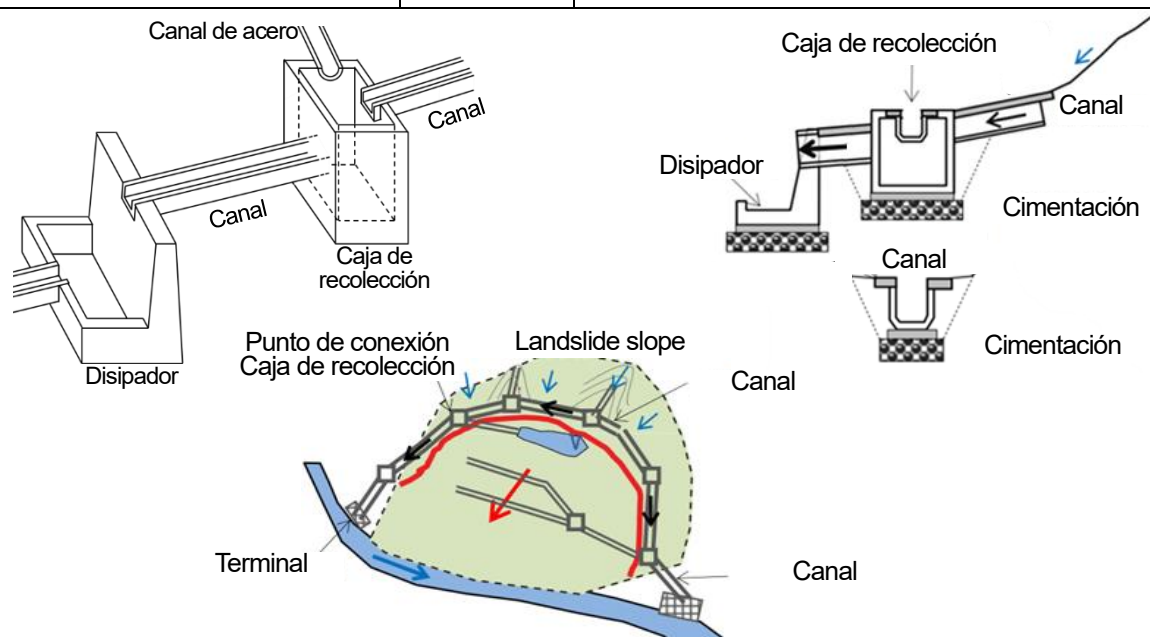
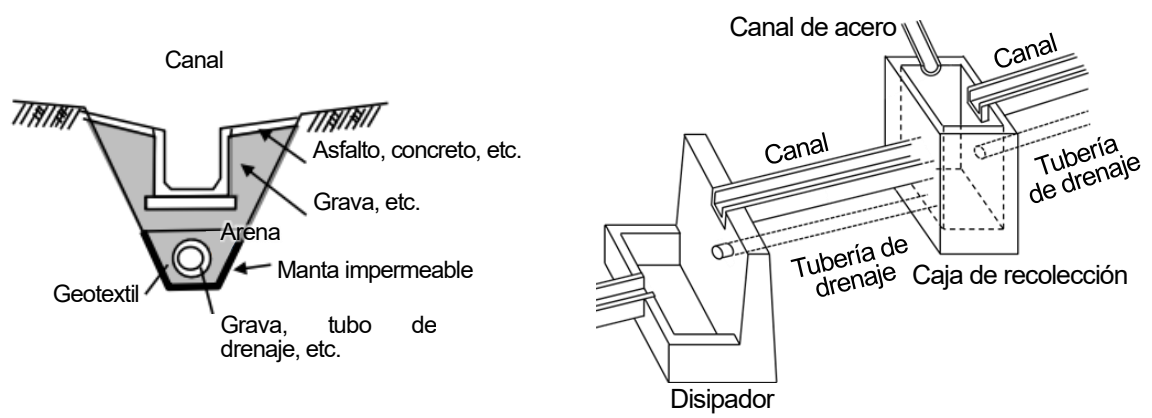


Figura 18 Esquema de las obras de control para aguas superficiales

(2) Obras de control de aguas subterráneas poco profundas

Tabla 48 Elementos para obras de control de aguas subterráneas poco profundas

Elemento		Material	Explicación
Obra de Drenaje	Elemento de drenaje	Tubería de Drenaje	Obras de drenaje de aguas subterráneas poco profundas. El material altamente permeable se instala de forma continua en zonas con un alto nivel de saturación.
		Mampostería	
Obra combinada de canal y drenaje	Elemento de drenaje	Tubería de Drenaje	Las obras de drenaje se colocan bajo el canal y forman una estructura combinada de canal y drenaje. Generalmente, el tubo de drenaje se cubre con piedra triturada. También tiene la función de evitar la erosión del fondo del canal.
		Mampostería	
	Canal	Concreto	Esta obra recoge las aguas superficiales, las cuales pueden venir de nacimientos o agua lluvia, y el agua drenada procedente de las perforaciones de drenajes horizontales. Drena hacia el exterior de la zona del deslizamiento.
		Acero	
		PVC	
Obras Auxiliares	Caja de recolección	Concreto	Funciona como conexión de canales, retención de suelos, prevención de saltos hidráulicos y obras de caída. También capta las aguas subterráneas recogidas por las obras de drenaje. Se instalan en los puntos de unión, curvas y cambios de pendiente de los canales.
		Acero	
	Disipador de energía	Concreto	Se instala en escalones o pendientes pronunciadas de los canales. Se instala para reducir la pendiente del canal, para reducir la velocidad del flujo de agua o para asegurar la estabilidad del canal.



Obra combinada de canal y drenaje

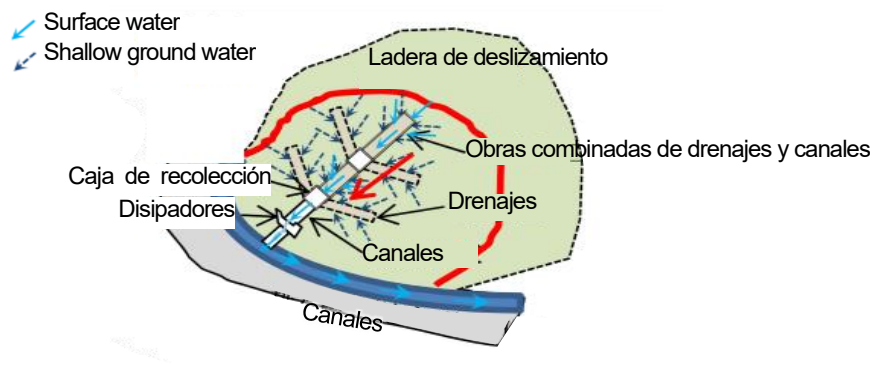


Figura 19 Esquema de obras de control de aguas subterráneas poco profundas



Obras de control de aguas superficiales
(canales)



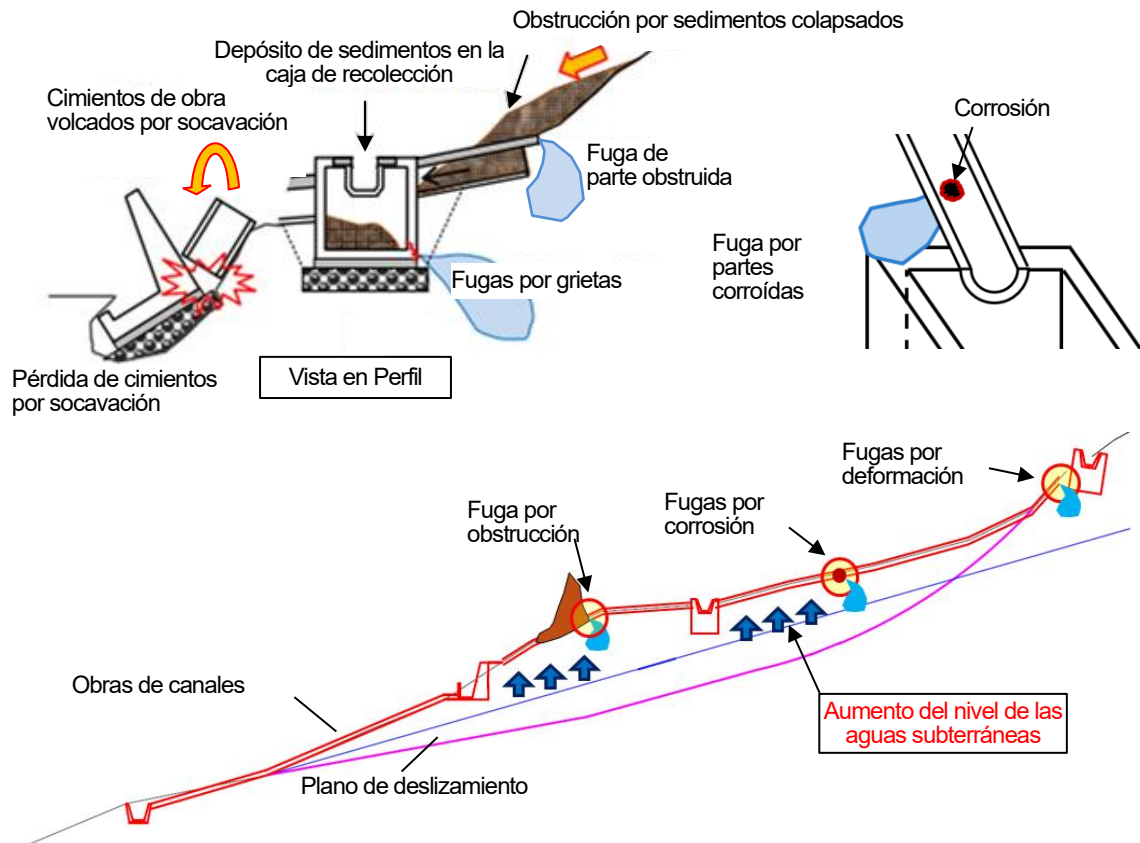
Obras de control de aguas subterráneas
poco profundas
(drenajes)

3.3.2 Disminución de la funcionalidad de los canales y sus causas

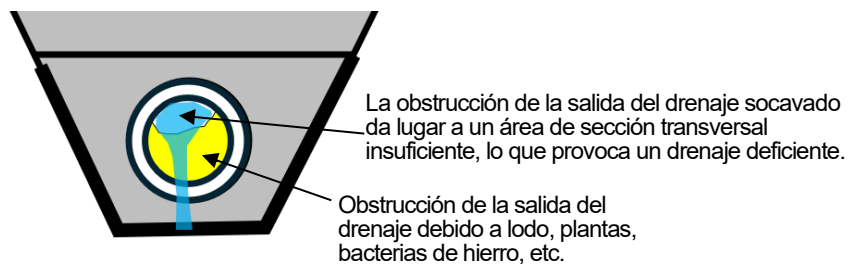
A continuación, se indican los elementos que provocan una disminución de la funcionalidad y su repercusión en los deslizamientos.

Tabla 49 Disminución de la funcionalidad de las obras de control de las aguas superficiales y subterráneas poco profundas

Eficacia y funcionalidad como método de contramedida para deslizamientos	Para reducir la presión de poros del agua subterránea que actúa sobre el plano de deslizamiento, se drena el agua superficial y el agua subterránea poco profunda hacia el exterior de la zona del deslizamiento y se controla la infiltración en el cuerpo del deslizamiento.					
Tipos de declive funcional		- Disminución de la capacidad de captación de agua - Disminución del caudal - Disminución de la capacidad de descarga				
Fenómeno que indica un declive funcional	Elemento	Corrosión, deterioro, daños y deformación de los componentes	Acumulación de sedimentos en los canales (obstrucción, soterramiento)	Fuga (posibilidad de fuga basada en la comparación de los caudales aguas arriba y aguas abajo)	En los alrededores de la instalación han aparecido humedales y manantiales.	Obstrucción de la tubería de drenaje
	Contenido	Los canales se dañan o deforman debido a la actividad de los deslizamientos, la erosión de los laterales de los canales, el deterioro de los materiales, etc.	El área transversal del flujo disminuye, debido a la acumulación de sedimentos y hojas caídas en el canal.	El agua se filtra por grietas, juntas y conexiones, provocando la succión del suelo y la erosión de los cimientos.	Debido a la infiltración de agua (fugas, etc.) del canal, se producen humedales y manantiales alrededor de la instalación.	La tubería de drenaje está obstruida por lodo.
Afecciones que pueden producirse debido al deterioro funcional		El agua se filtra por las posiciones dañadas de la estructura y vuelve a infiltrarse en el cuerpo del deslizamiento.	El agua se desborda en el punto soterrado y vuelve a infiltrarse en el cuerpo del deslizamiento.	El agua infiltrada vuelve a entrar en el cuerpo del deslizamiento.	Se reinfiltan en el cuerpo del deslizamiento desde humedales, manantiales, etc.	Provoca una disminución de la funcionalidad del drenaje de las aguas subterráneas poco profundas.
Impacto en los deslizamientos		El desbordamiento y las fugas de los canales hacen que el agua superficial vuelva a percolar en el cuerpo del deslizamiento. Como resultado, aumenta el nivel de las aguas subterráneas (aumenta la presión de poros del agua subterránea que actúa sobre el plano de deslizamiento) y causa una disminución de la estabilidad del deslizamiento.				



Disminución de la funcionalidad de las obras de control de las aguas superficiales



Declive funcional de las obras de control de las aguas subterráneas poco profundas (drenajes)



Figura 20 Impacto en la estabilidad del deslizamiento por la disminución de funcionalidad de los canales

3.3.3 Criterios de evaluación para niveles de deformación (monitoreo periódico y de emergencia)

Los puntos de atención para el monitoreo son los siguientes:

① Cuerpo principal del canal (canal, caja de recolección, dissipador de energía)

▪ Rotura

Quebraduras, grietas, abrasión



Grietas en canal



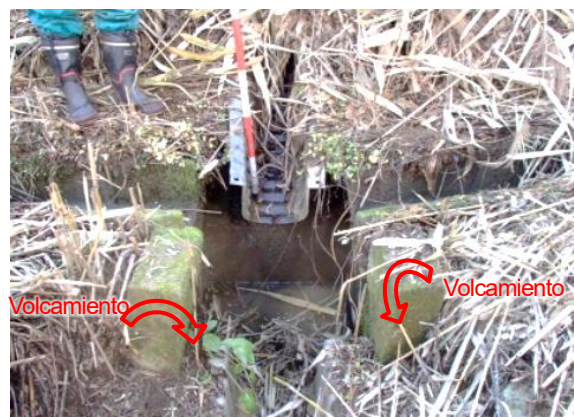
Grietas y quebraduras en dissipador de energía

▪ Deformación

Desplazamiento entre juntas, hundimiento, volcamiento, inversión de la pendiente del canal



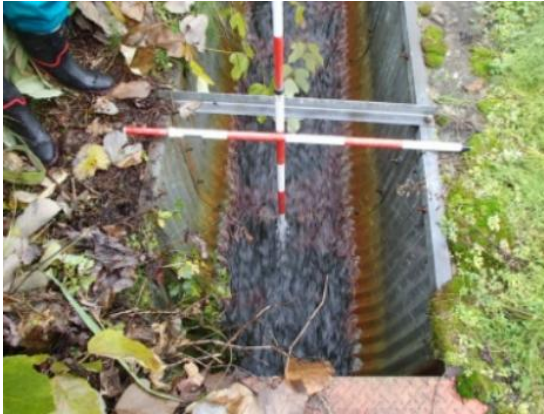
Hundimiento y volcamiento del canal



Volcamiento en caja de recolección

- Corrosión

Óxido (canal de acero puede causar fugas)



Óxido en canal de acero

- Obstrucción, soterramiento

Acumulación de sedimentos y hojas caídas, etc., invasión vegetal



Obstrucción y soterramiento por sedimentos



Desbordamiento por obstrucción

② Obras de drenaje

▪ Obstrucción

Obstrucción de la tubería de drenaje por lodo, soterramiento por acumulación de sedimentos alrededor de la salida



Obstrucción de la salida de la tubería de drenaje debido al lodo

③ Condiciones del entorno

Impacto en los canales debido al derrumbe de los taludes circundantes y al movimiento de la masa del deslizamiento, etc.



Deformación del canal debido al movimiento de la masa del deslizamiento



Derrumbe del talud bajo el canal

A continuación, se indican los elementos que provocan una disminución de la funcionalidad y su repercusión en los deslizamientos.

Tabla 50 Criterios de evaluación para el nivel de deformación (canales)

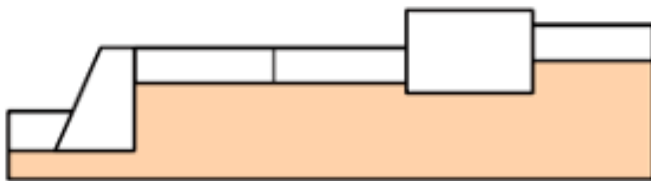
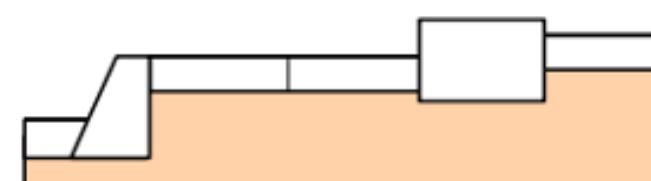
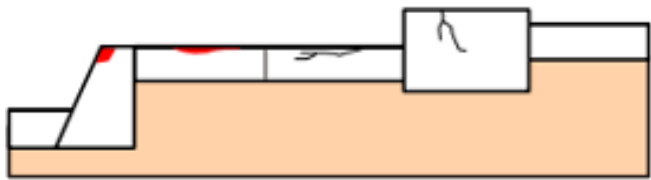
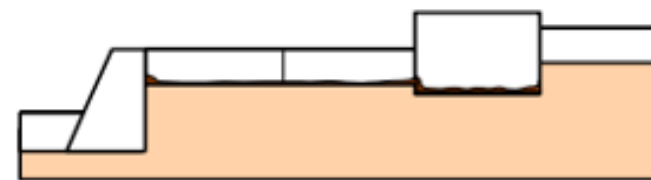
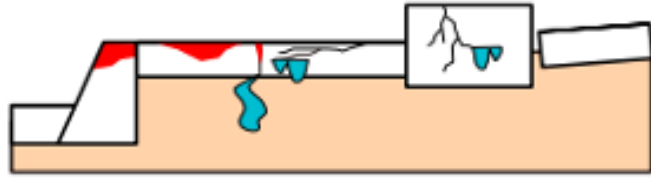
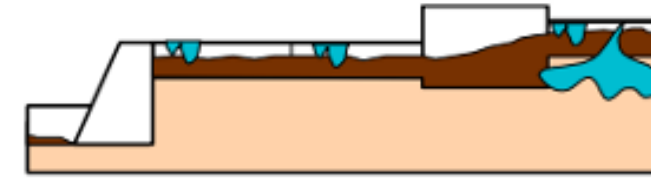
Nivel de deformación		Obras de canalización (canales, cajas de recolección, disipadores de energía), Obras de drenaje		
		Corrosión, deterioro, daños y deformación del canal, caja de recolección y disipadores de energía	Sedimentación en el canal, caja de recolección y disipadores de energía	Obstrucción de la tubería de drenaje
a	Daños menores o inexistentes	Daños menores o inexistentes 	Sin sedimentación 	- No hay obstrucciones - Pequeña cantidad de obstrucción en la salida de la tubería de drenaje - Se ha confirmado la descarga de agua 
b	Hay daños, pero no han provocado un deterioro de la funcionalidad o del rendimiento	Algunos daños, sin fugas 	Algo de sedimentación, sin desbordamiento 	- Bloqueo en la tubería de drenaje (generalmente menos del 30% del área de salida de la tubería de drenaje) - Se ha confirmado la descarga de agua 
c	Hay una disminución de la funcionalidad o del rendimiento	Filtraciones por daños 	Desbordamiento por sedimentación 	- Gran cantidad de obstrucción en la tubería de drenaje (generalmente más del 30% del área de salida de la tubería de drenaje) - Parece que la descarga de agua se detuvo debido a la obstrucción 
Puntos de evaluación		- Los deslizamientos y la erosión en los laterales de los canales pueden causar daños y deformaciones en los mismos. - La corrosión progresiva, el deterioro, los daños y la deformación de canales, cajas de recolección y disipadores de energía pueden provocar fugas del agua recogida.	La sedimentación progresiva en canales, cajas de recolección y disipadores de energía puede provocar el desbordamiento del agua recogida	La obstrucción de la tubería de drenaje provoca una disminución de la capacidad de drenaje y la infiltración de las aguas subterráneas drenadas
		Las fugas o el desbordamiento del agua recogida pueden provocar un aumento del nivel de las aguas subterráneas, con la consiguiente disminución de la estabilidad de los deslizamientos.		
Puntos a tener en cuenta para el monitoreo		Compruebe visualmente si hay deformaciones visibles.		
		- Comprobar la corrosión de los componentes de acero y el deterioro del concreto debido al envejecimiento. - Comprobar la existencia de daños y deformaciones en canales, cajas de recolección y disipadores de energía debido a la actividad del deslizamiento	Comprobar la acumulación de sedimentos, restos vegetales, etc. en canales, cajas de recolección y disipadores de energía	Compruebe si hay obstrucciones en la salida de agua.

Tabla 51 Caso de estudio de monitoreo (corrosión y deterioro de canales)

Nivel de deformación	Puntos a tener en cuenta	Fotos
a Daños menores o nulos	- Daños menores o inexistentes	
b Hay daños, pero no han provocado una disminución de la funcionalidad	- Algunas partes están dañadas debido a corrosión o deterioro - No se ha producido ninguna fuga	
c Hay disminución de la funcionalidad	- Se han producido fugas debido a la corrosión y el deterioro	

Tabla 52 Caso de estudio de monitoreo (rotura y deformación de canales)

Nivel de deformación	Puntos a tener en cuenta	Fotos
a Daños menores o nulos	- Daños menores o inexistentes	
b Hay daños, pero no han provocado una disminución de la funcionalidad	- Algunas piezas están dañadas y deformadas - No se han producido fugas	
c Hay disminución de la funcionalidad	- Se han producido fugas debido a daños y deformaciones	

Tabla 53 Caso de estudio de monitoreo (obstrucción en canales)

Nivel de deformación	Puntos a tener en cuenta	Fotos
a Daños menores o nulos	- Sin sedimentación o sedimentación menor	
b Hay daños, pero no han provocado una disminución de la funcionalidad	- Se acumulan sedimentos en algunas partes • No se ha producido desbordamiento	
c Hay disminución de la funcionalidad	- Se ha producido un desbordamiento debido a la sedimentación	

Tabla 54 Caso de estudio de monitoreo (caja de recolección)

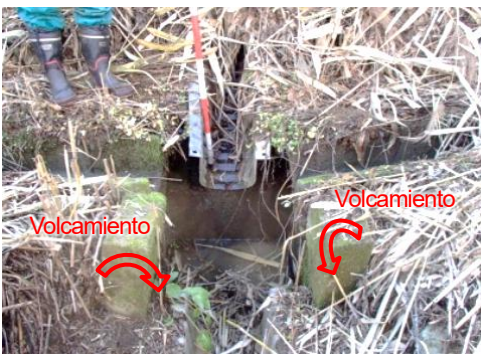
Nivel de deformación	Puntos a tener en cuenta	Fotos
a Daños menores o nulos	- Sin sedimentación o sedimentación menor	
b Hay daños, pero no han provocado una disminución de la funcionalidad	- Algunas partes están dañadas y deformadas - No se han producido fugas	
c Hay disminución de la funcionalidad	- Se ha producido una fuga debido a daños y deformaciones	
	- Se ha producido un desbordamiento debido a la obstrucción de la caja de recolección	

Tabla 55 Caso de estudio de monitoreo (drenajes)

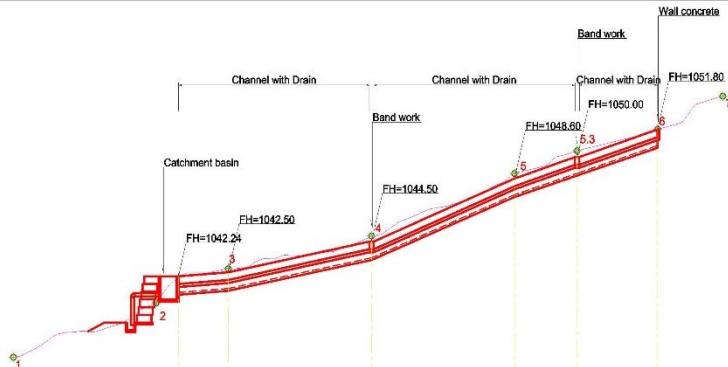
Nivel de deformación	Puntos a tener en cuenta	Fotos
a Daños menores o nulos	- No hay obstrucciones - Pequeña cantidad de obstrucción en la salida de la tubería de drenaje - Se ha confirmado el drenaje de aguas subterráneas	
b Hay daños, pero no han provocado una disminución de la funcionalidad	- Obstrucción en la tubería de drenaje (generalmente menos del 30% del área de salida de la tubería de drenaje) - Se ha confirmado el drenaje de agua.	
c Hay disminución de la funcionalidad	- Gran cantidad de obstrucción en la tubería de drenaje (generalmente más del 30% del área de salida de la tubería de drenaje) - Parece que el drenaje de agua se detuvo debido a la obstrucción.	

3.3.4 Criterios de evaluación para niveles de estabilidad (monitoreo periódico y de emergencia)

Tabla 56 Criterios de evaluación del nivel de estabilidad (monitoreo periódico y de emergencia)

Nivel de estabilidad	Condición de deformación	Medida
A Acción no requerida	Sin daños	- Continuar monitoreo
B Observación	En caso de que aunque se observe más de un caso de deformación nivel B en el cuerpo principal del canal, caja de recolección, dissipador de energía, o talud circundante, pero se concluye en que no hay relación entre cada deformación y se juzga que no hay disminución funcional en la actualidad	- Durante el monitoreo periódico, se observa el progreso de cualquier deformación - En algunos casos, se tiene en cuenta la frecuencia y la programación del monitoreo periódico
C Acción requerida	- El nivel de deformación es C. - Hay múltiples niveles de deformación B y estas deformaciones son causadas por el mismo factor o están progresando	- Llevar a cabo un monitoreo continuo, y los trabajos de reparación y las medidas de emergencia son considerados y aplicados

Tabla 57 Caso de estudio de la hoja de monitoreo (monitoreo periódico y de emergencia)

Sitio		Campo Cielo	Bloque de Deslizaamiento	L-1
Año de construcción		2002	Estructura No.	No.1
Especificaciones Estructurales	Tipo de canal	Canal y drenaje combinado	Reporte No.	1
	Longitud	75.0m	Fecha de monitoreo	2024/11/11
	Material	Concrete	Organización a cargo del monitoreo	JET
			Persona a cargo del monitoreo	Hotaka Aoki
Elemento		Deformación	Comentario	
Canal	Quebradura	a	Sin daño	
	Deformación	a	Sin daño	
	Corrosión	-	-	
	Obstrucción	a	Sin Obstrucción	
Caja de recolección	Quebradura	a	Sin daño	
	Deformación	a	Sin daño	
	Corrosión	-	-	
	Obstrucción	b	Se confirma la acumulación de sedimentos en la caja de recoleccion. No se han producido fugas.	
Disipador de energía	Quebradura	a	Sin daño	
	Deformación	a	Sin daño	
	Corrosión	-	-	
	Obstrucción	a	Sin Obstrucción	
Drenaje		a	Sin Daño	
Condiciones del entorno		a	Sin deformación	
			Comentario	
Evaluación	A : Acción no requerida	• No hay deformaciones en los canales, drenajes y ni en su entorno		
	B : Observación			
	C : Se requieren medidas			
Fotos y Esquema				
				

3.4 Muro de de retención

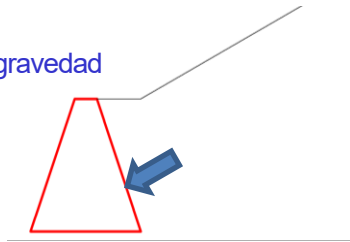
3.4.1 Estructura de los muros de retención

El muro de retención es una estructura de retención de tierras que se proporciona continuamente en forma de muro con el fin de estabilizar la pendiente.

Los muros de retención se clasifican según el material principal, la forma, el mecanismo de estabilidad mecánica, etc.

Las clasificaciones de los muros de retención son las siguientes

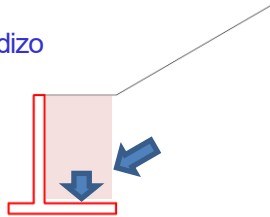
Muro de gravedad



Un tipo que resiste la presión de la tierra debido a la gravedad del muro de contención.

La estructura de hormigón es común

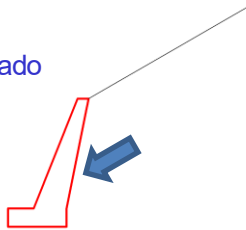
Muro en voladizo



Tipo que resiste la presión del suelo debido a la gravedad del suelo por encima del muro de contención y la resistencia de los miembros del voladizo.

Estructura de hormigón reforzado es común.

Muro inclinado



El tipo que resiste la presión del suelo debido a su propio peso inclinando el muro de contención contra el talud.

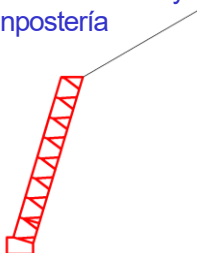
Muro de gaviones



Muro de contención hecho de una canasta trenzada con alambre y llena de piedras.

Se fabrica en diferentes partes del mundo debido a su estructura simple, fácil de construir y fácil de obtener material.

Muro de concreto y manpostería



Es un tipo de muro de contención fabricado apilando bloques de hormigón.

Una pared de retención de tipo inclinado es común.

Estructura de contención del suelo que construye una superficie de muro vertical o casi vertical mediante la colocación de refuerzos en el terraplén.

Figura 21 Clasificación de los muros de contención



Muro de retención de concreto (tipo Gravedad)



Muro de gaviones (tipo inclinado)



Muro de concreto y mampostería (tipo inclinado)



Muro de mampostería de piedra húmeda (tipo gravedad)

3.4.2 Disminución de la función del muro de retención y sus causas

Los elementos que provocan una disminución de la función y su impacto en los deslizamientos de tierra se muestran a continuación.

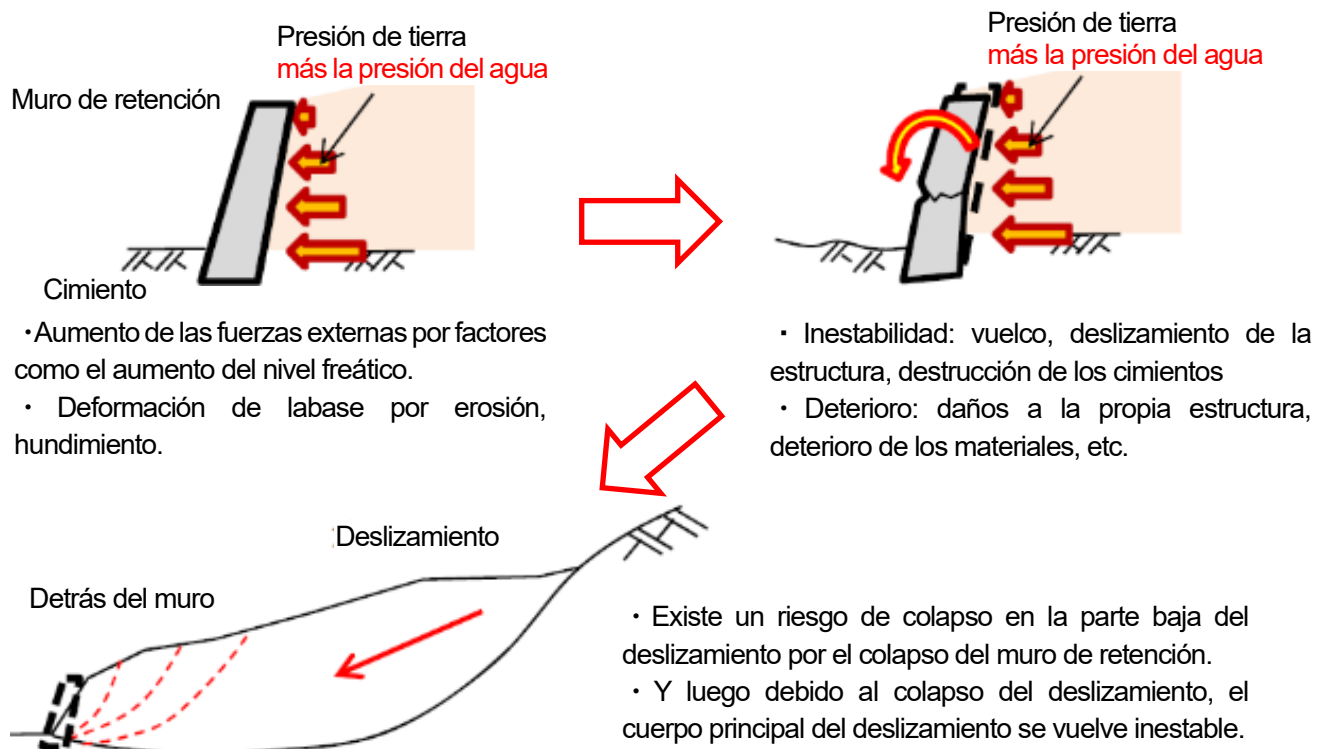


Figura 22 Esquema de la causa en la disminución de la función y su impacto en los deslizamientos

Tabla 58 Disminución de la función del muro de retención y sus causas

Eficacia y funciones como método de mitigación de deslizamientos	• Al estabilizar la parte inferior del bloque del deslizamiento, se controla la inestabilidad del mismo. (El propósito no es estabilizar directamente el cuerpo principal del deslizamiento, sino el pequeño colapso en la parte inferior del deslizamiento.)					
Típos de disminución funcional	• Disminución de la resistencia y estabilidad como estructura.					
Fenómeno que indica declive funcional	Item	Grieta	Agua de manantial	Deformación o ruptura	Hundimiento	Deformación en el talud detrás del muro de retención, etc.
	C o n t e n i d o	Se producen grietas por al deterioro o disminución de la resistencia del concreto.	Debido a la disminución de la función del drenaje, como los agujeros y la capa de drenaje, la presión del agua actúa sobre el muro de retención.	Por la presión inesperada del suelo y diversas fuerzas externas al momento del diseño, el muro puede inclinarse, desplazarse, deformarse o desarrollar grietas. Ejemplo, en gaviones, la corrosión del marco avanza, luego se deforma y se rompe por la carga.	Por la disminución de la capacidad de carga del cimientto, la estructura se hunde.	Pueden producirse daños o deformaciones de la estructura, por factores como el desplazamiento del talud detrás de la estructura o la succión del suelo detrás del mismo.
Afecciones que pueden producirse por el deterioro funcional		El avance de las grietas provoca una disminución de la resistencia del muro y causa su derrumbe.	La acción de la presión del agua sobre la parte posterior del muro de retención provoca su inestabilidad.	El avance de la deformación causa inestabilidad del muro de retención y su colapso. El deterioro de la malla de gaviones dificulta mantener las rocas dentro de la malla y la forma del muro de retención.	La disminución de la capacidad portante del cimientto hace que el muro se vuelva inestable, y existe el riesgo de ruptura.	La deformación del muro provoca inestabilidad en los taludes circundantes, y esta a la vez provoca inestabilidad en la ladera del deslizamiento.
Impactos en los deslizamientos de tierras	Existe riesgo de colapso en la parte inferior del deslizamiento falla del muro de retención. Y si parte inferior del deslizamiento colapsa, el cuerpo principal del deslizamiento se volverá inestable.					

3.4.3 Criterios de evaluación para el nivel de deformación (Monitoreo periódico y de emergencia)

Los puntos de atención del monitoreo son los siguientes.

①Cuerpo principal de muro de contención.

▪ Ruptura

Pérdida de estructura, derrumbe, caída de bloques (rocas en el armazón), pérdida de material de relleno (roca en el armazón), etc. Situación en la que se pierde la función.



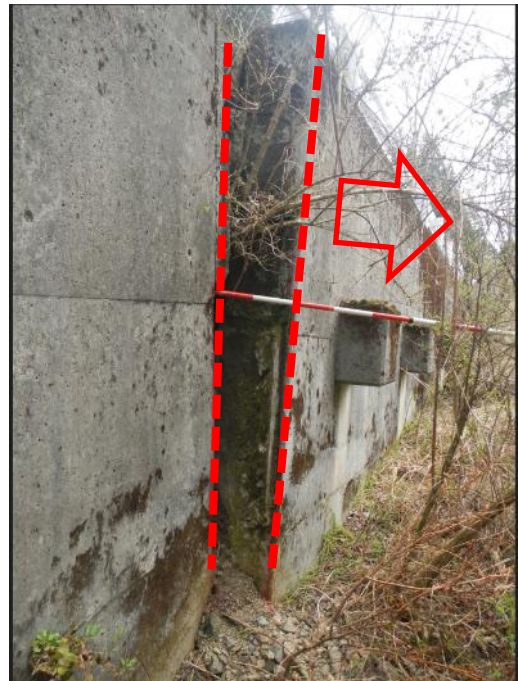
Muro de manpostería colapsada



Gaviones colapsados

▪ Deformación

Hundimiento, inclinación, desplazamiento entre uniones, deformación, etc.



Muro de retención movido entre las uniones por la actividad del deslizamiento



Muro de contención roto e inclinado por deslizamiento de tierras.

- Daño

Grietas, piezas faltantes, óxido (corrosión), etc.



Grietas



Canasta de gavión oxidado

- Agua de manantiales

Hay agua que se filtra o sale por grietas, etc.

In case of gabion, it has a drainage function, so the fact that flowing out water was found is not a problem. (drainage pipe of concrete wall also)



Abundancia de agua de manantial

- Huecos en la parte posterior de estructuras (brechas por la erosión o succión del suelo en la parte trasera, etc.)

El cuerpo de la pared no encaja con el terreno por succión del suelo posterior, etc.



Se deforma por la erosión en el cimiento y la succión del suelo detrás del muro de retención.

② Suelo de cimentación

- Hundimiento, elevación

El suelo de cimentación se ablanda al actuar el peso de la estructura excediendo la capacidad de carga de la cimentación, o se eleva debido al impacto de deslizamiento de tierra, etc.

- Erosión

El suelo de cimentación se erosiona por las aguas superficiales, etc.



Suelo del cimiento elevado



Suelo de cimentación erosionado

③ Condiciones de los alrededores

En la ladera circundante de la estructura, en caso de que los siguientes fenómenos se confirmen claramente.

Aspiración del suelo, hundimiento, erosión, agua de manantial, colapso, deformación, grietas, etc.



Tabla 59 Caso de estudio de monitoreo (Muro de Concreto)

Nivel deformación	Puntos a observar	Imagen de la situación
a Daños leves o nulos	▪ No daño	
b Hay daños, sin embargo, No es una disminución de la función	▪ Se producen algunas grietas, las grietas no se abren. ▪ El muro de contención no está inclinado.	
c Disminuye la función	▪ Se abren grietas y se inclina el muro de retención. ▪ Se pierde la función de muro, tiene riesgo de colapsar.	

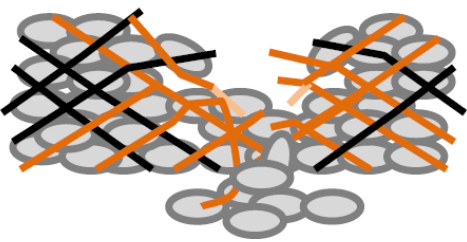
Tabla 60 Caso de estudio de monitoreo (Muro de mampostería de bloque de concreto)

Nivel deformación	Puntos a observar	Imagen de la situación
a Daños leves o nulos	▪ No daño	
b Hay daños, sin embargo, No es una disminución de la función	▪ Algunas grietas ocurren, no se abren. ▪ Algunas uniones están desplazadas. Una parte del bloque se ha perdido. Aunque, algunas deformaciones menores están ocurriendo, ▪ El muro de retención no está inclinado. ▪ Se mantiene la función de muro.	
c Disminuye la función	▪ Una parte del muro se colapsa ▪ Se abren grietas, y entonces el muro se inclina. ▪ Se pierde la función de muro de retención, tiene riesgo al colapso.	

Tabla 61 Caso de estudio de monitoreo (Muro de gavión)

Nivel deformación	Puntos a observar	Imagen de la situación
a Daños leves o nulos	▪ No daño	
Hay daños, sin embargo, No es una disminución de la función	▪ Se producen algunas deformaciones. La malla no está rota. ▪ El material de relleno se mantiene en el marco. Se mantiene la función de muro de retención.	
c Disminuye la función	▪ El material de relleno se ha perdido por la deformación del cuerpo de la pared o la malla rota, etc. ▪ La estabilidad de la estructura se ha perdido por una inclinación significativa, etc. ▪ El cuerpo de la pared está colapsado.	

Tabla 62 Caso de estudio de monitoreo (Malla de gavión)

Nivel deformación	Puntos a observar	Imagen de la situación
a Daños leves o nulos	▪ No daño	
Hay daños, sin embargo, No es una disminución de la función	▪ La corrosión cubre todo el alambre de la malla (la superficie del alambre es áspera por todas partes) ▪ La corrosión no ha causado la rotura del alambre de la malla, y no se ha perdido el material de relleno.	
c Disminuye la función	▪ La corrosión y otros factores han causado deformaciones, el alambre del marco y la pérdida de material de relleno. ▪ Debido a eso, la pared se deforma, disminuye la estabilidad.	

3.4.4 Criterios de evaluación para el nivel de estabilidad (Monitoreo periódico y de emergencia)

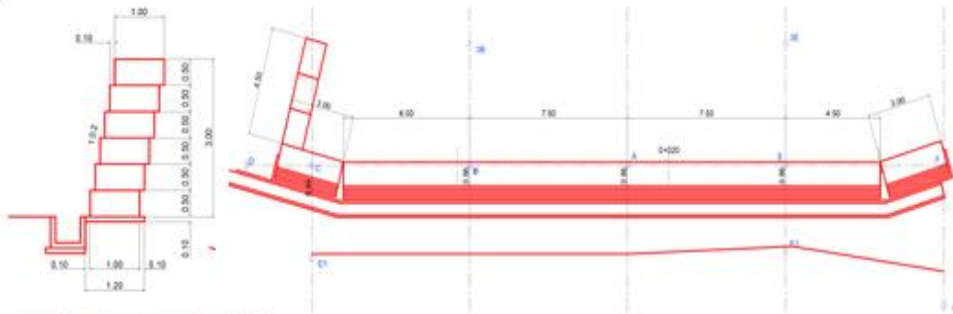
Tabla 63 Criterios de evaluación del nivel de estabilidad (Monitoreo periódico y de emergencia)

Nivel de Estabilidad	Condición de la deformación	Contramedida
A No requiere acción	No daño	Continuidad del monitoreo
B Observancia	Se observa una deformación de nivel B, no es progresiva y se juzga que no hay disminución funcional en la actualidad.	- Durante el monitoreo periódico, se controla el progreso de cualquier deformación. - En algunos casos, se considera la frecuencia y el momento del monitoreo periódico.
C Medidas requeridas	- Es deformación de nivel C. - Existen múltiples niveles de deformación B y estas deformaciones son por el mismo factor o estas deformaciones están progresando.	Se estudian y aplican medidas de reparación y emergencia.

Tabla 64 Caso de estudio de la ficha de monitoreo (Monitoreo periódico y de emergencia)

Suelo de cimiento		Campo Cielo	Bloque del deslizamiento	L-1
Año de construcción		2002	No. de Estructura	No.1
Especificación de la estructura	Grosor del shotcrete	Gabion	No. de Reporte	1
	Altura	3.0m	Fecha de monitoreo	11/11/2024
	Largo	25.0m	Unidad que realiza el monitoreo	JET
			Nombre de quien que realiza el monitoreo	Hotaka Aoki
Item		Deformación	Observación	
La pared del cuerpo	Ruptura	a	No daño	
	Deformación	a	No daño	
	Daño	a	No daño	
	Agua de manantial	a	El agua del manantial se confirma en la parte inferior del muro y se drena a través del canal situado delante del muro de retención.	
Suelo de cimiento		a	No deformación	
Condiciones del entorno		a	No deformación	
			Comentarios	
Juicio	A : No requiere acción		• No hay daños ni deformaciones en el muro de contención y su entorno. • Este tipo de muro (gavión) es muy permeable. • Se drena el agua subterránea del talud detrás del muro de retención, y contribuye a la estabilización de deslizamiento.	
	B : Observancia			
	C : Requiere medidas			

Esquema & Foto





3.5 Concreto lanzado (Shotcrete)

3.5.1 Estructura del Concreto Lanzado (Shotcrete)

El concreto lanzado (Shotcrete) es un método de estabilización de laderas que consiste en proyectar mortero u hormigón sobre los taludes utilizando aire comprimido para recubrir el talud con mortero u hormigón.

Puede utilizarse para trabajos de estabilización de taludes de cualquier forma, longitud o altura, y se adopta en muchos casos.

El suelo objetivo incluye lecho rocoso erosionado, lecho rocoso triturado, lecho rocoso con grietas desarrolladas y lecho rocoso que es fácil de debilitar debido a la infiltración del agua de lluvia.

También es condición previa que no actúe presión del suelo sobre la estructura.

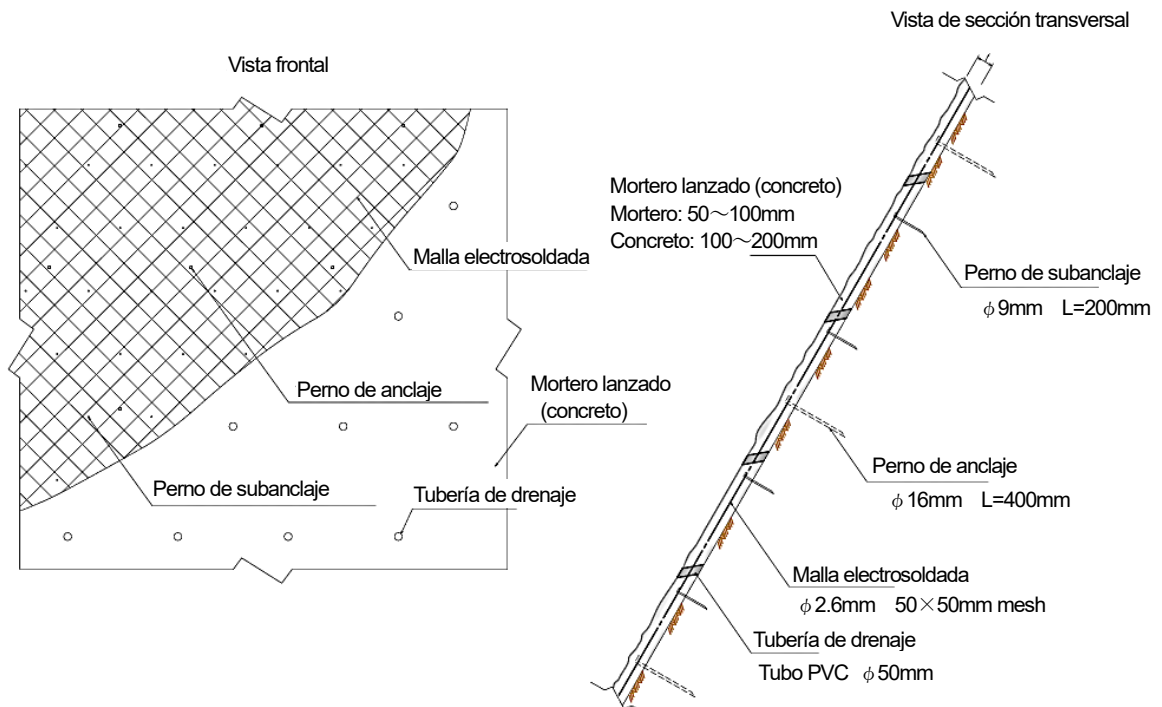


Figura 23 Imagen del esquema y fotografía de caso de estudio del shotcrete

3.5.2 Disminución de la función del concreto lanzado y sus causas

Tabla 65 Deterioro y daño del concreto lanzado, sus causas y características

Elementos		Tipos de deformaciones	Características de la deformación	Causas
Partes	Partes			
Mortero lanzado & concreto	Mortero Concreto	Daño/ Deformación	▪ Grietas ▪ Desplazamiento de las uniones. ▪ Desprendimientos ▪ Combaduras ▪ Inclínación ▪ Desplazo borde inferior ▪ Pandeos ▪ Levantamientos ▪ Resbalamientos ▪ Derrumbe ▪ Degaste ▪ Cavidades	▪ Deterioro del mortero ▪ Disminución de adhesión al terreno. ▪ Degradación del suelo ▪ Deformación de la ladera. ▪ Presión del suelo ▪ Secado e hinchado ▪ Crecimiento de raíces de plantas. ▪ Aguas superficiales
		Escorrentía del suelo detrás del shotcrete	▪ Cavidad detrás del shotcrete ▪ Manantiales	▪ Degradación del suelo ▪ Filtración de agua por deajo del shotcrete
		Deterioro Corrosión	▪ Cavidad detrás del shotcrete ▪ Desprendimientos ▪ Grietas ▪ Óxido de calcio ▪ Deterioro de superficie - Corrosión	▪ Deterioro del mortero ▪ Disminución de adhesión al terreno ▪ Degradación del suelo ▪ Secado e hinchado ▪ Corrosión de acero ▪ Reacción química
Tubería de drenaje	Tubo PVC	Tubo PVC	•Obstrucción	▪ Succión del suelo detrás del shotcrete ▪ Crecimiento de la vegetación
Terreno circundante		Daño/ Deformación	▪ Colapso ▪ Grietas ▪ Manantiales ▪ Erosión ▪ Abundamientos ▪ Hundimientos	▪ Deformación de ladera (deslizamiento etc.) ▪ Terremoto ▪ Agua superficial

A continuación, se muestran casos de estudio de deformación del concreto lanzado (shotcrete).

(1) Desprendimientos

Los desprendimientos se producen después de.

- Aparece una estructura en capas dentro del shotcrete causada por la calidad del trabajo de construcción.
- Aparecen grietas causadas por la intrusión de raíces de plantas,
- El agua de lluvia penetra en grietas, vacíos y capas,
- La capa delgada se debilita, debido a la humectación y secado repetido.
- Se produce desprendimientos.



Figura 24 Imagen del esquema y fotografía de caso de estudio del desprendimiento

(2) Grietas

En general, las grietas se producen por el deterioro del shocrete con el paso del tiempo y los repetidos ciclos de humedad y secado.

El deterioro progresa debido a la filtración de lluvias por las grietas, causando el colapso de la estructura.

También hay grietas que se producen debido a la degradación del suelo detrás del shorcrete, que se explicará más adelante, por lo que es importante comprobar las condiciones del suelo detrás.



Figura 25 Fotografía de caso de estudio de grieta

(3) Resbalamiento

El concreto lanzado se adhiere al terreno y se integra en el talud gracias a su adherencia.

En caso de que el lecho rocoso detrás del shotcrete se debilite a raíz de la intemperie, al deilitarse en algunos casos la adherencia puede disminuir.

Si la adherencia con el shotcrete y el talud disminuye, es posible que el propio hormigón proyectado no pueda soportar su propio peso provocando que se deslice y caiga.

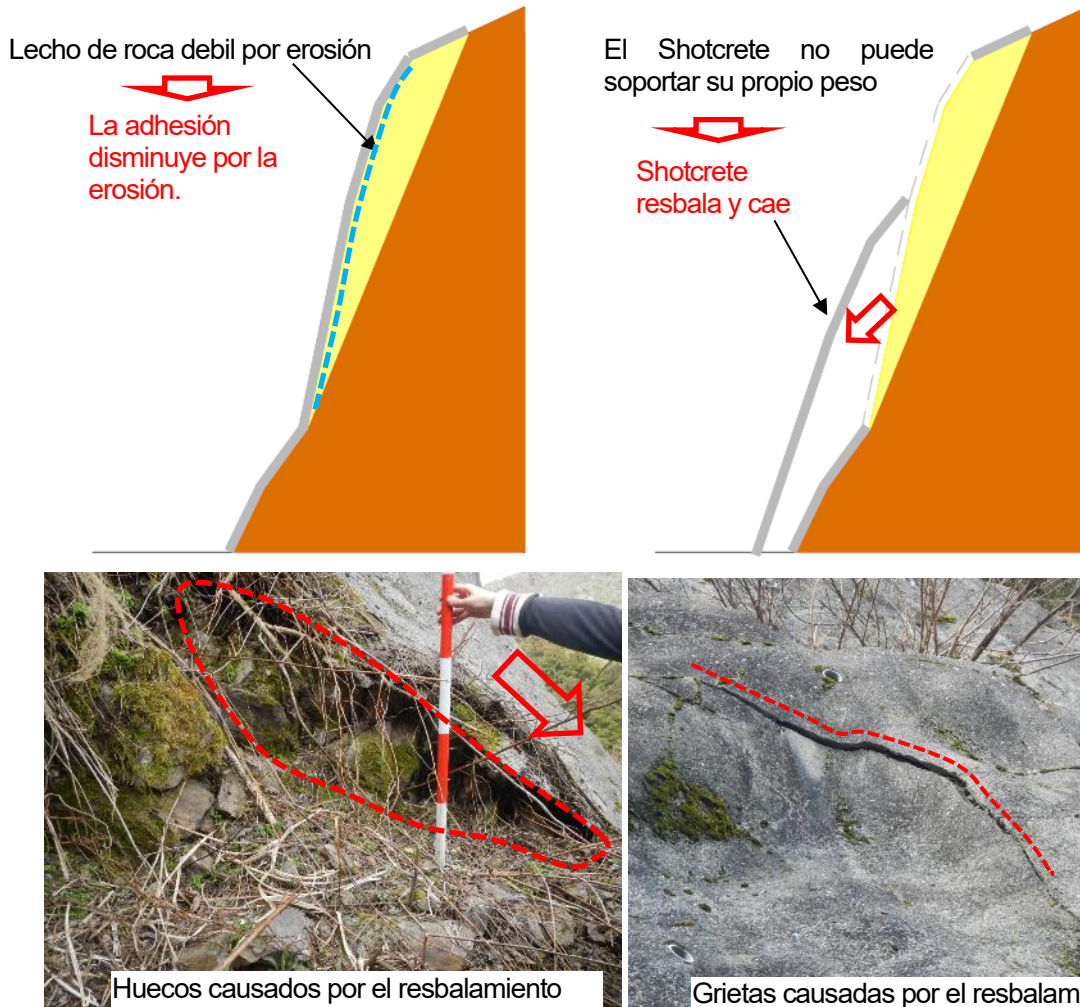


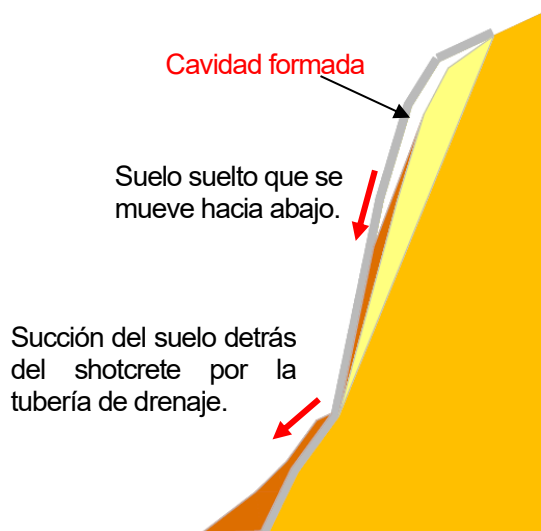
Figura 26 Imagen del esquema y caso de estudio del resbalamiento

(4) Escorrentía de suelo detrás del concreto lanzado (Shotcrete)

A medida que el suelo detrás del shotcrete se convierte en sedimento por la erosión, debido a los efectos del agua filtrada y los repetidos ciclos de seco y húmedo, la conversión en sedimento progresa moviéndose hacia abajo o es succionado por los orificios del drenaje formandose una cavidad detrás del shotcrete.

La cavidad provoca una disminución de la integración entre el shotcrete y el suelo, y el shotcrete se vuelve incapaz de sostenerse por sí mismo. La presión de la tierra desplazada actúa sobre el concreto lanzado.

Si el peso del shotcrete y la presión de la tierra detrás de él superan la resistencia del shotcrete, éste se romperá.



El peso del shotcrete y la presión del suelo detrás de él actúan sobre el shotcrete

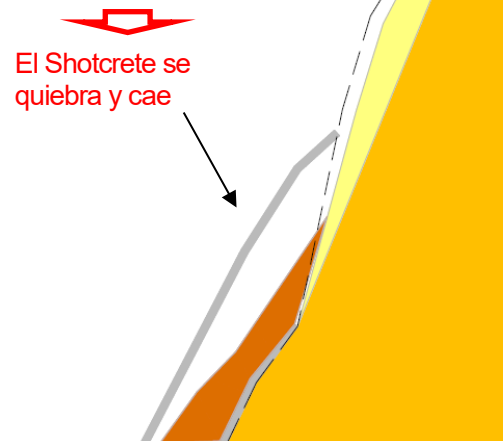


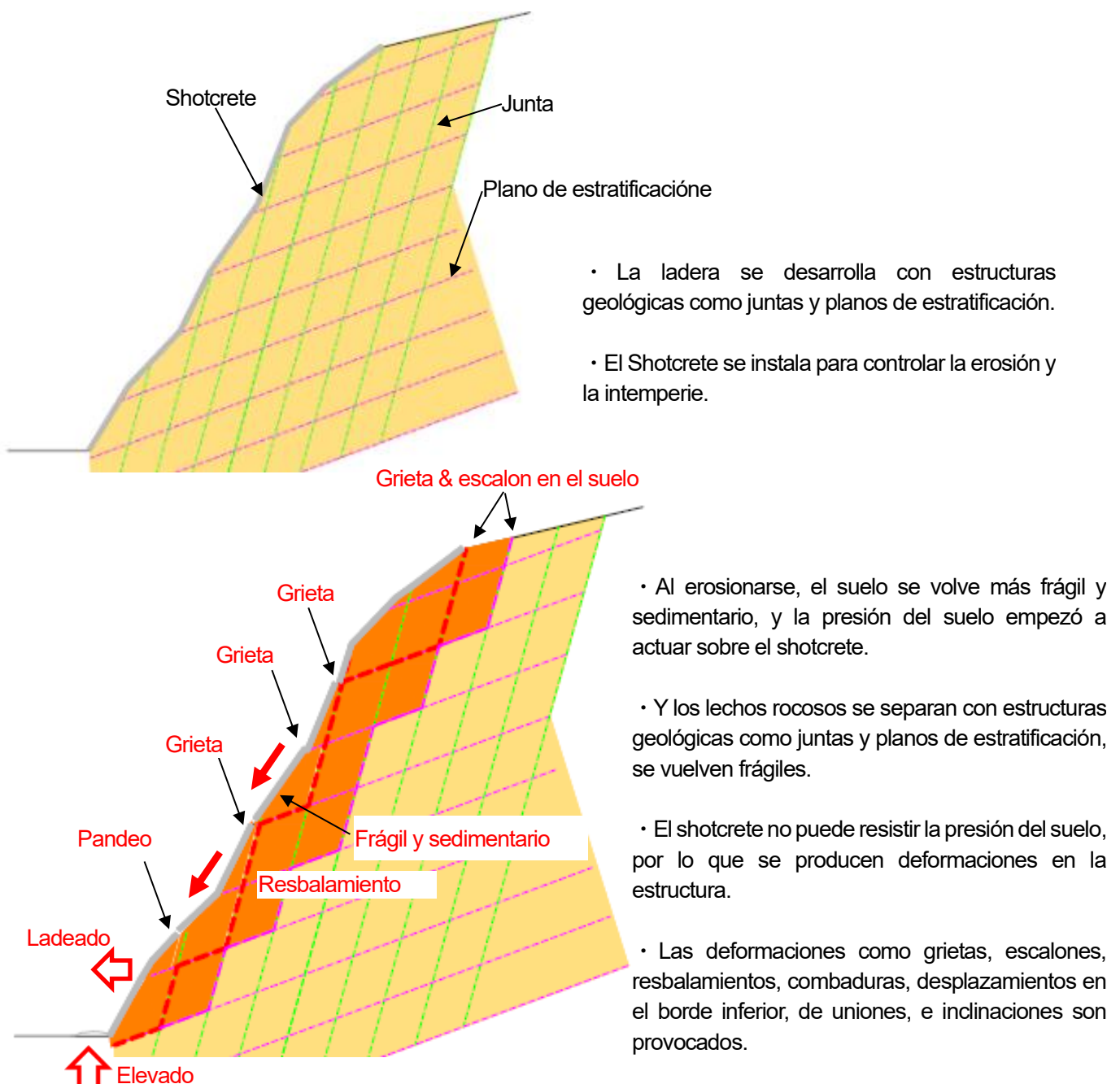
Figura 27 Imagen del esquema y fotografía de caso de estudio de escorrentía de suelo bajo el shotcrete

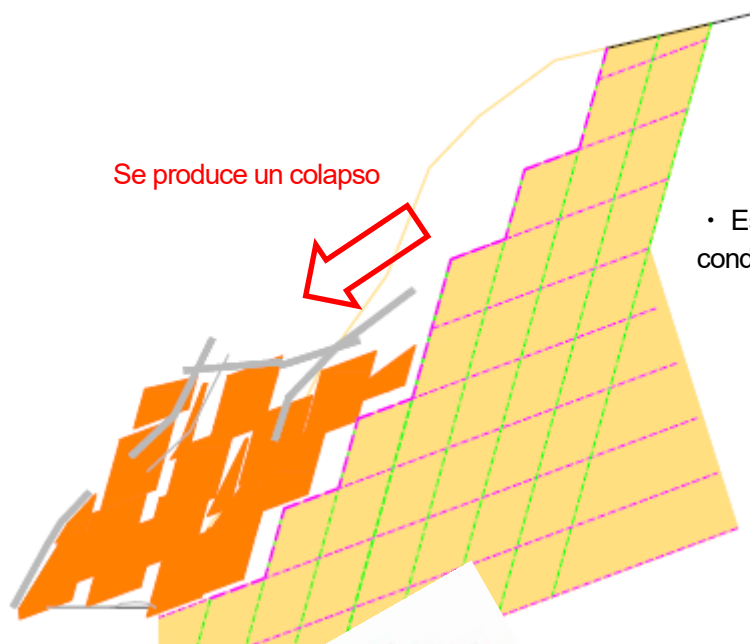
(5) Deformación por actividad de la ladera (Inclinación, colapso, combadura etc.)

A medida que el suelo se erosiona, se vuelve más frágil y suelto, entonces la presión del suelo empieza a actuar sobre el shotcrete, este no puede resistir dicha presión produciéndose deformaciones en la estructura.

La forma de la deformación puede variar, como grietas, escalones, resbalamiento, combadura, desplazo del borde inferior, de las uniones e inclinación. Si las condiciones avanzan, existe un riesgo muy alto de colapso. Incluso si el talud detrás del shotcrete es un lecho de roca dura, hay muchos casos en que se produce un aflojamiento debido a estructuras geológicas como juntas y planos de estratificación, conduciendo a un colapso. Cuando se produce este tipo de desplazamiento, a menudo también se producen grietas y otras deformaciones en las laderas circundantes.

Se muestra la deformación causada por la actividad del talud y el avance del colapso.





- Estas deformaciones progresan, y luego conduce al colapso.



Impacto del deslizamientoC



Figura 28 Imagen del esquema y fotografía de la deformación de la estructura causado por la actividad de la ladera

3.5.3 Criterios de evaluación del nivel de deformación (Monitoreo periódico y de emergencia)

Tabla 66 Criterio de evaluación del nivel de deformación (Shotcrete)

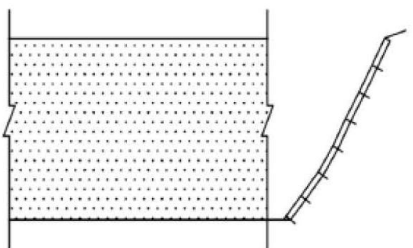
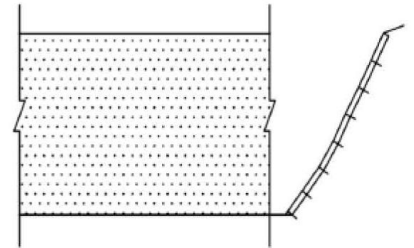
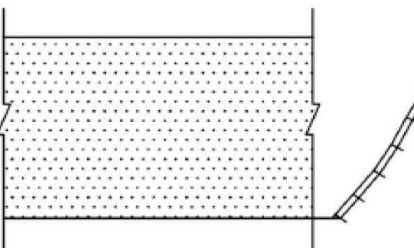
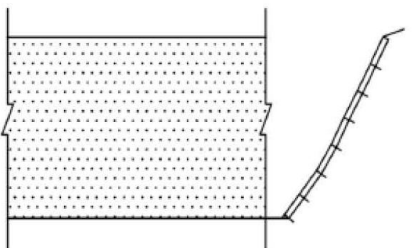
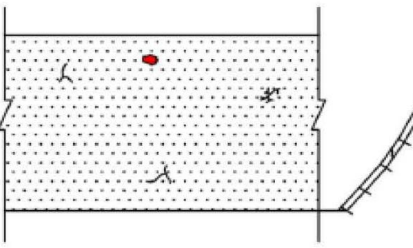
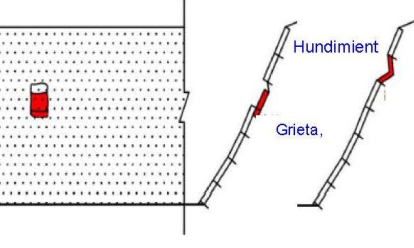
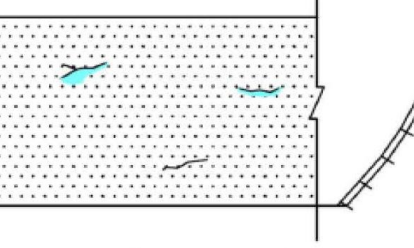
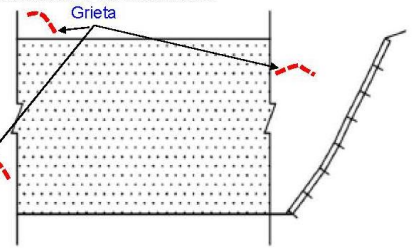
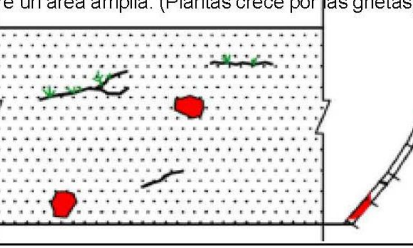
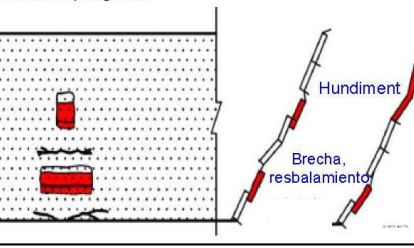
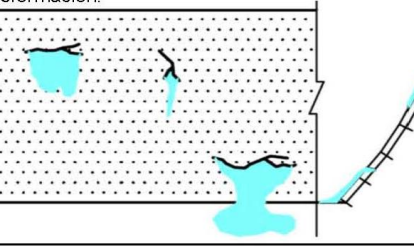
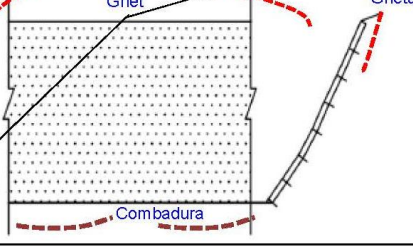
Nivel de deformación		Shotcrete			
		Grieta, desprendimiento, corrosión,	Desplazamiento de uniones, combadura, inclinación, desplazamiento del borde inferior, pandeo, levantamiento, desprendimientos, caída, grieta, hundimiento, cavidad debajo del shotcrete	Agua de manantiales	Terreno circundante
a	Daños leves o nulos	• Sin daño • grietas menores 	• Sin daño 	• No se observa agua de manantial constante ni 	• No se observan grietas, hundimientos, abombamientos u otras deformaciones en el talud circundantes. 
b	Hay daños, No obstante, No es una disminución de la función	• Desprendimiento parcial de la superficie (delgado) • Hay varias grietas no abiertas y producidas al azar no hay grietas continuas) 	• Hay deslizamientos localizados, resbalamientos, 	• Se observa constantemente agua de manantial o agua 	• Se observan grietas, hundimientos, combaduras, otras deformaciones area circundante y las deformaciones no son continuas ni están relacionadas. v no progresan. 
c	Existe una disminución en el funcionamiento o rendimiento	• Hay desprendimientos grandes y gruesos sobre un área amplia. Además, la malla de metal y el suelo son expuestos debido a ello. • Hay grietas abiertas que se producen continuamente sobre un área amplia. (Plantas crece por las grietas) 	• Hay combadura, huecos, cavidades, hundimiento (deslizamiento hacia abajo) en un amplio rango. Además, estos desplazamientos son continuos y la deformación progresa. 	• El agua de manantial o el agua que fluye constantemente de las tuberías de desagüe durante las lluvias se observa en un amplio rango. Este fenómeno también se observa en grietas y otras partes de deformación. 	• Cracks, subsidence, bulging, or other deformations are observed on the surrounding 
Puntos de evaluación		• Si las grietas y los desprendimientos progresan y se forman agujeros, la función del shotcrete ya se ha delineado significativamente. • El agua de lluvia que fluye a través de las grietas causará más intemperie y erosión, debilitando el suelo. • Se debe implementar la prueba del martillo para comprobar el progreso de las grietas, resbalamiento y cavidad debajo del shotcrete	• En muchos casos cuando ocurre el desplazamiento causado por el hundimiento y desmoronamientos, se forman cavidades debajo del shotcrete. • La adhesión entre el shotcrete y el suelo se ha deteriorado, y la función de la estructura disminuye. • En áreas donde se produce la combadura del shotcrete, la presión del suelo por debajo está actuando sobre él. • Si esta situación progresa, causará el colapso del concreto. • En los puntos donde la combadura y el hundimiento son significativos, la situación debe ser comprobada mediante prueba de martillo. • En algunos casos, conviene realizar la perforación de núcleo y comprobar el estado debajo del shotcrete	• Si hay una cantidad significativa de agua de manantial, existe el riesgo de que se formen cavidades, debido a la erosión por el agua que fluye debajo del shotcrete. • Si la formación de cavidades progresa, la adherencia entre el shotcrete y el suelo se ha deteriorado, y la función de la estructura ha disminuido. • En lugares donde hay agua de manantial significativa, se debe implementar la prueba de martillo	• Si hay deformaciones significativas, como grietas en los taludes circundantes, se considera que el talud se está volviendo inestable. • En esta situación, es difícil estabilizar el talud utilizando únicamente Shotcrete. • Es necesario considerar y aplicar contramedidas adicionales.
Puntos a tener en cuenta para el monitoreo		Las deformaciones que aquí se muestran suelen estar muy relacionadas con las causas de su aparición. Si se observan deformaciones significativas, es necesario considerar diversos factores y estudiar su relación con otras deformaciones y con la estabilidad de la ladera			

Tabla 67 Caso de estudio sobre el monitoreo (Shotcrete: Deformaciones en el cuerpo principal)

Nivel de deformación	Puntos a observar	Fotografía de la situación
a Daños leves o sin daño	▪ Ningún daño	
b Hay daños, No obstante, No es una disminución de la función	▪ Se presentan algunas grietas. ▪ Las grietas no se abren. ▪ No hay ojos de agua en la grieta. ▪ No se producen otras deformaciones. ▪ La función del shotcrete se mantiene.	
c Hay una disminución de la función	▪ Se producen deformaciones como grietas abiertas, resbalamientos, pandeo, cavidad detrás del concreto lanzado. ▪ El Shotcrete no está integrado con el suelo y ya se ha derrumbado o desplazado. ▪ El shotcrete no mantiene la función de la estructura.	  Resbalamiento  Combadura

Tabla 68 Caso de estudio sobre el monitoreo (Agua de manantiales en el shotcrete)

Nivel de deformación	Puntos a observar	Fotografía de la situación
a Daños leves o sin daño	▪ Sin presencia de agua de manantiales	
b Hay daños, No obstante, No es una disminución de la función	▪ Se presentan algunas grietas. ▪ Las grietas no se abren. ▪ Se confirma la presencia de agua de manantial en la grieta. ▪ Otras deformaciones no se presentan. ▪ Se mantiene la función del shotcrete.	
c Hay una disminución de la función	▪ Se aprecia una gran cantidad de agua de manantial, a pesar de la ausencia de precipitaciones. ▪ Además, se producen deformaciones tales como grietas abiertas, resbalamientos, pandeo, cavidad detrás del concreto lanzado, etc	

Tabla 69 Caso de estudio sobre el monitoreo (área circundante al talud del Shotcrete)

Nivel de deformación	Puntos a observar	Fotografía de la situación
a Daños leves o sin daño	• Ningún daño	
b Hay daños, No obstante, No es una disminución de la función	• Algunas grietas se producen en la pendiente ascendente del hormigón lanzado. • Las grietas no son continuas. • No se producen deformaciones en el concreto lanzado. • Debe observarse el cambio de estas grietas.	
c Hay una disminución de la función	• Algunas grietas se producen en la pendiente ascendente del shotcrete. • Estas grietas son continuas y rodean al concreto lanzado. • El muro de contención en la parte inferior del hormigón lanzado se desplaza por la actividad de la pendiente. Además, ocurren deformaciones tales como grietas abiertas, resbalamientos, pandeo, cavidad detrás del shotcrete, etc.	 Muro de contención en la parte inferior del shotcrete desplazado Muro de contención en la parte inferior del shotcrete desplazado

3.5.4 Criterio de evaluación del nivel de estabilidad (moódico y emergencia)

Tabla 70 Criterios de evaluacion del nivel de estabilidad (Monitoreo periódico y emergencia)

Nivel de estabilidad	Condición de deformación	Contramedida
A No requiere acción	Sin daño	▪ Monitoreo continuo
B Observancia	Se observa una deformación de nivel “b”, pero no es progresiva y se juzga que no hay disminución funcional en la actualidad.	▪ Durante el monitoreo periodico, se supervisa el avance de las deformaciones. ▪ En algunos casos, se considera la frecuencia y el calendario de las inspecciones periódicas.
C Requiere medidas	▪ El nivel de deformacion es “c”. ▪ Hay múltiples deformación nivel “b” y estas deformaciones son causadas por el mismo factor o estas deformación está progresando.	Es necesario que se realice un monitoreo detallado , se consideran y aplican obras de reparación y medidas de emergencia.

Tabla 71 Caso de estudio de hoja de monitoreo (Monitoreo periódico y de emergencia)

○ Caso de estudio A : En caso de desestabilización de la ladera

Sitio		Campo Cielo	Bloque de deslizamiento	L-1
Año de construcción		2002	No. de Estructura	No.1
Especificación de la estructura	Grosor del shotcrete	100mm	No. de Reporte	1
	Altura	50.0m	Fecha de monitoreo	11/11/2024
	Largo	40.0m	Unidad que realiza el monitoreo	EEJ
			Nombre de quien que realiza el monitoreo	Hotaka Aoki
Elemento		Deformación	Observaciones	
La pared del cuerpo	Grieta	c	Se confirman las grietas abiertas con cavidad tras del concreto lanzado.	
	Desprendimiento	c	Se observan desprendimientos en muchos lugares	
	Desplazamiento	c	En la unión, el shocrete se desplaza.	
	Combadura	c	En la parte inferior del talud, se confirman las combaduras/abombamientos del shotcrete	
	Resbalamiento	c	En el borde del talud, se confirman los desplazamientos del shotcrete	
	Pandeos	c	Se confirma un significativo pandeos por debajo de la mitad de la zona de construcción del shotcrete.	
	Otras deformaciones	c	En la parte inferior del talud, se confirma la inclinación de shotcrete	
Agua de manantial		c	En la parte inferior de la ladera, se aprecia una gran cantidad de agua de manantial, a pesar de la ausencia de lluvias	
Condiciones del entorno		c	En el talud superior del shotcrete, se confirman grietas abiertas con escalón, que continúan dentro del área del shotcrete. El muro de contención en la parte inferior del shotcrete está inclinado con grietas.	
Comentarios				
Juicio	A : No requiere acción	Se está produciendo un deslizamiento en una amplia zona (50 m x 70 m), incluida la zona de construcción del sotcrete.Como consecuencia, el shotcrete y el muro de contención han resultado dañados. Para restaurar la estructura, es necesario investigar el mecanismo del deslizamiento y, despues considerar contramedidas.		
	B : Observancia			
	C : Requiere medidas			

Esquema & Foto



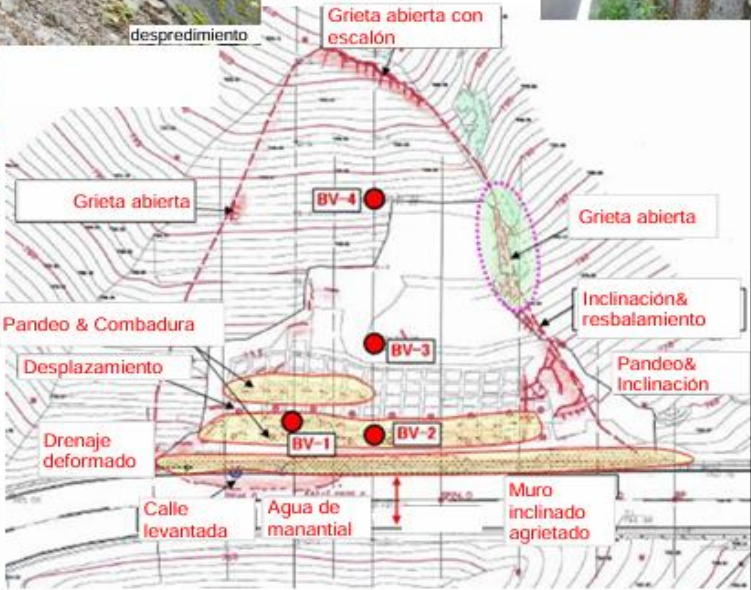


Tabla 72 Caso de estudio de hojas de monitoreo (Monitoreo periódico y de emergencia)

○ Caso de estudio B : En caso de deformación de la estructura (ladera no está desestabilizada)

Sitio		Campo Cielo	Bloque del deslizamiento	L-2
Año de construcción		2000	No. de Estructura	No.2
Especificación de la estructura	Grosor del shotcrete	100mm	No. de Reporte	1
	Altura	30.0m	Fecha de monitoreo	11/15/2024
	Largo	30.0m	Unidad que realiza el monitoreo	EEJ
			Nombre de quien que realiza el monitoreo	Hotaka Aoki
Elemento		Deformación level	Observaciones	
La pared del cuerpo	Grieta	c	Se confirman las grietas abiertas con cavidad por debajo del shotcrete	
	Desprendimiento	c	Se observan desprendimientos en muchos lugares	
	Desplazamiento	a	-	
	Combadura	a	-	
	Resbalamiento	c	En el borde del talud, se confirman los resbalamientos del shotcrete	
	Pandeos	a	-	
	Otras deformaciones	a		
Agua de manantial		b	En la parte inferior de la ladera, se aprecian rastros de agua de manantial en la posición de la grieta.	
Condiciones del entorno		a		
Comentarios				
Juicio	A : No requiere acción	Debido a la erosión del suelo y la succión de sedimentos detrás del shotcrete, parece que se forma una cavidad por debajo. Y entonces se producen grietas. En algunas grietas, hay agua de manantial. Se debe confirmar el rango de la cavidad y la deformación mediante un monitoreo detallado. Y dependiendo de la escala de eso, se requiere reparación. En la pendiente que rodea el shotcrete, no hay deformaciones como grietas.		
	B : Observancia			
	C : Requiere medidas			

Esquema & foto



Grieta abierta con cavidad



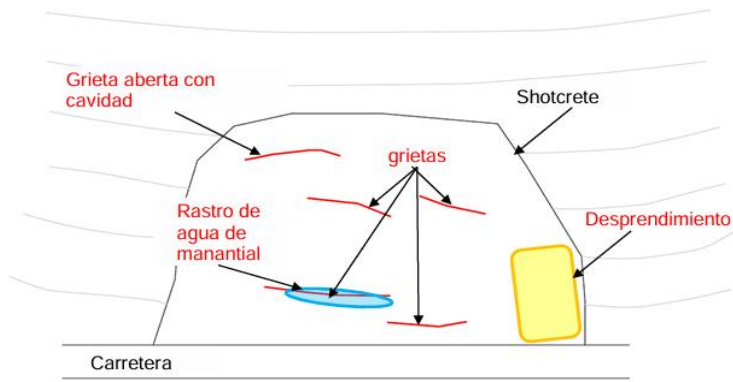
Grieta



Desprendimiento



Rastro de agua de manantial



Grieta abierta con cavidad

Shotcrete

grietas

Rastro de agua de manantial

Desprendimiento

Carretera

3.5.5 Monitoreo detallado

La reducción de la función del concreto lanzado (shotcrete) está estrechamente relacionada con las condiciones geológicas de la ladera en la zona de destino, y el deterioro de la propia estructura y las condiciones del talud que hay por debajo influyen mutuamente.

El concreto lanzado es un método de recubrimiento de la superficie de una ladera con mortero proyectado (hormigón) para evitar la erosión y el desgaste de la capa superficial.

Este método en sí no tiene la fuerza para resistir la presión del suelo, y sólo tiene la función de controlar la erosión y la meteorización mediante la integración con el suelo.

Los siguientes factores provocan el deterioro de la función del shotcrete.

- Deterioro de la propia estructura.
- Disminución de la integración con el terreno.
- Inestabilidad de la pendiente.

En el estudio detallado se incluyen los siguientes puntos.

- Estudio detallado de la ubicación y el estado de cualquier deformación en la estructura.
- Prueba de martillo (para comprobar el deterioro de la estructura y la cavidad detrás del shotcrete).
- Perforación con extracción de núcleo.
- Monitoreo de grietas.
- Investigación del estado de la ladera (estudio geológico, monitoreo del deslizamiento, análisis).

(1) Estudio detallado de la localización y estado de la deformación y la prueba de martillo.

Comprobar y registrar todas las posiciones de las estructuras deformadas.

Comprobar y registrar el estado de cada una de las posiciones de las deformaciones.

Compruebe si hay deterioro y cavidades detrás del shotcrete realizando la prueba de martillo.

El reconocimiento será más eficaz si el talud objetivo se divide en pequeños bloques y el reconocimiento se lleva a cabo de este modo.

○ Comprobar y registrar todas las posiciones de las estructuras deformadas.

Como se muestra en el diagrama siguiente, divida la estructura objetivo en pequeños bloques e investigue y registre la ubicación, la forma y el estado de la deformación.

En este momento, presta atención a los siguientes puntos;

- Aclare el tipo de deformación (grietas, pandeo, desprendimientos, etc.).
- Investigar y registrar la magnitud y el estado de cada deformación.

(anchura de las grietas, presencia o ausencia de aberturas, grosor del desprendimiento, obstrucción de la tubería de drenaje de agua, etc.)

- Toma fotografías de cada deformación y organízalas.

Además, también debe investigarse el estado de las laderas circundantes.

(Grietas en las laderas, derrumbes, agua de manantial, etc.)

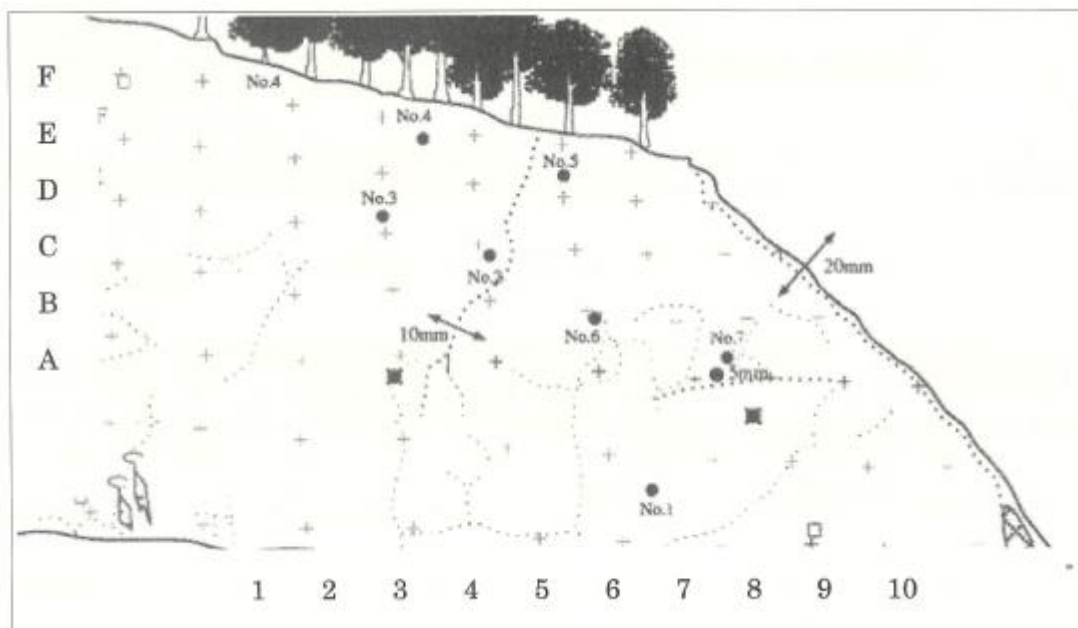


Figura 29 Ejemplo de resumen de un estudio dividido en bloques

○Prueba de martillo

La prueba del martillo juzga el estado de la estructura y su parte posterior golpeando la superficie del shotcrete con un martillo y escuchando los sonidos que produce.

Si el sonido del martilleo tiene un tono claro y alto, el mortero y el concreto no se han deteriorado y la cavidad debajo del shotcrete no ha progresado.

Si el shotcrete (hormigón) se ha deteriorado o hay una cavidad debajo, sonará turbio y bajo. (vease pág. **エラー! ブックマークが定義されていません。**)

(2) Perforación con extracción de núcleo

El estudio de la perforación con extracción de núcleo consiste en perforar el concreto lanzado, extraer núcleos y observar directamente la profundidad de las grietas y el estado de deterioro del mortero lanzado (concreto), así como comprobar la presencia de cavidades por debajo del mismo.

Además, se prueba la resistencia del núcleo para comprobar el estado de deterioro y la resistencia.

Los elementos que deben comprobarse son los siguientes,

Tabla 73 Elementos de evaluación del estudio de la perforación con extracción de núcleo

Items de investigación	Elementos de observación
Espesor del shotcrete	Comprobación respecto al espesor de diseño
Cavidad	Presencia o ausencia de cavidades debajo del shotcrete
Estado del suelo debajo del shotcrete	Comprobación de intemperie, grietas y agua de manantial
Estado del núcleo	Comprobación de grietas, decoloración, etc.
Resistencia a la compresión	Comparación con la resistencia de diseño (comprobación del deterioro)
Espesor de cabonación	Espesor de recubrimiento de las barras de refuerzo, estado de corrosión de las barras de refuerzo

(3) Monitoreo de grietas

Se trata de un método que marca o fija los puntos de medición, donde se produce la grieta, observando el progreso de la expansión de la grieta.

En el monitoreo, se mide la distancia entre la marca o el remachado de las posiciones de la grieta y se capta cuantitativamente el progreso de la expansión de la grieta. (Ver foto abajo)

Si se producen grietas en la parte superior del talud del shotcrete, también es eficaz instalar un perfil y medirlas. (Véase fotografía abajo)

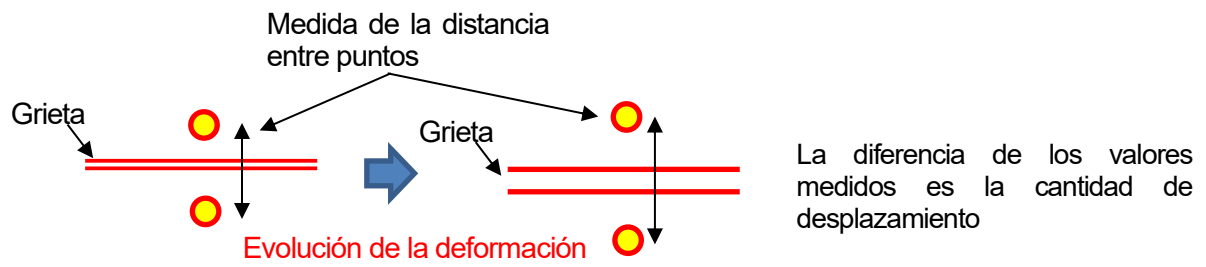


Figura 30 Monitoreo de grietas (medición de marcas o remaches)

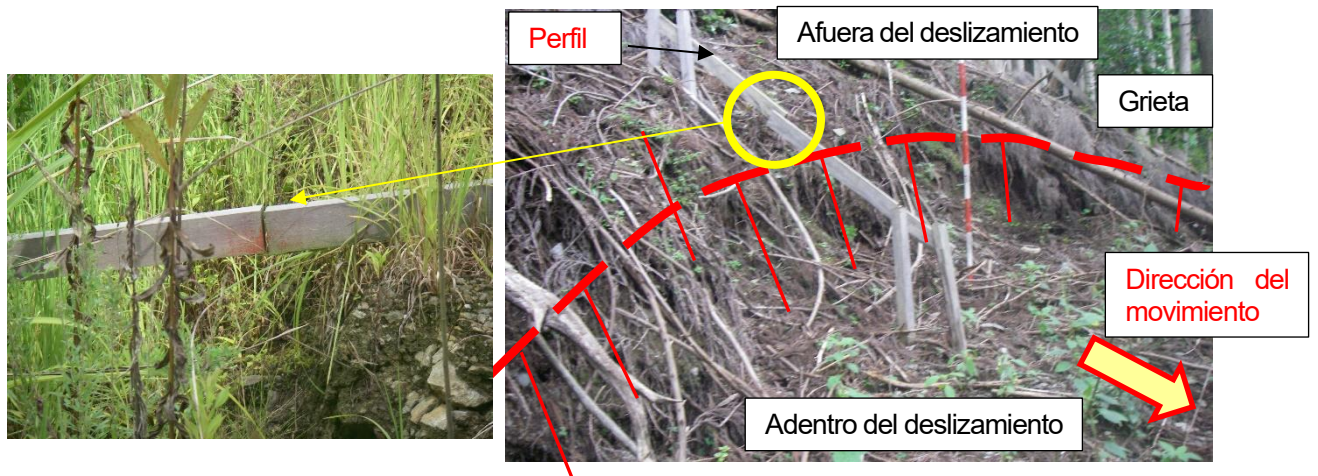
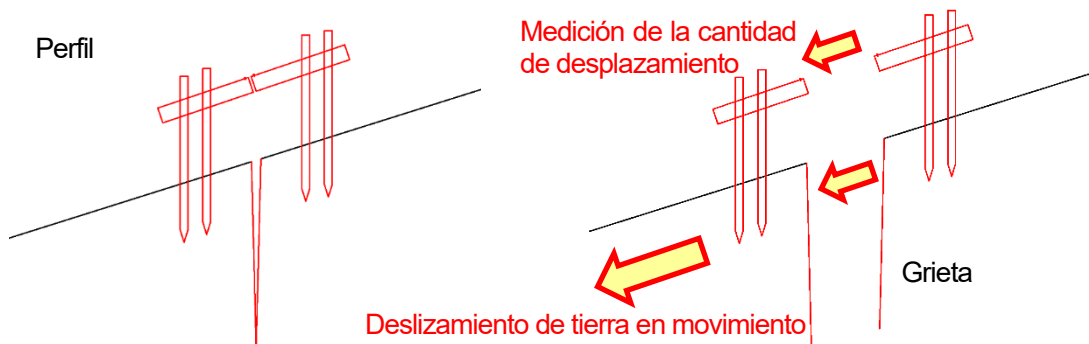


Figura 31 Monitoreo de grietas (Perfil de medición)

(4) Investigación del estado de la ladera (estudio geológico, monitoreo del deslizamiento, análisis)

Si el talud objetivo es inestable y está en movimiento, el concreto lanzado no puede utilizarse para estabilizarlo.

Por lo tanto, es necesario tomar contramedidas adecuadas al tipo de actividad de la ladera.

La investigación, el análisis y el diseño son necesarios para la aplicación de contramedidas.

(5) Evaluación de los resultados del monitoreo detallado.

Lo siguiente son los criterios de evaluación del nivel de deformación para las deformaciones individuales.

Tabla 74 Evaluación del estudio de deformación y de la prueba de martillo. (daños, rotura, deformación))

Nivel de deformación	Evaluación de deformaciones
1	• Sin daños y deformación • La prueba del martillo suena un sonido claro. • Grietas menores, desprendimiento ocurre.
2	• Hay deformaciones (daños, desprendimientos o grietas, etc.) de forma continua o dentro de un área determinada. • La abertura y el hueco en uniones se pueden confirmar son claras. • Se sospecha la presencia de cavidades debajo del shotcrete (basado en los resultados de la prueba del martillo) • Sonido fangoso en la prueba del martillo.
3	• Hay una inclinación, combadura, levantamiento en parte inferior, y grieta abierta. • Hay un gran desplazamiento con un escalón. • Cavidad confirmada. • Sonido fangoso en la prueba del martillo.

Tabla 75 Evaluación del estudio de deformación y prueba de martillo. (Corrosión, deterioro)

Nivel de deformación	Evaluación de deformaciones
1	• Sin deterioro y corrosión o menor • La prueba del martillo suena un sonido claro.
2	• Se confirma óxido de calcio, desprendimiento y grietas por deterioro. • La resistencia a la compresión del shotcrete está por debajo del valor de diseño. • Se sospecha presencia de cavidades debajo del shotcrete (basado en los resultados de la prueba del martillo) • Sonido fangoso en la prueba del martillo.
3	• El mortero se desprende, exponiendo las barras de acero y la malla. • El mortero se ha levantado y despegado debido a la corrosión de las barras de acero y la malla electrosoldada. • Cavidad confirmada. • Sonido fangoso en la prueba del martillo.

No debe juzgarse basándose en un único elemento, debe considerarse cada elemento y emitirse un juicio. Si existe la posibilidad de que se formen cavidades debajo del shotcrete o si hay preocupación por deterioro en el interior del mortero, se debe realizar la perforación con extracción de núcleo.

Tabla 76 Nivel de deformación por el estudio detallado de la localización y estado de la deformación y la prueba de martillo

Elemento	Nivel de deformación	Observación
Daño Deformación	a	• Todas las zonas son de Nivel 1 • El área distribuida del Nivel 2 es inferior al 10% de área total.
	b	• El área de distribución del Nivel 2 es de 10~30% del área total. • La posición de Nivel 3 es más de una, y su área de distribución es inferior al 10% del área total.
	c	• El área distribuida del Nivel 3 es superior al 10% del área total. • El área distribuida del Nivel 2 es superior al 30% del área total. • Existe riesgo de caída por flotación o desprendimiento del shotcrete o gran desplazamiento con escalón.
Corrosión, Deterioro	a	• Todas las zonas son de Nivel 1 • El área distribuida del Nivel 2 es inferior al 10% del área total.
	b	• El área de distribución del Nivel 2 es de 10~30% del área total. • La posición de nivel 3 es más de una, y su área de distribución es inferior al 10% del área total.
	c	• El área distribuida del Nivel 3 es superior al 10% del área total. • El área distribuida del Nivel 2 es superior al 30% del área total. • La cavidad debajo del shotcrete se desarrolla y concentrado en un lugar específico con amplia área. (No dispersa)

○ Caso de estudio

El talud objetivo ($30 \times 50 = 1500 \text{ m}^2$) se dividió en $5 \times 5 = 25 \text{ m}^2$, y se investigó la deformación en cada cuadrado

Nivel de deformación 3: 12 cuadros = 300 m^2 , 20% de rango

Nivel de deformación 2: 6 cuadro = 150 m^2 , 10% de rango

El nivel de deformación de la estructura se considera Nivel “c”.

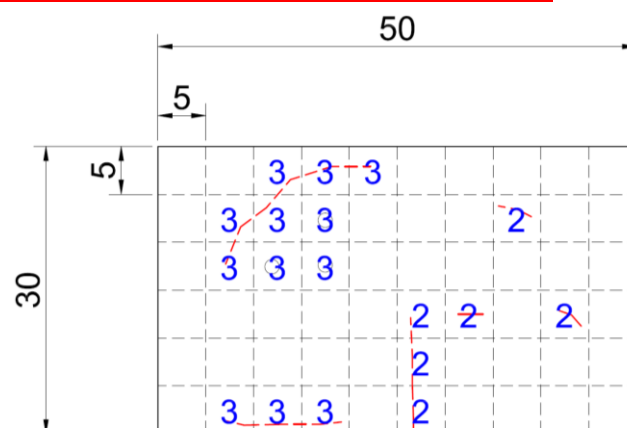


Tabla 77 Evaluación del estudio detallado de la localización y el estado de la deformación (Tubería de drenaje)

Nivel de deformación	Evaluación de deformaciones
1	▪ La obstrucción es leve y se mantiene la función de drenaje.
2	▪ La obstrucción es moderada y la función de drenaje está reducida.
3	▪ La obstrucción es importante y la función de drenaje se reduce o se pierde.

Tabla 78 Nivel de deformación mediante un estudio detallado de la ubicación y el estado de la deformación (Tubería de drenaje)

Elemento	Nivel de deformación	Observación
Tubería de drenaje	a	▪ Todas las áreas son de Nivel 1 ▪ La cantidad de tuberías de Nivel 2 es inferior al 10% del total.
	b	▪ La cantidad de tubos de Nivel 2 es el 10~30% del total.. ▪ La posición de Nivel 3 es más de una, y su cantidad es inferior al 10% del total.
	c	▪ Cantidad de tuberías de Nivel 3 es superior al 10% del total. ▪ La cantidad de tuberías de Nivel 2 es superior al 30% del total.

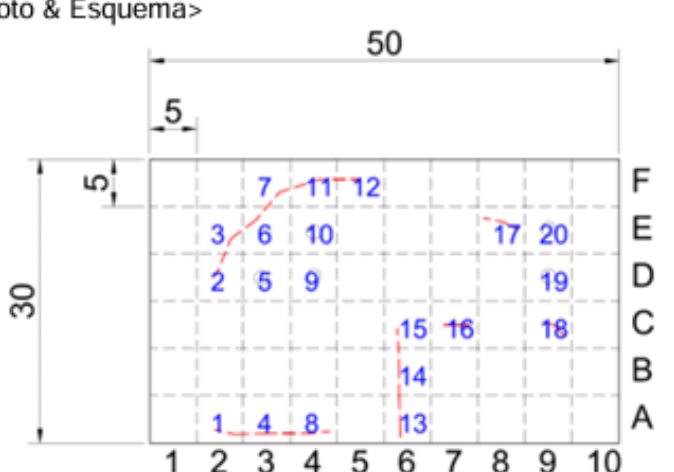
(6) Evaluación general

Los siguientes son los criterios de evaluación de la estabilidad de las estructuras en función del nivel de deformación.

Tabla 79 Evaluación general y medidas de control del concreto lanzado.

Nivel de deformación	Evaluación general	Medidas
A	En el caso del Nivel A para todos los ítems (Daño, Deformación, Corrosión, Deterioro, Tubería de drenaje)	Continuar el monitoreo periódico
B	En caso de Nivel B para cualquier elemento (ningún elemento juzgado de Nivel C)	< Seguimiento de la observación > Aumentar la frecuencia de los monitoreos periódicos. Realizar inspecciones detalladas durante el monitoreo periódico para comprobar cualquier avance de las deformaciones.
C	En el caso del Nivel C para cualquier elemento. En caso de que se confirme la deformación del talud y sea difícil tomar medidas para la deformación sólo con concreto lanzado, se requieren contramedidas adicionales.	< Adoptar medidas > Considerar y aplicar trabajos de reparación y medidas de emergencia. En caso necesario, se aplicarán contramedidas adicionales para la estabilidad de laderas (basadas en los resultados del estudio y el análisis de laderas).

Tabla 80 Caso de estudio de uso de la hoja de monitoreo (Monitoreo detallado)

Sitio	Campo Cielo	Estructura especificaciones	Grosor de shotcrete	10 cm	Fecha de monitoreo	10/10/2024	<Foto & Esquema> 
Año de construcción	2010		Resistencia requerida	180 N/mm2	Organización que realiza el monitoreo	Equipo de Expertos Japoneses	
Estructura No.	1		Altura	30 m	Nombre de persona que realiza el monitoreo	Hotaka Aoki	
Reporte No.	1		Largo	50 m			

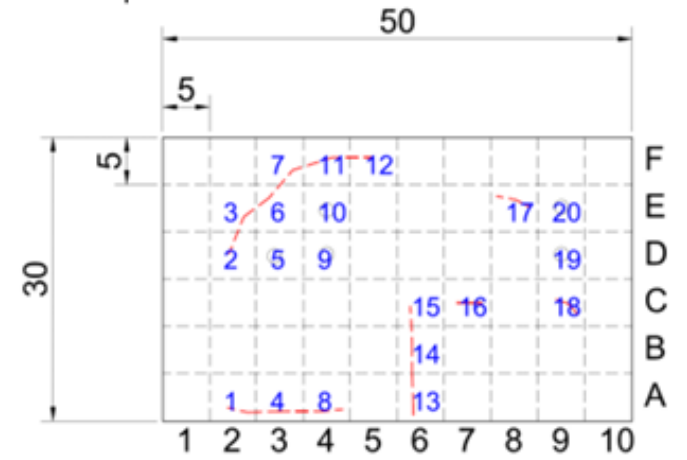
Deformación No.	Posición	Deformación	Nivel de deforma-ción	Perforación con núcleo			
				Grosor de shotcrete	Grosor de cavidad	situación del suelo	Fuerza de compresión
1	2-A	Pandeo	3				
2	2-D	Grieta	3				
3	2-E	Grieta	3				
4	3-A	Pandeo	3				
5	3-D	Grieta	3	8	5	sedimento	130
6	3-E	Grieta	3				
7	3-F	Grieta	3				
8	4-A	Pandeo	3				
9	4-D	Cavidad	3	7.5	5	sedimento	150
10	4-E	Cavidad	3	9	10	sedimento	180
11	4-F	Grieta	3				
12	5-F	Grieta	3				
13	6-A	brecha en unión	2				
14	6-B	brecha en unión	2				
15	6-C	brecha en unión	2				
16	7-C	Grieta	2				
17	8-E	Grieta	2				
18	9-C	Grieta	3				
19	9-D	Cavidad	3	8	5	sedimento	150
20	9-E	Cavidad	3	8	5	sedimento	150

Deforma-ción No.	Posición	Deforma-ción	Nivel de deforma-ción
1	2-B	Obstruido	2
2	3-B	Obstruido	2
3	4-B	Obstruido	2
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			





Daños, deformación				Perforación con núcleo		promedio	requerido	
Nivel 2	5	8.3%	C	Espesor del shotcrete		8.1 cm	10 cm	NG
Nivel 3	15	25.0%		Resistencia a compresión		152N/mm2	180 N/mm2	NG
Corrosión, Deterioro				Perforación con núcleo				
Nivel 2	0	0.0%	a	Nivel 2	3	5.0%	a	
Nivel 3	0	0.0%		Nivel 3	0	0.0%		
Dictamén	A : No requiere acción			<Comentarios> • Las cavidades debajo del shotcrete y las grietas se confirman a gran distancia. • Incluso en la perforación de núcleo, las cavidades y el debilitamiento de la pendiente se han confirmado. • Se encuentra que el deterioro está progresando porque el espesor del shotcrete es más delgado que el espesor en el momento de la construcción (10cm) y la resistencia a la compresión no tienen la resistencia especificada. • No se confirman grietas u otras deformaciones en las pendientes alrededor del shotcrete. • Se considera que las deformaciones se han producido debido al deterioro del sotcrete y a la disminución de su integración con el talud. • Se considera necesaria la reparación.				
	B : Observancia							
	C : Requiere medidas							



Capítulo 4. Monitoreo de la actividad de deslizamientos y monitoreo de contramedidas

4.1 Concepto

La estabilidad de laderas puede mantenerse mediante el funcionamiento saludable de las estructuras instaladas.

Sin embargo, estas estructuras de contramedidas se deteriorarán gradualmente, y las funciones de las contramedidas se irán reduciendo gradualmente.

Si se produce un cambio en las condiciones de la ladera, es necesario determinar si la causa se debe a una reducción de la función de las contramedidas instaladas o a cambios inesperados en las condiciones de la ladera, e investigar y tomar medidas sobre la causa.

Especialmente en el caso de las contramedidas contra deslizamientos de tierra, es importante llevar a cabo un seguimiento de las condiciones de la ladera y de las funciones de las estructuras en paralelo para confirmar cada condición.

En el capítulo anterior, se explica el método de monitoreo para evaluar la solidez de las estructuras.

En este capítulo, se centra en las contramedidas contra los deslizamientos de tierras, en particular, las obras de control del nivel de saturación (perforación horizontal de drenaje), y se explica la relación entre el monitoreo de las laderas y el monitoreo de las estructuras y el mantenimiento.

4.2 Resultados del monitoreo de la actividad del deslizamiento y el monitoreo de las contramedidas

La estabilidad de un deslizamiento de tierra se ve afectada por la presión de agua de los poros del agua subterránea que actúa sobre el plano deslizante.

Si la presión del agua en los poros aumenta, la pendiente se vuelve inestable, y si disminuye, se vuelve estable.

El trabajo de control del nivel de saturación evita que aumente la presión del agua en los poros eliminando el agua subterránea que actúa sobre la superficie deslizante y estabiliza el deslizamiento de tierra.

Si la perforación de drenaje horizontal funciona correctamente, es posible evitar que aumente la presión del agua en los poros y estabilizar el deslizamiento. Sin embargo, si su funcionamiento disminuye, la presión del agua en los poros aumenta y el deslizamiento se vuelve inestable.

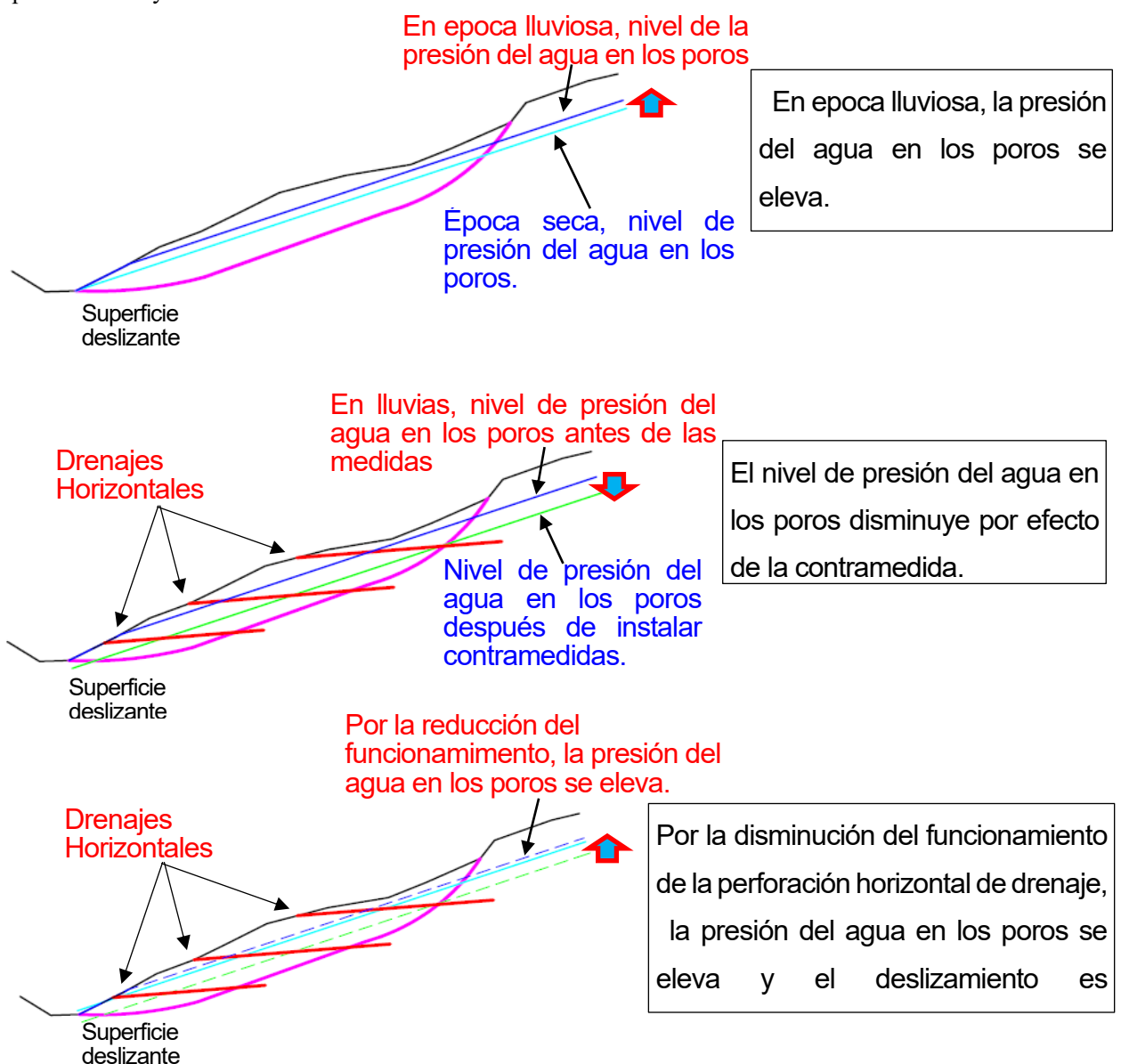


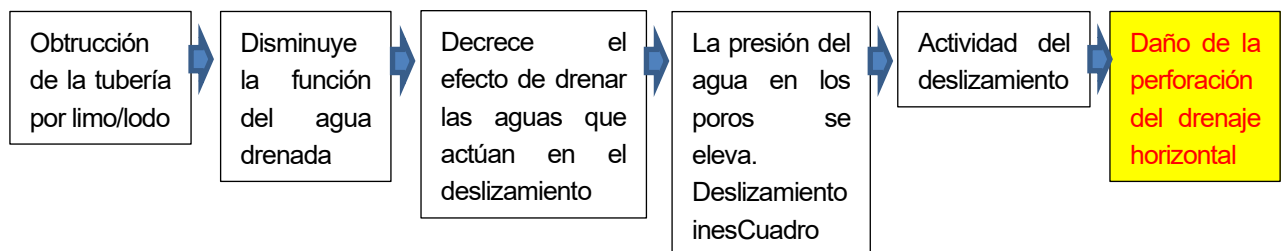
Figura 32 Imagen del esquema de la presión del agua en los poros y actividad del deslizamiento

A continuación, se presenta un caso de estudio en el que se comparan los resultados del monitoreo del deslizamiento con los resultados de la supervisión de las obras.



Como se muestra en la figura, los resultados del monitoreo de la actividad del deslizamiento de tierras confirman los siguientes puntos;

- Antes de que se construyera la perforación de drenaje horizontal, el nivel de saturación (presión del agua en los poros) se elevaba en respuesta a las precipitaciones, el deslizamiento se volvía inestable y se deslizaba.
- Tras la construcción de los drenajes horizontales, el nivel de saturación (presión del agua en los poros) disminuyó, y aunque las lluvias son del mismo orden que antes de las contramedidas, el aumento del nivel de saturación (presión del agua en los poros) está controlado y la actividad del deslizamiento también está controlada.
- Este es el efecto de las obras de mitigación.
- La función de drenaje de la perforación de drenaje horizontal disminuirá con el tiempo debido a factores como la obstrucción de la tubería de drenaje.
- Como resultado, la cantidad de agua drenada disminuye, el nivel freático (presión del agua en los poros) se eleva y el deslizamiento se vuelve inestable.
- Si esta situación continúa, el decrecimiento de la función del drenaje horizontal progresará y el deslizamiento se volverá más inestable.
- Como resultado, se tiene el riesgo que el deslizamiento se produzca de nuevo y se dañe la contramedida instalada.



Es importante prevenir el deterioro funcional y prolongar el periodo de servicio de la estructura con el monitoreo constante y el mantenimiento (limpieza del interior de las perforaciones).

Figura 34 Flujo desde el envejecimiento de las estructuras hasta el re-activamiento del deslizamiento

En la siguiente página, se muestra la relación entre el deterioro de las estructuras y el mantenimiento.

La función de las estructuras se deteriora con el tiempo y, finalmente, se destruyen.

Cuando las estructuras se dañan, se producen diversos problemas (en este caso, los deslizamientos vuelven a deslizarse), y existe el riesgo de que vuelvan a producirse daños por deslizamientos y de que haya que introducir de nuevo contramedidas.

Desde el punto de vista de la reducción de los daños por desprendimientos y el ahorro de costes, resulta eficaz prolongar el periodo de uso de las instalaciones mediante la aplicación de medidas periódicas de vigilancia y mantenimiento.

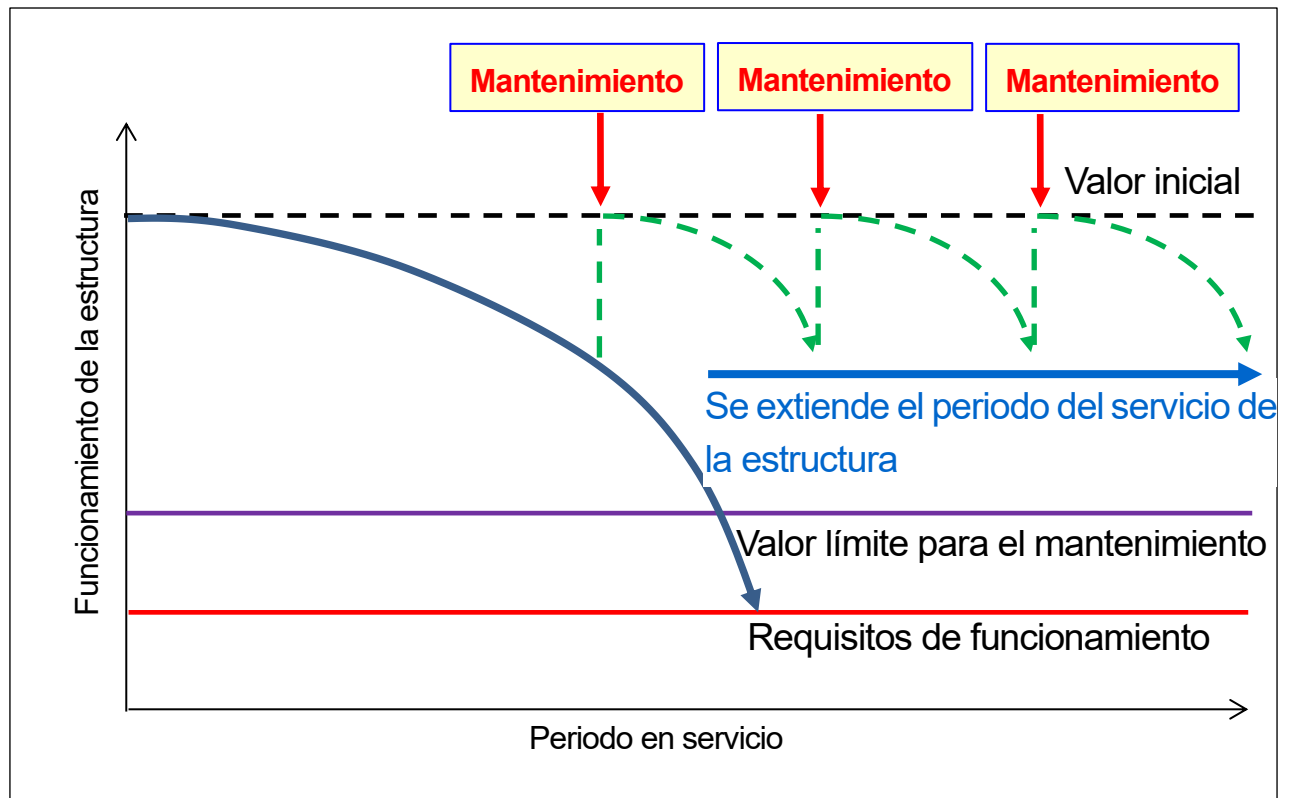


Figura 35 Mantenimiento y vida útil de la estructura

Capítulo 5. Mantenimiento de las estructuras de las contramedidas

5.1 Drenajes Horizontales

Los elementos de mantenimiento de las perforaciones de drenaje horizontal son los siguientes

- Eliminación de obstrucciones en la tubería de drenaje (trabajo de limpieza)
- Reparación de estructuras auxiliares (cuenca de captación, muro de contención, etc.)
- Reinstalación de contramedidas

Se explica cada método de mantenimiento a continuación.

5.1.1 Eliminación de obstrucción en perforación de drenaje (obra de limpieza)

Este método consiste en limpiar la tubería de drenaje con agua de alta presión para eliminar cualquier material obstruido utilizando una manguera de alta presión con boquilla especial.

Se introducen los métodos de limpieza utilizados en Japón.

La figura de la imagen se muestra como realiza (caso de perforación de drenaje horizontal en el pozo).

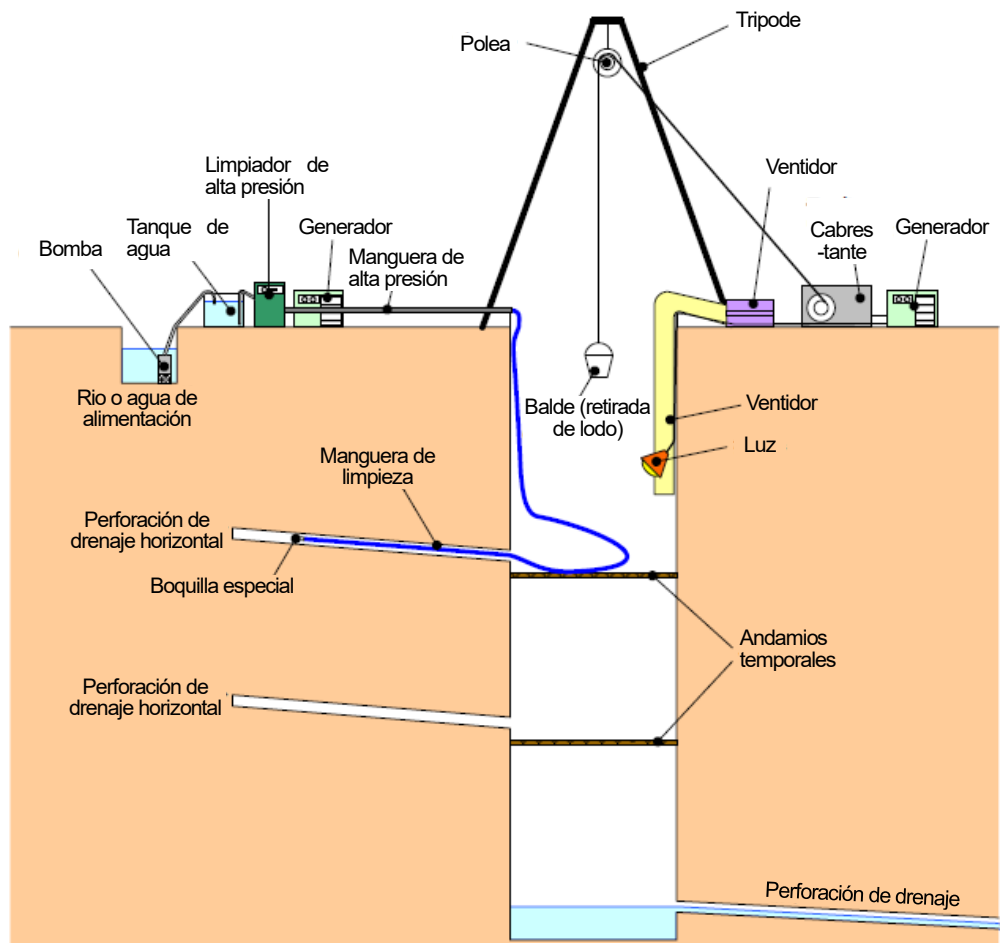


Figura 36 Imagen del trabajo de limpieza (caso de perforación de drenaje horizontal en pozo)

La lista de máquinas utilizadas se muestra a continuación. (Estudio de caso japonés en general)

Tabla 81 Lista de máquinas para trabajos de limpieza

Parte	Especificación	Observación
Limpiador de alta presión	Presión de descarga 10-30 MPa, Volumen de descarga 35-80 L/min	Con motor diesel o eléctrico
Generador	Dependiendo de la capacidad del equipo utilizado.	Para la limpiadora de alta presión y otros equipos
Bomba	Depende de la altura de bombeo del lugar de la bomba instalada	Para el suministro de agua de limpieza
Cabrestante motorizado	Dependiendo del tamaño del balde de agua	Para el transporte del lodo vertido durante la limpieza
Brower		Para la ventilación del pozo
Manguera de alta presión	Presión normal 35 MPA	
Manguera de limpieza	Presión normal 35 MPA	
Boquilla especial	4 type	
Material de andamiaje		Por el espacio de trabajo en pozo

El diagrama de flujo del trabajo de limpieza es el siguiente.

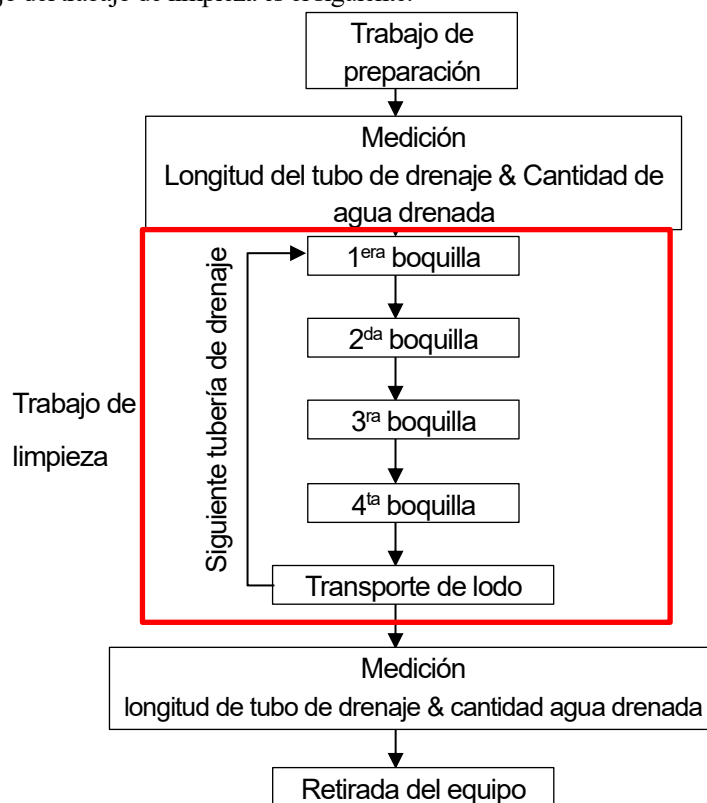


Figura 37 Diagrama de flujo de trabajo del trabajo de limpieza

La tubería de drenaje se limpia con 4 boquillas diferentes conectadas a una manguera de alta presión en 4 etapas.
El proceso de limpieza se muestra como sigue.

Primera etapa	
Presión de descarga	15-30 MPa
Volumen de descarga	40 L/min
Situación de la descarga	El agua de limpieza se rocía por 1 orificio de chorro dirección recta y 10 orificios de chorro 30 grados hacia atrás.
Foco de limpieza	Limpieza inicial y comprensión de la situación dentro de la tubería
Situación de descarga del agua de limpieza	 

Tercera etapa	
Presión de descarga	15-20 MPa
Volumen de descarga	60~80 L/min
Situación de la descarga	El agua de limpieza se pulveriza mediante 12 orificios de chorro a 45 grados hacia atrás.
Foco de limpieza	Retire y limpie los sedimentos del interior del filtro
Situación de descarga del agua de limpieza	 

Segunda etapa	
Presión de descarga	10-30 MPa
Volumen de descarga	70 L/min
Situación de la descarga	El agua de limpieza se pulveriza mediante 1 orificio de chorro en dirección recta y 12 orificios de chorro a 45 grados hacia atrás.
Foco de limpieza	Elimina y limpia los sedimentos del interior de la tubería
Situación de descarga del agua de limpieza	 

Cuarta etapa	
Presión de descarga	10-20 MPa
Volumen de descarga	60~80 L/min
Situación de la descarga	El agua de limpieza se pulveriza mediante 8 orificios de chorro en ángulo recto y 12 orificios de chorro a 45 grados hacia atrás.
Foco de limpieza	Limpieza por pulverización directa en el filtro
Situación de descarga del agua de limpieza	 

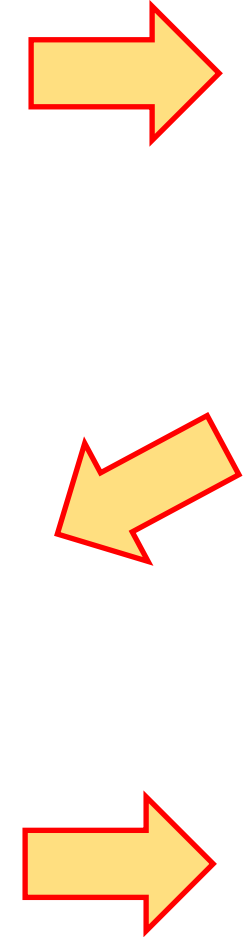


Figura 38 Proceso de limpieza

Introduzca la manguera de limpieza mientras envía agua a presión a través del tubo de drenaje horizontal y, a continuación, tire de ella cuando llegue a la parte posterior del tubo (se trata de una etapa del proceso).
Vuelva a colocar la boquilla y repita el proceso de limpieza para cada etapa hasta que el agua de retorno es clara finalmente. El sedimento que se vierte debe recogerse en un colador y retirarse.

Se confirma la eficacia de la limpieza, el largo del tubo y la cantidad de agua drenada se mide antes y después de la limpieza. (Para medir el largo del tubo utilice una varilla de medición. vease el Capítulo 3.1.5 (1))

Para ver el efecto de la limpieza una vez terminada, se mide la cantidad de agua que drena la tubería.



Figura 39 Proceso de limpieza (Caso de perforación horizontal de drenaje en pozo)

Después de llevar a cabo los trabajos de limpieza, es esencial confirmar la disminución del nivel de saturación y el aumento de la cantidad de agua del drenaje mediante el monitoreo de la actividad del deslizamiento de tierra.

5.1.2 Reparación estructuras auxiliares (recolectoras, muro de retención, etc.)

Si la caja de recolección, el muro de retención o el canal de salida están dañados, el agua subterránea drenada por la perforación de drenaje horizontal se filtra de nuevo al cuerpo del deslizamiento.

Por lo tanto, las reparaciones deben realizarse en función del tipo de daño.

Consulte los siguientes capítulos para obtener información sobre la reparación de canales y muros de retención.

5.1.3 Reinstalación de contramedidas

La perforación horizontal de drenaje debe reinstalarse en los siguientes casos.

- Si el tubo de drenaje se rompe debido al movimiento del deslizamiento.
- Si la función (aumento del volumen de agua drenada, disminución del nivel freático) no se recupera incluso después de la limpieza. Existe la posibilidad de que el entorno del nivel de saturación en la ladera esté cambiando, por lo que se requiere un sondeo de drenaje horizontal adicional.

5.2 Pozos de drenaje

El mantenimiento y la reparación de los pozos de drenaje pueden clasificarse en las tres categorías siguientes.

Mantenimiento y reparación del cuerpo principal del pozo.

Mantenimiento y reparación de la perforación horizontal de drenaje.

Mantenimiento y reparación de las instalaciones de seguridad.

Esta sección describe el mantenimiento y reparación del cuerpo principal del pozo y estructuras de seguridad.

Para obtener información sobre el mantenimiento y la reparación de la perforación horizontal de drenaje, consulte la sección anterior 5.1.

5.2.1 Mantenimiento del cuerpo principal del pozo

Los materiales de acero utilizados en los pozos de drenaje suelen sufrir corrosión por óxido, lo que puede reducir la función estructural del pozo de drenaje.

Además, hay casos en que la vegetación crece en los orificios de recogida de agua en la placa de revestimiento y en los anillos de refuerzo, y las hojas caídas de esta vegetación pueden causar la obstrucción de la tubería de drenaje en la parte inferior del pozo.



Corrosión en placa de revestimiento



Corrosión de placas verticales de



Corrosión en pernos



Crecimiento vegetal

Figura 40 Imágenes de casos prácticos de deformación

El mantenimiento y la reparación se clasifican en las tres categorías siguientes.

- Reparación : sustitución de componentes, pintura de componentes de acero, sellado de grietas de hormigón, tala de vegetación, etc.
- Refuerzo: refuerzo interno, adición de componentes (puntales laterales, etc.)
- Renovación: nueva construcción

(1) Reparación

Este método sólo es posible si es seguro trabajar dentro del pozo de drenaje. Si el deterioro del material de la placa es tan grave y es difícil trabajar con seguridad en el pozo, este método no se puede adoptar.

A continuación, figuran algunos ejemplos de contramedidas.

- Sustitución de algunos componentes (pernos, tuercas, etc.)

Si estos materiales se sustituyen uno por uno, es posible realizar el trabajo sin afectar a la presión del suelo sobre el material de la placa.

Cuando se reemplaza la placa de revestimiento o el anillo de refuerzo, existe el riesgo de que la tierra de detrás se expulse cuando se retira el material, provocando que se destruya o se deforme debido a la presión del suelo.

Si es necesario sustituir el material de la placa, se requieren medidas de seguridad tomando suficientes medidas para hacer frente a la presión del suelo, tales como lechada en el parte posterior de la pared e instalar material de refuerzo.

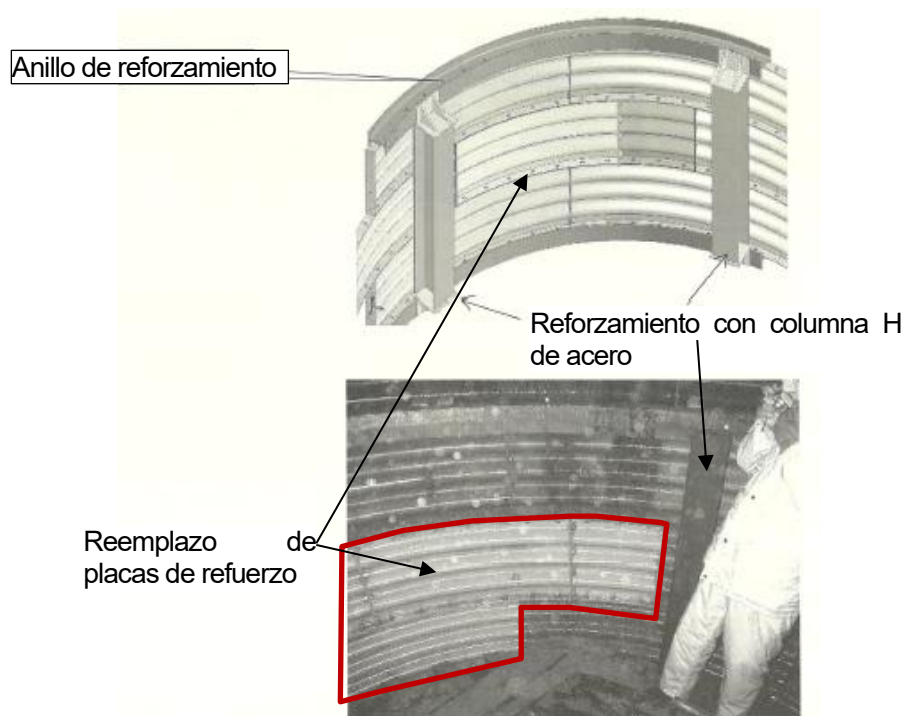


Figura 41 Caso de estudio reemplazo de placa de revestimiento

- Remoción de vegetación

Retire la vegetación que crece en los orificios de la placa de revestimiento y en los anillos de refuerzo.

- Sellado de grietas de la placa inferior de hormigón y cuenca de captación.

Repare grietas que se han producido en la caja instalada del fondo del pozo para evitar fugas de agua.

- Recubrimiento de material de acero

Se trata de un método que se puede aplicar cuando el óxido es ligero en el revestimiento y no hay disminución del grosor de la sección. Hay casos que se han realizado como medida contra el suelo ácido y el agua.

Después de limpiar y raspar (eliminar el óxido) la superficie del material de la pared, aplicar el recubrimiento.



Remoción de vegetación y sedimento



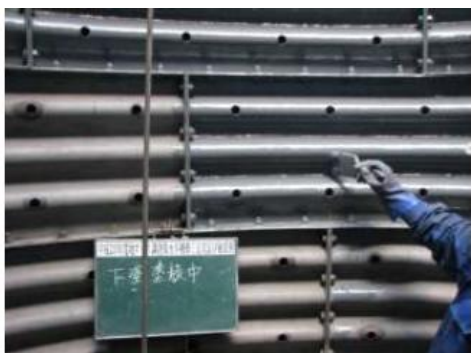
Limpieza de superficie del material de pozo



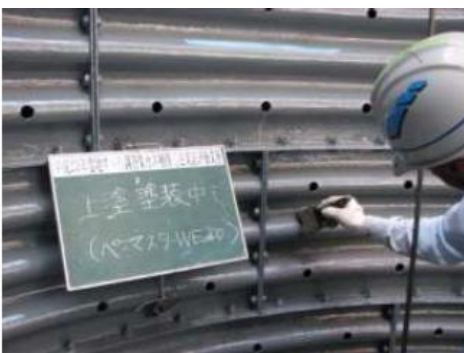
Estado de la superficie después de limpiar



Pulido a chorro de arena (Remoción de óxido)



Primera capa de recubrimiento



capa superior

Figura 42 Estudio de caso de recubrimiento

(1) Reforzamiento

Este método sólo es posible implantar si es seguro trabajar dentro del drenaje, así como reparación.

Un ejemplo de un método de refuerzo es el refuerzo interno.

Se trata de un método que construye una estructura cilíndrica (como una placa de revestimiento) con un diámetro menor que el pozo de drenaje existente en el interior del pozo de drenaje existente.

Este método se utiliza cuando el material de la pared se ha deteriorado en general y es difícil reemplazar el material de la pared.

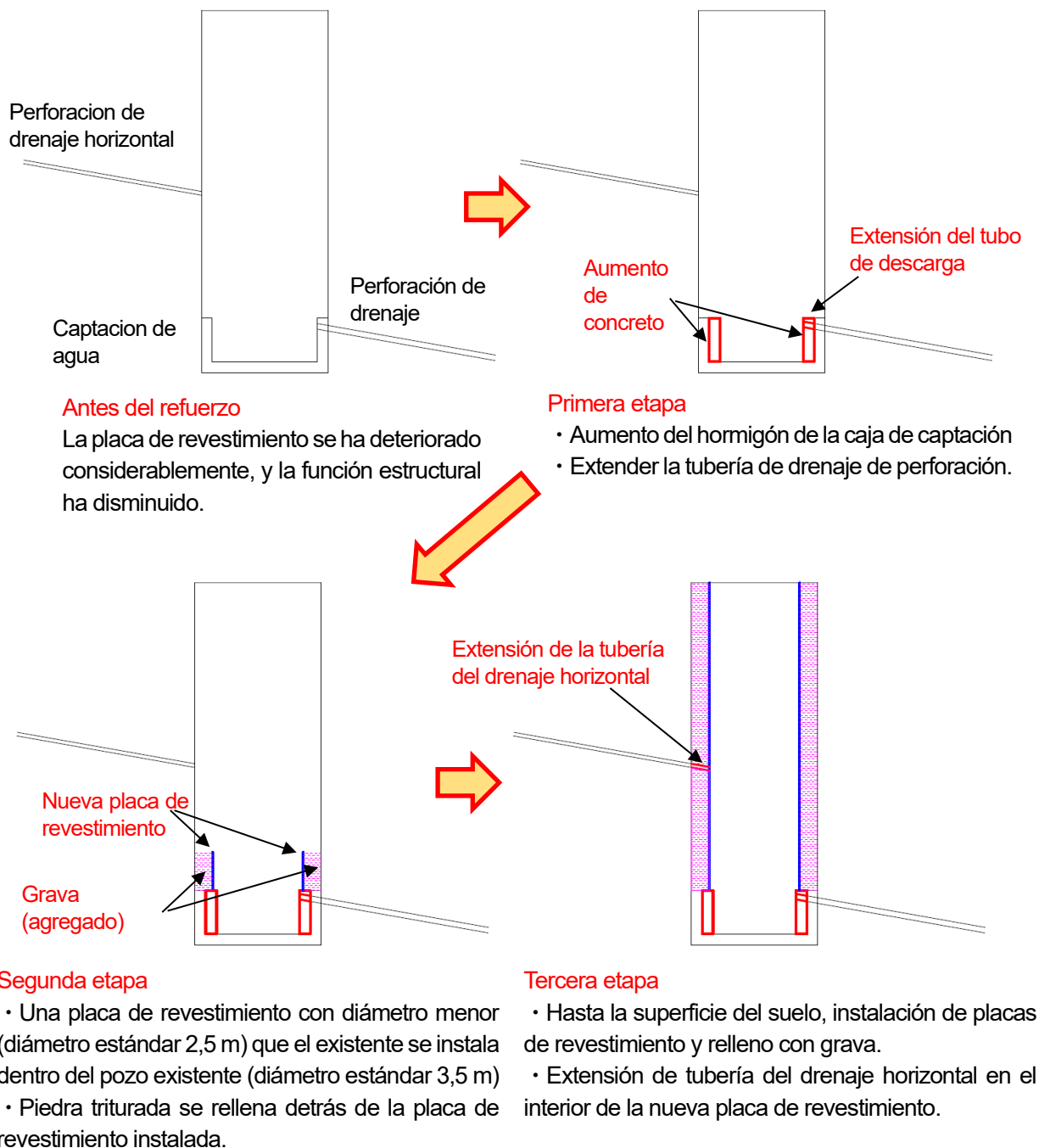
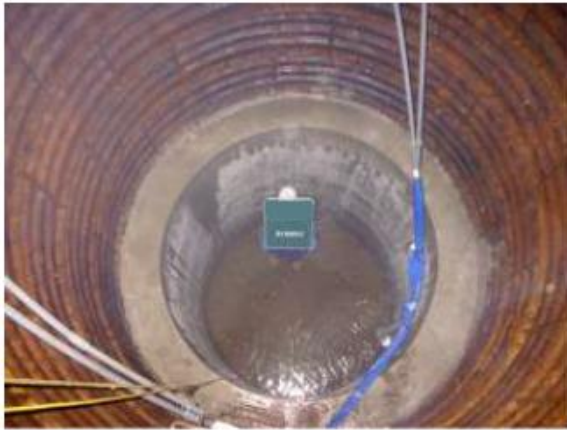


Figura 43 Proceso del método de refuerzo interno



Aumento del hormigón de la caja de captación



Instalación la placa de revestimiento interior



Relleno con grava detrás nueva placa interior



Extensión la tubería de drenaje horizontal

Figura 44 Imagen de estudio de caso del método de refuerzo interno

(2) Renovación

Si no es posible trabajar con seguridad dentro del pozo de drenaje, se puede seleccionar las siguientes opciones;

- 1) Relleno con piedra triturada dentro del pozo (en este caso, el mantenimiento no será posible después de eso)
- 2) Relleno con piedra triturada dentro del pozo e instalación de un nuevo pozo de drenaje cercano al viejo.
- 3) Después de rellenar el interior del pozo, la instalación de nuevo pozo en la misma posición. El nuevo diámetro del pozo es igual o mayor al existente pozo. (En este caso, debido a las restricciones en el lugar de construcción, hubo que adoptar la construcción en el mismo lugar)

En el caso 2),3), se requiere instalar perforaciones de drenaje horizontal y tubería de descarga de nuevo.

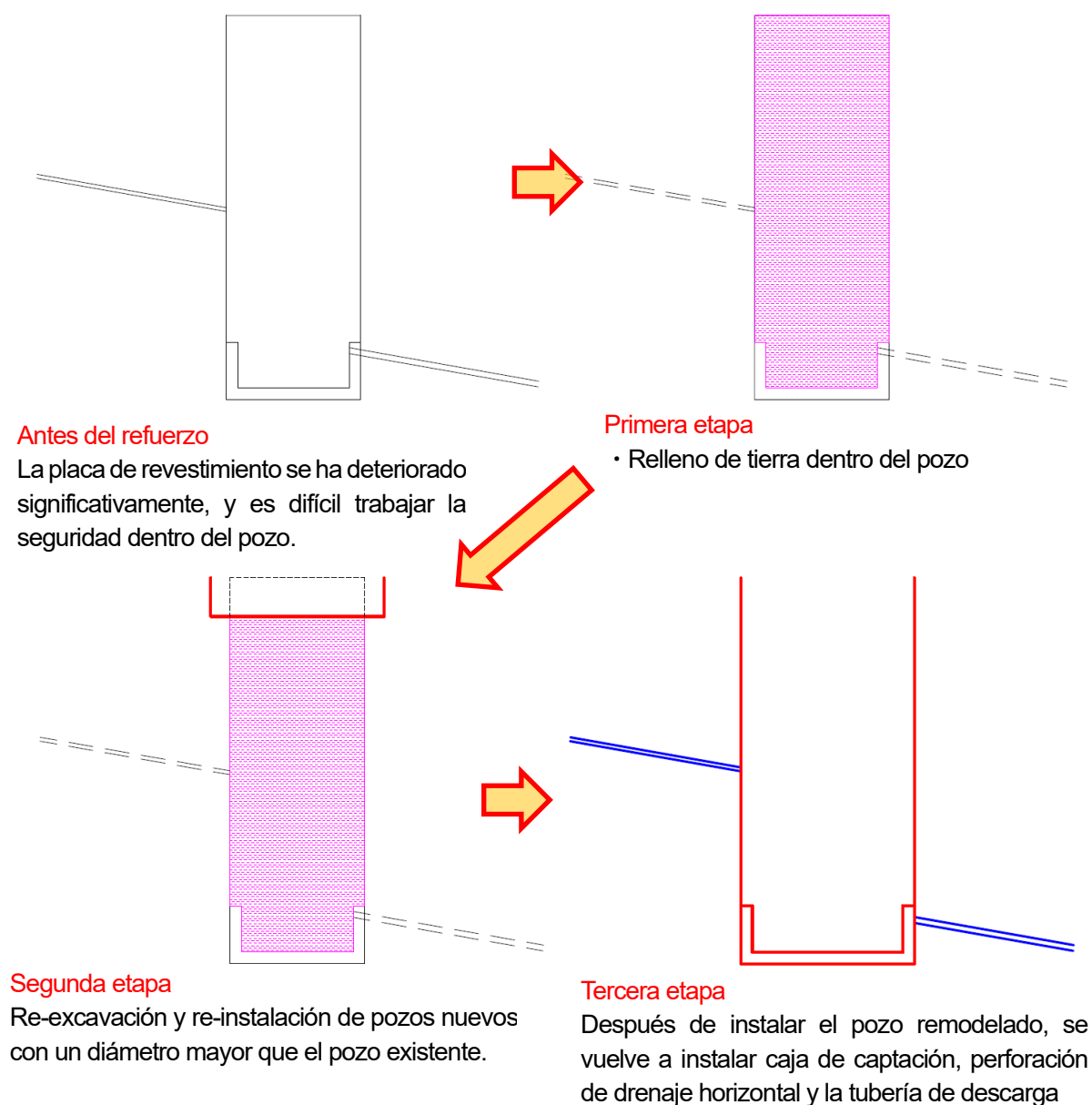


Figura 45 Proceso de renovación de pozo

5.2.2 Mantenimiento y reparación de las estructuras de seguridad

Se necesitan dispositivos de seguridad para evitar daños causados por terceros (por ejemplo, caídas en pozos), y si se encuentra algún daño, corrosión o deformación, hay que tomar medidas inmediatas.

A continuación, figuran los elementos para el mantenimiento de las estructuras de seguridad.

- Cercas de seguridad & cerrojos: reparar o reemplazar

Esta instalación está destinada a controlar el acceso de terceros.

Si el acceso al pozo no es posible debido a daños, debe repararse o reemplazarse inmediatamente las piezas dañadas..



Deformación de la cerca de seguridad

- Cubierta de rejilla : reforzar o sustituir.

Esta instalación se instala para evitar que las personas caigan en el pozo, y si se produce corrosión o deformación, existe el riesgo de que los inspectores o terceros caigan en el pozo.

Si se encuentra dañado, debe ser reparado o reemplazado las piezas dañadas inmediatamente.



Deformacion de la rejilla protectora

- Escalera dentro del pozo : reforzar o sustituir

Los inspectores utilizan esta instalación para subir y bajar al revisar el pozo. Si se produce corrosión o deformación, existe el riesgo de que los inspectores caigan.

Si se encuentra con corrosión o deformación, se requiere refuerzo o sustitución lo antes posible.



Deterioro debido a la corrosión (escalera)

- Hundimiento en la superficie del pozo.

En el muro posterior se produce la succión del suelo, lo que provoca la formación de una cavidad, el desprendimiento de la parte superior de la cavidad y el hundimiento de la superficie del suelo.

Si se deja como está, la succión del suelo y el hundimiento de la superficie del suelo progresarán.

Esto hará que los sedimentos se depositen en el pozo, lo que provocará una disminución de la función del pozo, y hará que el hundimiento alrededor del pozo se expanda.

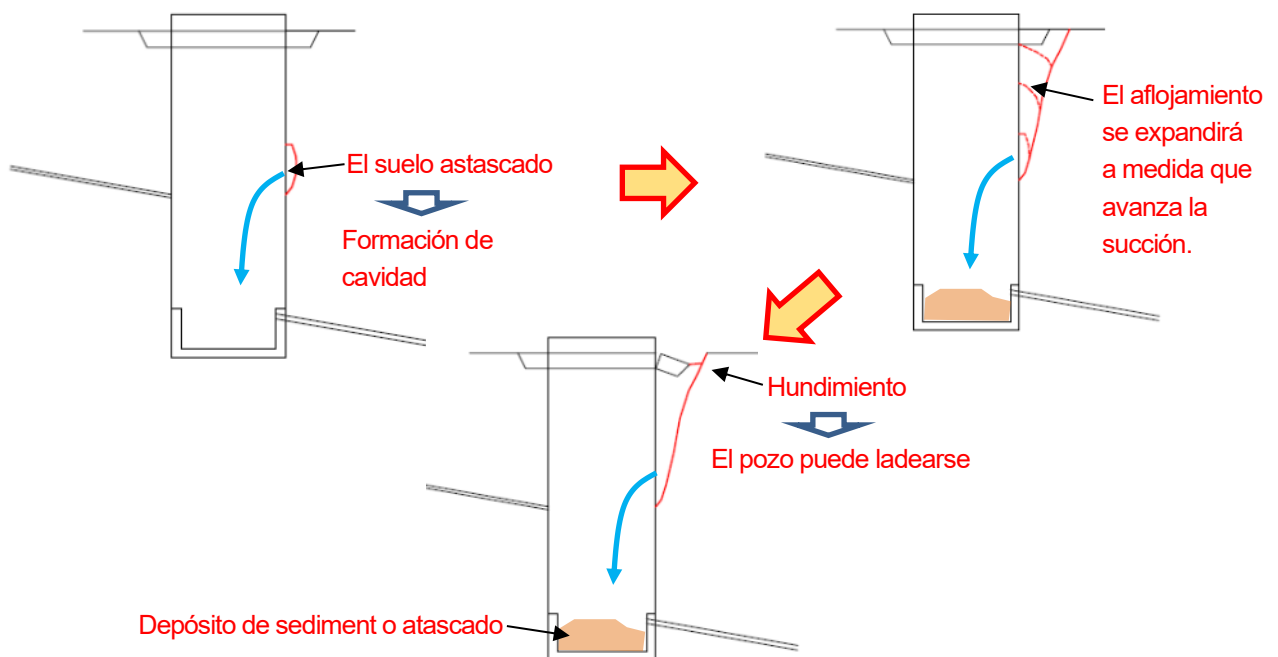


Figura 46 Proceso de un hundimiento en el pozo



Hundimiento de la superficie del suelo y deformación de la valla de seguridad

Los siguientes son ejemplos de métodos de reparación

- Rellenar la cavidad detrás del muro con mortero.
- Rellenar el área de la superficie con tierra.
- Remover los sedimentos de la caja de captación.

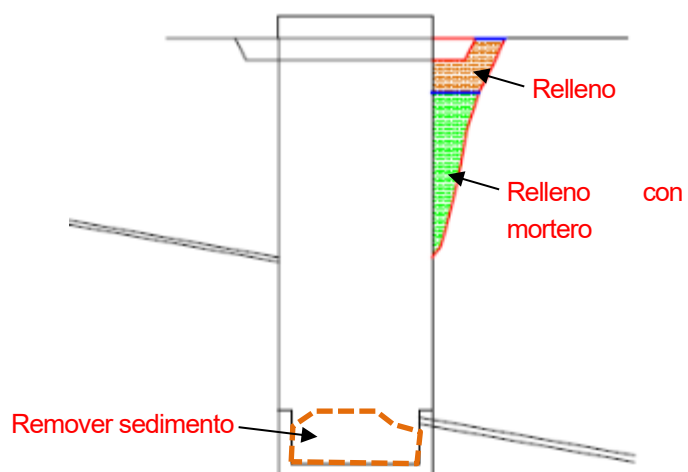


Figura 47 Método de reparación cuando ocurre un hundimiento

5.3 Canales

5.3.1 Causa de deformación y política de mantenimiento

A continuación, se muestran las causas del deterioro y deformación de los canales y la política de mantenimiento.

- En casos ocurridos por un deslizamiento de tierra

Características de las deformaciones	Política de mantenimiento
Deformación y daño del canal debido a la actividad de deslizamiento.	Una vez estabilizado el deslizamiento mediante otra contramedida, el canal debe repararse o renovarse.

- En casos ocurridos por factores externos

Características de las deformaciones	Política de mantenimiento
Obstrucción de canales debido a la entrada de sedimentos, hojas caídas y ramas que se acumulan en los canales.	Control de la erosión en los márgenes del canal. Control de la hojarasca y las ramas caídas en el canal (por ejemplo, talando árboles).
Deformación y daños en los canales debidos a la socavación de los cimientos y al deslizamiento de áreas circundantes.	Medidas para prevenir la erosión y reparar y renovar los canales. Medidas para evitar el hundimiento de laderas circundantes, reparar y renovar los canales.

5.3.2 Método de mantenimiento

(1) Mantenimiento en caso de obstrucción

1) Eliminación de sedimentos, hojas y ramas caídas y basura.

Si la obstrucción de los canales por sedimentos, hojas caídas se deja sin mantenimiento, se producirá el desbordamiento del agua, causando la infiltración de agua al bloque del deslizamiento que fluye y la socavación del canal.

Se debe eliminar el sedimento, hojas y ramas caídas, y basura en el canal.

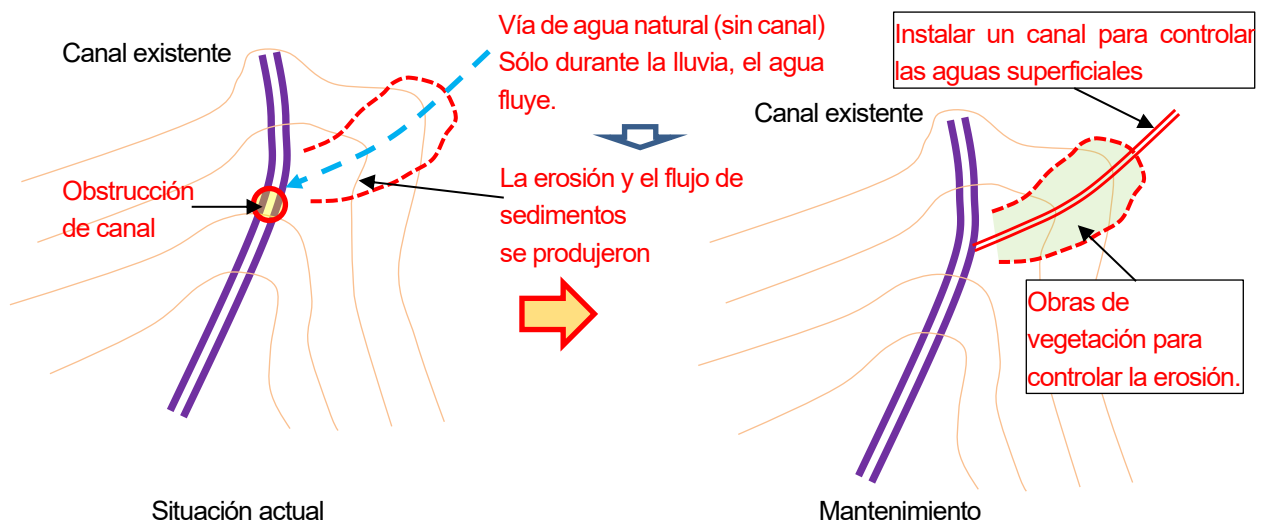
2) Controlar la fuente de suministro de sedimentos y hojas caídas

En caso de que existan fuentes de entrada de sedimentos al lado del canal, debe aplicarse un control de erosión.

Muestra un caso práctico de mantenimiento.

<Caso.1>

Mediante la instalación de canal y el trabajo de la vegetación, es prevenir el flujo de sedimentos.



<Caso.2>

Medidas de poda y tala de árboles

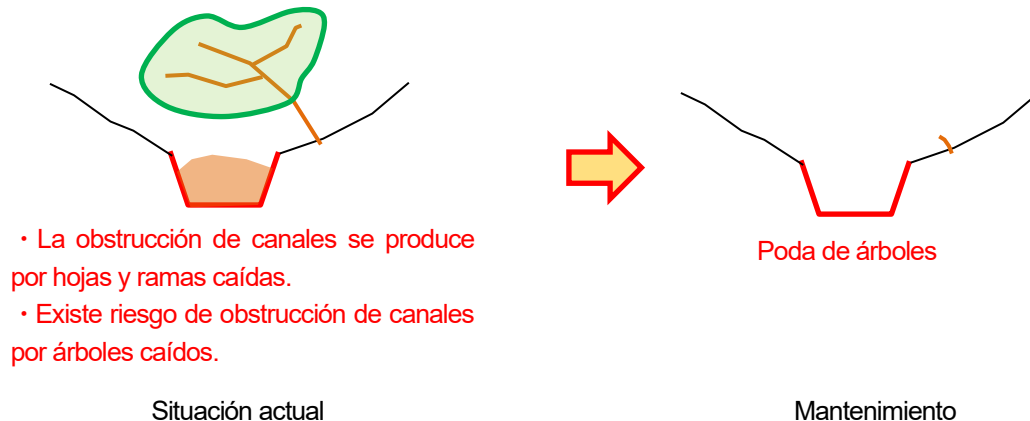


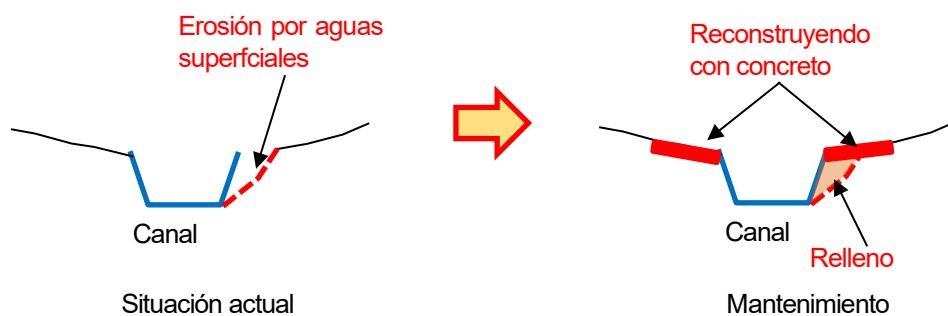
Figura 48 Imagen gráfico del control de la fuente de sedimentos y hojas caídas

(2) Mantenimiento para la erosión

1) Erosión por aguas superficiales

<Caso.1>

Hormigonado en el lado del canal. En caso de que la socavación se produzca en el lado del canal, se rellenará el lugar de la socavación y se hormigonará.



<Caso.2>

Install additional channel

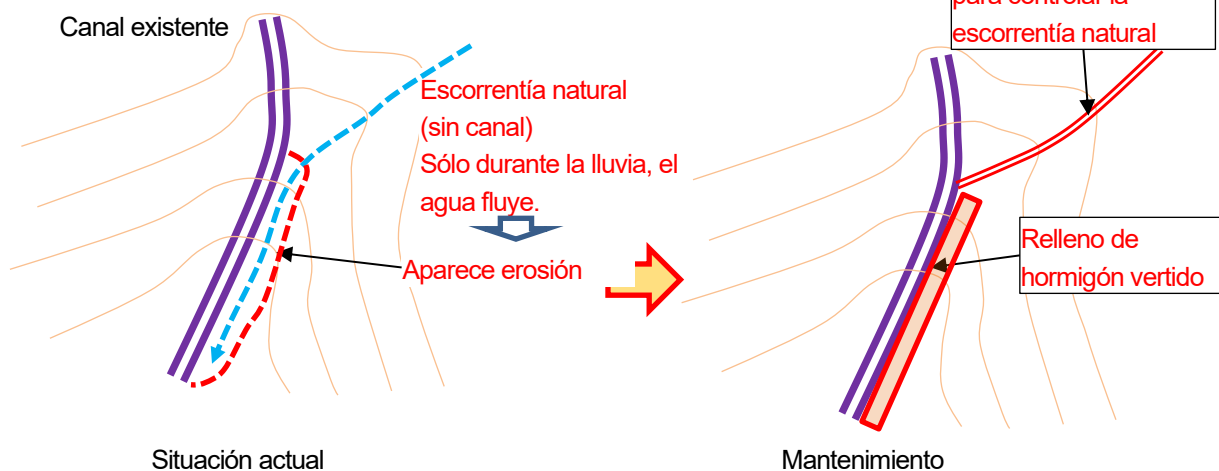


Figura 49 Esquema de control de erosión por agua superficial

1) Erosión por aguas superficiales y subterráneas poco profundas.

Cambios en la estructura de los canales. Además de las contramedidas para evitar que las aguas superficiales erosionen los canales, instalar drenajes para controlar el nivel de saturación poco profundas.

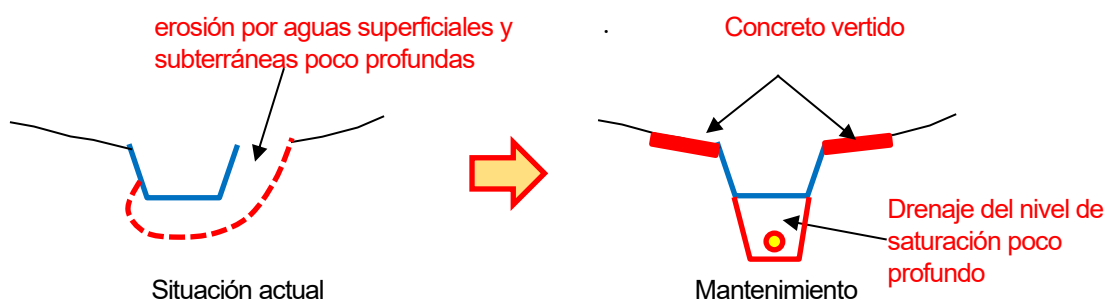


Figura 50 Esquema gráfico de control de erosión por aguas superficiales y subterráneas poco profundas

(3) Mantenimiento por deformación o hundimiento (canal, caja de recolección, otras instalaciones)

1) Obras rotas por derrumbe

En caso de que las estructuras se rompan por el derrumbe de un talud, se instalarán inmediatamente medidas correctivas y se repararán o renovarán las estructuras. En algunos casos, se cambia su alineamiento. A continuación se muestra un caso de estudio.

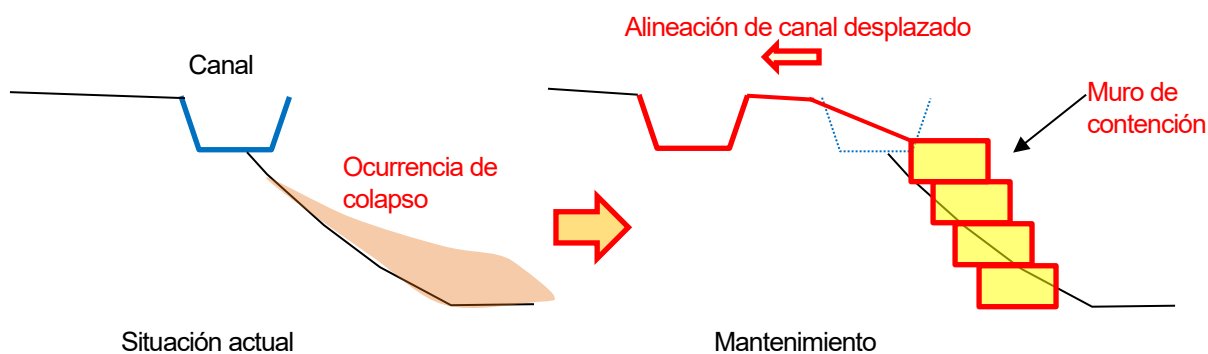


Figura 51 Esquema de la alineación de canal desplazado

1) Estructuras rotas o grietas importantes (las fugas son preocupantes)

Básicamente, se deben tomar contramedidas para la causa de la deformación y se deben renovar las estructuras. (Colapso, hundimiento, deslizamiento en pendiente pronunciada, etc.)

2) Reparación por fisura (grieta menor)

Las grietas menores que no corran el riesgo de fugas se tratarán mediante la reparación de grietas.

Sin embargo, es necesario investigar la causa de la grieta, y el monitoreo es necesario después de la reparación.

Si las fisuras vuelven a aparecer después de la reparación, es posible que se vean afectadas por el hundimiento del suelo o el movimiento de ladera, y es necesario tomar medidas para determinar la causa de la deformación.

La reparación de grietas ya se ha llevado a cabo en Honduras. Aquí se presenta el método de reparación de grietas que generalmente se lleva a cabo en Japón. Por favor, consúltelo.

Al sellar las grietas formadas en el hormigón, este método impide que los factores de deterioro (como los iones de cloruro, el dióxido de carbono y el agua) entren en el hormigón a través de las grietas.

Existen tres tipos de métodos de reparación de grietas;

- Método de revestimiento de la superficie
- Método de inyección de grietas
- Método de relleno

A continuación, se ofrece una breve descripción de cada método.

OMétodo de revestimiento de la superficie

Este método mejora la impermeabilización y la durabilidad recubriendo grietas finas (de una anchura de 0.2 mm o menos). El revestimiento sólo cubre las grietas.

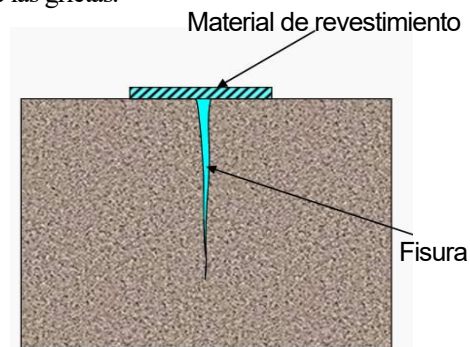


Figura 52 Esquema gráfico del método de recubrimiento superficial

OMétodo de inyección de grietas

Este método mejora la impermeabilización y la durabilidad mediante la inyección de resina (resina epoxi) o inyección a base de cemento en grietas de 0.2 mm o más anchas.



Figura 53 Esquema gráfico del método de inyección

OMétodo de relleno

Este método es adecuado para reparar grietas relativamente grandes de 0.5 mm o más. Se trata de un método que corta una sección en forma de U a lo largo de la grieta y rellena el corte con material de reparación.

Los materiales de relleno pueden incluir selladores elásticos, resinas epoxi flexibles o morteros de cemento polimérico.

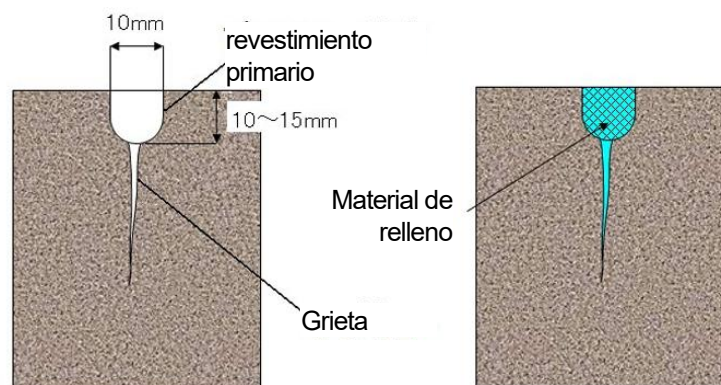


Figura 54 Esquema gráfico del método de relleno

5.4 Muros de retención

5.4.1 Causa de deformación y política de mantenimiento

Las causas de la deformación de estas estructuras se clasifican en dos factores.

- Deformaciones debidas al deterioro de las mismas estructuras
- Deformaciones debidas a factores externos

Se muestra la causa de la deformación y la política de mantenimiento siguiente;

○ Deformaciones debidas al deterioro de las mismas estructuras

Características de las deformaciones	Política de mantenimiento
En cuanto a gaviones, la corrosión de la malla progresará, entonces este se deformará y se romperá debido a la presión de la tierra.	Básicamente, la estructura se renueva. Al estudiar la renovación de la estructura y la larga vida útil de la misma, conviene adoptar un revestimiento con alto efecto anticorrosión y componentes gruesos considerando la cantidad de óxido.
Las deformaciones se producen por el deterioro o disminución de la resistencia del concreto.	Si la grieta es menor, se adopta la reparación de grietas. Si la grieta es significativa, considerar la renovación o refuerzo de la pared, etc.

A la hora de estudiar el método, no sólo debe analizar el estado de la estructura, sino el entorno de la ladera.

Si se adopta la renovación, debe estudiarse la estabilidad de la ladera durante el retiro del muro de contención.

○ Deformaciones debidas a factores externos

Características de las deformaciones	Política de mantenimiento
La deformación causada por el cambio de estado del talud detrás del muro de contención.	Basándose en el resultado de la investigación y el análisis de la ladera, debe estudiarse el método.
Debido a la disminución de la función del drenaje o al cambio del estado de las nivel de saturación, la presión del agua actúa sobre el muro de contención y se produce la deformación.	Debe estudiarse la instalación o reparación de las estructuras de drenaje.
Debido al cambio de condición de la cimentación en el terreno, la deformación se presenta.	Basado en el resultado de la investigación y el análisis de la cimentación del muro, se debe estudiar el método

5.4.2 Método de mantenimiento

(1) Mantenimiento de estructuras deterioradas.

1) Gavión

La causa más común de deformación en los gaviones se debe al deterioro del alambre de la malla metálica.

Este miembro se deteriora debido al óxido, lo que provoca la rotura, la salida de las piedras y la destrucción de la estructura.

Dado que es difícil sustituir sólo el alambre del gavión, es habitual renovar la estructura.

Cuando se estudia la renovación del gavión, teniendo en cuenta la larga vida de este, es mejor que se adopte un chapado con un alto efecto anticorrosión y componentes gruesos que tengan en cuenta la cantidad de óxido.

2) Muro de contención de hormigón

El muro de contención de hormigón (incluido el muro de mampostería húmeda) se deforma debido al deterioro o disminución de la resistencia del hormigón. (Se producen grietas)

Si la grieta es menor, se adopta la reparación. Si es significativa, considere renovar o reforzar el muro, etc.

En cuanto a la reparación de grietas, consulte la sección anterior. (P.139)

A continuación, se muestra un caso práctico de refuerzo.

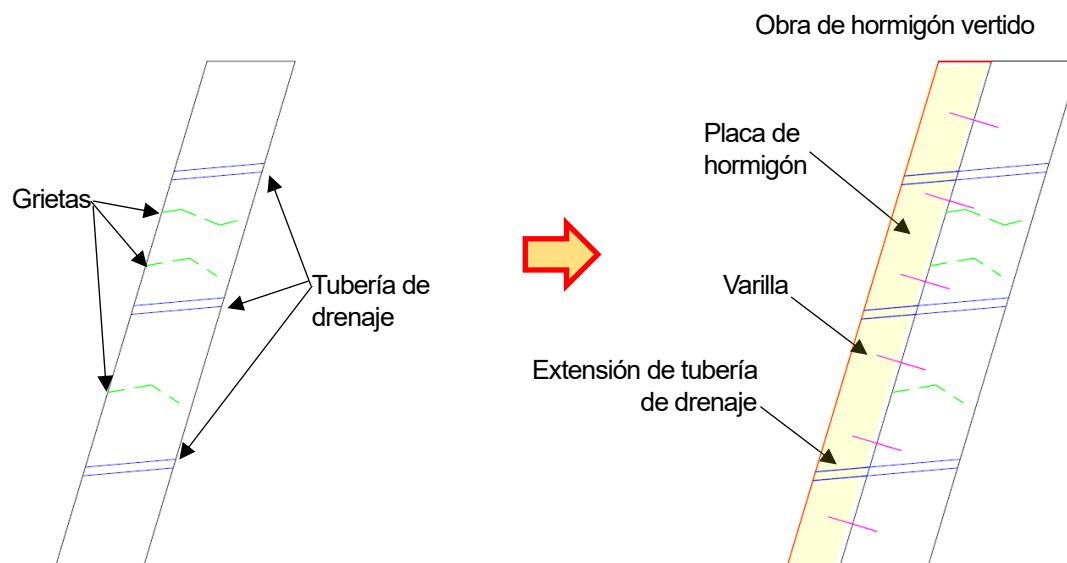


Figura 55 Esquema gráfico del método de concreto vertido

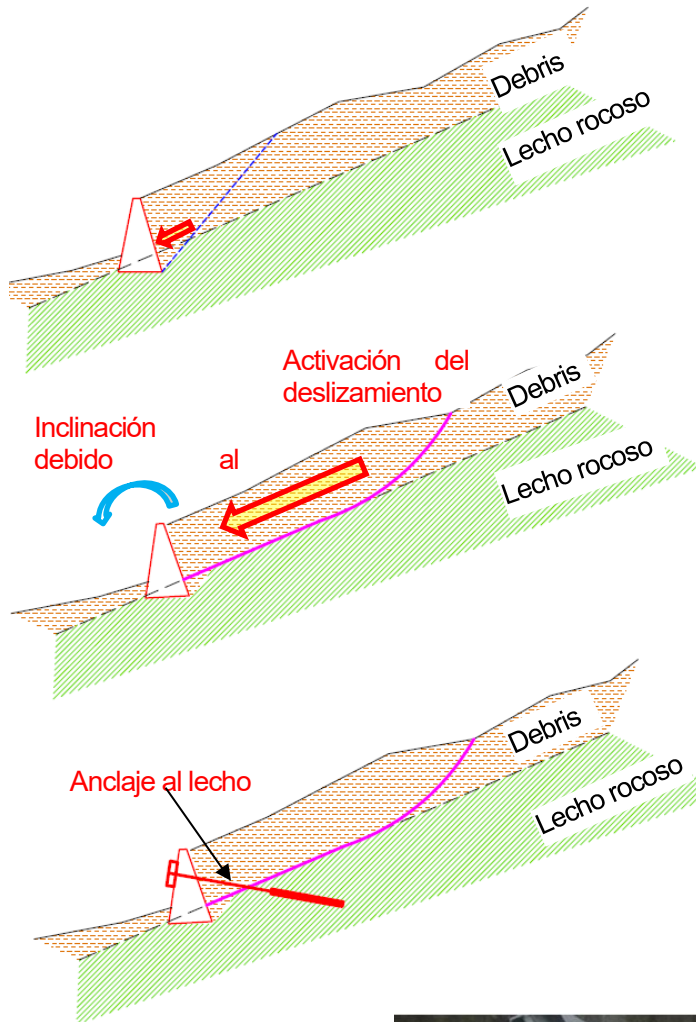
Cuando se estudia el método, debe tenerse en cuenta no solo el estado de la estructura, sino también el del talud.

Si se adopta la renovación, debe estudiarse la estabilidad del talud durante la retirada del muro de retención.

(2) Mantenimiento para estructuras deformadas debidas a factores externos

Se demuestra que en el estudio de casos de obras de mantenimiento de muros de contención deformados debido a factores externos.

Deformación causada por el cambio de condición de la ladera detrás del muro de retención



Los muros de contención suelen estar diseñados con una forma que puede resistir la presión del suelo detrás de la pared.

Se produjo un deslizamiento.

El muro de retención actúa mayor que la presión esperada del suelo.

El muro de retención está inclinado.

Fijación de muro de contención por anclaje a tierra.



Figura 56 Estudio de caso de anclaje en el muro de retención

1) Disminución de las funciones de drenaje o cambio de condición del nivel freático.

La tubería de drenaje instalada en el muro de contención tiene por objeto drenar el agua detrás del muro y reducir la presión del agua que actúa sobre el muro.

En algunos casos, el tubo de drenaje puede obstruirse y el drenaje puede resultar imposible (en el pasado, el drenaje era posible).

Existe el riesgo de que la parte posterior del muro se llene de agua debido a la pérdida del desagüe, y que la presión del agua actúe sobre el muro, provocando su deformación.

En caso de presentarse, debe ser limpiada la tubería de drenaje.



Figura 57 Situación de obstrucción de la tubería de drenaje

En algunos casos, como se muestra en la foto de abajo, hay una gran cantidad de agua de manantial distribuida.

No es posible drenar el agua utilizando únicamente tubería de drenaje en el muro de contención, y existe la posibilidad de que se convierta en agua subterránea detrás del muro de contención.

En casos como este, también es eficaz instalar perforaciones de drenaje horizontales en la pendiente del muro para drenar el agua subterránea.



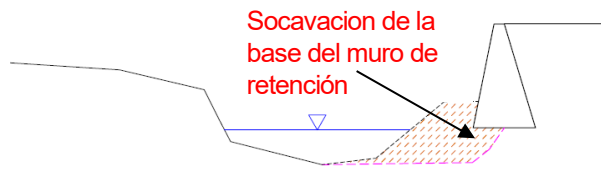
Figura 58 Gran cantidad de agua de manantial

1) Deformación de la cimentación debida al cambio de las condiciones del terreno

Si la condición del terreno de la cimentación del muro de retención cambia, el muro se puede inclinar.

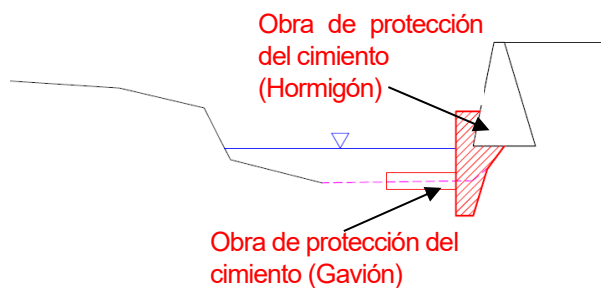
Si la inclinación progresa, la estabilidad del muro de contención se pierde.

<Caso.1> Erosión en la cimentación del muro de retención..



El suelo del cimiento del muro de contención es socavado por la corriente del río.

La pérdida de cimentación del muro de contención hace que la estructura se incline y sea inestable.



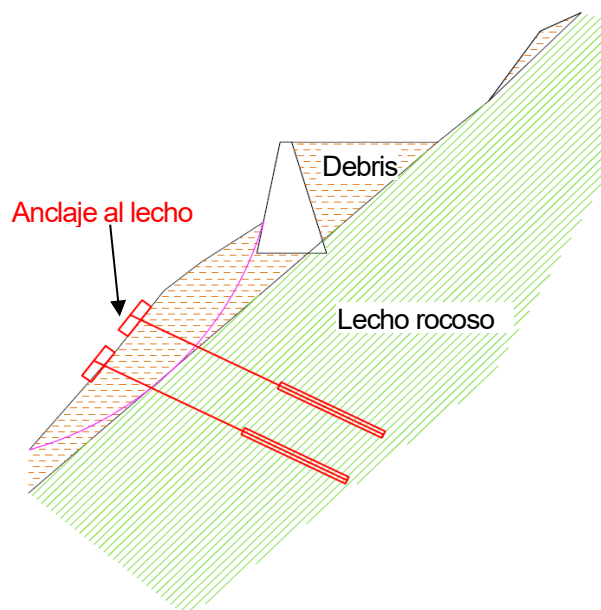
Se coloca hormigón en los cimientos del muro. (más de 1.0 m por debajo del lecho del río).

Delante de la protección de hormigón, se instalan gaviones para controlar la socavación de los cimientos de concreto.

Figure 59 Esquema gráfico de obra de protección de la base

<Caso.2> El suelo de la cimentación se deforma en la pendiente pronunciada.

La base de tierra del muro de contención ubicada en una pendiente pronunciada se afloja.



El avance del terreno suelto hace que los cimientos se desplacen hacia abajo y que el muro de contención se incline y se vuelva inestable.

Para prevenir que el muro de contención se vuelva inestable, se fija a través de anclaje que llegue al lecho rocoso.

Figura 60 Esquema gráfico de la fijación de la pendiente pronunciada de la cimentación

5.5 Concreto Lanzado (Shotcrete)

5.5.1 Clasificación y política de mantenimiento

Los métodos de mantenimiento de concreto lanzado (Shotcrete) se clasifican en las siguientes categorías, teniendo en cuenta las condiciones y causas de deformación.

(1) Mantenimiento de estructuras deterioradas

- Demolición y reconstrucción de estructuras existentes
- Obras de recubrimiento de superficies
- Obras de reparación de grietas
- Obras de llenado de cavidades

(2) Mantenimiento considerando la estabilidad de la ladera

- Mantenimiento refuerzo combinado de la pendiente
- Método de estabilización de ladera

Método de mantenimiento	Política de mantenimiento
Demolición y reconstrucción	Este es un método que se ha adoptado habitualmente. Demolición y reconstrucción de estructuras existentes. Lo que incluye la seguridad durante la demolición, los costos de demolición y eliminación de grandes cantidades de residuos.
Obras de recubrimiento de superficies	Pulverizar finas capas de concreto o cemento polímero sobre la superficie del shotcrete existente. Se adopta, en caso de que sólo se produjera la descamación superficial del shotcrete (no se ha producido disminución de la adherencia, cavidad, intemperie y desestabilización de la ladera)
Obra de reparación de grietas	Reparar grietas del shotcrete para evitar la filtración de agua y el deterioro.
Obra de relleno de cavidades	Rellenar con lechada o mortero las cavidades que están debajo del shotcrete.
Combinación de mantenimiento y refuerzo de laderas.	Refuerzo del talud detrás del shotcrete y aumento del espesor del propio shotcrete. (incluir obras de relleno de cavidades) Basado en resultados del estudio del estado del talud detrás del shotcrete, se adopta.
Método de estabilización de laderas	En caso de que la estructura se deforme por la desestabilización del talud, se adopta la contramedida de estabilidad de laderas. (Anclaje, perforación horizontal de drenaje, corte del talud, etc.).

5.5.2 Método de mantenimiento

(1) Demolición y reconstrucción

Se adopta este método en caso de que la estructura esta dañada significativamente y es de difícil reparación.

Se trata de un método que se ha adoptado habitualmente.

Sin embargo, este método tiene muchos problemas, como las medidas de seguridad para la zona situada debajo de la obra al demoler el mortero existente, el aumento de los costos de demolición y del tiempo de construcción debido a los trabajos manuales de demolición, y la gran cantidad de residuos industriales.



Figura 61 Estado de una demolición manual

En caso de que los daños sean importantes, el estado del talud no es bueno (avance de la erosión, roca suelta o sedimentos distribuidos).

En ese caso, si se adopta el mismo método que el ya existente, se corre el riesgo de que vuelva a sufrir daños.

En función del estado de la ladera, debería estudiarse el método.

(2) Obras de recubrimiento de superficies

Las obras de recubrimiento de superficies se adoptan cuando disminuye la adherencia del shotcrete al lecho rocoso y la erosión del lecho no progresa, produciéndose solo la descamación de la superficie del shotcrete.

Es un método que consiste en extender una fina capa (unos milímetros) de mortero o cemento polímero sobre la superficie del shotcrete deteriorado. (El mortero de cemento polimérico se prepara mezclando cemento con un agregado fino de resina polimérica. En comparación con el mortero de cemento, tiene mejores propiedades adhesivas, impermeabilización, contracción por secado, resistencia química, resistencia a la abrasión y resistencia al impacto.)

Si se producen algunas grietas, se combina con reparación de grietas.

(3) Obras de reparación grietas

Con respecto a la reparación de grietas, por favor consulte la sección anterior. (P.139)

(4) Obras de relleno de cavidades

La obra de relleno es el método que se llena de mortero o cemento leche en las cavidades debajo del shotcrete.

Si se producen grietas en el concreto lanzado y existe la posibilidad de que el material de relleno se filtre, deberá calafatearse para evitar fugas.

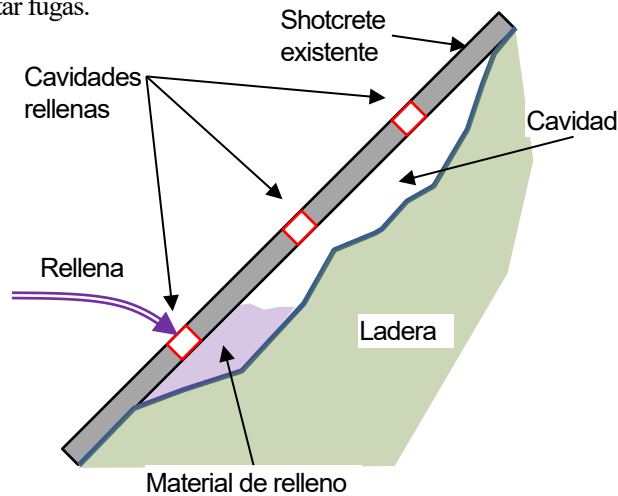


Figura 62 Imagen de esquema de obra de relleno de cavidades

(5) Combinación de mantenimiento y refuerzo de la pendiente.

Es el caso que se asume el cambio de la condición de la ladera detrás de shotcrete por aflojamiento debido a la intemperie etc. La pendiente detrás del shotcrete se refuerza y el shotcrete deteriorado se repara y refuerza.

Reforzar el talud detrás del shotcrete y aumentar el espesor del shotcrete sí mismo (incluya la obra de relleno de cavidad). Se adopta basado en los resultados del estudio de la condición de la ladera detrás del shotcrete.

Estudios de casos en Japón se muestran en la figura de la derecha.

- Anclaje pasivo: Usado para reforzar la capa floja que esta debajo del shotcrete.
- Engrosamiento de Shotcrete: Usado para reforzar el shotcrete existente con deterioro significativo.
- Tubería de drenaje: Usado para drenar aguas superficiales desde la parte posterior del shotcrete.
- Material de relleno: Usado para rellenar cavidades en la parte posterior del shotcrete.
- Pernos de acoplamiento: Usado para unir el shotcrete existente al shotcrete grueso.

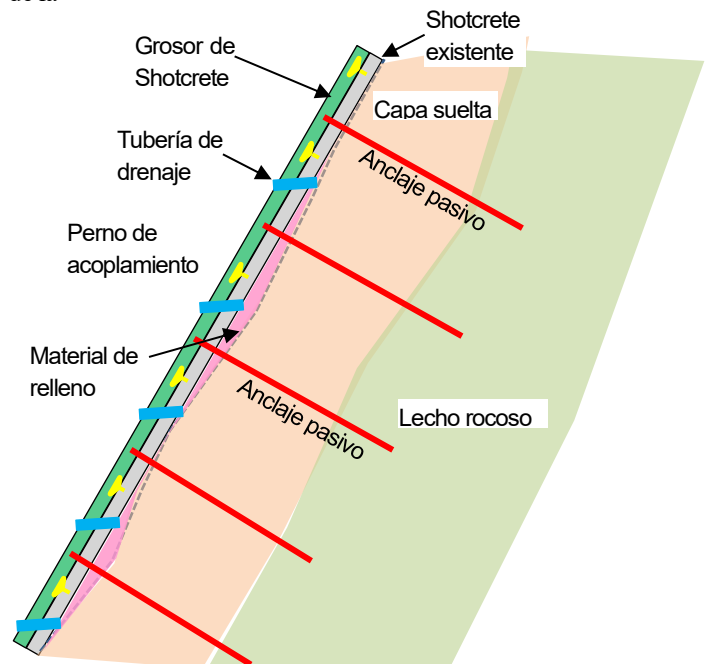


Figura 63 Esquema de combinación de mantenimiento y refuerzo de laderas

(6) Método de estabilización de ladera

En caso de que la estructura se deforme por la desestabilización del talud, se adopta la contramedida de estabilidad de laderas.

(Anclaje, perforación horizontal de drenaje, corte del talud, etc.)

Primero, se debe investigar y analizar la deformación del talud objetivo para comprender el mecanismo.

Luego, deben estudiarse y diseñarse las contramedidas basadas en los resultados de la investigación y el análisis.

Y, a continuación, debe construirse la contramedida.

En la siguiente figura se muestran estudios de casos en Japón.

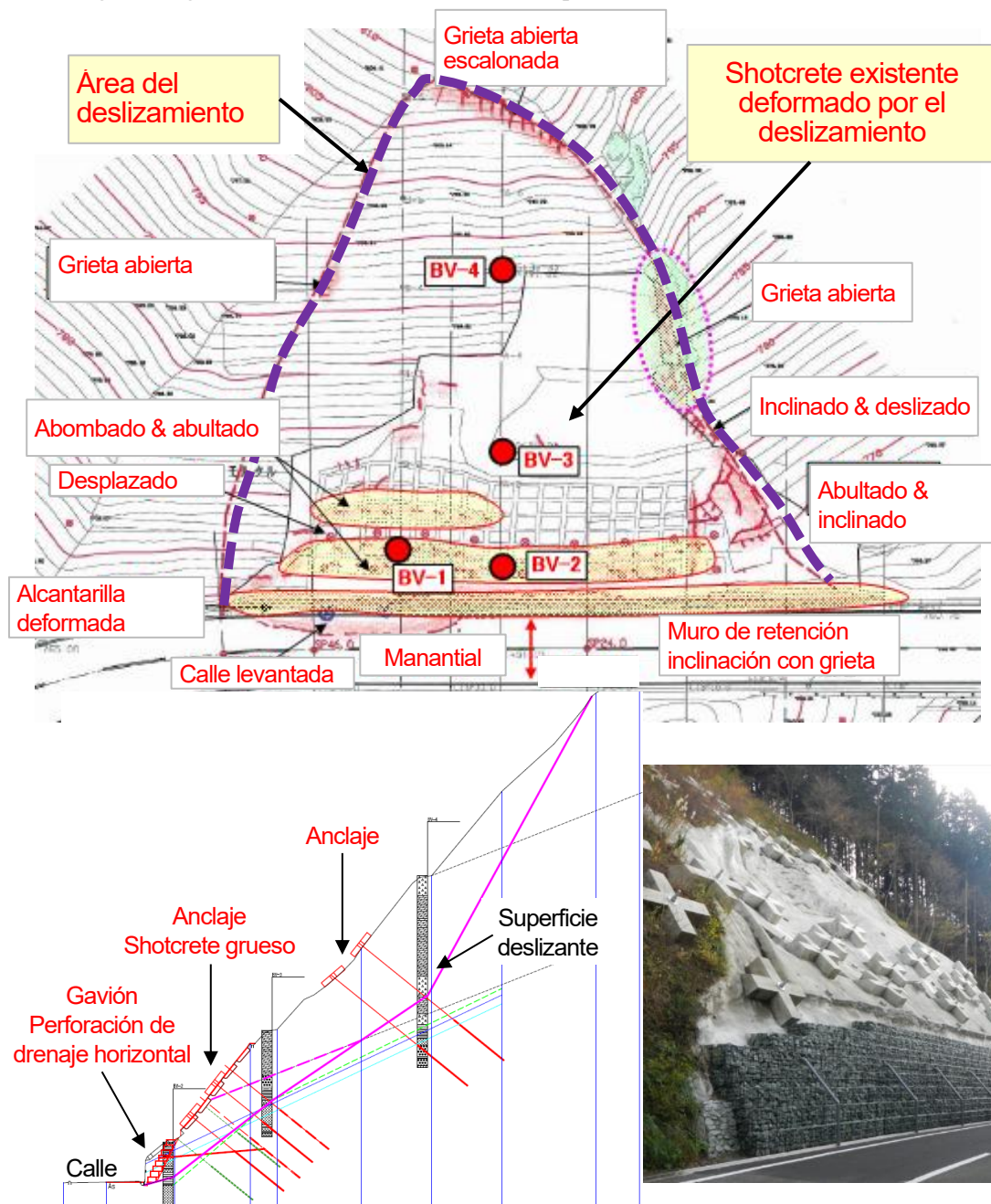


Figura 64 Estudio de caso y esquema de la contramedida de estabilidad de laderas

Capítulo 6. Conclusiones

El envejecimiento de las estructuras de contramedidas de estabilidad de laderas es un problema inevitable en el futuro.

Además, el estado de las laderas también cambia con el tiempo.

Si la función de las contramedidas se deteriora debido al envejecimiento de las estructuras y cambia el estado de las laderas, éstos pueden volver a ser inestables y existe el riesgo de que vuelvan a producirse desastres de laderas.

La renovación de estructuras envejecidas requiere una enorme cantidad de tiempo y costos, y es difícil renovar todas las estructuras al mismo tiempo.

Para garantizar la seguridad de los ciudadanos, teniendo en cuenta el presupuesto y el tiempo limitados de que se dispone, es importante supervisar periódicamente las laderas y estructuras y llevar a cabo reparaciones periódicas basadas en los resultados de estas supervisiones, así como prolongar la vida útil de las estructuras.

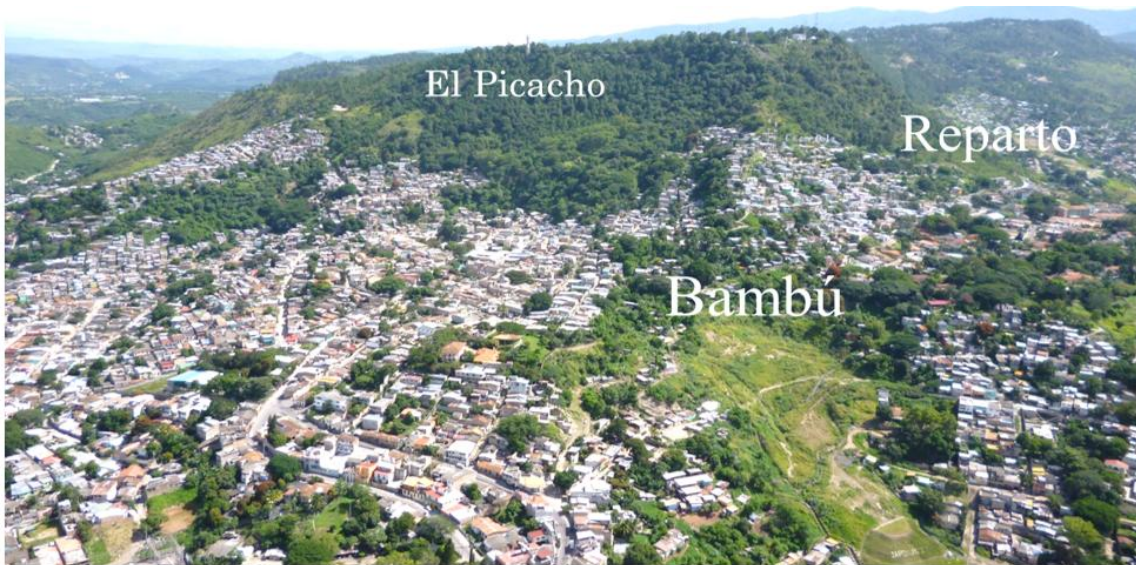
Este manual presenta métodos de monitoreo y mantenimiento para medidas de estabilización de laderas basados en estudios de casos en Japón.

Esperamos que usted utilice este manual como referencia para establecer e implementar métodos de monitoreo y mantenimiento que se adapten a la situación de Honduras.

*Manual de creación de mapa de amenaza/mapa
de riesgo de ladera*

Proyecto para el Control y Mitigación de Desastres en Laderas
del Distrito Central en la República de Honduras

Manual de creación de mapa de amenaza/mapa de riesgo de ladera



Julio de 2023

Alcaldía Municipal de Distrito Central

Equipo de expertos de JICA

Contenido

Prefacio 1

Capítulo 1. Introducción3

- 1.1 Propósito y alcance de este manual.....3
- 1.2 Definición de Mapa de Amenazas y Mapa de Riesgos6

Capítulo 2. Encuesta de laderas7

- 2.1 Selección de ladera objetivo.....7
 - 2.1.1 Deslizamientos7
 - 2.1.2 Falla de ladera/ Caída de rocas15
- 2.2 Información básica requerida.....23
 - 2.2.1 Información relacionada con las causas internas de los desastres de laderas (topografía y geología) 23
 - 2.2.2 Información relacionada con causas externas de desastres en laderas (hidrología).....26
- 2.3 Evaluación in situ de la vulnerabilidad de laderas30
 - 2.3.1 Creación de fichas de encuesta30
 - 2.3.2 Recopilación y reevaluación de datos33

Capítulo 3. Evaluación de amenazas y riesgos relacionados con laderas 36

- 3.1 Procedimiento de evaluación de laderas.....36
- 3.2 Evaluación de amenazas de laderas.....37
- 3.3 Evaluación de riesgos de laderas.....38
 - 3.3.1 Configuración del área de riesgo38
 - 3.3.2 Diagrama de matriz de la evaluación de riesgos39

Capítulo 4. Soporte y Mapeo de Amenaza y Riesgo Basados en SIG...42

- 4.1 Análisis Espacial par el estudio de falla de ladera- caída de rocas y mapa geológico.....42
 - 4.1.1 Concepto de detección.....42
 - 4.1.2 Preparación del Mapa Geológico par Detección42
 - 4.1.3 Elaboración de Mapas Topográficos para Detección46
- 4.2 Digitalización basada en SIG del Área de Influencia de Amenaza para la Evaluación de Riesgos.....51
 - 4.2.1 Área de Amenaza para Deslizamientos y Falla de Ladera/ Caída de Rocas51
 - 4.2.2 Digitalización del Área de Influencia.....53
- 4.3 Mapeo SIG de la Evaluación de Amenaza y Riesgo.....56
 - 4.3.1 Concepto de superposición de capas.....56

4.3.2	Mapas de Amenaza y Mapas de Riesgo	57
4.4	Mapa de Regulación para Uso del Suelo Resultado 4.....	60
4.4.1	Procedimiento.....	60
4.4.2	Map de Regulación del Uso del Suelo.....	60
Capítulo 5. Actualización y mantenimiento de datos		61
5.1	Carga y gestión de datos en SIMET	61
5.1.1	¿Qué es SIMET?.....	61
5.1.2	Sistema de gestión en AMDC.....	66
5.2	Gestión de datos basada en SIG.....	68
5.2.1	Herramienta Hyperlink en ArcMap	68
5.2.2	Cómo administrar datos antiguos y nuevos	69
5.3	Almacenamiento del historial de desastres.....	70
5.3.1	Historial de daños por medios	70
5.3.2	Datos observacionales	71
5.3.3	Datos de la encuesta de campo.....	71
Apéndice 72		
Ap. 1. Ejemplos de Formato de ficha de evaluación (Deslizamientos, Falla de talud/Caída de rocas)		
Ap. 2.Ejemplo de Registro de datos de los resultados de la evaluación de campo (evaluación de edificios)		
Ap. 3. Ejemplo de cómo organizar la selección de elementos de la ficha de investigación		

Prefacio

Este manual es un manual para la creación de mapas de amenaza/mapa de riesgo de laderas para el Resultado 3 del “Proyecto de Control y Mitigación de Desastres de Laderas en el Distrito Central de la República de Honduras”.

Desde el inicio del proyecto, incluido el período durante el cual no pudimos llevar a cabo actividades locales debido a la crisis del coronavirus, tenemos cuatro años de experiencia de actividad desde 2019 hasta 2023. Finalmente, el Grupo de trabajo del Resultado 3 de la contraparte tiene los siguientes miembros (Tabla 1).

Tabla 1 Miembros del Resultado 3 (EEJ)

No	NAME	C/P
1	Silvia Becerra	AMDC-UMGIR
2	Hugo Daniel Medina Mejia	AMDC-GER
3	Lorena Maria Lazo Polanco	AMDC-UMGIR
4	Nidia Luque	AMDC-CODEM
5	Amircar Pavón	AMDC-CODEM
6	Roberto Elías Grandos Chahín	AMDC-UMGIR
7	Dorian Fiallos	AMDC-C&S
8	Renan Eduardo Rivera García	AMDC-C&S
9	Mariela Suazo Sibaja	AMDC-UMGIR
10	Mayuri Sanchez	AMDC-GCC
11	Ricardo Ernesto Aguilar Mira	AMDC-Civil works
12	José Luis Martínez Reyes	AMDC-UMGIR
13	Carlos Gustavo Chavez	AMDC-UMGIR
14	Brandon Anthony Dubon Servilla	AMDC-GER
15	Liver Fino	AMDC-GER
16	Laura Marcela Salgado Valladas	UNAH-ENG
17	Elías Leonardo García Urquía	UNAH-ENG
18	Maynor Alberto Ruiz	UNAH-IHCIT
19	Alex Javier Cardona	UNAH-IHCIT
20	Felix Enrique Rodriguez	UNAH-IHCIT
21	Lidia Torres Bernahard	UNAH-IHCIT
22	Jermain Enrique Zeron Izaguirre	COPECO DGP
23	Jorge Miguel Aguilar Medina	COPECO DGP

[AMDC] Silvia Becerra (UMGIR), Hugo Daniel Medina Mejia (GER), Lorena Maria Lazo Polanco (UMGIR), Nidia Luque (CODEM), Amircar Pavón (CODEM), Roberto Elías Grandos Chahín (UMGIR), Dorian Fiallos (C&S), Renan Eduardo Rivera García (C&S), Mariela Suazo Sibaja (UMGIR), Mayuri Sanchez (GCC), Ricardo Ernesto Aguilar Mira (Civil works), José Luis Martínez Reyes (UMGIR), Carlos Gustavo Chavez (UMGIR), Brandon Anthony Dubon Servilla (GER), Liver Fino (GER).

[COPECO] Jermain Enrique Zeron Izaguirre (DGP), Jorge Miguel Aguilar Medina (DGP)

[UNAH] Laura Marcela Salgado Valladas (ING), Elías Leonardo García Urquía (ING), Maynor Alberto Ruiz (IHCIT), Alex Javier Cardona (IHCIT), Felix Enrique Rodriguez (IHCIT), Lidia Torres Bernahard (IHCIT).

Además de ellos, nos gustaría agregar los nombres y afiliaciones de los miembros que han estado activos hasta ahora para recompensar sus esfuerzos. Las afiliaciones entre paréntesis son las de ese momento.

[AMDC] Cincy Rosa Lozano (UMGIR), Karen Cubas Triminio (GER), Eneyda Rodriguez Castañeda (GER), Ruben Álvarez Lardizabal (CODEM), Ferid Gabrie (CODEM), Olman Joel Manueles (UMGIR), Oscar Jose Díaz (Civil works).

[COPECO] Lenin Díaz (DGP), Miguel Alejandro López Rivera (DGP).

[UNAH] Ana Gabriela Nuñez Palma (ING), Elisabeth Espinoza (IHCIT), Javier García Reynaud (IHCIT), Nelson Manrique Sevilla (IHCIT).

EXPERTO JICA del Resultado 3

HIROTA, Kiyoharu

HASEGAWA, Koichi

ASISTENTES

Vilma Marina Mejia

Alejandro Jose Flores

LÍDER DEL PROYECTO

KUWANO, Tskeshi

El 31 de julio de 2023

Capítulo 1. Introducción

1.1 Propósito y alcance de este manual

El propósito de este manual es permitir la elaboración del mapa de amenazas de laderas y el mapa de riesgos de laderas para las laderas de Tegucigalpa. Además, al aplicar el manual a otras regiones, se considera a las partes relevantes, aquí AMDC, COPECO y UNAH, para crear o revisar el manual. El alcance del Resultado 3 del proyecto se extiende desde El Edén hasta Nueva Santa Rosa en el este e incluye El Hatillo, que está involucrado en el Resultado 4 (Figura 1).



Figura 1 Área objetivo para la creación de mapas de amenazas de laderas y mapas de riesgo (EEJ)

Los tipos de desastres de laderas cubiertos en este manual son “Deslizamientos” y “Falla de ladera/Caída de rocas” (Tabla 2, Figura 2).

Según la clasificación de Varnes, estos tipos de desastres en laderas se relacionan en la Tabla 2 (parte de círculo).

Tabla 2 Cuadro Comparativo para Clasificación de Deslizamientos

Clasificación internacional de deslizamientos de "Varnes1978"

Caídas de rocas

Falla de ladera

Deslizamientos

Tipo de movimiento	Tipo de materiales			
i Rock fall		Rock fall	Debris fall	Soil fall surface slide
ii Toppling		Bed rock toppling		Debris toppling
iii Slumping		Bedrock slumping		Debris slump
iv Spreading		Subsidence by spreading		Debris gliding
v Lateral spreading		Graben Lateral spreading slide		Earth lateral spreading
vi Flow		Bed rock		Earth flow
vii Complex		Weathered layer and soil		Debris avalanche
viii Complex		Weathered layer and soil		Sorifluction
ix Complex		Weathered layer and soil		Block stream
x Complex		Weathered layer and soil		Surface creep
xi Complex		Weathered layer and soil		Buiding creep
xii Complex		Weathered layer and soil		Multiple slump

(after Varnes, 1978 Modified and simplified)

Los deslizamientos se pueden comparar con "Slide" y "Lateral spreading" en la clasificación de movimiento de Varnes, y los derrumbes de laderas y los desprendimientos de rocas se pueden comparar con "Rockfall" y "Toppling".

Como referencia, él da los siguientes tres ejemplos de desastres en laderas a los que se les aplica la Ley de Prevención de Deslizamientos en Japón (Tabla 3). Estos son métodos de clasificación que tienen en cuenta contramedidas y están estipulados por ley. Dado que desastres similares son extremadamente raros en la cuenca de Tegucigalpa, este proyecto excluye flujo de lodo de los objetivos del estudio. Dado que los desprendimientos de rocas rara vez ocurren en el área de estudio, esto se considera una forma de derrumbe de taludes. En los dos ejemplos de deslizamientos de tierra y derrumbes de taludes, las áreas de peligro especial en los taludes se dividen en zonas rojas y las áreas de peligro en zonas amarillas (Figura 42 en la Sección 3.3). Estas categorías se utilizan para determinar el alcance del riesgo en el mapa.

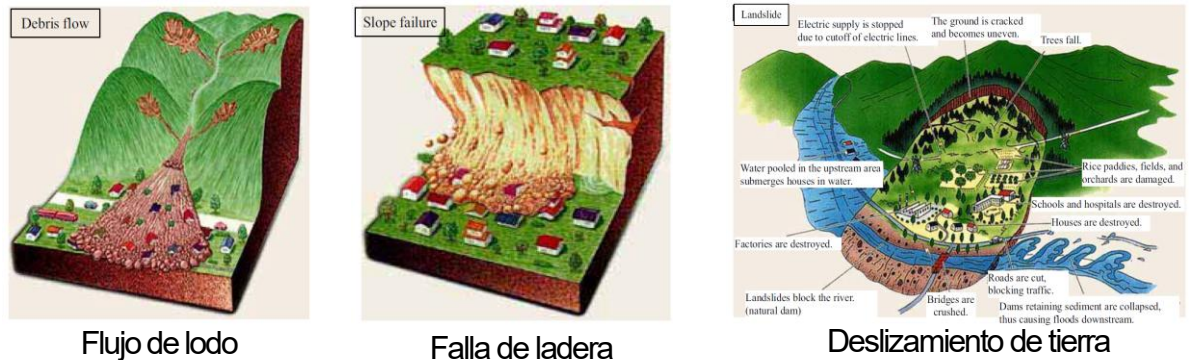


Figura 2 Tres tipos de desastres de laderas en la Ley de Prevención de Desastres Relacionados con Sedimentos en Japón.(Public works Research Institute, 2004)

Tabla 3 Clasificación de Desastres de Laderas Relacionados con Sedimentos.

(Public works Research Institute, 2004):

Flujo de lodo	Este es un fenómeno en el cual el suelo y la roca en la ladera o en el lecho del río son arrastrados hacia abajo en un golpe bajo la influencia de una lluvia continua o torrencial. Aunque la velocidad del flujo difiere según la escala del flujo de lodo, a veces alcanza los 20-40 km-h, destruyendo así casas y tierras de cultivo en un instante.
Falla de ladera	En este fenómeno, una ladera se derrumba abruptamente cuando el suelo que ya ha sido debilitado por la humedad en el suelo pierde su capacidad de autoretención bajo la influencia de una lluvia o un terremoto. Debido al colapso repentino, muchas personas no logran escapar si ocurre cerca de un área residencial, lo que genera una mayor tasa de muertes.
Deslizamiento de tierra	Este es un fenómeno en el que parte o la totalidad del suelo en una ladera se mueve lentamente hacia abajo bajo la influencia de las aguas subterráneas y la gravedad. Dado que normalmente se mueve una gran cantidad de masa de suelo, se pueden producir daños graves. Si se ha iniciado un deslizamiento, es extremadamente difícil detenerlo.

1.2 Definición de Mapa de Amenazas y Mapa de Riesgos

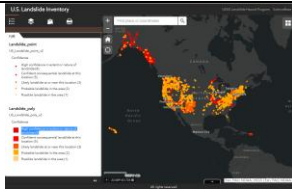
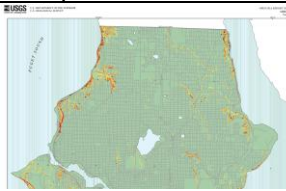
Las definiciones del mapa de amenaza y mapa del riesgo son las siguientes.

- **Mapa de Amenaza** : Los mapas de amenaza de deslizamientos de tierra indican la posibilidad de que ocurran deslizamientos de tierra en un área determinada. Un mapa de amenaza de deslizamiento de tierra ideal muestra no solo las posibilidades de que se forme un deslizamiento de tierra en un lugar en particular, sino también la posibilidad de que se desplace cuesta abajo una distancia determinada. -USGS

*USGS: United States Geological Survey (Encuesta geológica de los Estados Unidos)
- **Mapa de Riesgo** : Los mapas de riesgo de deslizamientos de tierra muestran el potencial de deslizamiento de tierra junto con las pérdidas esperadas de vidas y propiedades, en caso de que ocurra un deslizamiento de tierra. Los mapas de riesgo combinan la información de probabilidad de un mapa de amenaza de deslizamientos de tierra con un análisis de todas las posibles consecuencias (daños a la propiedad, víctimas y pérdida del servicio). -USGS

Tabla 4 Definiciones de varios tipos de mapas utilizados para representar el peligro de deslizamientos de tierra

(adaptado de “¿Qué es un mapa de amenaza por deslizamientos de tierra?” por USGS)

Mapa de inventario de deslizamientos	Mapa de susceptibilidad a deslizamientos	Mapa de amenaza de deslizamientos de tierra	Mapa de riesgo de deslizamientos
Los mapas de inventario de deslizamientos de tierra muestran las ubicaciones de los deslizamientos de tierra y pueden mostrar las dimensiones y la extensión geográfica de cada deslizamiento de tierra. Una pista sobre la ubicación de futuros deslizamientos de tierra es la distribución del movimiento pasado, por lo que los mapas que muestran la ubicación y el tamaño de los deslizamientos de tierra son útiles para predecir el peligro de un área.	Los mapas de susceptibilidad a deslizamientos describen la probabilidad relativa de futuros deslizamientos únicamente en las propiedades intrínsecas de un lugar o sitio. Algunas utilidades utilizan el término “mapa potencial de deslizamiento de tierra” para mapas de este tipo. La falla anterior (a partir de un inventario de deslizamientos de tierra), la resistencia de la roca o del suelo y la inclinación de la pendiente son tres de los factores más importantes del sitio que determinan la susceptibilidad.	Los mapas de riesgo de deslizamientos de tierra indican la posibilidad de que ocurran deslizamientos de tierra en un área determinada. Un mapa de amenaza de deslizamiento de tierra ideal muestra no solo las posibilidades de que se forme un deslizamiento de tierra en un lugar en particular, sino también la posibilidad de que se desplace cuesta abajo una distancia determinada.	Los mapas de riesgo de deslizamientos de tierra muestran el potencial de deslizamiento de tierra junto con las pérdidas esperadas de vidas y propiedades, en caso de que ocurra un deslizamiento de tierra. Los mapas de riesgo combinan la información de probabilidad de un mapa de amenaza de deslizamientos de tierra con un análisis de todas las posibles consecuencias (daños a la propiedad, víctimas y pérdida del servicio).
 U.S. Landslide Inventory (arcgis.com)	 of06-1139sh1_test.eps (usgs.gov)	 hazmap2.pdf (usgs.gov)	Sin ejemplo

Capítulo 2. Evaluación de laderas

2.1 Selección de ladera objetivo

2.1.1 Deslizamientos

(1) Terminología de deslizamiento de tierra

Confirme el nombre de cada parte del deslizamiento de tierra antes del estudio de campo (Figura 3).

- **Parte exterior:** Superficie del suelo original, Corona, Rajamiento de la corona, Flanco derecho
- **Cuerpo relacionado:** Escarpe mayor (principal), Escarpe menor, Cabeza, Pie, Dedo, Superficie de ruptura, Cuerpo principal, Ruptura de la superficie de dedo, Superficie de separación, Grieta radial, Surco transversal, Grieta transversal.

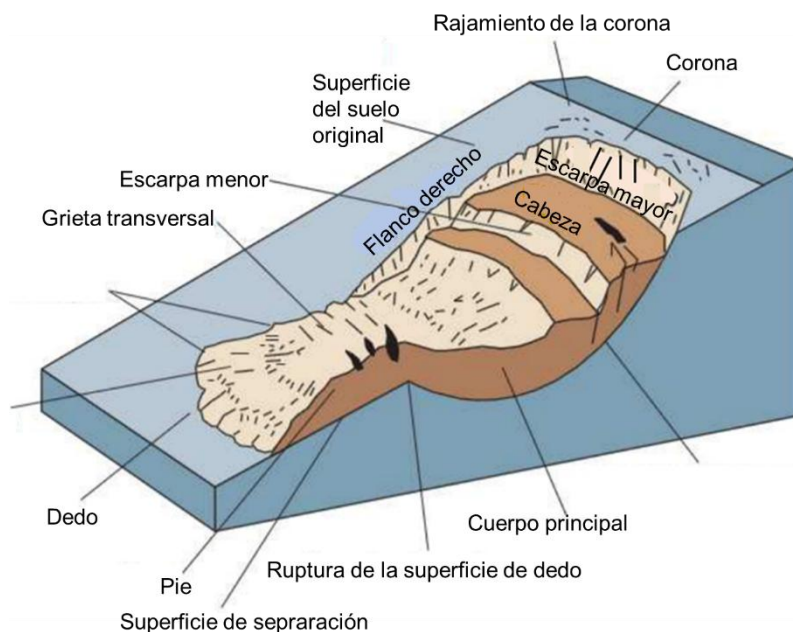


Figura 3 Diagrama de deslizamiento de tierra y sus términos (USGS modificado)

(2) Interpretación de fotos

Antes de la inspección del sitio, se realizará una interpretación topográfica mediante fotografía aérea, imagen satelital o mapa topográfico.

Método de extracción de deslizamiento de tierra mediante interpretación fotográfica

Al seleccionar un sitio de deslizamiento de tierra, se colocan en el mapa los resultados de interpretar la forma de relieve del deslizamiento básicamente utilizando un mapa topográfico y fotografías aéreas.

Normalmente, las fotografías aéreas tomadas por aviones son planas, pero si se toman dos fotografías aéreas adyacentes de tal manera que el 60% de ambas fotografías se superponga. Al “ver estereoscópicamente” dos fotos adyacentes, puede verlas en tres dimensiones como si estuviera mirando un diorama. Al yuxtaponer dos imágenes

ligeramente diferentes, puede ver una imagen bidimensional en tres dimensiones. Cuando un ser humano ve un objeto en tres dimensiones, el cerebro sintetiza imágenes ligeramente diferentes vistas por los ojos derecho e izquierdo para obtener un efecto tridimensional. Los estereogramas aplican este principio para hacer que una imagen plana parezca tridimensional. De la misma manera, puede observar la superficie del suelo en tres dimensiones colocando diferentes fotografías izquierda y derecha una al lado de la otra para obtener fotografías aéreas estereoscópicas.

Primero, la topografía del deslizamiento interpretada por visión estereoscópica se dibuja en la fotografía con un dermatógrafo y luego se expresa en el mapa.

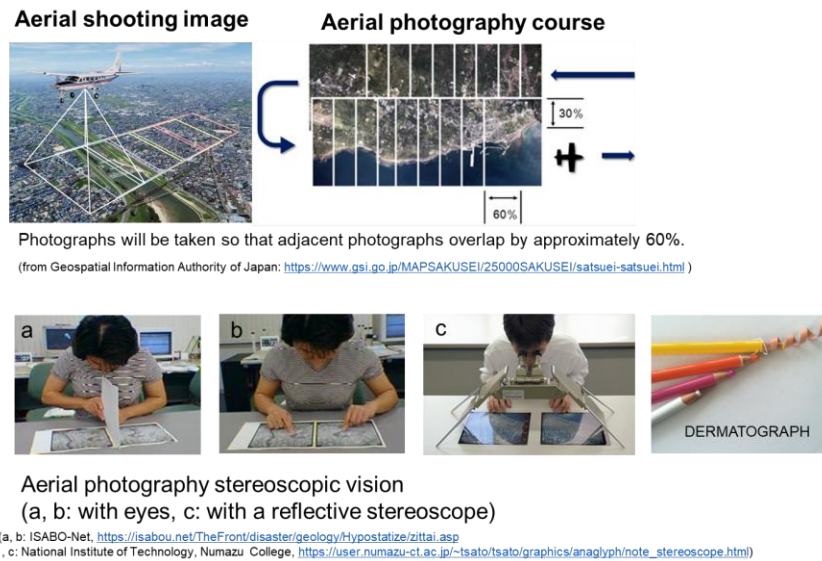


Figura 4 Foto interpretación (EEJ)

Cuando se completa la interpretación de la fotografía aérea, se ingresa la topografía del deslizamiento de tierra en el área de estudio y se preparan los preparativos para el estudio de campo (Figura 5).

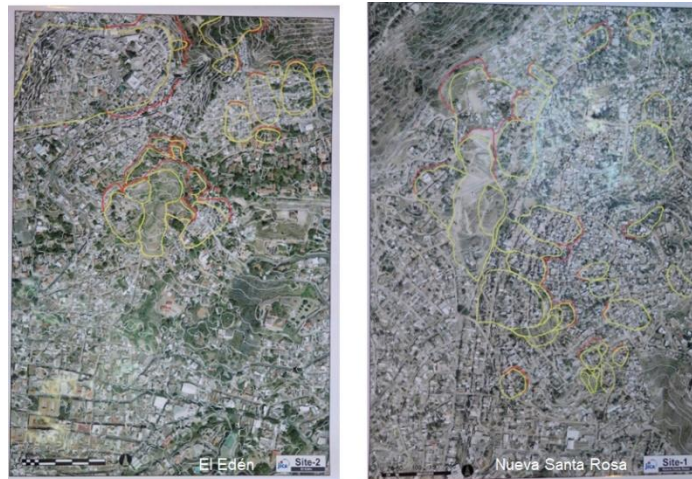


Figura 5 Mapas de Deslizamiento Compilados (con imágenes satelitales, Izquierda: El Edén, Derecha: Nueva Santa Rosa, EEJ)

Factor de Topográfico

El factor topográfico se evaluará mediante los dos procesos siguientes. Una es la fotointerpretación, la otra es el análisis topográfico. Antes de iniciar el levantamiento de campo, o en paralelo con el levantamiento de campo, se busca la topografía de los deslizamientos por medio de trabajos internos como interpretación de fotografías aéreas y análisis topográfico, y se crea un mapa de inventario de deslizamientos (Figura 6).

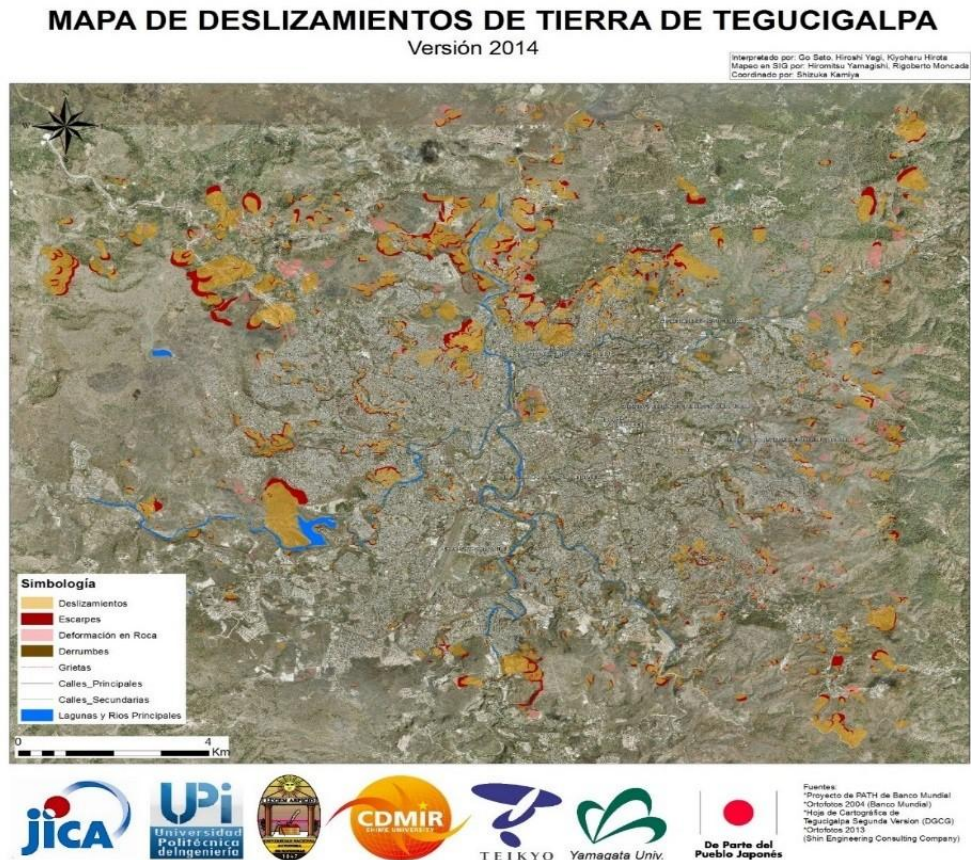


Figura 6 Mapa de inventario de deslizamiento de tierra en Tegucigalpa (EEJ)

Se elaboró un mapa de inventario de deslizamientos del proyecto (Figura 7) utilizando la Figura 6 como material de referencia.

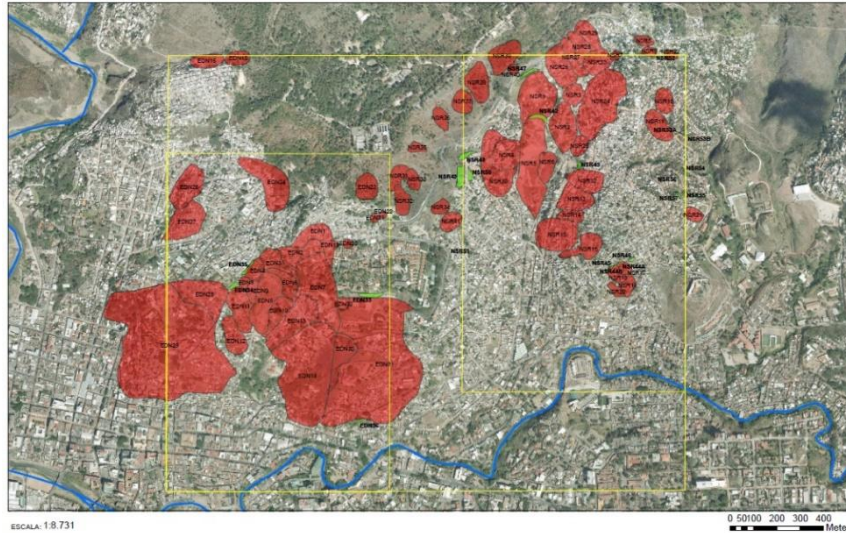


Figura 7 Mapa de inventario de deslizamiento de tierra (EEJ)

Los mapas topográficos con curvas de niveles se utilizan para el análisis topográfico. El área rodeada por un cuadrado en este mapa es el área piloto para crear el mapa de amenazas y el mapa de riesgos (Figura 8).

La topografía lineal (alineamientos) se puede ver en las direcciones NE-SW, NNE-SSW y NE-SE. Existe una alta posibilidad de que se trate de fallas, y existe la posibilidad de que el suelo alrededor de la topografía recta esté debilitado.

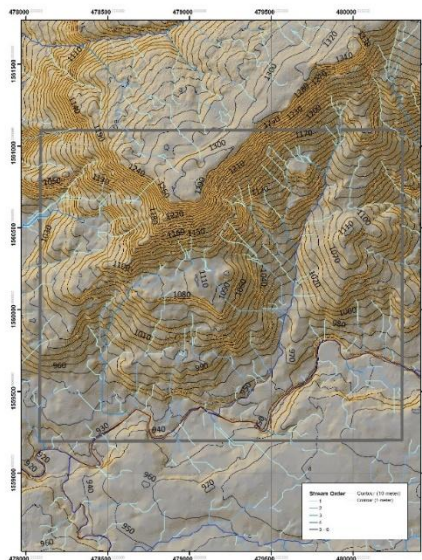


Figura 8 Mapa topográfico con curvas de nivel (EEJ)

Además, se puede ver una pequeña montaña en la parte central del dibujo, pero se reconoce una perturbación en la elevación en la parte sur, presentando una topografía de deslizamiento relativamente grande. Una topografía similar se puede ver en el lado izquierdo del mapa.

(3) Reconocimiento del sitio

Las anomalías de la superficie se evaluarán mediante un reconocimiento del sitio.

- Los dos métodos anteriores (interpretación de fotografías y reconocimiento del sitio) se evaluarán en función de las características específicas de los deslizamientos de tierra que se muestran a continuación. En general, el área que se encuentra junto al área de deslizamiento de tierra será un área potencial de deslizamiento de tierra.
- La superficie de la ladera muestra ondulación (desorden de la curva de nivel en el mapa topográfico); ladera empinada, ladera suave y ladera empinada de nuevo desde la parte superior hasta la parte inferior de la ladera. Terrenos con laderas irregulares que están desordenados con respecto al buzamiento general de la estructura geológica regional. La parte del dedo del pie de la ladera natural muestra un ángulo pronunciado o sobresale (Figura 9).

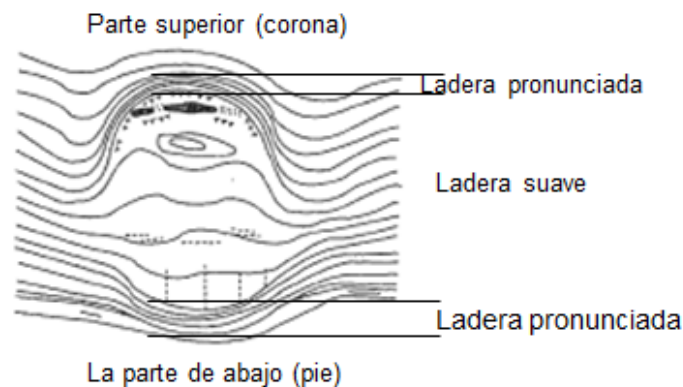


Figura 9 Typical Landslide Topographical Feature (según Fujiwara , 1979)

- La parte superior de la ladera natural muestra un escarpe en forma de caballo o rectangular, y la parte media de la ladera muestra una pendiente plana y suave (Figura 10). Puede haber otros terrenos como: Zona de depresión, grietas y franja de zona de depresión en la ladera o cresta de la montaña. Y el pantano y el estanque se organizan regularmente en el área.

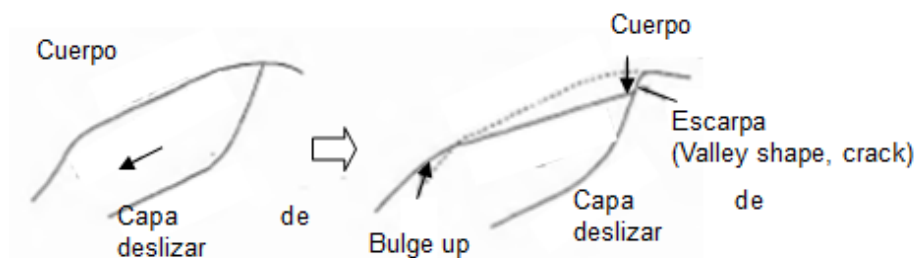


Figura 10 Cambio de cresta lateral de Landslide Block (según Watari y Kohashi, 1987)

- La forma de valle o las grietas se encuentran en la cresta de deslizamiento del cuerpo del deslizamiento de tierra (Figura 11). A menudo existe una depresión cerca de la cresta de la montaña detrás del cuerpo del deslizamiento.



Figura 11 Ilustración de la cresta de un deslizamiento de tierra (según Watari y Kobashi, 1987)

- El sistema de drenaje en la pendiente cambia de dirección repentinamente, o el sistema de drenaje termina en la parte media de la ladera. (Figura 12).

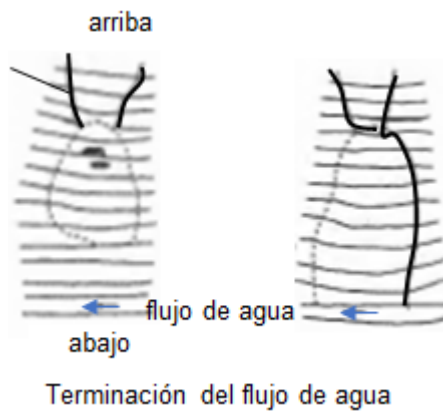
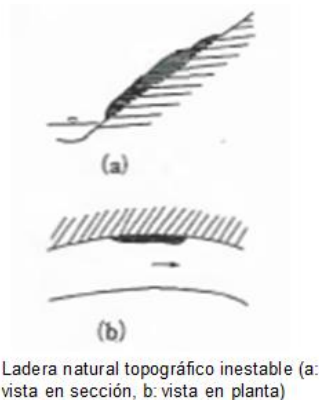


Figura 12 Anormalidad del sistema de drenaje (EEJ)

- Las curvas de la línea del río y la socavación provocan inestabilidad en las laderas (Figura 13). Cambio anormal de la línea del río, la parte del cambio del ancho del río a uno más estrecha. Crecimiento/inclinación anormal de los árboles.



Ladera natural topográfico inestable (a: vista en sección, b: vista en planta)

Figura 13 Parte curva del flujo de río (según Watari y Kohashi, 1987)

1) Condición geológica

Estructura geológica

El investigador verificará la condición de la ladera natural o corte con respecto a los siguientes elementos para evaluar el factor predisponente de ocurrencia del deslizamiento de tierra.

Falla, zona de fractura

Las zonas de fallas o fracturas de fallas que se considere que afectan directamente la estabilidad de los deslizamientos de tierra serán objeto de atención. La zona de falla/fractura se puede reconocer mediante un mapa geológico o de afloramientos en el sitio. La condición general entre la zona de falla/fractura de falla y el plano de deslizamiento se muestra en la Figura 14. Existen las siguientes relaciones entre la zona de falla/fractura y la ocurrencia de deslizamientos de tierra. Parte del plano de falla crea una plano de deslizamiento o impone restricciones en el área del deslizamiento. El plano de falla o la zona de fractura se vuelve un canal de agua subterránea, o dado que puede volverse una capa impermeable debido a la arcilla de falla (gubia), la falla controla el canal de agua subterránea. Esas condiciones pueden ser causa de deslizamientos de tierra.

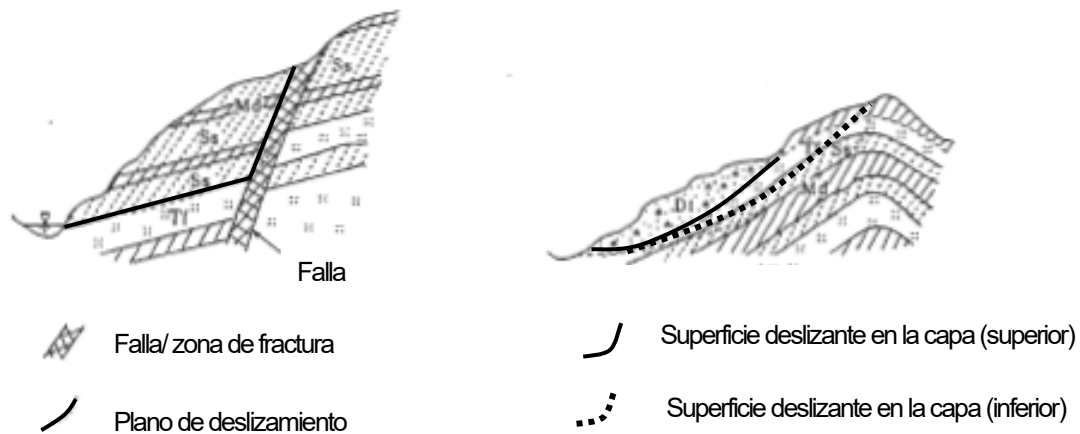


Figura 14 Caso de ladera de buzamiento (según Road Management Technology Center, 2007)

Buzamiento de ladera

Laderas con buzamientos naturales son propensas a los deslizamientos de tierra, especialmente del tipo flujo y del tipo deslizamiento de rocas (Figura 14). Hay dos (2) casos de buzamientos en laderas, como el caso-(a) y el caso-(b) mostrados en la Figura 2.12. En el caso-(a) se muestra una estratificación, junta, esquistosidad, etc., que indican un ángulo más pronunciado que el ángulo de la ladera, mientras que en el caso-(b) el lecho, la articulación, la esquistosidad, etc., muestra un ángulo más suave que el ángulo de la ladera. El caso-(b) es más propenso a deslizamientos de tierra que el caso-(a), sin embargo en el caso-(a) también debe considerarse la parte superior de la

ladera.

En el caso de una ladera sin buzamiento (Figura 15), ocasionalmente pueden ocurrir deslizamientos de tierra de pequeña a mediana escala.

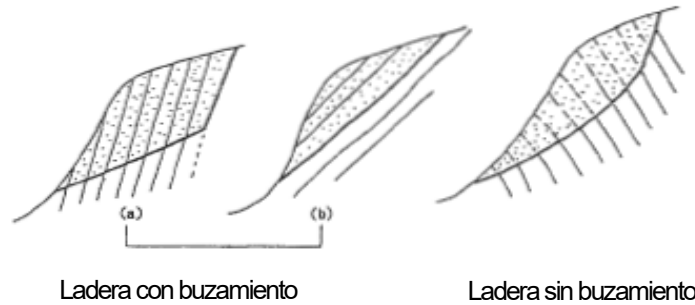


Figura 15 Ladera con buzamiento y ladera sin buzamiento (según Road Management Technology Center, 2007)

Características hidrológicas

El agua subterránea es un factor importante en el desencadenamiento de deslizamientos de tierra. El agua subterránea que ingresa o se filtra desde la ladera o área superior del deslizamiento se puede encontrar alrededor del plano de deslizamiento en la parte inferior. Así mismo, el agua de manantial es propensa a concentrarse en ambos lados del cuerpo de deslizamiento (Figura 16).

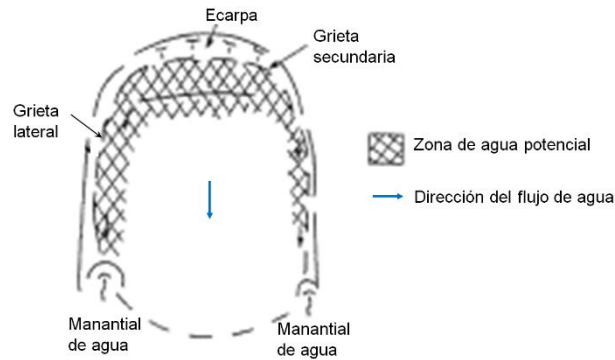


Figura 16 Dirección del flujo de agua subterránea en un cuerpo de deslizamiento (según Watari y Kohashi, 1987)

2.1.2 Falla de ladera/ Caída de rocas

(1) Tipos de "Falla de ladera/Caída de rocas" (en sección transversal)

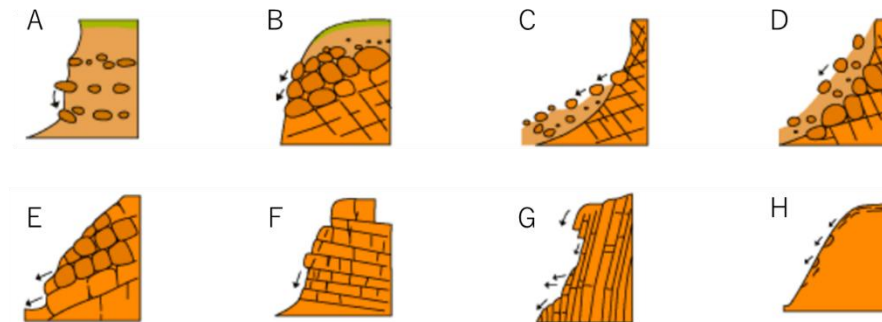


Figura 17 Perfil de laderas (SABO-Net)

- **A:** Ladera de suelo que contiene grava (ejs: terraza, piroclástico)
- **B:** La parte superior es un talud de suelo/arena (ejs: línea de ruptura de la parte superior del talud natural, cerca del hombro del talud de corte)
- **C:** La parte de la falda es una ladera de suelo/arena (como talus de una ladera natural)
- **D:** La capa superficial es suelo/arena hasta llegar a una capa empinada de roca erosionada (ladera natural en el medio, etc.)
- **E:** Ladera con discontinuidad como concordancia de ladera superficial.
- **F:** Ladera con discontinuidad inclinada hacia la montaña.
- **G:** Ladera con superficie discontinua en ángulos altos.
- **H:** Ladera de roca sin discontinuidad.

(2) Proceso de selección

- **Preparación :** Prepare mapas de inventario de deslizamientos, mapas topográficos y fotografías aéreas existentes. Prepare datos DEM (Modelo Digital de Elevación).

Actividades:

- 1) Cree un mapa geológico, mapas topográficos, y preparese para la creación de mapas de clasificación de laderas. Realice una encuesta de campo.
- 2) Cree un mapa de pendientes de las laderas. Los rangos de pendiente en la Figura 18 son $0 \leq SI < 30^\circ$, $30 \leq SI < 45^\circ$, $45 \leq SI < 60^\circ$, $60 \leq SI < 90^\circ$ (SI: pendiente de la ladera, la unidad son grados[°]).
- 3) Crea un mapa de relieve-energía. Los rangos en la Figura 19 son $0 \leq RE < 5$, $5 \leq RE < 10$, $10 \leq RE < 15$, $15 \leq RE < 20$ (RE: relieve-energía, la unidad son metros [m]).
- 4) Crea un mapa geológico. Dado que los mapas geológicos anteriores se crearon por separado para El Edén y Nueva

Santa Rosa, se crearía una serie de mapas geológicos del área del proyecto (Figura 20).

- 5) Cree un diagrama que superponga el mapa de relieve-energía y el mapa de clasificación de pendientes de laderas (Figura 21). Consideraciones adicionales se harán en base a los resultados de la encuesta de campo.
- 6) En el área de estudio, la ladera de ignimbrita es relativamente estable y se considera que el impacto de la caída de rocas desde la cresta es muy pequeño.
- 7) El área donde el rango de distribución de ignimbrita (Figura 21) está excluida del área de la figura superpuesta creada en el punto 5 y el área para crear el mapa de amenaza y el mapa de riesgo para "falta de laderas/caída de rocas".

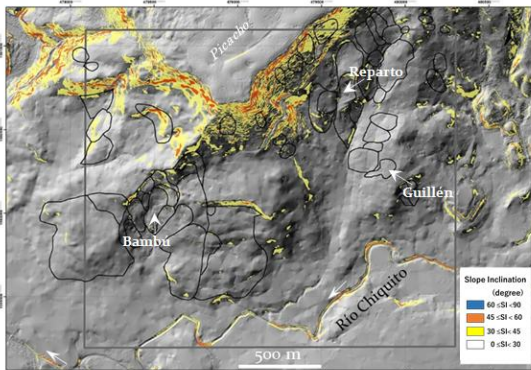


Figura 18 Mapa de pendientes de laderas (EEJ)

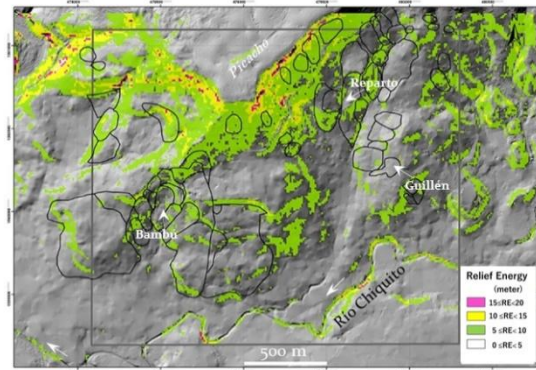


Figura 19 Mapa de relieve-energía (EEJ)

Se muestran el mapa geológico del proyecto anterior (Figura 20 a) y el mapa geológico de este proyecto (Figura 20

b).

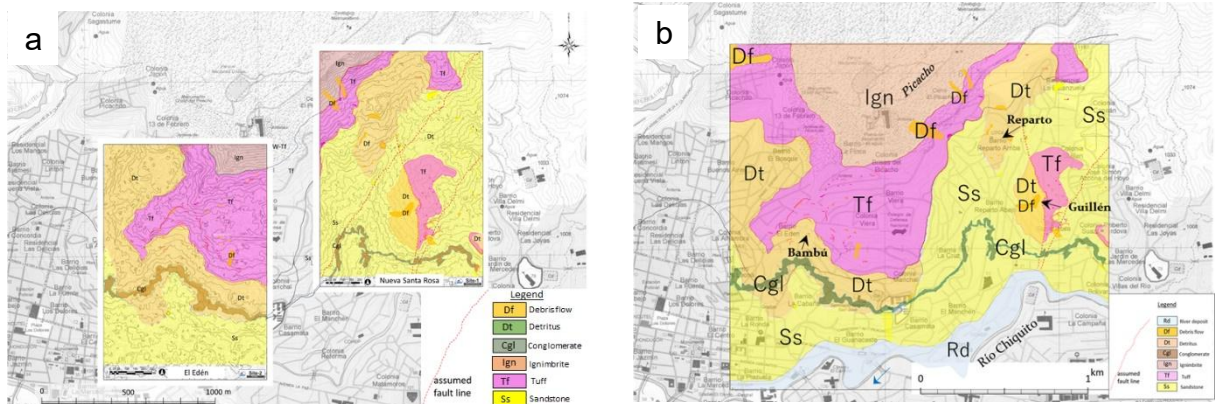


Figura 20 Mapa geológico (a: El Edén and Nueva Santa Rosa, b: Area del Proyecto, EEJ)

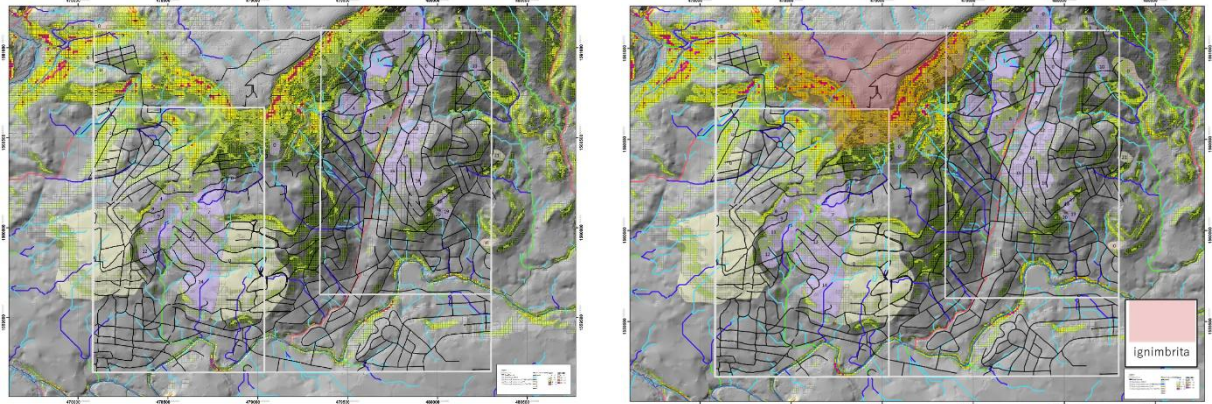


Figura 21 Izquierda: mapa compuesto con pendientes (mayor a 30°) y releive-energía (mayor que 5m). Derecha: mapa compuesto al seleccionar sitios de "falla de ladera/caída de rocas" mediante SIG (relieve-energía, pendiente y geología, EEJ)

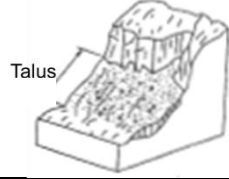
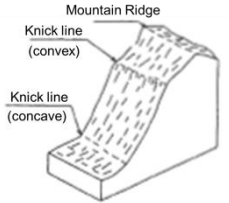
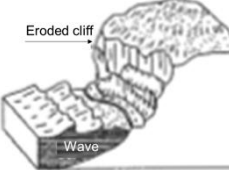
(3) Inspección

a. Topografía

En general, las características topográficas específicas que se aparecen como resultado de la actividad de una falla de ladera/caída de rocas se pueden encontrar en áreas propensas a fallas de laderas/caída de rocas. La característica topográfica que tiene esos factores de colapso es la siguiente (Tabla 5).

El investigador verificará cuánto se puede hacer coincidir el factor colapsado con la ladera objetivo.

Tabla 5 Factor Topográfico (según Road Management Technical Center, 2007)

Talus ladera		Es una ladera natural que se muestra bruscamente en ángulo suave en la parte baja de la ladera. Talus ladera es creado por la sedimentación de escombros caídos de la parte superior de la ladera. La parte de astrágalo, generalmente consiste en suelo de grava y está suelta.
Clara ruptura convexa de la ladera (línea de muesca)		Es una línea que conecta el punto que cambia repentinamente de un ángulo suave a un ángulo pronunciado de ladera vista desde la parte superior de la ladera natural. Generalmente, la ocurrencia de erosión y colapso es significativa en caso de que la línea se muestre claramente. En caso de que haya varias líneas de muesca, se enfocará en la línea más clara.
Pie erosionado		Generalmente, la parte de la ladera que mira hacia la línea curva del río es erosionada por el flujo del río. Esas partes muestran exposición rocosa o tierra desnuda.
Voladizos		El voladizo se puede encontrar en la roca ondulada o en la superficie de la ladera del suelo. La parte saliente muestra más de 90 grados de ángulo de inclinación.
Ladera tipo cuenca		La ladera en la cuenca muestra un valle en forma de cuenca y el área de flujo descendente es estrecha. Es notable que los escombros pueden fluir hacia abajo desde una ladera en la cuenca a pequeña escala y un arroyo de montaña.

b. Condición Geológica

El suelo, la roca y las estructuras geológicas que son propensas a colapsar se evaluarán con base en la siguiente normativa. Cuando es difícil observar esos factores en la ladera objetivo, se puede evaluar a partir de la condición de la ladera vecina o de los datos existentes, si están disponibles. En caso de que la condición de ladera no sea única; se evaluará con base en la condición más inestable en esa ladera.

b.1 Suelo

El inspector verificará si la condición de la mayor parte de la ladera natural/artificial se ajusta al siguiente material de suelo y evaluará como "marcado", "poco marcado" y "ninguno" de acuerdo con la condición real.

- **Suelo que es “susceptible a la erosión”:** Ceniza volcánica, roca muy meteorizada, grava y arena de terraza, suelo arenoso, etc.
- **Suelo que tiene “menos fuerza con el agua”:** El suelo es propenso a reducir la resistencia cuando contiene agua. Marga, arena limosa, limo arenoso, suelo cohesivo limoso, suelo de grano fino, etc.

b.2 Roca

El inspector verificará si la condición de la mayor parte de la ladera natural/artificial se ajusta a la siguiente condición de la roca, y evaluará de la misma manera que en el caso b.1 anterior.

- **Roca que tiene "alta densidad de grietas y una capa débil"**: La roca presenta fisuras o capa débil (junta, falla, plano de lecho débil, esquistosidad, plano de intrusión, etc.) desarrollándose dentro de un intervalo de 20cm a 30cm, y muestra su fragmento en forma de placa, columna o cúbico.
- **Roca que es "susceptible a la erosión"**: La roca es roca blanda. La roca se puede romper fácilmente con un martillo. La ladera de roca es propensa al colapso de la superficie a pequeña escala con frecuencia.
- **Roca que es de "meteorización rápida"**: Es roca expansiva y roca propensa al desprendimiento (serpentinita, lutita, esquisto, roca sedimentaria tobácea, esquisto erosionado, etc.). Estas rocas contienen minerales cohesivos expansivos, y es probable que se fragmenten o se vuelvan fangosas como parte de la meteorización, aunque las rocas se ven duras.

b.3 Estructura geológica

El inspector verificará si la condición de la mayor parte de la ladera natural/artificial se ajusta a la siguiente condición de las estructuras geológicas y evaluará de la misma manera que en el caso b.1 anterior.

- **La estructura que muestra la "ladera de buzamiento del plano de lecho"**: Verifique la condición de la ladera objetivo según las siguientes figuras (Figura 22)

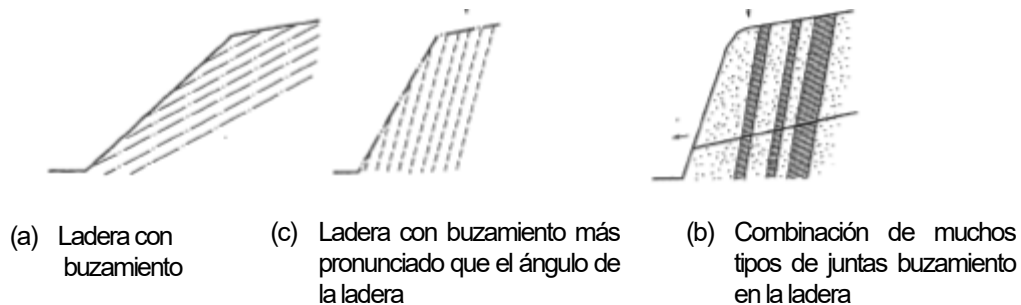


Figura 22 Ejemplo de Ladera con Buzamiento (En caso de la inspección, (a) y (c) se adaptarán como laderas con buzamiento, según Road Management Technical Center, 2007).

- **Escombros en lecho rocoso impermeable**: Verifique la condición de la ladera objetivo según las siguientes figuras (Figura 23)

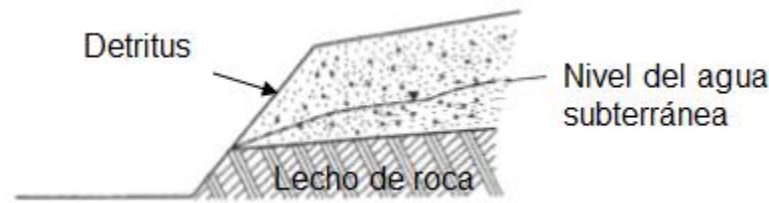


Figura 23 Ejemplo de escombros sobre lecho rocoso impermeable (según Road Management Technical Center, 2007)

- **La parte superior es dura/ el pie de la ladera es débil:** Esta condición se aprecia en la siguiente figura (Figura 24). Esta estructura geológica se puede conocer como la estructura de roca en la corona. El inspector verifica no solo la estructura, sino también la deformación de la capa de roca blanda en la parte inferior de la ladera y las grietas verticales de la capa de roca dura en la parte superior de la ladera.

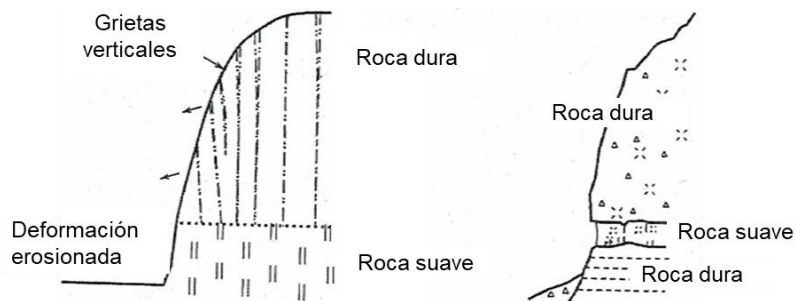


Figura 24 Ejemplo de estructura de roca en la corona (modificado del Road Management Technical Center, 2007)

c. Condición de la superficie

c.1 Tierra vegetal, roca desprendida y roca inestable

Dado que es un factor importante para evaluar la estabilidad del talud natural/artificial, requiere una observación y evaluación cuidadosas. La estabilidad de la capa superior del suelo, la roca desprendida y la roca inestable se evalúa en referencia a la Tabla 6.

En caso de evaluación de la inestabilidad, se evalúa en función de la falla reciente de la ladera de la roca, la roca inestable, la condición del lecho rocoso alrededor de la roca desprendida, la condición de soporte de las rocas caídas (ver la Figura 25), la condición del suelo y la vegetación.

Tabla 6 Criterios de estabilidad de la capa superficial del suelo, roca desprendida y roca inestable (según Road Management Technical Center ,2007)

Categoría de factor	Capa superficial del suelo	Roca desprendida y roca inestable
Inestabilidad	- Capa superficial gruesa (más de 50 cm), - Erosión - Huellas de movimiento	Se encuentran varias de las rocas con la siguiente condición - 2/3 parte de la roca caída/desprendida expuesta del suelo - Separado completamente o estimado para ser movido incluso por un poder humano
Poco inestable	- No erosionado y rastro de movimiento incluso si la capa superior del suelo es gruesa. - La capa superficial del suelo es delgada pero está erosionada o tiene rastros de movimiento	Se pueden encontrar rocas con las condiciones anteriores, pero no tantas. - El grado de exposición de las rocas es inferior a 2/3 - Separado ligeramente, y se estima que es difícil de mover por fuerza humana
Estabilidad	- No hay capa de tierra vegetal o es delgada, y no hay rastro de movimiento.	- Sin rocas sueltas e inestables - Las rocas desprendidas/caídas se encuentran en condiciones estables

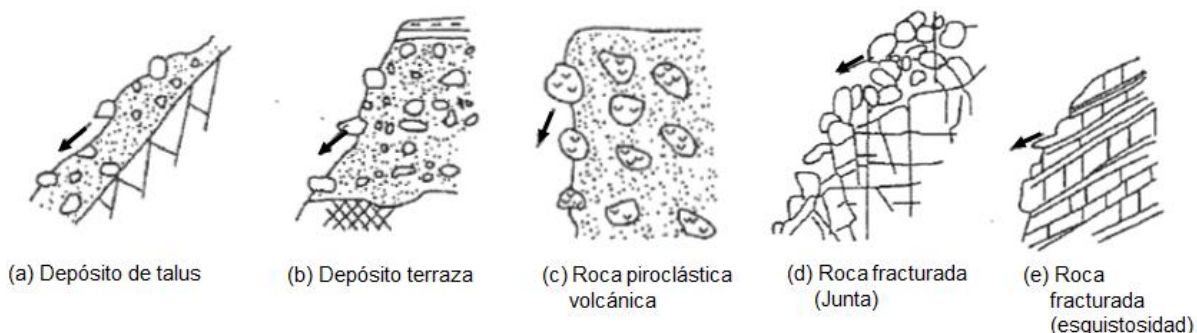


Figura 25 Condición de apoyo insuficiente de rocas desprendidas/caídas (según Road Management Technical Center, 2007).

c.2 Manantial

Aunque la cantidad de puntos de manantial de agua y la cantidad de flujo de agua cambiarán entre después de la lluvia y antes de la lluvia, se evaluará siguiendo un enfoque de tres (3) etapas.

- **Agua de manantial notable:** Se puede encontrar más de un punto de agua de manantial. El agua de manantial tiene una cantidad de agua que puede reconocerse como flujo de agua o afectar el deterioro de la resistencia del suelo. Se debe incluir el flujo de agua artificial desde la parte superior de la ladera natural.
- **Filtración:** Es la condición húmeda en corte/ladera natural, o agua de manantial que es menor cantidad de volumen de agua que la condición de “Agua de manantial notable”.
- **Ninguno**

c.3 Condición de la superficie

Se seleccionará entre las siguientes tres condiciones.

- **Terreno desnudo con poca vegetación:** La ladera se compone principalmente de roca y grava o suelo y/o la ladera natural con plantas de césped que tiene una fuerza de unión débil para el suelo cubierto.
- **Intermedio (desnudo, hierba, árbol):** La condición de la superficie de la ladera no es uniforme. La ladera está cubierta por una condición mixta de tierra desnuda, parte de vegetación menor y parte de árboles.
- **Principalmente estructura/principalmente árbol:** Es la ladera que se encuentra cubierta con estructuras artificiales o árboles.

d. Figura

El inspector deberá medir una altura (H) y un buzamiento (i) de la ladera objetivo con referencia a las siguientes figuras (Figura 26).

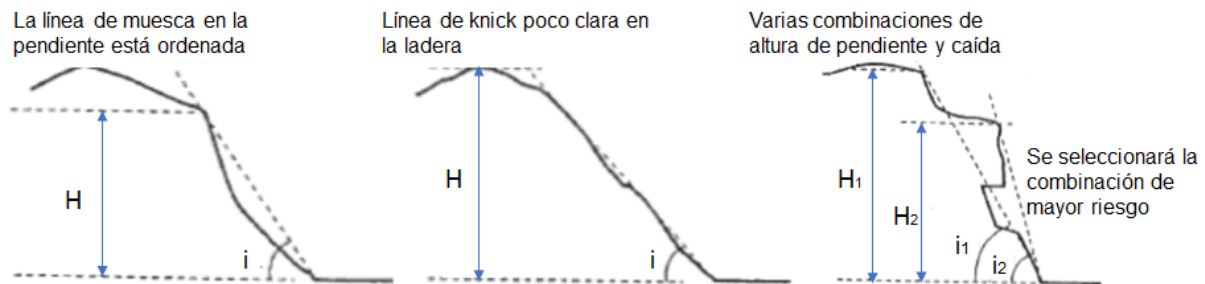


Figura 26 Metodología de Medición de Altura y Buzamiento de laderas (según Road Management Technical Center, 2007).

e. Anomalías

Las anomalías en las laderas naturales/artificiales son indicaciones que se utilizan para evaluar la estabilidad de la ladera objetivo. Las anomalías que están relacionadas con la estabilidad de laderas son las siguientes (Figura 27).

Colapso de la superficie, rocas pequeñas caídas (de más de unos pocos cm de diámetro), barrancos, erosión, orificio de tubería (más de unos pocos cm de diámetro), hundimiento (más de 10 cm de ancho), levantamiento (más de 10 cm de ancho), flexión por raíces de árboles, árboles caídos, grietas, grietas abiertas, anomalía en las contramedidas existentes.

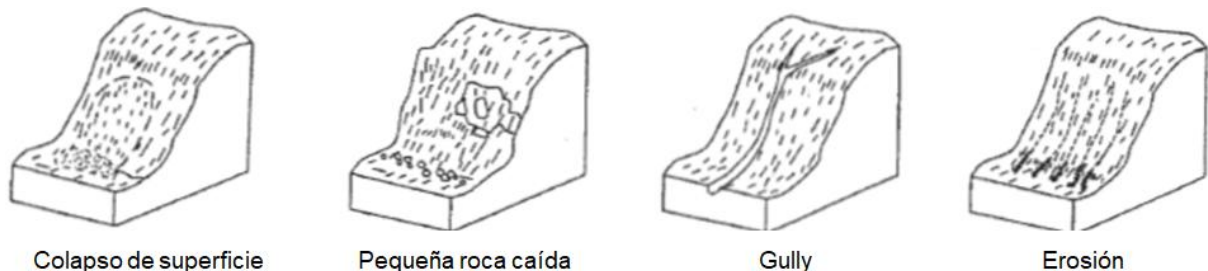


Figura 27 Anomalías en la ladera (según Road Management Technical Center, 2007)

2.2 Información básica requerida

2.2.1 Información relacionada con las causas internas de los desastres de laderas (topografía y geología)

(1) Topografía

Fotografía aérea

Se tomaron fotografías aéreas de Tegucigalpa en años anteriores, pero están mal conservadas y no proporcionan información suficiente sobre los cambios en la topografía a lo largo del tiempo (Figura 28). Por otro lado, existen 455 fotografías aéreas tomadas en 2013 por el proyecto de JICA “Amenaza geológica con foco en los deslizamientos en Tegucigalpa” (Figura 29). En 2013, a partir de estas fotos, se realizó una interpretación de las fotos aéreas y se elaboró un mapa de distribución de deslizamientos. Este es un material eficaz para interpretar la topografía de la ciudad de Tegucigalpa.

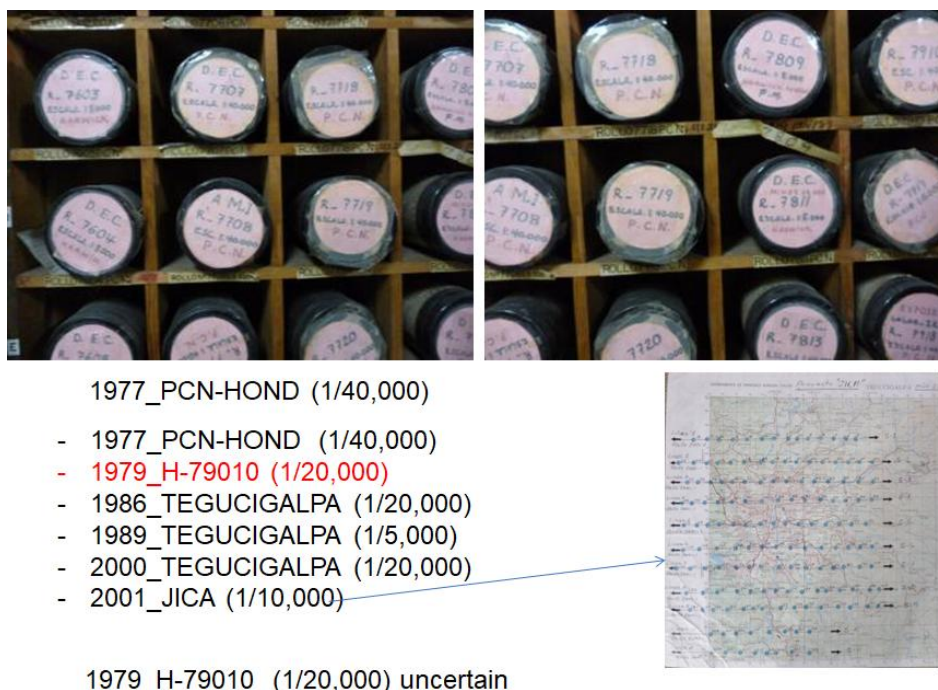
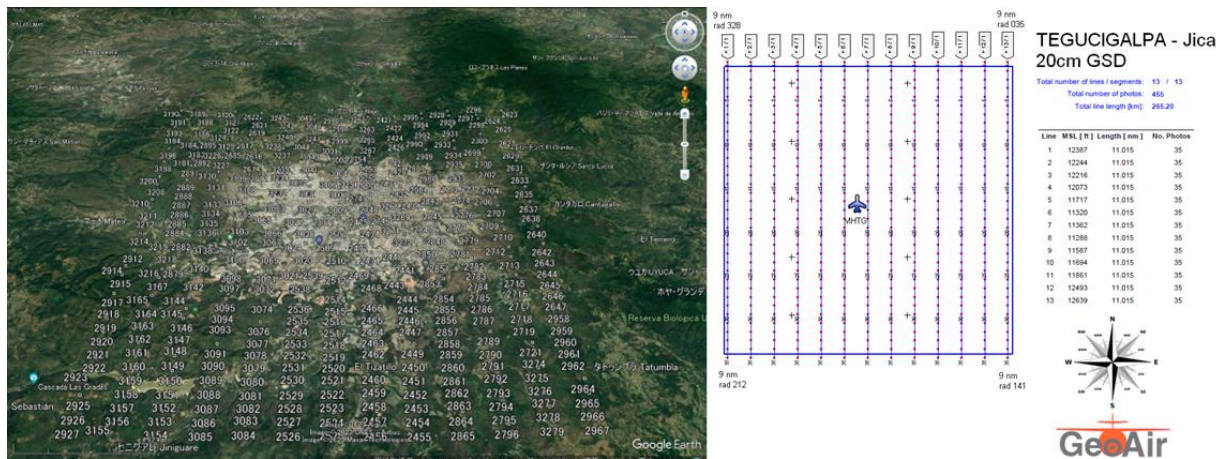


Figura 28 Fotografías aéreas archivadas en el IGN (Instituto Geográfico Nacional)



(2) Geología

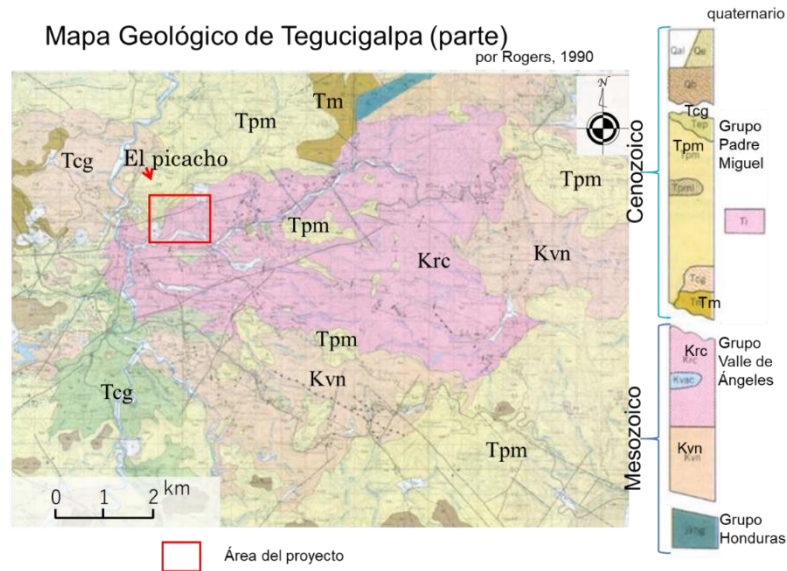
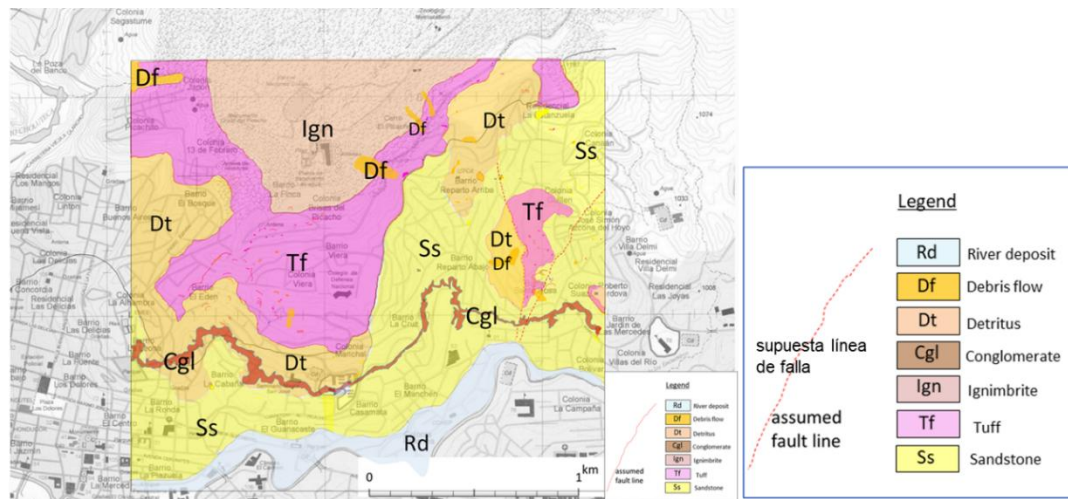


Figura 31 Mapa Geológico de Tegucigalpa (parte) (modificado por Rogers et al., 1990)

Centrándonos en la geología de Tegucigalpa, la toba riolítica y la toba pómez se encuentran sobre la arenisca y la ignimbrita que forma el cerro llamado El Picacho, a lo largo de los márgenes norte de la cuenca. La arenisca del Grupo Valle de Ángeles se caracteriza por una arenisca rojiza de grano fino, en la que los estratos presentan facies que se transforman parcialmente en limolitas.



Mapa geológico del área estudiada en la parte norte de Tegucigalpa, Honduras
Mapa base: TEGUCIGALPA, HONDURAS 1: 12,000 E952 EDICIÓN 2-NIMA

Figura 32 Mapa geológico del área del proyecto (EEJ)

2.2.2 Información relacionada con causas externas de desastres en laderas (hidrología)

(1) Precipitación

Obtenga datos de precipitación durante un desastre. Recopile datos de precipitación relacionados con desastres por deslizamientos de tierra y utilícelos para emitir advertencias y avisos futuros. A continuación, se muestran datos de trayectoria y precipitación del huracán Mitch, que devastó Honduras en 1998 (Figura 33).

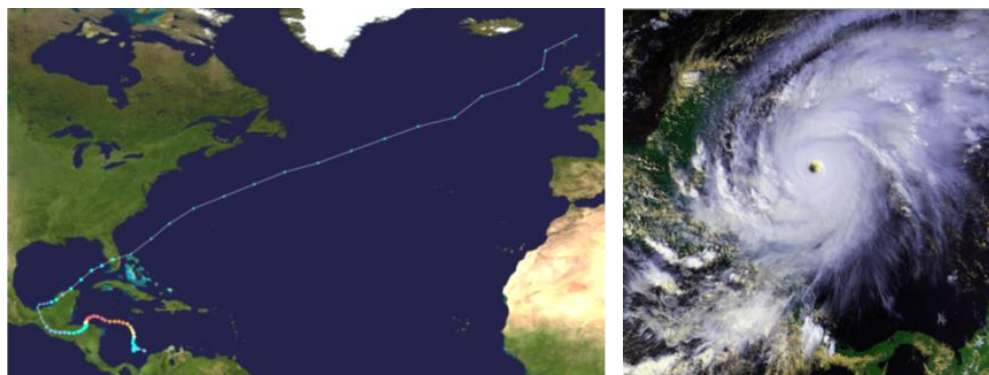


Figura 33 Ruta del huracán Mitch e imagen satelital del huracán (WIKIPEDIA)

(2) Datos de precipitaciones y observatorios meteorológicos en la Cuenca de Tegucigalpa

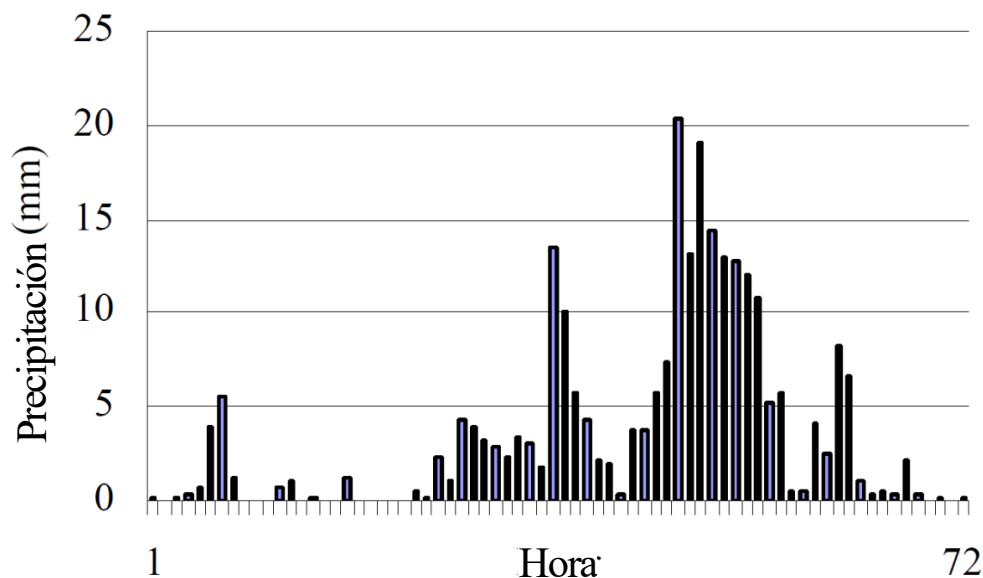


Figura 34 Reconocimiento Registradas en Toncontín durante el Huracán Mitch (JICA, 2002)

Tabla 7 Reconocimiento de Condición y Daños de Inundación durante el Huracán Mitch (EEJ)

Fecha	Tiempo	Condición y Daño
30 de octubre	22:45	Vertedero de la represa de Los Laureles sobrepasado
30 de octubre	23:00	Laguna del Pescado colapsado
30 de octubre	22:00-24:00	Violenta erosión y deslizamiento ocurrido en el puente El País
30-31 de octubre	23:00-6:00	Flujo saliente en el pico para la represa de Concepción
30 de octubre	24:00	Río Chiquito estuvo en el pico
30-31 de octubre	24:00-1:00	Deslizamiento ocurrió en muchos lugares
31 de octubre	1:00	Flujo al Puente Chile estuvo en el pico
31 de octubre	Mañana	Deslizamiento ocurrido en Berrinche

Según los datos de precipitación (Tabla 8), cuando azotó el huracán Mitch, la precipitación del semestre anterior alcanzó los 1.000 mm. Al considerar los desastres de laderas y las lluvias, es importante conocer la cantidad de lluvia continua durante 72 horas ya que esto afecta los desastres de laderas. Así mismo, tener un registro de la cantidad acumulada de lluvias que se remonte a medio año puede usarse para identificar las laderas vulnerables. Los datos de precipitación deben guardarse junto con el historial de desastres.

Tabla 8 Precipitación observada en el aeropuerto de Toncontín cuando azotó el huracán Mitch (Unidad: mm)

DIA	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	SUMA TOTAL	PROMEDIO
1	0.8	0.0	0.0	0.0	4.4	30.6	9.0	0.3	0.0	1.8	2.0	0.0	48.9	4.1
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.2	2.3	2.4	0.0	31.9	2.7
3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0	0.3	0.0	11.7	1.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.6	0.0	0.0	1.6	0.0	1.5	0.0	12.7	1.1
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	16.6	8.6	0.0	0.0	27.6	2.3
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.0	3.8	14.6	0.2	0.2	0.0	39.8	3.3
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.9	13.4	0.1	8.9	0.0	0.1	32.4	2.7
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.7	9.9	0.0	0.0	11.0	0.9
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	38.0	0.0	0.0	0.6	1.2	0.1	41.4	3.5
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.7	0.1	0.0	1.0	0.1
11	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.1	1.2	0.0	12.9	1.1
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	0.0	0.0	7.5	0.6
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4	1.1	4.0	25.4	0.0	0.1	37.0	3.1
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.9	0.0	15.7	17.4	0.0	0.0	38.0	3.2
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	16.7	0.0	0.0	19.0	1.6
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	39.8	0.0	0.2	5.4	18.2	0.1	0.0	63.7	5.3
17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.3	3.6	4.9	0.0	10.5	0.9
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.7	7.0	0.0	8.0	0.7
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	10.3	5.1	0.9	0.0	18.7	1.6
20	0.0	0.0	4.9	0.0	0.0	4.5	0.0	26.1	0.1	0.1	2.9	1.4	40.0	3.3
21	0.0	0.0	0.8	0.5	0.0	3.5	0.0	0.3	0.0	0.5	2.9	0.0	8.5	0.7
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	21.9	0.5	0.0	23.6	2.0
23	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	4.8	0.7	0.0	40.5	17.8	0.3	0.1	67.1	5.6
24	0.0	0.0	0.0	0.0	28.4	18.5	5.7	16.1	7.4	7.5	0.1	0.0	83.7	7.0
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	8.8	34.2	6.6	2.0	0.0	0.0	57.9	4.8
26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	9.2	7.4	8.9	0.6	0.0	28.6	2.4
27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.7	0.0	1.8	17.2	0.0	0.0	33.7	2.8
28	0.0	0.0	0.0	4.0	29.3	0.0	0.0	31.1	0.4	13.7	0.0	0.0	78.5	6.5
29	0.0		0.0	0.0	45.9	0.0	1.3	7.6	0.0	33.4	0.1	0.0	88.3	8.0
30	0.0		15.5	4.7	31.7	2.6	0.0	4.8	0.0	129.3	0.0	0.0	188.6	17.1
31	0.0		0.0		6.6		0.0	0.0		89.7		0.0	96.3	13.8

Mitch

SUMA TOTAL	1.2	0.0	21.2	10.8	149.2	122.2	126.9	152.3	163.0	490.7	29.2	1.8	1268.5	113.5
PROMEDIO	0.0	0.0	0.7	0.4	4.8	4.1	4.1	4.9	5.4	15.8	1.0	0.1	40.9	3.7

Los observatorios de lluvia en Tegucigalpa se muestran en la Figura 35.



Figura 35 Observatorios de lluvia y especificaciones de cada uno en la cuenca hidrográfica de Tegucigalpa (a partir de datos de Roberto Granados)

2.3 Evaluación in situ de la vulnerabilidad de laderas

2.3.1 Creación de fichas de evaluación

Hay dos tipos de fichas de evaluación, una para Deslizamientos y otra para Fallas de Ladera/ Caída de Rocas. Todos ellos tienen elementos comunes y fueron creadas mediante el siguiente procedimiento. Sin embargo, es necesario volver a evaluar los elementos de verificación en función de la puntuación asignada a los elementos de la ficha de evaluación después de completar todo el estudio (o incluso a mitad del proceso). Esto se debe a que incluso una ladera estable puede llegar a clasificarse como de amenaza alta, e incluso una clasificación de amenaza baja puede reconocerse como ladera inestable en algún estudio de campo posterior.

- 1) **Decida qué investigar:** Como elementos principales de los dos tipos de fichas de evaluación se establecen los "elementos topográficos", "elementos geológicos" y "elementos afectados por la hidrología". Los "elementos afectados por la hidrología" son elementos que intervienen en la deformación topográfica provocada por las aguas superficiales y subterráneas, pero están relacionados con la precipitación, por lo que se denominan "elementos topográficos". En términos de "factores sociales", se enfoca principalmente en la situación del sitio, tales como la modificación de la tierra, y evalúan la solidez de las estructuras, la ubicación de las alteraciones, la presencia o ausencia de contramedidas y los efectos de estas.
- 2) **Puntos asignados:** el número total de puntos asignados para los elementos enumerados en la ficha de evaluación será de 100 puntos.
- 3) Los puntos para la ficha de “**Deslizamientos**” son los siguientes (Figura 36): “Elementos geológicos”- **20** puntos, “Elementos topográficos”- **40** puntos, “Factores hidrológicos”- **20** puntos, “Deformación”- **20** puntos, efecto esperado de “Contramedidas”- **-50** puntos negativos.

DESPLAZAMIENTO

FICHA DE EVALUACION EN CAMPO PARA ELABORACION DE MAPA DE RIESGOS A MOVIMIENTOS EN MASA

Ubicación: Reperto Arriba NRS41		Fecha/Hora: 17/2/2022 10:20am	
Inspector: Silvia Becerra		Organización: AMDC	
Zona UTM: 16P (UTM 16N WGS84)			
Norte (Y): 1560387			
Este (X): 479298			

CATEGORIA	ITEM	PUNTAJE	
Elementos topográficos	Condición del Deslizamiento	20	✓
	Existe, pero parcial y no claramente	15	
	Existe, pero no claro	10	
	Anomalías en Superficie	20	✓
	Grietas grandes y nuevas, escavaciones y subsidencia	15	
Elementos geológicos	Coluvios	5	✓
	Roca meteorizada (alterada)	4	
	Suelos moderados	3	
	Roca sana (sólida)	2	
	Alta densidad de fracturas	15	
Factores hidrológicos	Muchos manantiales / muchas filtraciones de agua	20	✓
	Pocos manantiales / pocas filtraciones de agua	10	
	Rastros de agua	5	
	Sin presencia de agua	0	
	Otras Indicaciones	20	✓
Contramedidas	Gradas deformadas	2	
	Tubería deformada	1	
	Existen grietas en edificaciones	0	
	Obras de Contramedida	50	✓
	Existen obras de contramedida (incompleta)	20	
SUMA TOTAL (ST) =		80	

CARACTERÍSTICAS DEL DESPLAZAMIENTO:	
Coordenada Parte Alta	Coordenada Parte Baja
Norte (Y): 1560387	Norte (Y): 1560362
Este (X): 479298	Este (X): 479332
Medido en: ☒ Mapa ☐ Sitio	

VALORACIÓN GENERAL:	
Diagnóstico	Rango
1 El trabajo de contramedidas es necesario	ST >= 70
2 No es necesaria una contramedida urgente, se necesitan inspecciones periódicas	50 <= ST < 70
3 Contramedidas no son necesarias	ST < 50

ST: Suma Total, a: alto, m: medio, b: bajo

OBSERVACIONES:
 Se perdieron 5 casas de madera con el paso de las Tormentas Tropicales Eta e Iota
 Se perdieron árboles
 Se perdieron cunetas y hubo afectación en la calle
 6 casas en la parte baja del deslizamiento

Nota: En caso de que ST < 0, entonces ST = 0

Versión 3.2 (2019.12.02) v3.2 (2019.12.02)

Figura 36 Ficha de evaluación / investigación para “Deslizamientos” (agregado al ejemplo de encuesta de campo, EEJ)

- 4) Los puntos para la ficha de “Falla de Ladera/Caída de rocas” son: los siguientes (Figura 37) “Elementos geológicos”- 30 puntos, “Elementos topográficos” - 30 puntos, “Factores hidrológicos”- 20 puntos, “Deformación vista en microtopografía” - 20 puntos.

En cuanto a "Falla de Laderas/Caída de rocas", no hay disminución debido al efecto de contramedidas como la ficha de levantamiento para "Deslizamientos". Es una cuestión de escala a tratar, y es porque no hay idea de tratar las contramedidas como el trabajo de control para frenar la deformación a largo plazo como el fenómeno de deslizamiento de tierra.

FALLA DE LADERA Y DERRUMBE
FICHA DE EVALUACIÓN EN CAMPO PARA ELABORACIÓN DE MAPA DE RIESGOS A MOVIMIENTOS EN MASA

Ubicación: Barrio El Bosque EDN 24		Fecha/Hora: 17/02/2022 8:55am	
Inspector: Nidia Luque	Organización: CODEM		
Zona UTM: 16P (UTM 16N WGS84)	Altura: 1041 msnm		
Este (X): 478497			
Norte (Y): 1560594			

CATEGORIA	ITEM	PUNTAJE
Estructura Geológica	Tipo de Rocas	6
	Rocas Fracturadas	10
	Grietas en la corona	12
	Escarpes secundarios	12
	Rocas inclinadas	12
	Rocas rotas	12
	Foma	2
	Ángulo	12
	Altura	9
	H	9
Evidencia de Erosión	Surcos de agua natural	10
	Barraños o quebradas	10
	Zanjas artificiales	10
	Surcos de agua residual	10
	No hay erosión	10
	Manantiales al pie de talud	10
	Filtraciones de agua al pie del talud	10
	Filtraciones por tubería rota	10
	Agua residual sobre el deslizamiento	10
	Escomenta natural	10
Presencia de Agua	Sin presencia de agua	10
		10
		10
		10
		10
		10
		10
		10
		10
		10

CATEGORIA	ITEM	PUNTAJE
Microtopografía	Inclinación de postes / árboles	10
	Gradas deformadas	10
	Tubería deformada	10
	Fisuras / grietas en edificaciones	10
	Condición de la Superficie	10
	Tierra desnuda con vegetación menor	10
	Intermedio (desnudo, árboles, herba)	10
	Estructuras edificaciones y árboles	10
	SUMA TOTAL (ST)	75

VALORACIÓN GENERAL	
Diagnóstico	Rango
1 El trabajo de contramedidas es necesario	ST >= 70
2 No es necesaria una contramedida urgente, se necesitan inspecciones periódicas	60 <= ST < 70
3 Contramedidas no son necesarias	ST < 60

ST: Suma Total, a: alto, m: medio, b: bajo

OBSERVACIONES:

Segunda visita por afectaciones de las tormentas tropicales Eta e Iota

Presencia de bloque rodado (nuevo)

Afectación en estructuras (casa)

Ancho Aproximado 60m

Inhabita meteorizada, deslizamientos (suelo inestable)

Suelo tiene profundidad casi 10 metros.

Elementos geológicos 30

Elementos topográficos 30

Factores hidrológicos 20

Deformación vista en microtopografía 20

Versión 3.2 (2019.12.02) v3.2 (2019.12.02)

Figura 37 Ficha de evaluación/ investigación de “Falla de ladera/ Caída de rocas” (agregado al ejemplo de encuesta de campo, EEJ)

- 5) **Columna de observaciones de la ficha de levantamiento:** En la columna de observaciones se describen nuevas deformaciones de la microtopografía afectada por las lluvias, alteraciones artificiales menores, deformaciones provocadas por terremotos, etc.
- 6) La fecha del levantamiento, el encustador y la ubicación del levantamiento (datos de GPS, etc.) deben escribirse en la **ficha de levantamiento**, y cualquier nueva deformación debe fotografiarse.

Juicio General: ejemplo de Falla de ladera/ Caída de rocas

El riesgo de Falla de Ladera/Caída de rocas se juzga a partir de las causas mencionadas anteriormente, las contramedidas y el historial. Los ingenieros inspectores deciden la respuesta futura ante una posible Falla de ladera/Caída de rocas de la siguiente manera:

- 1) El trabajo de contramedidas es necesario.
- 2) No es necesaria una contramedida urgente, se necesitan inspecciones periódicas.
- 3) Contramedidas no son necesarias.

Algunos de los términos utilizados en la ficha de evaluación de campo son comunes en las fichas de evaluación para "Deslizamientos" y "Falla de ladera/ Caída de rocas", por lo que aquí se da el término para "Falla de ladera/ Caída de rocas".

La ficha de evaluación de laderas debe ser adecuada para el terreno, por lo que al crear la ficha de evaluación, la selección de elementos que coincidan con la ladera/sitio objetivo se confirma a través de levantamientos de campo. Incluyendo las condiciones geológicas y topográficas generales, es necesario examinar las condiciones geológicas que son adecuadas para el sitio de investigación.

TIPO DE ROCAS

Coluvios, Roca Meteorizada, Suelos Moderados, Roca Sana

ROCAS FRACTURADAS

Alta densidad de fracturas, Moderadamente fracturadas, Baja densidad de fracturas

CORRESPONDENCIAS

Grietas en la corona, Escarpes secundarios, Rocas inclinadas, Bloques rodados

FORMA

Concava, Convexa, Plana,

EVIDENCIA DE EROSIÓN

Surcos de agua natural, Barrancos o quebradas, Zanjas artificiales, Surcos de agua residual

PRESENCIA DE AGUA

Manantiales al pie del talud, Filtraciones de agua al pie del talud, Filtraciones por tubería rota, Agua residual sobre, el deslizamiento

CONDICIONES DE LA SUPERFICIE

Tierra desnuda con vegetación menor, Intermedio (desnudo, arboles, hierba), Estructuras (edificaciones) y arboles

2.3.2 Recopilación y reevaluación de datos

(1) Evaluación para laderas

La evaluación se realiza utilizando la ficha de evaluación/investigación de la siguiente manera:

- 1) Realice un estudio de campo usando la ficha de evaluación para todas las laderas objetivo.
- 2) Examine la idoneidad de la clasificación de amenazas.
- 3) Reevaluación del sitio para sitios en los límites de la clasificación (límites de clasificación de amenaza alta, medio y baja).
- 4) Después de la confirmación, si hay alguna re-corrección, proceda a la creación del mapa de amenazas de acuerdo con la evaluación después de la reevaluación.

(2) Arreglo después de la encuesta de campo y consideración de la validez de la evaluación de clasificación

Establezca tres categorías: amenaza alta (Categoría 1), amenaza media (Categoría 2) y amenaza baja (Categoría 3) de la siguiente manera (en las Figura 36 y Figura 37, la encuesta ver.3.2 tiene los valores de categoría de evaluación):

- 1) Encuentra el promedio y la mediana de los valores agregados
- 2) Si dos valores son similares, use el valor promedio como referencia para el valor de clasificación de límite entre las categorías 2 y 3.

- 3) Si los valores son diferentes, confirme las propiedades de la ladera correspondiente al valor mediano y al valor promedio en el sitio y adopte un valor apropiado.
- 4) Si se selecciona el valor adecuado, coloque el valor en el límite entre amenaza media (Categoría 2) y amenaza baja (Categoría 3)
- 5) Evalúe los límites de amenaza alta (Categoría 1) y amenaza media (Categoría 2) después de evaluar las propiedades de la ladera en cada rango de 10 puntos. En este caso, las laderas que claramente se están derrumbando o son propensas a derrumbarse son de amenaza alta (Categoría 1).
- 6) Cada valor de clasificación no siempre es el mismo para "Deslizamiento" y "Falla de Laderas/Caída de Rocas".

(3) Implementación

Las categorías de evaluación de la puntuación total para "Deslizamientos" en los resultados del estudio utilizando la hoja de verificación son Categoría 1: $ST \geq 70$, Categoría 2: $50 \leq ST < 70$, Categoría 3: $ST < 50$. Datos de El Edén ($n=23$, media 57, mediana 50) y los datos de Nueva Santa Rosa ($n=38$, media 50, mediana 50) muestran que la media es ligeramente superior en El Edén. (57), pero los valores de la mediana son ambos de 50, que está en el límite entre la Categoría 2 y la Categoría 3, que es una categoría razonable teniendo en cuenta la estabilidad de la situación local.

Por otro lado, las categorías de evaluación de puntaje total para "Falla de Ladear/Caída de Rocas" son Categoría 1: $ST \geq 70$, Categoría 2: $60 \leq ST < 70$, Categoría 3: $ST < 60$. Con base en los datos de El Edén ($n=11$, media 59, mediana 59) y de Nueva Santa Rosa ($n=23$, media 59, mediana 59), tanto la media como la mediana son 59. Este es el límite entre la Categoría 2 y Categoría 3, y es una categoría razonable considerando la estabilidad de la situación local.

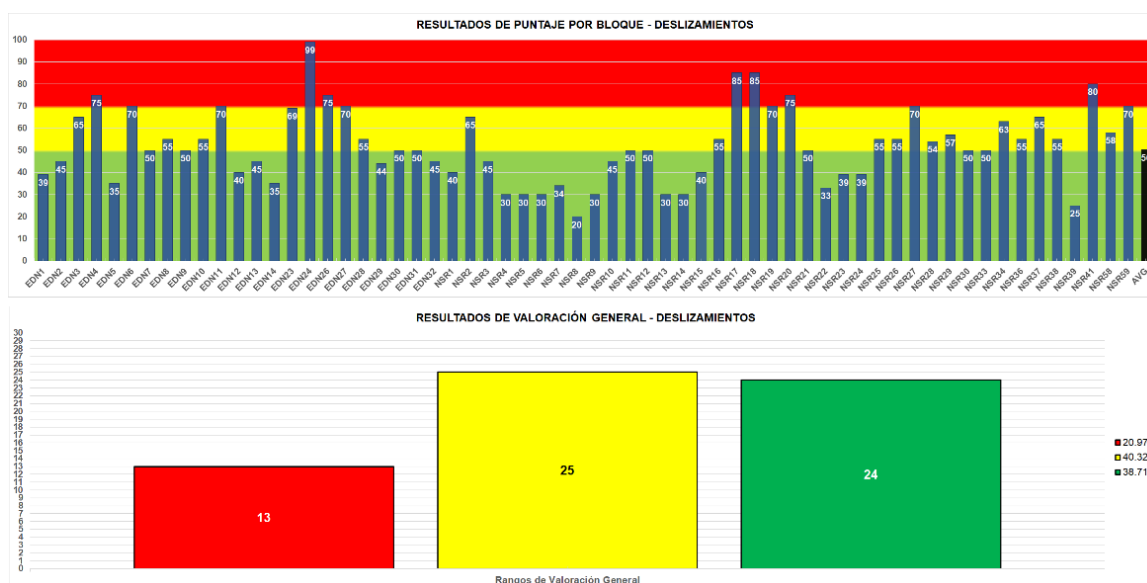


Figura 38 Clasificación de rango de "Deslizamientos" (Desde la izquierda, El Edén y Nueva Santa Rosa se muestran conjuntamente, $n=62$, EEJ)

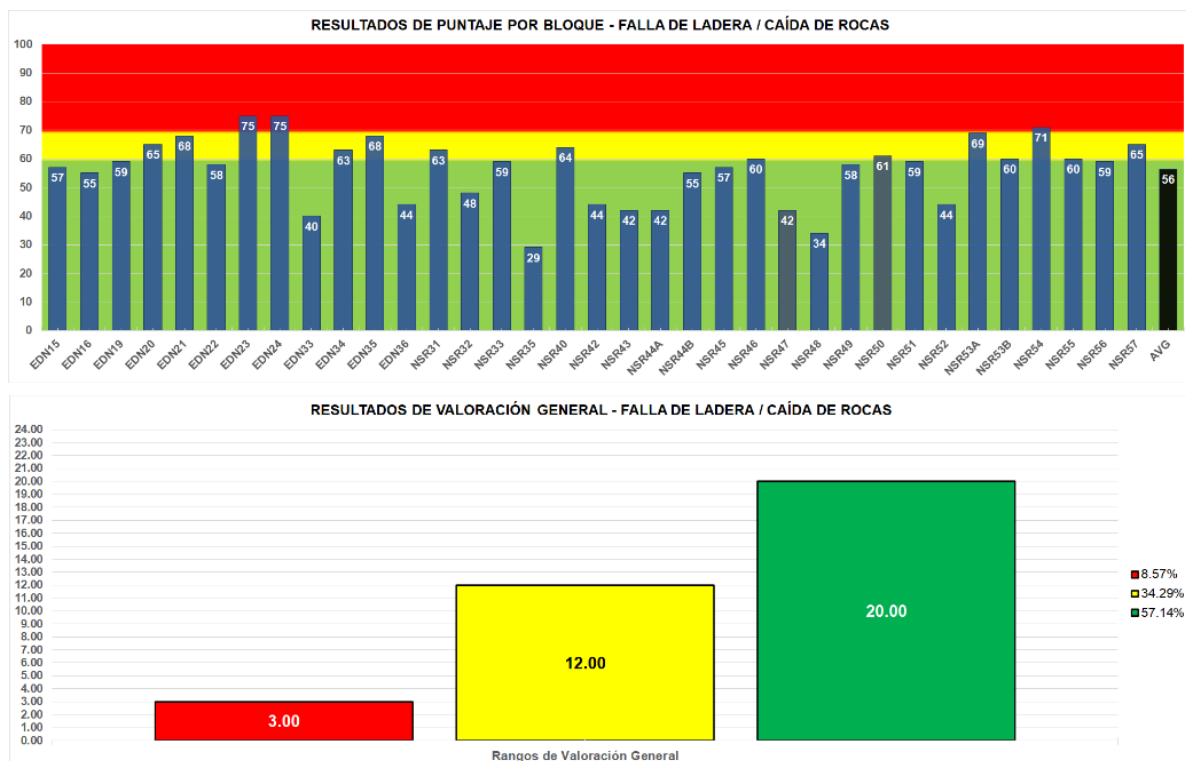


Figura 39 Clasificación de Rango de “Falla de ladera/Caída de rocas” (desde la izquierda, El Edén y Nueva Santa Rosa, n=35, EEJ)

Capítulo 3. Evaluación de amenazas y riesgos relacionados con laderas

3.1 Procedimiento de evaluación de laderas

El flujo desde la creación del mapa de amenazas hasta la creación del mapa de riesgos es el siguiente (Figura 40).

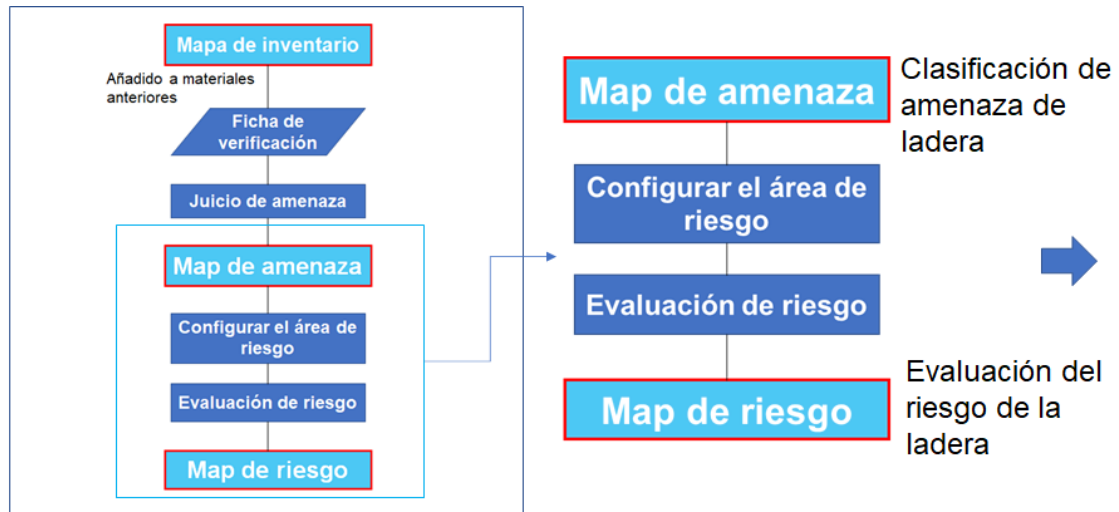


Diagrama de flujo para crear un mapa de riesgos

Figura 40 Diagrama de flujo para crear un mapa de riesgos (EEJ)

3.2 Evaluación de amenazas de laderas

(1) Confirmación de la evaluación mediante inspección in situ después de la clasificación de amenazas en la ficha de evaluación

Utilizando los puntos de evaluación de cada ladera obtenidos mediante la ficha de evaluación, se extraen las laderas en los límites de las categorías de evaluación. Después de eso, se realizará un estudio de campo para confirmar las laderas relevantes y examinar la validez de las categorías de evaluación de amenazas.

Antes de ir al sitio, el rango de puntuación se resume en incrementos de 10 puntos y se muestra en un gráfico, y se extraen los sitios en los límites de la división. Hay 10 divisiones en incrementos de 10 puntos: 1 a 10, 11 a 20, 21 a 30, 31 a 40, 41 a 50, 51 a 60, 61 a 70, 71 a 80, 81 a 90, 91 a 100 (Figura 41).

(2) Laderas que su puntaje se encuentra en la división de límites de amenazas

Deslizamientos:

Sitios con 70 puntos: EDN6, EDN11, EDN27, NSR19, NSR27 (5 sitios)

Sitios con 50 puntos: EDN7, EDN9, EDN30, EDN31, NSR11, NSR13, NSR21, NSR30 (9 sitios).

1) Falla de laderas/ Caída de rocas

Sitios con 70 puntos: Ninguno

Sitios con 60 puntos: NSR46, NSR55B, NSR55 (3 sitios)

Como resultado del estudio de campo del sitio para los resultados con valor numérico en el límite, es el mismo que el área designada de la división de estudio anterior.

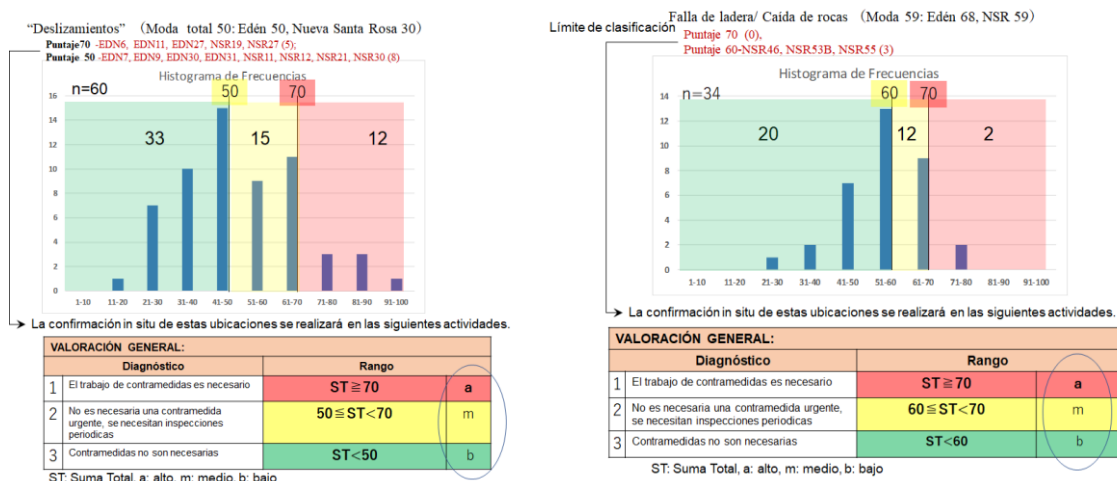


Figura 41 Gráfico y lista de calificación (izquierda: Deslizamientos, derecha: Falla de ladera/ Caída de rocas, EEJ)

3.3 Evaluación de riesgos de laderas

3.3.1 Configuración del área de riesgo

Establezca el área de riesgo para crear un mapa de riesgo consultando las áreas de advertencia especial por desastres relacionados con sedimentos (zona roja) y las áreas de advertencia por desastres relacionados con sedimentos (zona amarilla) encontradas en la “Ley de prevención de desastres por sedimentos” de Japón (Figura 42).

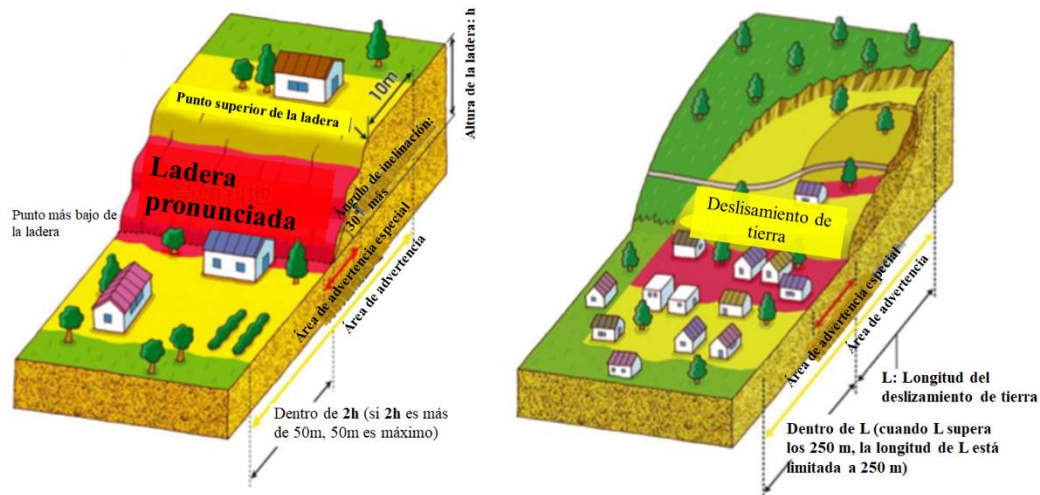


Figura 42 Tipos de desastres de laderas (Deslizamientos, Falla de ladera/ Caída de rocas, EEJ)

A continuación, como paso previo antes de crear un mapa de riesgo, determine el rango que afectará el rango de amenaza (polígono).

➤ **Área:** Use polígonos para la evaluación de amenazas.

El área A donde se han movido un polígono y el propio polígono es $B + C$ (Figura 43). La distancia se toma en la dirección del deslizamiento y se suma la longitud de la misma distancia que la longitud del polígono de deslizamiento (L).

Sin embargo, si $L(L') \leq 250$ m y L supera los 250 m, L' es 250 m.

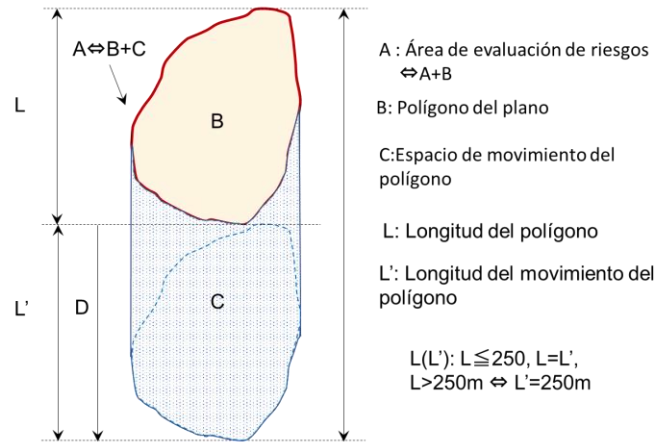


Figura 43 Riesgo de ladera para el Área objetivo (Deslizamientos, EEJ)

- **Área:** use polígonos para la evaluación de amenazas.

La ladera objetivo se muestra en sección transversal (Figura 44, derecha). Muévase 10 m hacia arriba desde la parte superior del polígono "Falla de ladera/ Caída de rocas" en la categoría de amenaza, y muévase hacia abajo desde la parte inferior hasta el doble de la altura de la ladera (A) (2A). El área es la misma. Sin embargo, el área máxima de influencia de 2A es de 50 m.

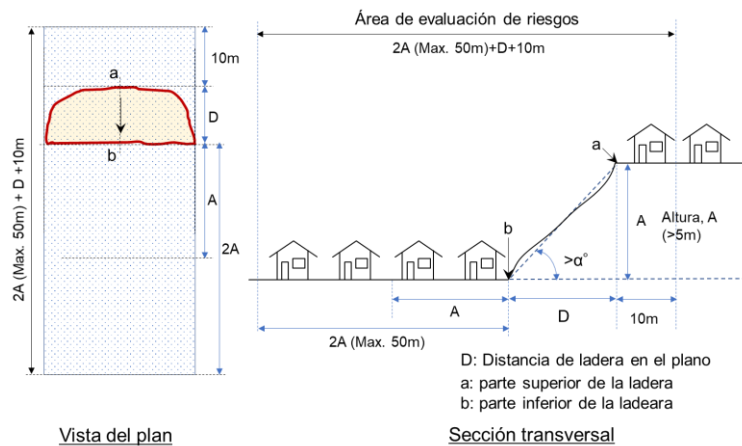


Figura 44 Riesgo de ladera para el Área objetivo (Falla de ladera/Caída de rocas, EEJ)

3.3.2 Diagrama de matriz de la evaluación de riesgos

Se crea un mapa de riesgos para laderas después de realizar una evaluación de riesgos. Al inspeccionar en el sitio las casas dentro del área de riesgo, use el mapa de riesgo creado preliminarmente en el escritorio. (Figura 45, Tabla 9).

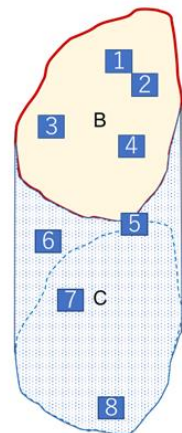


Figura 45 Asunción de riesgos y levantamiento de edificios en la zona de riesgo (EEJ)

Tabla 9 Ejemplo de la lista de encuestas de edificios (EEJ)

Nº	edificios					
	Atributo			Estado de uso		
	Público	Privado (residencia)	No claro	Diarias (viviendo/trabajo)	Temporario (rituales,eventos)	No claro/ abandonado
1	1				1	
2		1		1		
3		1		1		
4		1			1	
5	1				1	
6	1			1		
7		1			1	
8			1			
total	3	4	1			

Numeración



En el diagrama de la matriz de evaluación de riesgos (Figura 46), el eje vertical es el número de edificios (Tabla 10) y el eje horizontal es la categoría de amenaza (Tabla 11).

Tabla 10 Tabla de clasificación de daños estimados (EEJ)

Grado de daño: según número de viviendas

Nivel	Elementos a evaluar		
	Expresión cualitativa		Número de viviendas
3	Sector	Muchos	100~
2	Vecindario	Medianos	10~99
1	Dispersos	pocos	1~9

Tabla 11 Comparación entre la clasificación de amenazas de la ficha de encuesta y la clasificación del diagrama de matriz

de riesgos (la clasificación de amenazas y la clasificación de nivel usan números opuestos, EEJ)

Grado de amenaza : Siga la categoría de evaluación de amenazas de acuerdo con las fichas de investigación.

Nivel	Expresión cualitativa		Puntaje de Deslizamientos	Puntaje de Falla de ladera/Caída de rocas
III	Alta	a	1	$ST \geq 70$
II	media	m	2	$50 \leq ST < 70$
I	baja	b	3	$ST < 50$

Matriz de riesgos

<Grado de daño>

Nivel 3: Muchos/
Probable/
Evaluación simple:
(Número de viviendas:
N: 100~)

Nivel 2: Medianos/
Ocasional/ Evaluación
simple:
(Número de viviendas:
N: 10~99)

Nivel 1: Pocos/
Remoto/ Evaluación simple;
(Número de viviendas:
N: 1~9)

B2	A1	A2
B1	B2	A1
C	B1	B2

Área A (Zona roja):
Área de riesgo
socialmente inaceptable

Área B (Zona amarilla):
Área de riesgo que puede ser
socialmente aceptable si
existe una razón razonable

Área C (Zona verde):
Área de riesgo socialmente
aceptable

Nivel I: bajo/
Despreciable
(amenaza:
baja)

Nivel II: medio/
Marginal
(amenaza:
media)

Nivel III: alto/
Crítico
(amenaza:
alta)

<Grado de amenaza>

Figura 46 Diagrama de matriz de evaluación de riesgos (EEJ)

[Nota]

- 1) Es básico poner "Frecuencia de ocurrencia" en el eje vertical de la matriz.
- 2) Inicialmente consideramos a la "precipitación" como "Frecuencia de ocurrencia", pero no hay datos de precipitación relacionado con Desastres en Tegucigalpa.
- 3) Por eso, el eje vertical se ha seleccionado como "Grado de daño" en el número de casas.
- 4) Aunque la "Falla de Ladera/Caída de Rocas" tenga menos de 5 m de altura, es nivel 3 si se ha derrumbado anteriormente.
- 5) Nivel 3 si en el área de influencia hay carreteras principales.

Capítulo 4. Soporte y Mapeo de Amenaza y Riesgo Basados en SIG

4.1 Análisis Espacial par el estudio de falla de ladera- caída de rocas y mapa geológico

4.1.1 Concepto de detección

Los SIG pueden operar cualquier tipo de mapas, pero si el mapa no está georreferenciado, este debe georreferenciarse previamente. En este proyecto, el mapa geológico es una de las informaciones cartográficas básicas para detectar un área o sitio de amenaza de Falla de ladera/ Caída de rocas. Los modelos digitales de elevación (MDE, MDT) también proporcionan algunas características importantes referentes a la topografía. La pendiente es una de las características topográficas más famosas generada a partir de un MDE. Al realizar un análisis de relieve-energía se pueden separar las celdas de una cuadrícula y que incluyan solamente aquellas con pendientes pronunciadas. La siguiente figura muestra el concepto de detección para encontrar áreas de estudio con potencial para una Falla de ladera / Caída de rocas.

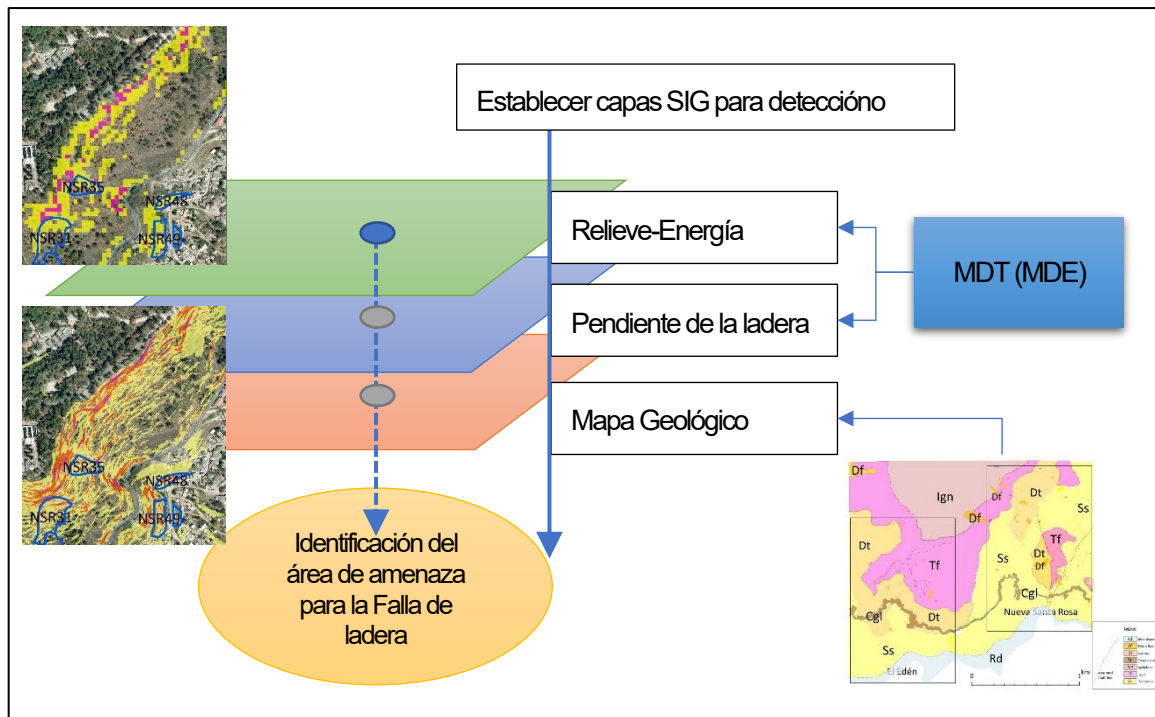


Figura 47 Concepto de Detección para Fallas de Ladera / Caída de Rocas (EEJ)

4.1.2 Preparación del Mapa Geológico por Detección

(1) Georreferenciación del Mapa Geológico Existente en Honduras

Si necesita consultar copias impresas de mapas geológicos antiguos o imágenes escaneadas de ellos, es necesario georreferenciar los mapas correctamente utilizando el sistema de coordenadas tradicional SIG. El siguiente procedimiento de explicación y figura muestra un ejemplo para georreferenciar un Mapa geológico inicial de Tegucigalpa.

Explicación

- Una de las herramientas más útiles es el sistema de coordenadas NAD27 (ya que hay mucha información generada sobre el). Este es uno de los datum más populares en el norte y centro del continente americano, especialmente para la georreferenciación de mapas.
- En los seminarios de entrenamiento se practicó la georreferenciación de un mapa geológico antiguo con el uso de la herramienta 'Georreferenciación'. Para realizar una correcta georreferenciación se deben definir y asignar puntos de control utilizando la herramienta 'Georreferenciación'.
- La parte más importante de la herramienta 'Georreferenciación' es cómo manejarla en el caso de capas superpuestas con diferentes Datum. Imagine que las capas vectoriales se basan en WGS84 en la ventana del mapa, pero el mapa geológico georreferenciado se basa en NAD27. El SIG generalmente tiene parámetros para la "transformación geográfica" para convertir NAD27 a WGS84. En ArcSIG, esta función se define como "NAD_1983 To_WGS_1984". Es muy importante reducir esa brecha de errores geográficos mediante la configuración de estos parámetros y no editar o cambiar los datos geográficos en sí.

1. Abra la imagen del mapa.

2. Ingrese el valor de las coordenadas X, Y.

3. Se selecciona el sistema de coordenadas

Puntos de Control (podemos encontrar las coordenadas en la esquina)

Enter Coordinates DMS

Longitude: 87 00 00 E W
Latitude: 14 10 15.66 N S

Link

Total RMS Error: Forward: 2.89113

Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map
1	347.231193	-393.212615	473021.800217	1566173.344596
2	6854.103693	-391.992351	500000.000000	1566158.939597
3	343.849495	-4736.777390	473002.229268	1547740.555985
4	6858.202701	-4735.918391	500000.000000	1547726.306720

Tabla de Puntos de Control (Resultado de Valores Introducidos)

Figura 48 Procedimiento de Georreferenciación en ArcMap (EEJ)

(2) Superposición del mapa geológico del proyecto anterior de JICA en el mapa geológico existente

Después del trabajo de georreferenciación, el siguiente paso es superponer los mapas geológicos antiguos con los mapas geológicos más recientes basados en el proyecto (por ejemplo, materiales del proyecto anterior de JICA). La siguiente figura muestra un ejemplo de superposición de los dos mapas geológicos.

Se puede notar que hay una diferencia de escala.. La inferior (el mapa geológico existente) es 1:50.000; en cambio, el mapa geológico más reciente tiene una escala superior y es más detallado.

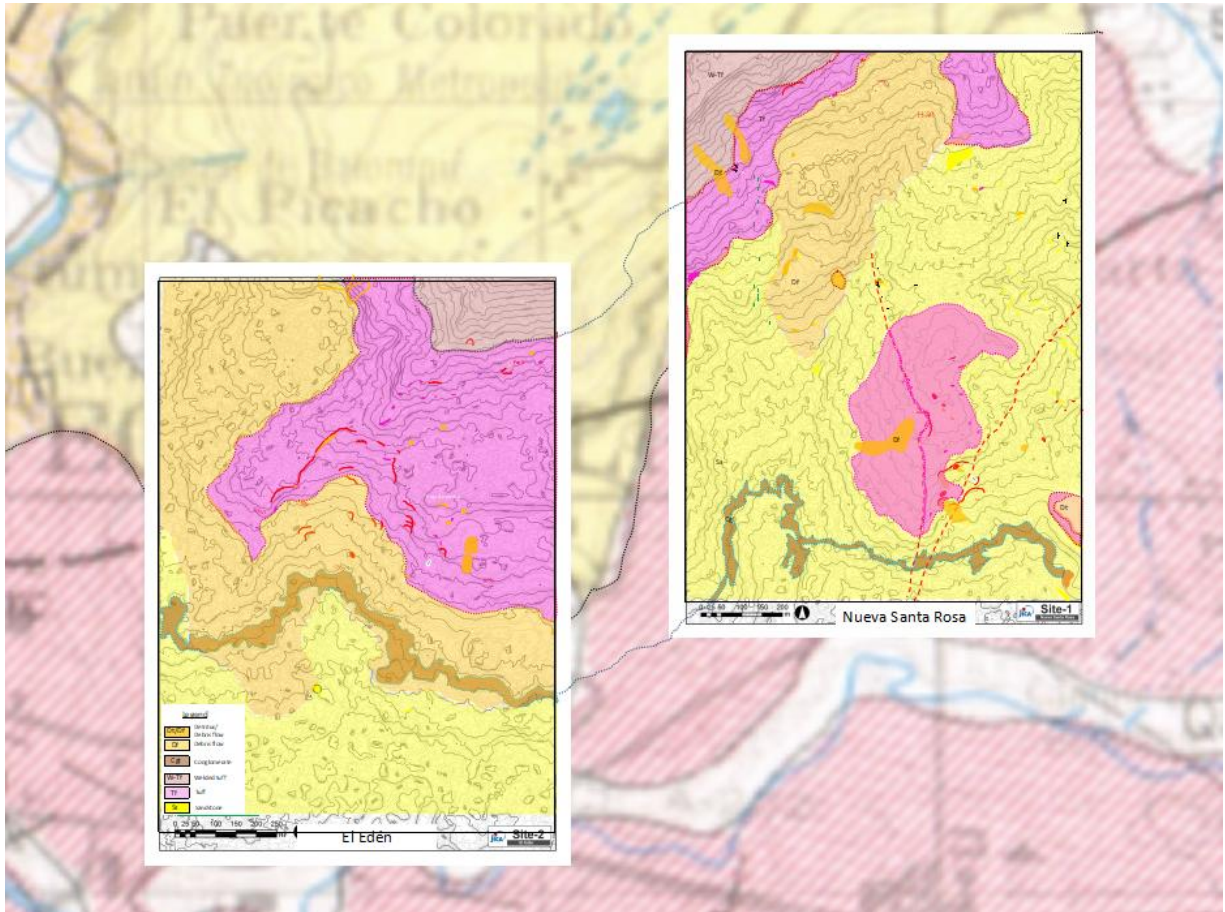


Figura 49 Georreferenciación de los dos tipos de mapa geológico (el existente a escala 1:50.000 y el detallado, EEJ)

(3) **Compilación y digitalización del mapa geológico detallado usando SIG**

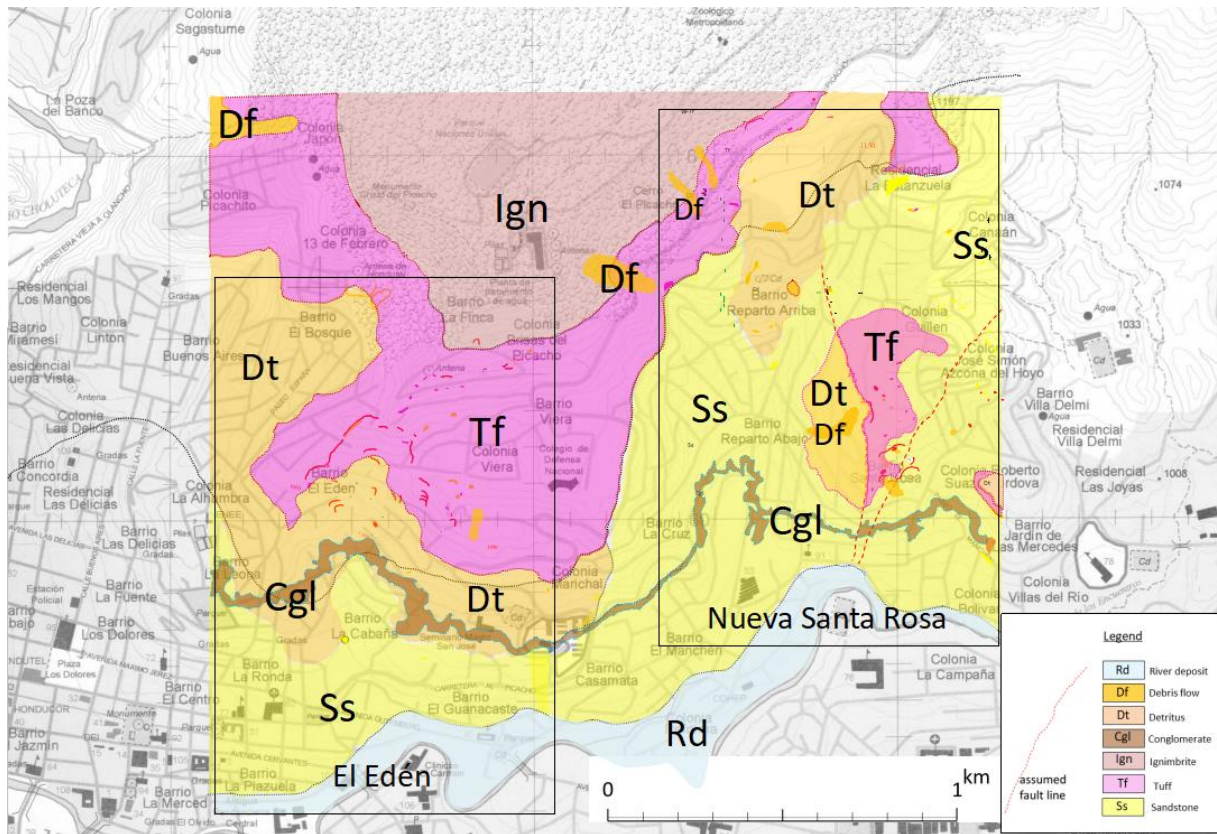


Figura 50 Trabajo de compilación basado en el mapa geológico existente (EEJ)

(4) Sistema de Coordenadas más reciente para Honduras

En los últimos años, el sistema de coordenadas geográficas utilizado para Honduras es el UTM 16 Norte. Por lo tanto, al comenzar a digitalizar en SIG, comience con un sistema de coordenadas geográficas.

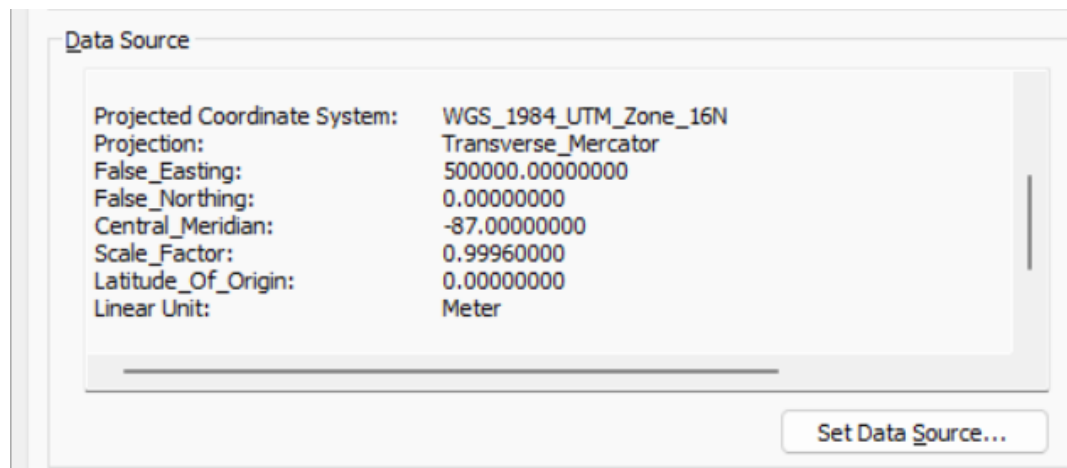


Figura 51 Ejemplo de Sistema de Coordenadas en Arcmap (EEJ)

4.1.3 Elaboración de Mapas Topográficos para Detección

Antes de que un experto en geología realice un estudio de campo, el SIG puede identificar áreas donde es probable que haya puntos peligrosos. Este proceso se llama detección. Los siguientes mapas se utilizan generalmente para los trabajos de detección.

(1) Mapa de pendiente de taludes

Las pendientes son una información muy básica obtenida de la topografía. Para este tipo de proyectos lo habitual es adquirir un raster de datos de elevación llamado Modelo Digital de Elevación (MDE). En este proyecto se usó un MDE con una resolución de cuadrícula de 1 metro. A continuación, se muestra el procedimiento en ArcMap para la generación del mapa de pendientes basado en el MDE adquirido.

Pasos a seguir:

- 1) Ejecute ArcMap.
- 2) Cargue el Modelo Digital de Elevaciones (MDE) al proyecto.
- 3) Ejecute el Proceso dentro de: ArcToolbox - Spatial Analyst Tools – Surface – Slope.
- 4) Se muestra el siguiente cuadro de diálogo. Seleccione los datos y el nombre del archivo de salida y luego presione 'Ok'.

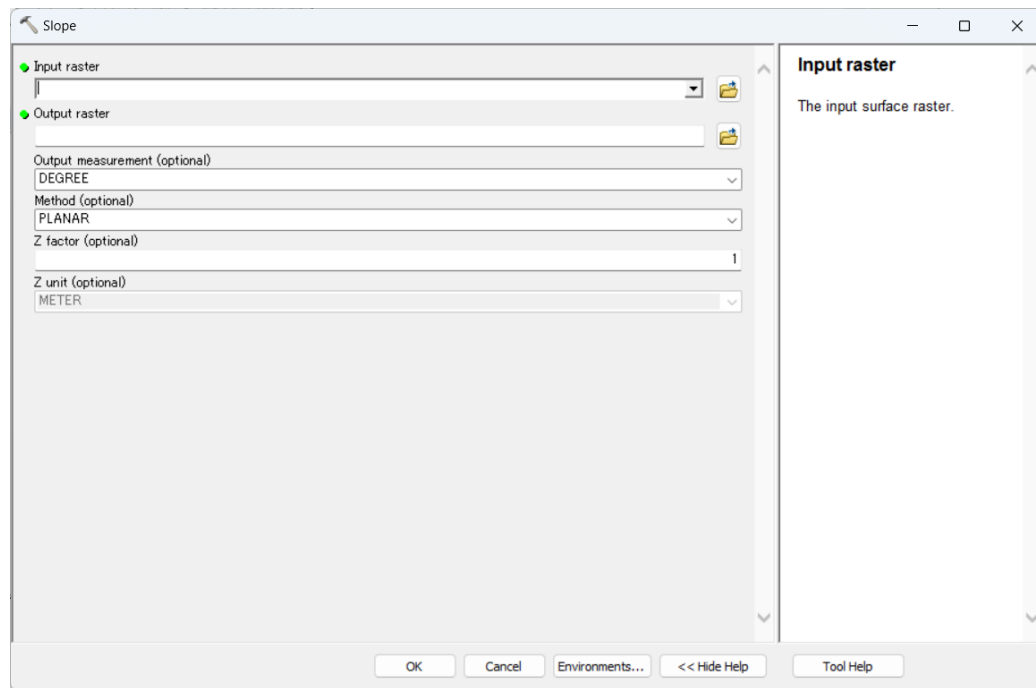


Figura 52 Cuadro de diálogo para cálculo de pendiente en Arcmap (EEJ)

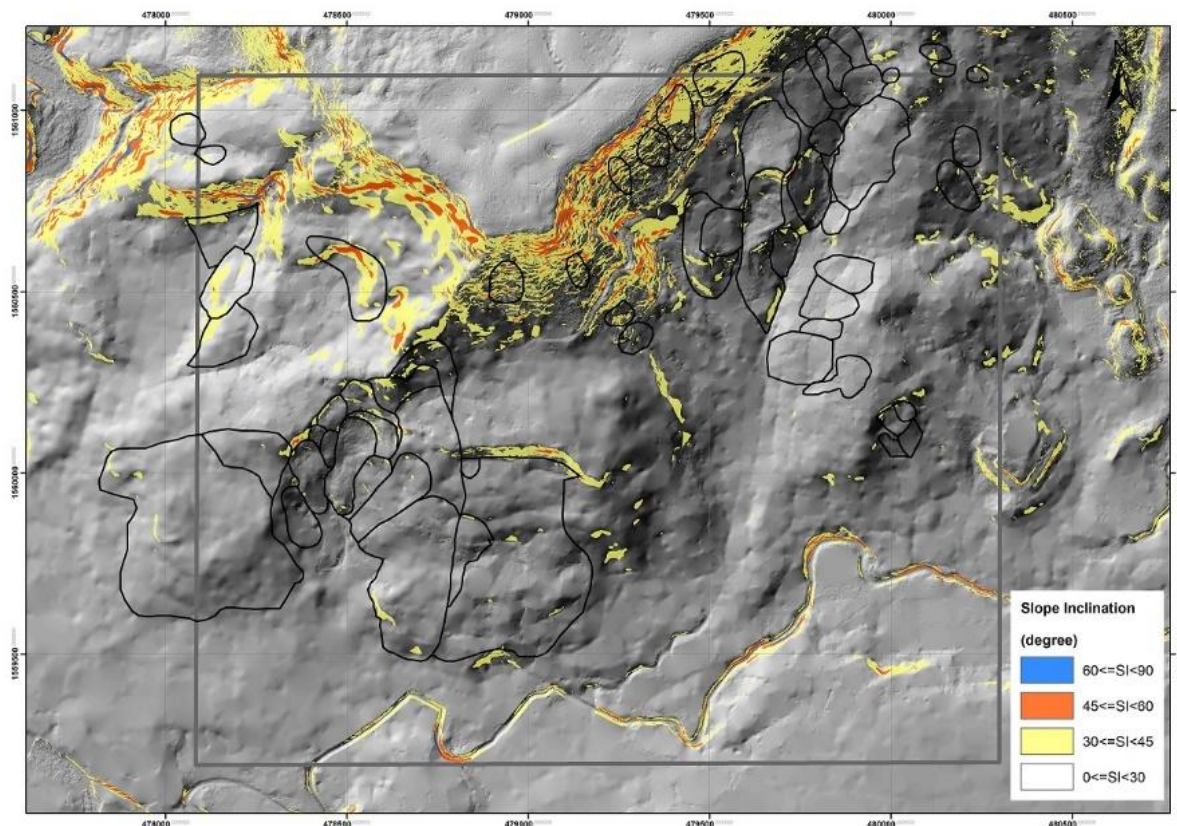


Figura 53 Mapa de pendientes de laderas calculado por ArcMap (EE.J)

(2) Mapa Relieve - Energía

Relieve - Energía es el resultado de calcular la diferencia de elevación para cada celda en un mapa de celdas de cuadrícula. Este tipo de mapa nos muestra una tendencia de las características topográficas. Para calcular la energía - relieve, previamente se debe preparar una capa de polígonos con una cuadrícula de celdas de 10 metros.

Pasos a seguir:

- 1) Ejecute ArcMap.
- 2) Cree polígonos de celdas cuadradas de 10 m.
- 3) Cargue el MDE al proyecto.
- 4) Calcule Z_Max y Z_Min para representar la elevación máxima y mínima en cada polígono de la cuadrícula usando 'Add Surface Information' de '3D Analyst Tools - Functional Surface' como se muestra a continuación.
- 5) En la tabla de atributos de los polígonos, el valor absoluto de " $Z_Max - Z_Min$ " es el Relieve - Energía.

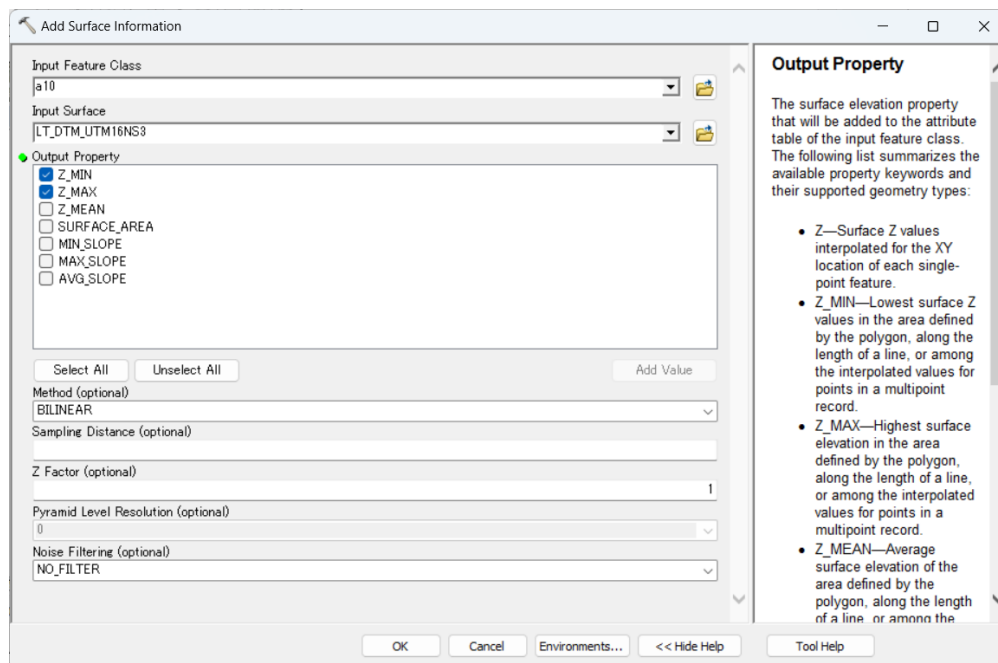


Figura 54 Cuadro de diálogo para obtener el valor máximo y mínimo de elevación usando Arc Map (EEJ)

(3) Mapa Topográfico de Curvas de Nivel

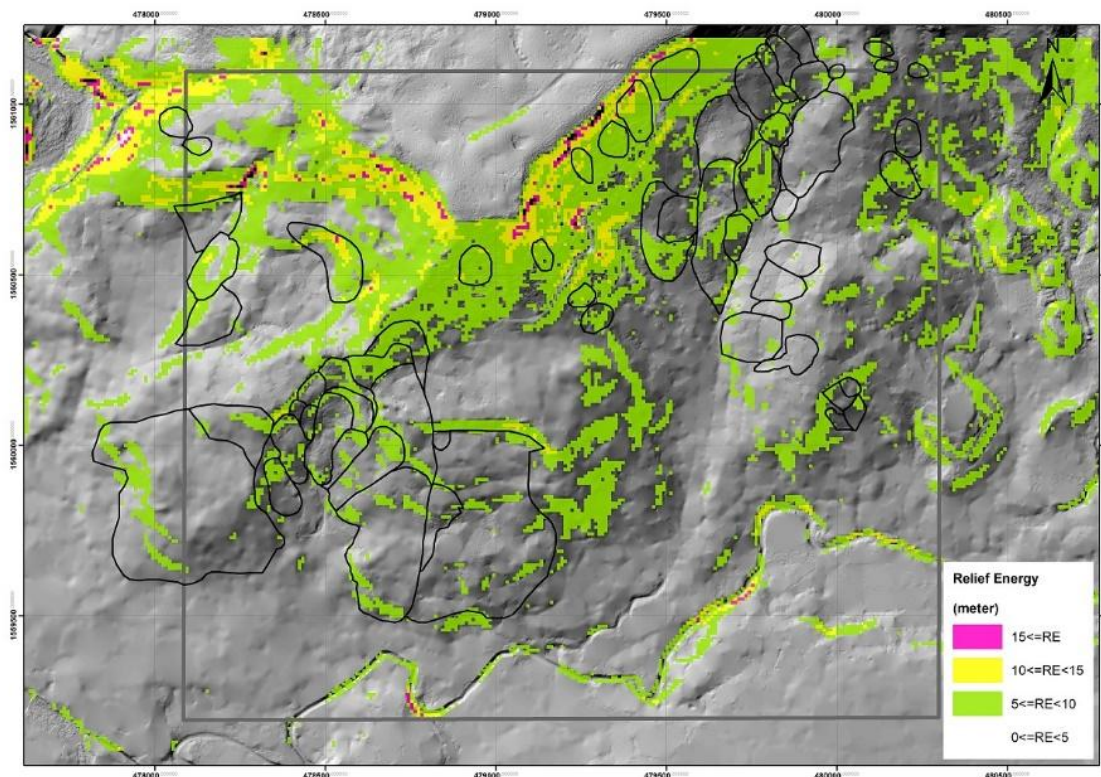


Figura 55 Mapa de Relieve – Energía calculado por ArcMap (EEJ)

This is a detailed topographic map of the San Juan region in Puerto Rico. The map shows various neighborhoods, roads, and landmarks. Key locations include San Juan, Ponce, and various barrios and colonias. The map is framed by a grid with coordinates 18° 18' N and 66° 18' W.

Pasos a seguir:

- 49

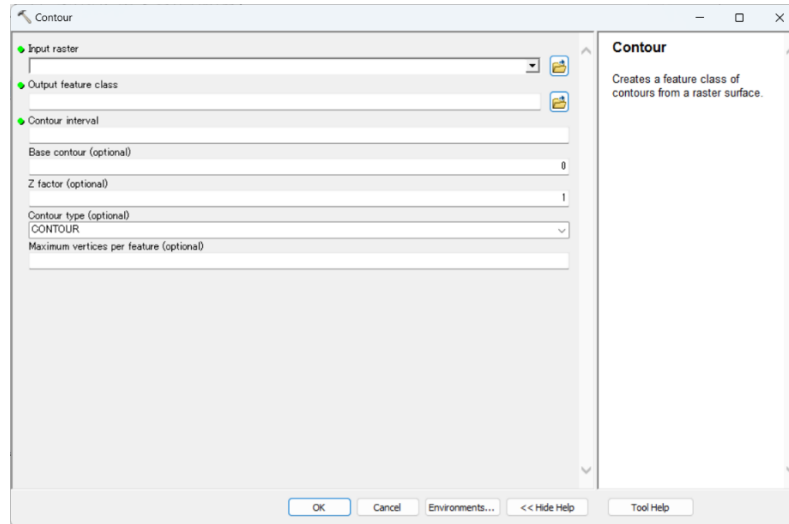


Figura 57 Cuadro de diálogo para curvas de nivel en ArcMap (EEJ)

4.2 Digitalización basada en SIG del Área de Influencia de Amenaza para la Evaluación de Riesgos

4.2.1 Área de Amenaza para Deslizamientos y Falla de Ladera/ Caída de Rocas

El mapa de amenaza original para deslizamientos y fallas de ladera / caída de rocas, en principio, debe ser elaborado por expertos geólogos. Dado que los métodos técnicos específicos se describen a detalle en el Capítulo 2, por favor consulte dicha explicación geológica para su mejor comprensión. Esta sección describe el procedimiento dentro del SIG utilizado la función "Editing new feature" y muestra los resultados de estos trabajos realizados mediante el SIG.

El trabajo real que se realiza en ArcMap es solamente la digitalización. Después del estudio de campo, la forma del área de amenaza se dibuja en un mapa tomando como referencia las curvas de nivel, el mapa geológico detallado, etc. A continuación, se puede comenzar a editar una capa en ArcMap haciendo clic con el botón derecho sobre el nombre de la capa. El procedimiento en ArcMap es el siguiente,

- 1) Ejecute ArcMap.
- 2) Prepare una nueva capa tipo shapefile utilizando el Catálogo de ArcMap.
- 3) Haga click en "Start Edit" haciendo click derecho en el submenú sobre el nombre de la capa.
- 4) Se encontrará con la barra de herramientas "Editor". Luego haga click en el botón "Create Features" para comenzar a editar los polígonos.
- 5) Seleccione el nombre de la capa en el cuadro de diálogo "Create Features" y seleccione "Polygon" dentro de "Construction Tools".

Puede referirse a la siguiente figura para comprender mejor este proceso en ArcMap.

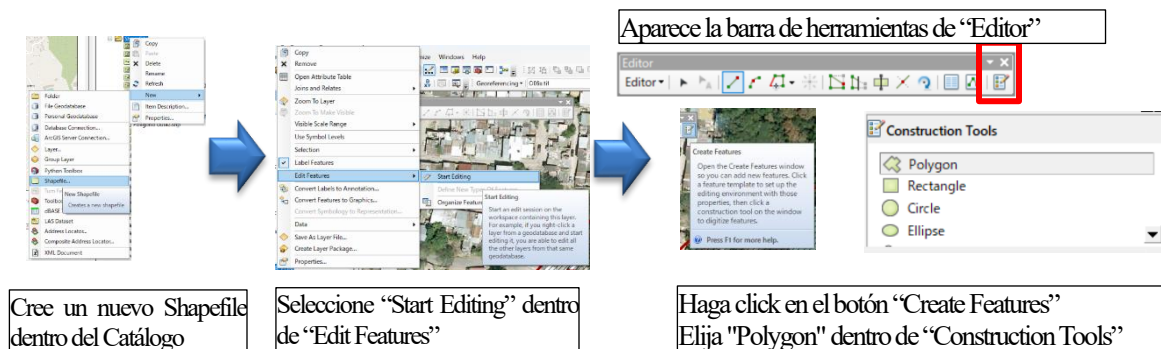


Figura 58 Procedimiento de edición de un nuevo shapefile en ArcMap (EEJ)

Después de digitalizar, en la tabla de atributos de la capa de polígonos, ingrese el rango de amenaza que se evaluó en el sitio y se resume en la hoja de Excel. Consulte el Capítulo 3 para obtener detalles de la ficha de verificación de campo, registre el resultado como puntajes y finalmente clasifique los resultados. Las siguientes

figuras muestran los mapas temáticos basados en el rango de amenaza (Alto, Medio y Bajo).

(1) Deslizamiento

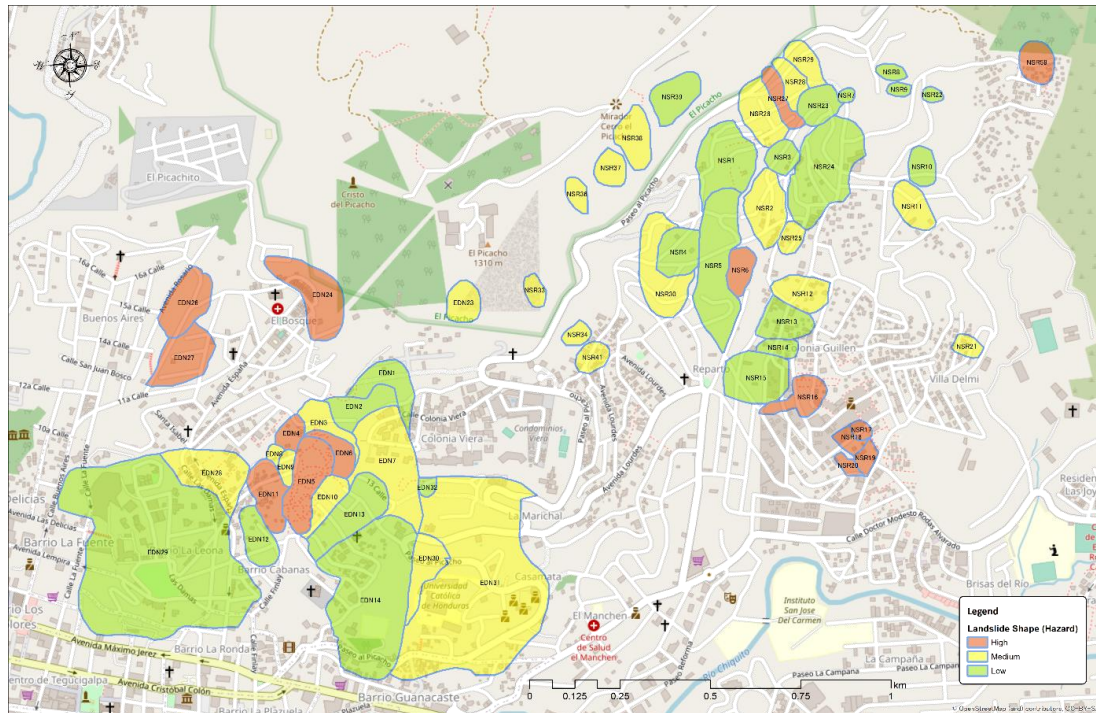


Figura 59 Mapa de Amenaza para Deslizamientos (EEJ)

(2) Falla de Ladera / Caída de Rocas

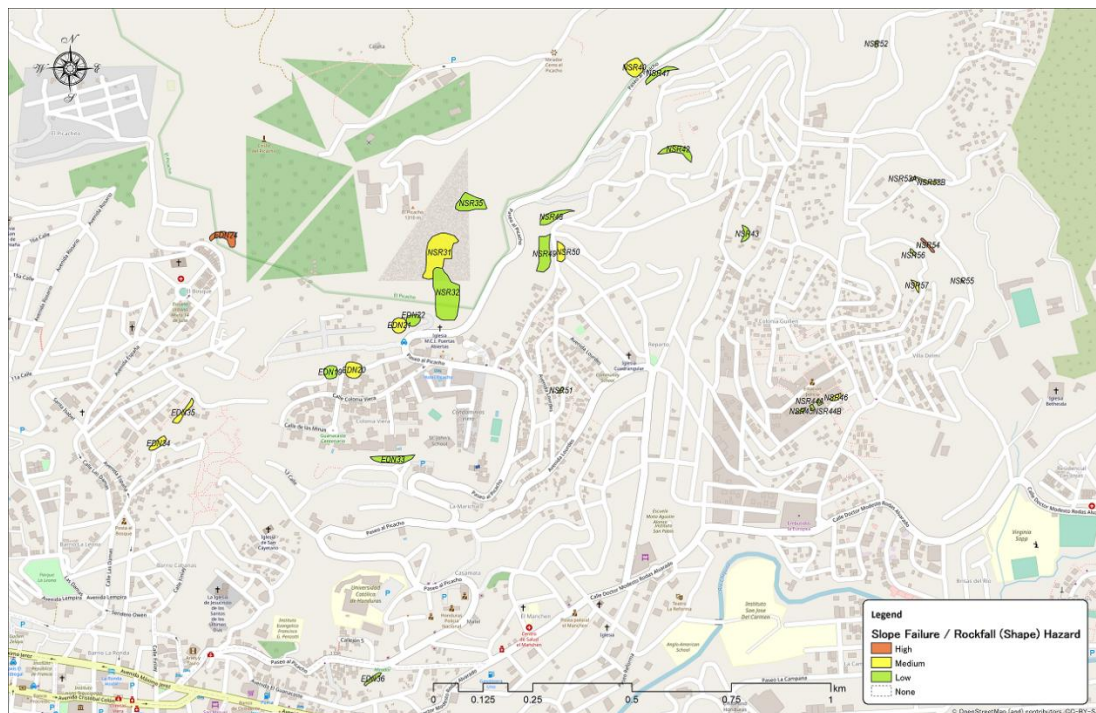


Figura 60 Mapa de Amenazas para Fallas de Ladera / Caída de Rocas (EEJ)

4.2.2 Digitalización del Área de Influencia

La idea básica para determinar el área de influencia a partir de los polígonos de amenaza originales para deslizamientos y fallas de ladera / caída de rocas proviene del método japonés "Act on Sediment Disaster Countermeasures for Sediment Disaster Prone Areas". Consulte el Capítulo 3 para conocer este método.

Después de identificar los polígonos de amenaza originales en SIG, el área de influencia de los polígonos se detecta de acuerdo con el método básico japonés. La siguiente explicación describe el procedimiento práctico de digitalización del área de influencia para deslizamientos usando ArcMap.

- 1) Ejecute ArcMap.
- 2) Prepare nuevos Shapefiles con los nombres “Flecha de Dirección”, “Polígono Temporal”, y “Área de Influencia del Deslizamiento” utilizando el “Catálogo” en ArcMap.
- 3) Agregue una capa con curvas de nivel en ArcMap.
- 4) Haga click en “Start Edit” abriendo el submenú con click derecho sobre la capa “Flecha de Dirección”.
- 5) Dibuje una línea sobre el polígono de estudio con una longitud de 2 veces L, donde L significa la longitud del deslizamiento. La línea se extiende hacia abajo siguiendo una dirección perpendicular a las curvas de nivel.
- 6) Asegúrese de que la longitud de 2L no supere los 250 metros (es decir, el valor máximo de 2L es de 250 metros).
- 7) Guarde la edición y detenga la edición utilizando la caja de herramientas “Editor”.
- 8) Inicie la edición en la capa “Polígono Temporal”.
- 9) Copie el polígono del deslizamiento en estudio y péguelo dentro de la capa de “Polígono Ficticio”.
- 10) Desplace el polígono temporal de acuerdo con la dirección dada por la “Flecha de Dirección” trazada anteriormente.
- 11) Guarde la edición y detenga la edición en la barra de herramientas “Editor”.
- 12) Luego, comience a trazar el perímetro del área de influencia del deslizamiento objetivo.
- 13) Inicie la edición en la capa “área de influencia del deslizamiento”.
- 14) Encuentra la barra de herramientas "Editor". Luego haga click en el botón "Create Features" para comenzar a editar los polígonos.
- 15) Seleccione el nombre de la capa en el cuadro de diálogo “Create Features”. Y seleccione y seleccione “Polygon” dentro de “Construction Tools”.
- 16) Digitalice el polígono trazando el perímetro de toda el área, incluido el polígono de deslizamiento original y el polígono temporal.
- 17) Guarde la edición y detenga la edición utilizando la caja de herramientas “Editor”.

La siguiente figura muestra los resultados de la digitalización del área de influencia para deslizamientos.

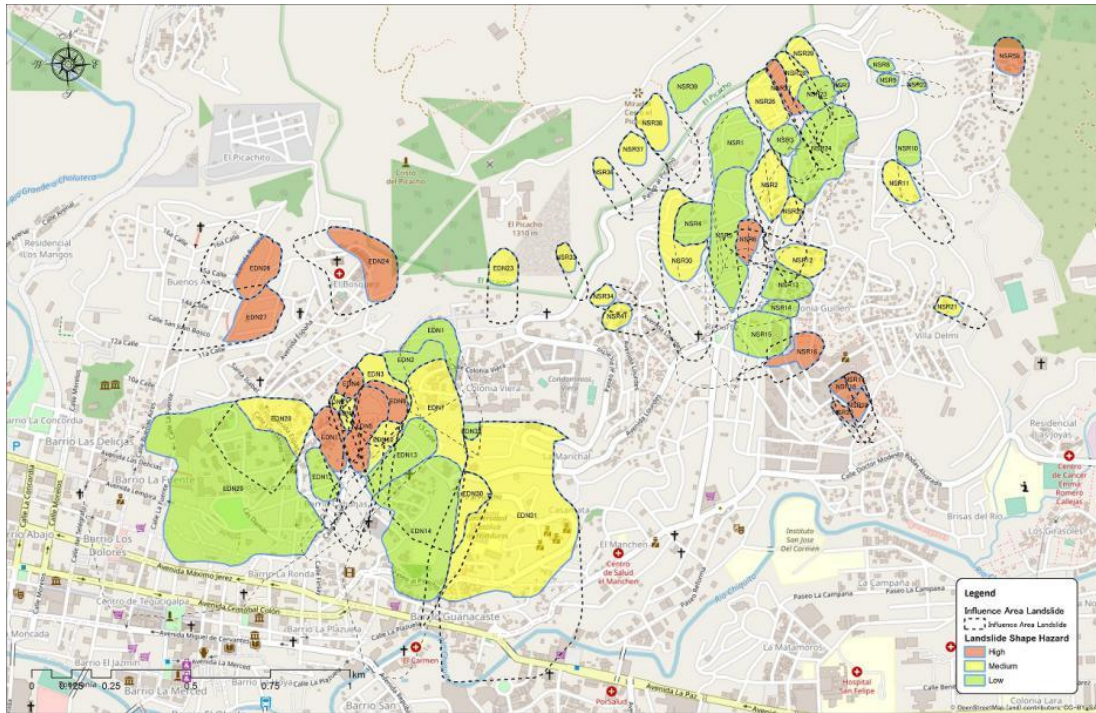


Figura 61 Mapa del área de influencia para deslizamientos (EEJ)

De la misma manera, el área de influencia de los polígonos de fallas de ladera / caída de rocas también se puede digitalizar en ArcMap. La principal diferencia es que debemos generar un buffer de 10 metros al perímetro en la parte alta del polígono de deslizamiento. La siguiente figura muestra un caso de estudio para detectar el área de influencia para una falla de ladera / caída de rocas. Asegúrese de que la longitud de $2L$ no supere los 50 metros (es decir, el valor máximo de $2L$ es de 50 metros).

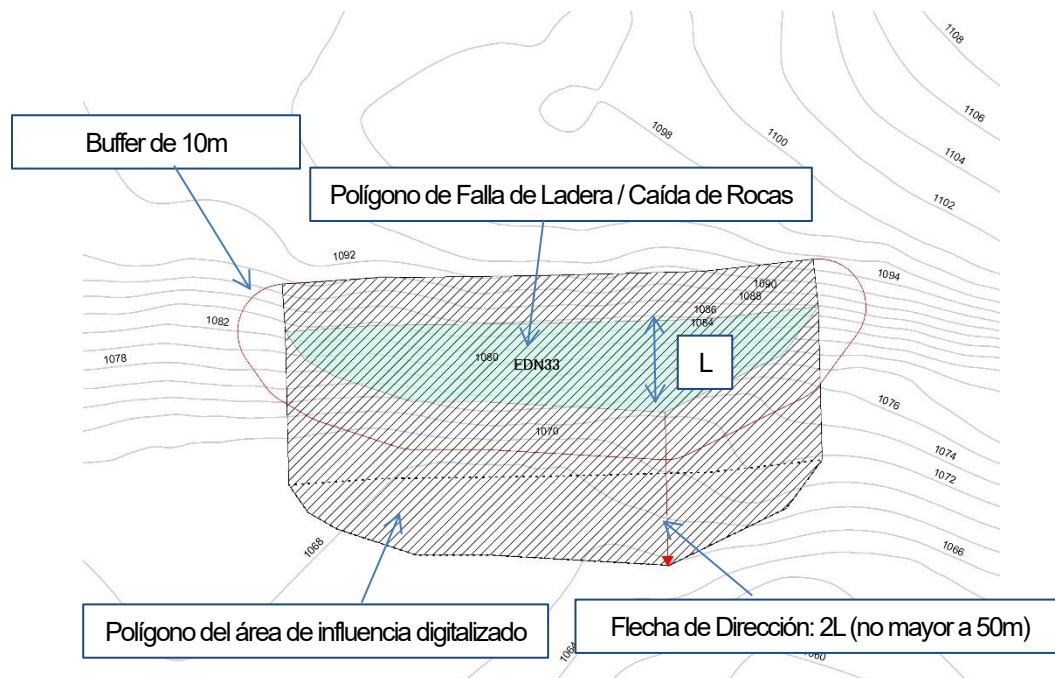


Figura 62 Caso de digitalización del área de influencia para polígono de falla de ladera / caída de rocas (EEJ)

La siguiente figura muestra el resultado de la digitalización del área de influencia para los polígonos de falla de ladera / caída de rocas.

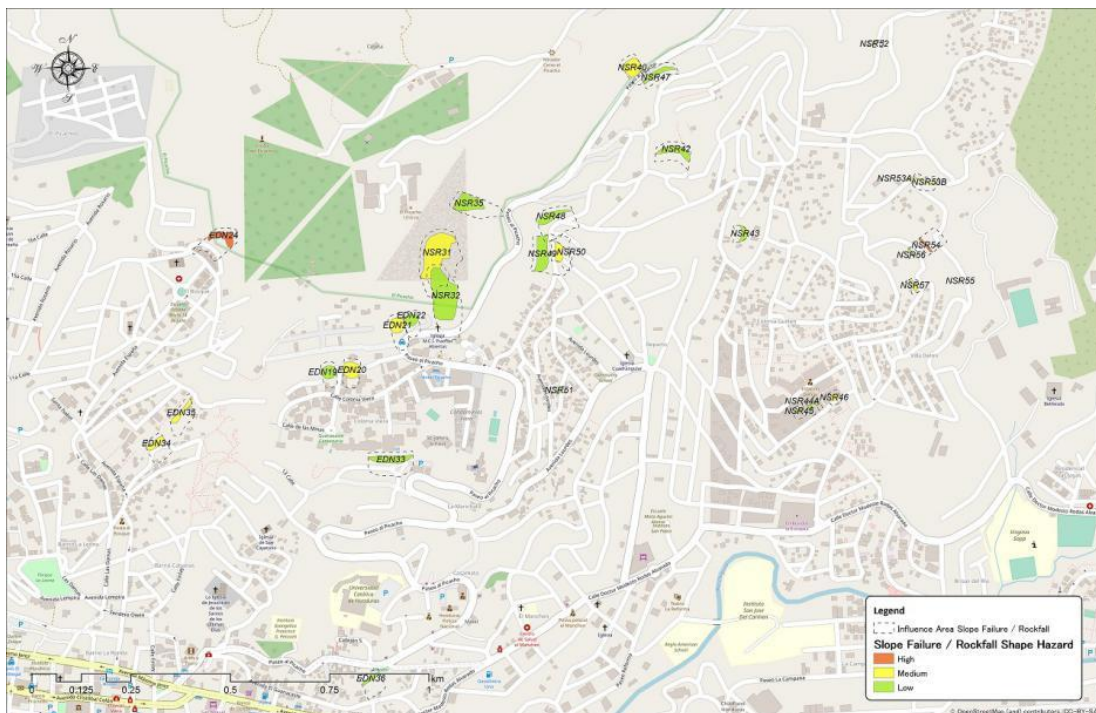


Figura 63 Mapa del área de influencia para fallas de ladera / caída de rocas (EEJ)

4.3 Mapeo SIG de la Evaluación de Amenaza y Riesgo

4.3.1 Concepto de superposición de capas

El mapa de amenaza para deslizamientos y fallas de ladera / caída de rocas se completa asignando rangos de amenazas en la tabla de atributos de los polígonos del área de influencia. Con respecto al método de evaluación de riesgos, consulte el Capítulo 3. Usando la matriz de riesgos, se evalúa el rango de riesgo y se ingresa a cada polígono.

Tenga en cuenta que los rangos Alto, Medio y Bajo se pueden identificar y seleccionar de manera separada mediante una búsqueda SQL y cada uno se convierte en una capa independiente. Posteriormente podemos superponer las capas en orden, considerando que la capa con el rango de riesgo más alto se debe ubicar en la parte superior. La siguiente figura muestra un ejemplo de SQL en ArcMap utilizado para crear capas con capa nivel de amenaza.

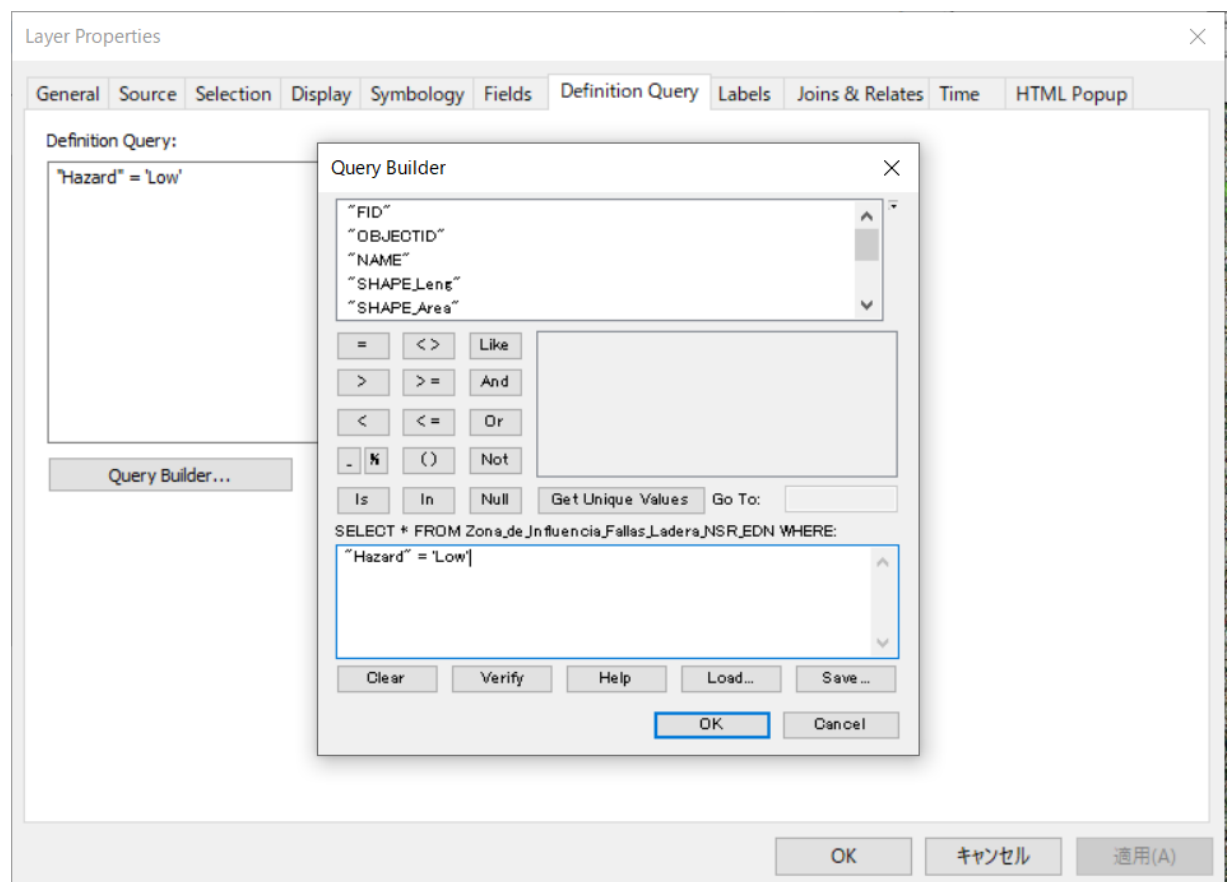


Figura 64 Selección SQL de las propiedades de la capa de polígonos amenaza en ArcMap (EEJ)

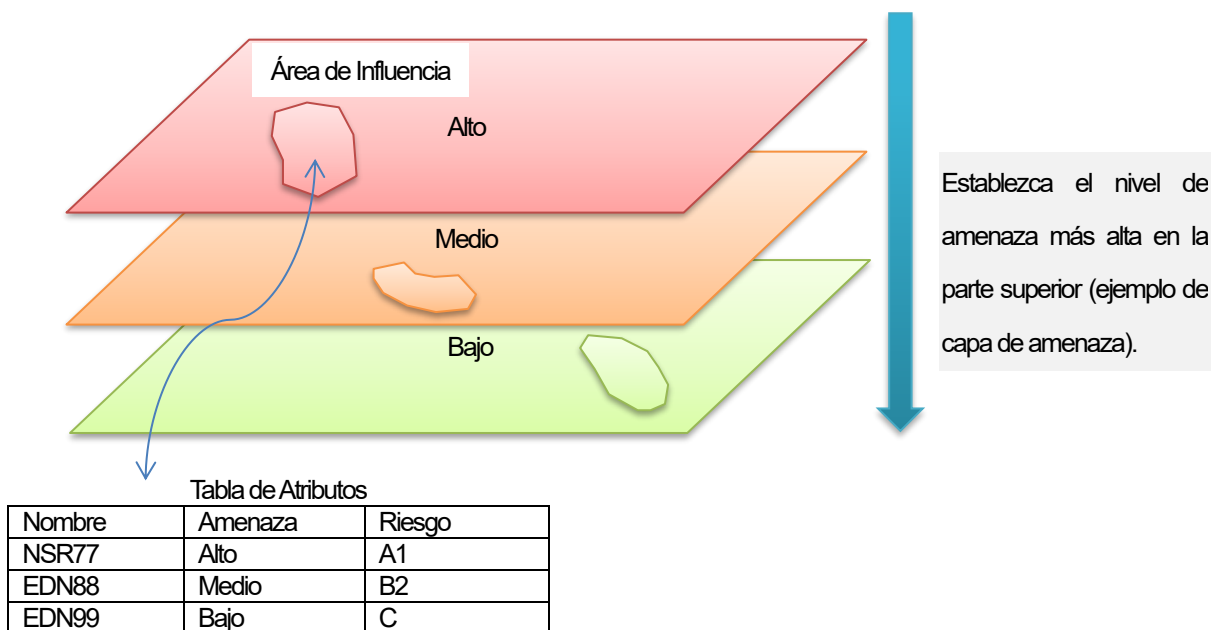


Figura 65 Establecer el orden de superposición de las capas de amenaza/riesgo clasificadas (EEJ)

4.3.2 Mapas de Amenaza y Mapas de Riesgo

La siguiente figura muestra los Mapas de Amenaza y Riesgo para Deslizamientos y Fallas de Ladera / Caída de Rocas. El concepto de amenaza y riesgo para los polígonos se muestra en la siguiente figura.

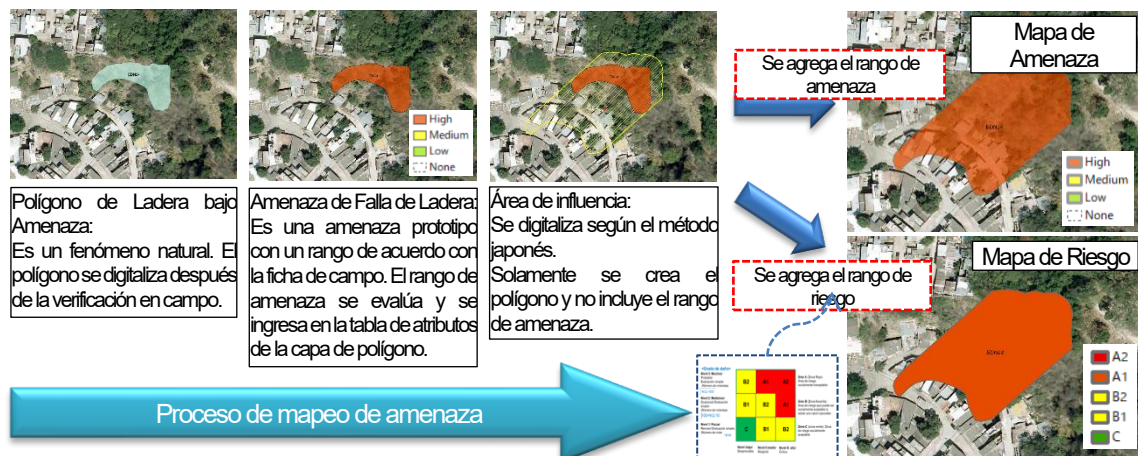
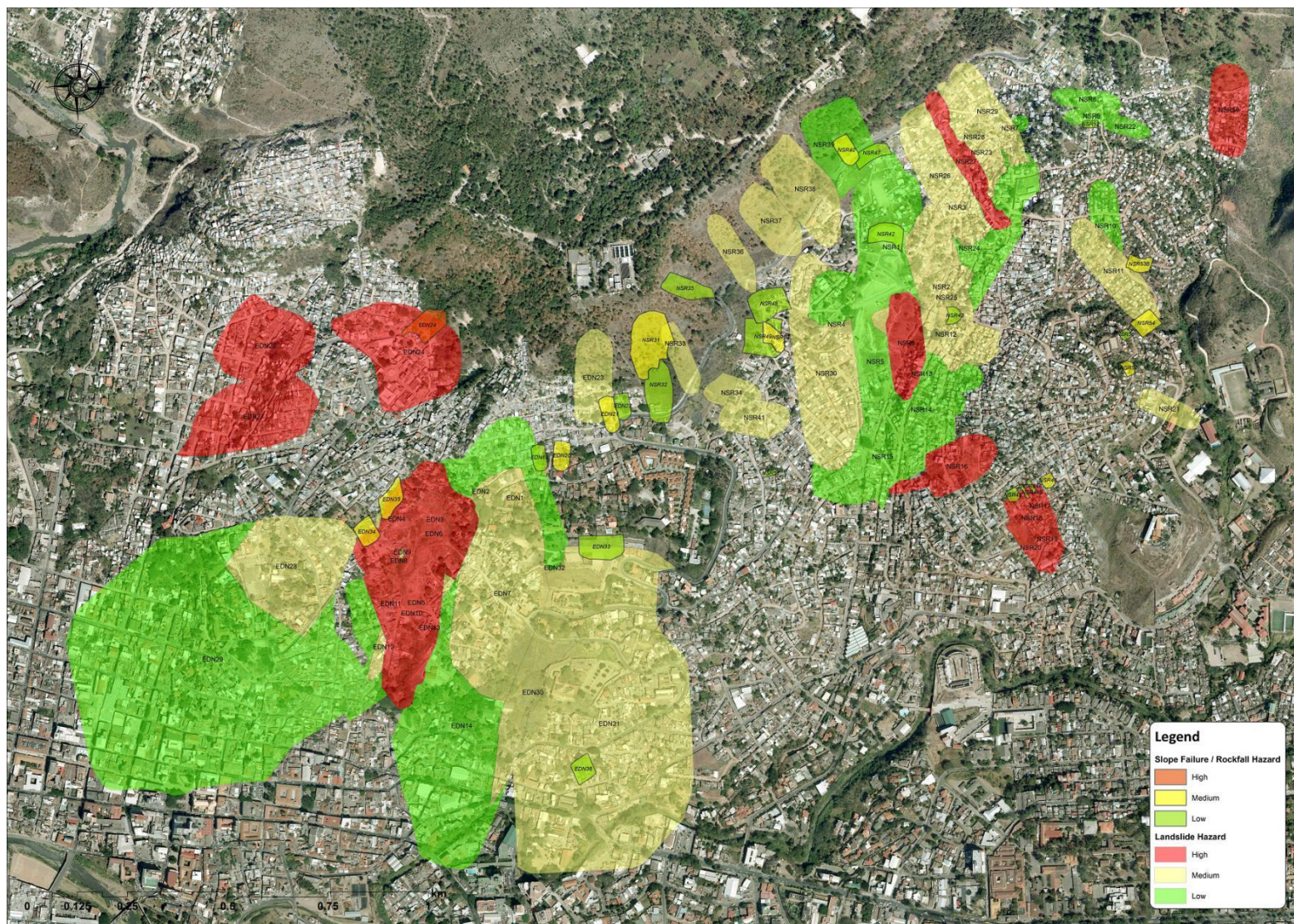
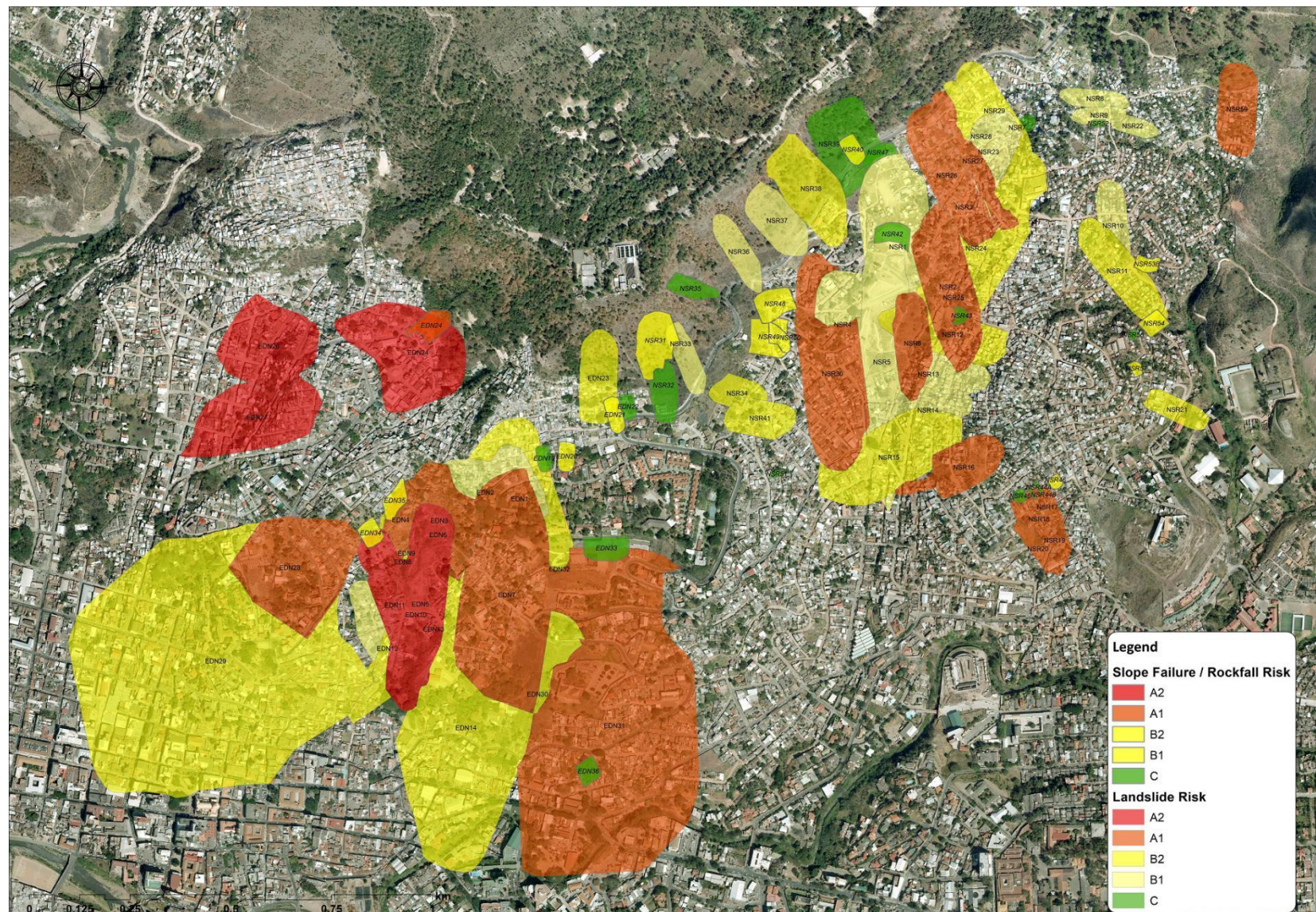


Figura 66 Concepto de Amenaza y Riesgo para Polígonos (EEJ)





4.4 Mapa de Regulación para Uso del Suelo Resultado 4

4.4.1 Procedimiento

Dado que el Resultado 4 preparó una clasificación de zonas según la categoría de regulación del uso del suelo, el rango de amenaza definido por el Resultado 3 se aplica a la clasificación de zonas. La siguiente figura muestra los dos tipos de categoría de regulación. **Tenga en cuenta que cada división de zona corresponde a un rango de amenaza, no a un rango de riesgo.**

- Zonas con más de un edificio: La zona A a C corresponde al Grado de **Amenaza Alta**, Media y Baja.
- Zonas sin edificios: La zona D corresponde al Grado de **Amenaza Alta** o Media, la zona E es Baja.

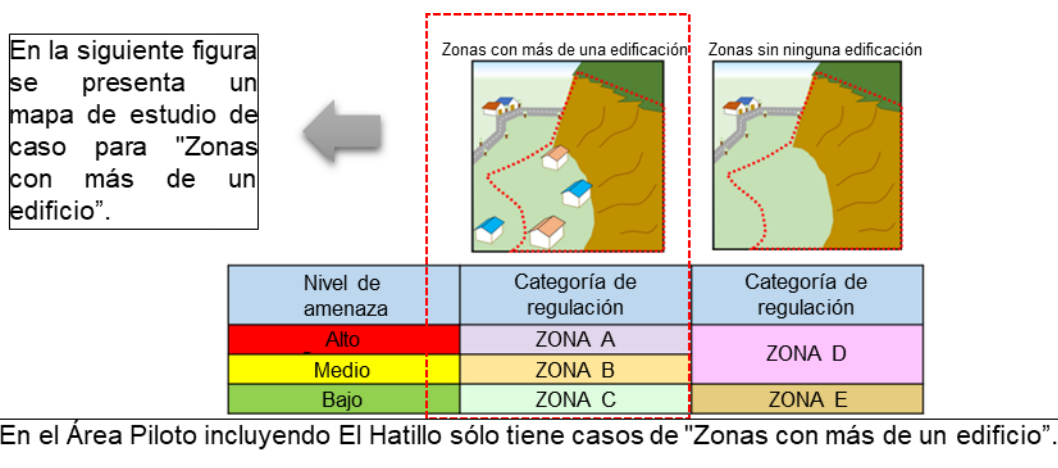


Figura 69 Mapa de area de influencia en Falla de Ladera / Caída de Rocas (EEJ)

4.4.2 Map de Regulación del Uso del Suelo

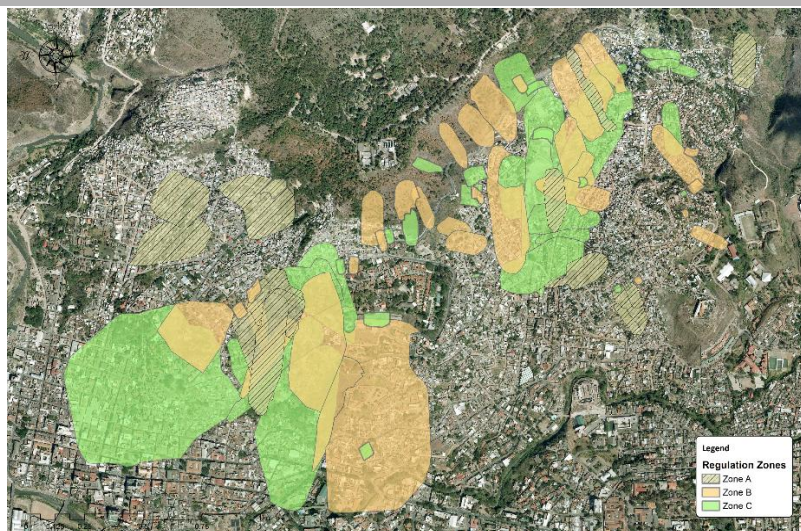


Figura 70 Caso de Estudio del Mapa de Regulación del Uso del Suelo (EEJ)

Capítulo 5. Actualización y mantenimiento de datos

5.1 Carga y gestión de datos en SIMET

5.1.1 ¿Qué es SIMET?

SIMET es el servicio SIG web de la AMDC para los ciudadanos. Las capas incluyen zonas amenazas a deslizamientos, falla de laderas e inundaciones. Puede consultar la siguiente lista de capas existentes.

➤ **SIMET:** Sistema de Información Municipal sobre Estudios Territoriales

El SIMET es un sistema que integra el tema de gestión de riesgos, cambio climático y ordenamiento territorial, que involucra una serie de herramientas basadas en sistemas de información geográfica, software y hardware, que en conjunto proporcionan información a la población, tomadores de decisiones, academia, organización civil para que sea utilizada de manera oportuna en el desarrollo de sus funciones. El sistema se compone de 3 módulos: Gestión de la Información, Gestión Territorial y Seguimiento y Evaluación.

La estructura del SIMET va más allá de un programa y/o aplicaciones informáticas; esto incluye: equipos de hardware, programas, aplicaciones, portal web, modelos, sistemas de información geográfica, bases de datos, recursos humanos especializados, políticas y procedimientos.

SIMET también está preparado para ser utilizado por el personal de AMDC DOT / GER para juzgar si un sitio de construcción se encuentra dentro de la zona de amenaza o no.

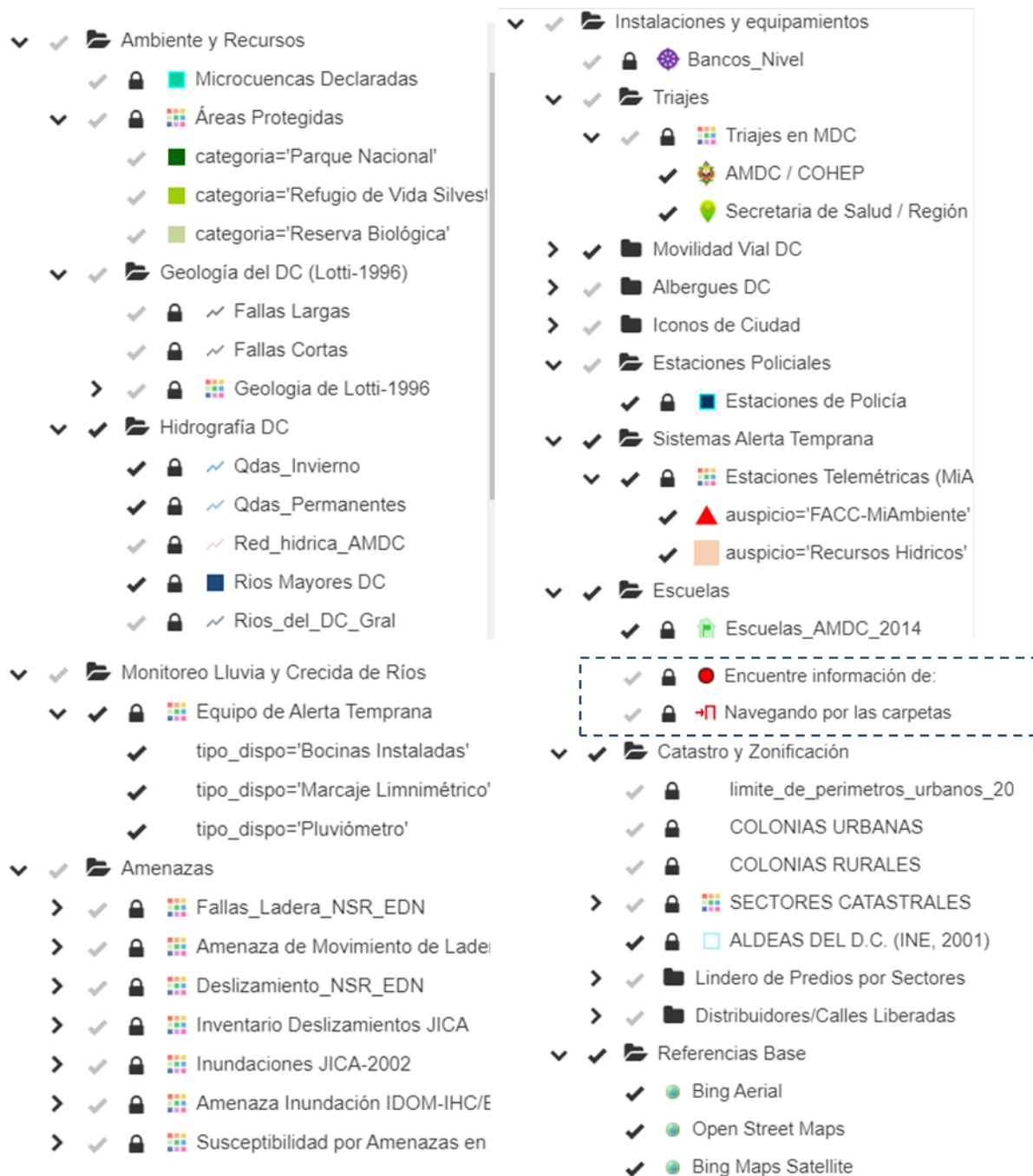


Figura 71 Capas SIG existentes en SIMET (Parte 1, EEJ)

Tabla 12 Capas SIG existentes en SIMET (Parte 2, EEJ)

NOMBRE DE LOS DATOS -AÑO	DESCRIPCIÓN
UNIDADES GEOGRAFICAS ADMINISTRATIVAS.	
Límites de barrios y colonias - 2018	Polígonos con límites de barrios y colonias, nombre de barrios y colonias, Ciudad, Sector.
Límites de predios- 2018	Datos oficiales – división política administrativa nivel urbano.
Límites Municipal -2001	Datos oficiales – división política administrativa nivel municipal.
Límites de Aldeas-2001	Datos oficiales – división política administrativa nivel municipal.
Límites de perímetros urbanos - 2010	Datos oficiales – división política administrativa nivel urbano.
Límites de sectores- 2010	Datos oficiales – división política administrativa nivel urbano.
Límites de barrios y colonias - 2010	Datos oficiales – división política administrativa nivel urbano.
Límites de predios- 2010	Datos oficiales – división política administrativa nivel urbano.
Urbanizaciones en construcción – suelos vacantes- 2016	Datos oficiales – división política administrativa nivel urbano.
ORTOFOTOGRAFIA – TOPOGRAFIA.	
Imágenes satelitales 1993, 2003, 2014 - - IDOM IH Cantabria.	Datos oficiales – información topográfica.
Ortofotos 2014 – JICA.	Datos oficiales – información topográfica.
Hojas cartográficas – IGN – Honduras. 1982	Datos oficiales – información topográfica.
Curvas de nivel – elevación 2010	Datos oficiales – información topográfica.
Red Hídrica - 2010	Datos oficiales – información topográfica.
FISIOGRAFIA Y RECURSOS NATURALES	
Áreas Protegidas – ICF 2010	Datos oficiales – Fisiografía y Recursos Naturales.
Formaciones vegetales y uso del suelo - 1993	Datos oficiales – Fisiografía y Recursos Naturales.
Formaciones vegetales y uso del suelo - 2003	Datos oficiales – Fisiografía y Recursos Naturales.
Formaciones vegetales y uso del suelo - 2014	Datos oficiales – Fisiografía y Recursos Naturales.
Unidades morfológicas - 2014	Datos oficiales – Fisiografía y Recursos Naturales.
Subcuencas declaradas ICF/SANAA 2010	Datos oficiales – Fisiografía y Recursos Naturales.
Formaciones geológicas – 1987	Datos oficiales – Fisiografía y Recursos Naturales.
Fallas geológicas – 1987	Datos oficiales – Fisiografía y Recursos Naturales.
Grietas - geología – 1987	Datos oficiales – Fisiografía y Recursos Naturales.
Localización de embalses ICF/SANAA 2010	Datos oficiales – Fisiografía y Recursos Naturales.
Microcuencas declaradas 2018	Capa gestionada a través de Unidad de Gestión Ambiental de la AMDC
Áreas protegidas del Distrito Central 2018	Capa gestionada a través de Unidad de Gestión Ambiental de la AMDC
CLIMA	
Pluviómetro 2017	Información oficial utilizada por el CODEM
Bocinas Instaladas 2017	Información oficial utilizada por el CODEM
Marcaje Limnimétrico 2017	Información oficial utilizada por el CODEM
ASPECTOS SOCIALES	
CODEL 2017	Información de existencia de Comités de Emergencia Locales en colonias y barrios del DC
Juntas Administradoras de Agua del DC 2017	Información de existencia de juntas de agua en colonias y barrios del DC
Patronatos 2017	Información de existencia de patronatos en colonias y barrios del DC
Albergues 2017	Información oficial utilizada por CODEM
Información del observatorio violencia 2017	Información proporcionada por la Dirección de Gestión Comunitaria y Desarrollo Humano del Observatorio de Violencia.
Intervención territorial total -2014	Datos oficiales – Aspectos sociales - nivel municipal.
Intervención territorial urbana -2014	Datos oficiales – Aspectos sociales - nivel municipal.
Intervención territorial predial urbana -2014	Datos oficiales – Aspectos sociales - nivel municipal.
Sin Intervención territorial predial urbana -2014	Datos oficiales – Aspectos sociales - nivel municipal.

NOMBRE DE LOS DATOS -AÑO	DESCRIPCIÓN
Patrimonio cultural	
Instalaciones referenciales Publicas y Privadas -2014	Datos oficiales – Aspectos sociales - nivel municipal.
ASPECTOS ECONÓMICOS	
Concesiones mineras - 2014	Datos oficiales – Aspectos economicos - nivel municipal
VULNERABILIDAD Y RIESGOS	
Amenaza a deslizamientos -2015	Datos oficiales – Vulnerabilidad y Riesgos - nivel municipal.
Amenaza a inundación - 2002	Información obtenida en el plan maestro de JICA 2002
Mapa multiamenazas 2011	Información de amenaza alta y media de deslizamiento, susceptibilidad alta, media y baja de deslizamiento
Amenazas DC (Geología y Pendientes) -2014	Información de amenaza alta y media de deslizamiento, susceptibilidad alta, media y baja de deslizamiento
Amenaza a inundaciones -2015	Datos oficiales – Vulnerabilidad y Riesgos - nivel municipal.
Amenaza a deslizamientos -2015	Datos oficiales – Vulnerabilidad y Riesgos - nivel municipal.
Susceptibilidad a deslizamientos -2015	Datos oficiales – Vulnerabilidad y Riesgos - nivel municipal.
Exposición urbana frente a susceptibilidad a deslizamientos -2015	Datos oficiales – Vulnerabilidad y Riesgos - nivel municipal.
Riesgo urbano – edificaciones que colapsan frente a inundaciones – Tr 10 años	Datos oficiales – Vulnerabilidad y Riesgos - nivel municipal.
Riesgo urbano – edificaciones que colapsan frente a inundaciones – Tr 20 años	Datos oficiales – Vulnerabilidad y Riesgos - nivel municipal.
Riesgo urbano – edificaciones que colapsan frente a inundaciones – Tr 50 años	Datos oficiales – Vulnerabilidad y Riesgos - nivel municipal.
Riesgo urbano – edificaciones que colapsan frente a inundaciones – Tr 100 años	Datos oficiales – Vulnerabilidad y Riesgos - nivel municipal.
Riesgo urbano – edificaciones que colapsan frente a inundaciones – Tr 500 años	Datos oficiales – Vulnerabilidad y Riesgos - nivel municipal.
ORDENAMIENTO TERRITORIAL.	
Copia de ZONIFICACION DEL DISTRITO CENTRAL-2018	Información de zonificación de colonias y barrios del Distrito Central.
Escenario óptimo de intervención social y económico- 2015	Datos oficiales – ordenamiento territorial.
Escenario óptimo – zonas de intervención social y económico- 2015	Datos oficiales – ordenamiento territorial.
Escenario óptimo zonas de intervención ambiental y riesgos- 2015	Datos oficiales – ordenamiento territorial.
Escenario óptimo – propuesta de zonificación - 2015	Datos oficiales – ordenamiento territorial.
Escenario tendencial zonas de intervención ambiental y riesgos- 2015	Datos oficiales – ordenamiento territorial.
Escenario tendencial – propuesta de zonificación - 2015	Datos oficiales – ordenamiento territorial.
Escenario tendencial – propuesta de zonificación periurbana - 2015	Datos oficiales – ordenamiento territorial.
Propuesta de viabilidad - 2015	Datos oficiales – ordenamiento territorial.
Propuesta de mejoramiento de drenaje - 2015	Datos oficiales – ordenamiento territorial.
Propuesta de densificación vertical - 2015	Datos oficiales – ordenamiento territorial.
Zonas de producción hídrica.- 2014	Datos oficiales – ordenamiento territorial.
Ubicación de Semáforos 2018	Datos oficiales proporcionados por la gerencia
Estaciones de taxis 2018	Datos oficiales proporcionados por la gerencia
Iconos Comayagüela 2019	Datos oficiales de Gerencia de Turismo
Iconos Tegucigalpa 2019	Datos oficiales de Gerencia de Turismo
Distribuidores/Calles liberadas 2018	Datos oficiales de la Gerencia de Control de la Construcción

Actualmente se encuentra en desarrollo el portal amdc.giscloud.com que contiene la información oficial de la AMDC la cual se viene trabajando con COMUDE desde 2017. La última información oficial data de noviembre de 2021 y desde entonces no se ha vuelto a actualizar. Paralelamente a este desarrollo, se ha puesto en marcha otra aplicación de AMDC a través de un GEONODE instalado en los servidores que se han adquirido para el desarrollo del SIMET gracias al programa GOAL/USAID y Barrio resiliente de GIZ. Dentro de este desarrollo, se ha integrado la última base de datos oficial de COMUDE, que era la de noviembre de 2021, y hay otras aplicaciones que están integradas como la de amenaza de desastre de laderas, de inundaciones, seguimiento de precipitaciones y niveles de ríos, y previsión de inundaciones, así como plataformas de modelización hidrológica e hidráulica, una plataforma de boletín sobre condiciones hidrometeorológicas, y una plataforma de seguimiento en tiempo real de las condiciones de lluvia.

Las siguientes figuras muestran capturas de pantalla a los dos desarrollos que se encuentran dentro de AMDC para la gestión de la información geográfica, SIMET (mapas.simet.amdc.hn/mapstore, amdc.giscloud.com).

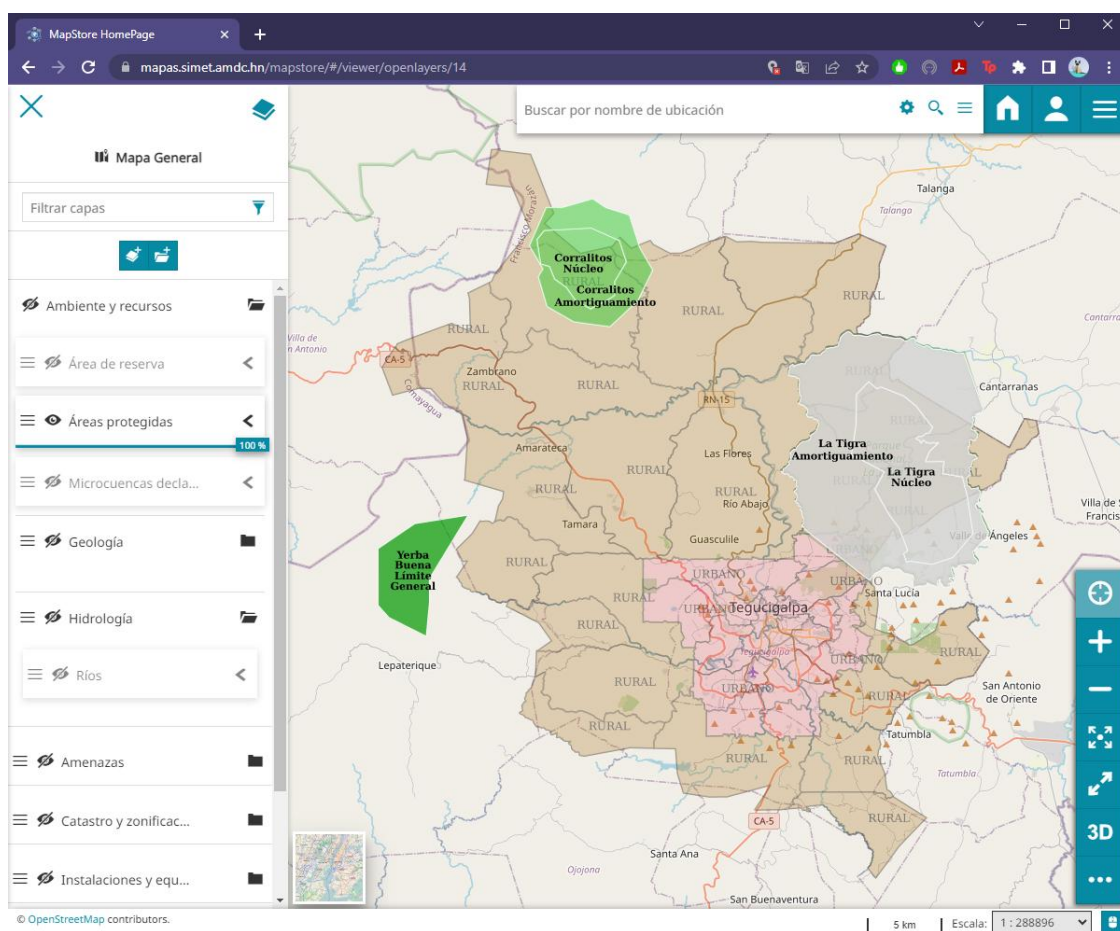


Figura 72 Captura de pantalla de SIMET en mapas.simet.amdc.hn/mapstore/# (AMDC)
(<https://mapas.simet.amdc.hn/mapstore/#/viewer/openlayers/14>)

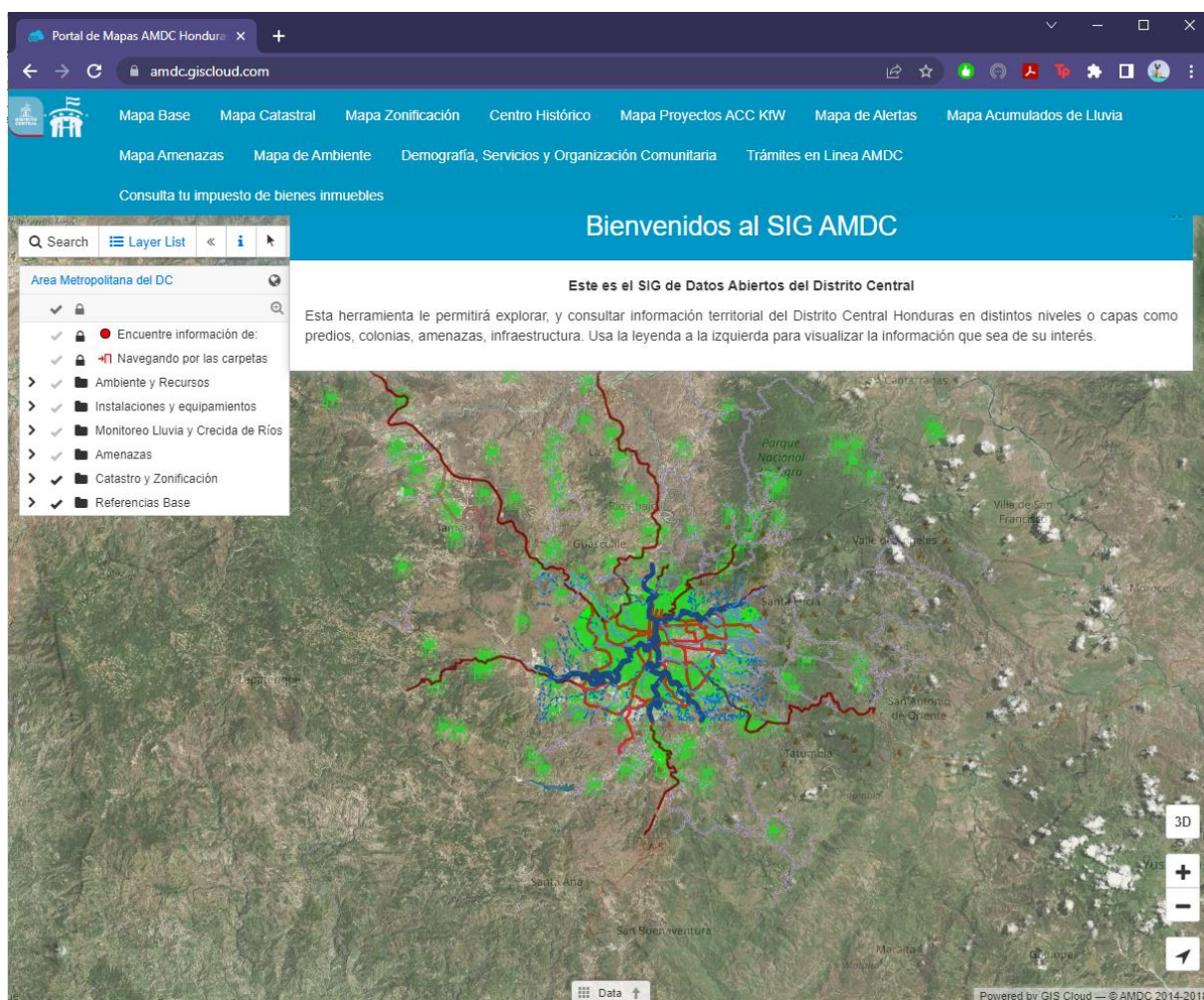


Figura 73 Captura de pantalla de SIMET en amdc.giscloud.com (<https://amdc.giscloud.com/>)

5.1.2 Sistema de gestión en AMDC

(1) Procedimiento para actualizar la data de SIMET

Los datos sobre deslizamientos, falla de ladera/caída de rocas pueden actualizarse básicamente una vez al año. El procedimiento es el siguiente, JICA (EEJ) completa una capa y la presenta a UMGIR. Después de que UMGIR reciba los datos, se envía una carta al comité COMUDE. Una vez que UMGIR recibe la aprobación de COMUDE, el administrador de la Sección de TI del AMDC-UMGIR se encarga de cargar los datos del SIG en el SIMET. El procedimiento suele durar de uno a tres meses para actualizar los datos existentes.

En primer lugar, la información que se ingresa como actualización de riesgo es remitida por UMGIR a COMUDE para que sea analizada por su Comité Técnico Permanente (CTP-COMUDE), luego de ser analizada por el CTP, se eleva al pleno de la COMUDE para que sea oficializada. Tras hacerse oficial, el representante de información de riesgos (UMGIR)

la sube utilizando sus credenciales a cualquiera de las dos plataformas, ya sea en GISCLOUD o GEONODE.

*** AMDC busca que la información de GISCLOUD se migre a GEONODE (SIMET)

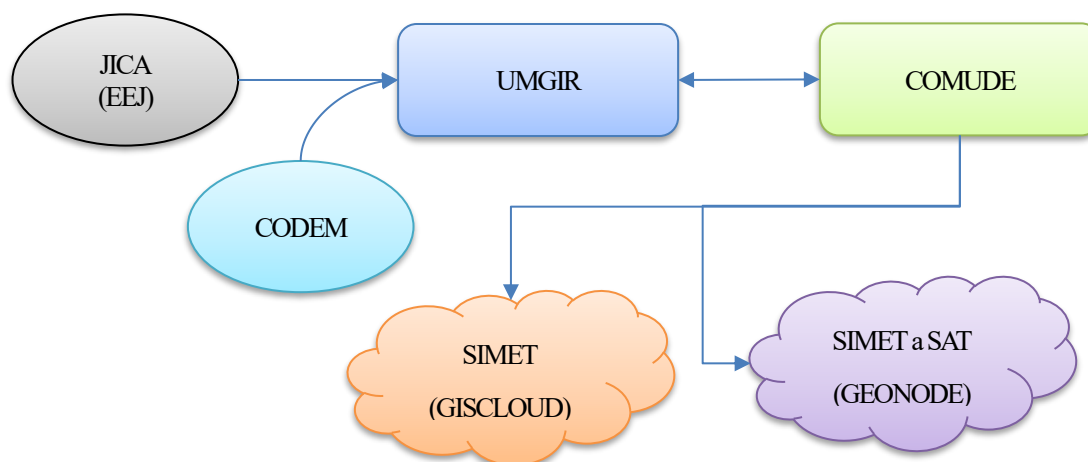


Figura 74 Procedimiento de actualización de datos en SIMET (EEJ)

(2) Nombre de la sección encargada de actualizar los datos SIMET.

- **Oficina de gestión de SIMET en AMDC:** Sección IT, UMGIR
- **Responsable:** (Jefe) Administrador del SIMET (UMGIR, sección informática), (Asistente) Personal para la gestión de la información y los sistemas.

En este momento, las dos unidades de AMDC que disponen de credenciales para acceder plenamente a SIMET son UMGIR y la Dirección de Información y Sistemas (SIG). En los próximos meses se intentará habilitar a otras unidades de AMDC para que puedan ser los creadores de sus propios mapas.

Observaciones:

- **SIMET:** Sistema de Información Municipal sobre Estudios Territoriales
- **SAT:** Sistema de Alerta Temprana (Early Warning System)

- 3) Para su preparación, introduzca la ruta del fichero de datos en la tabla de atributos. (En la figura anterior, el nombre del campo es “Path”.)
- 4) Haga clic con el botón derecho en la capa de destino y abra Layer Properties. Y luego haga click a Display tab.
- 5) Encuentre la configuración de Hyperlink en medio de cuadro de diálogo. (Ver A en la figura siguiente)
- 6) Revise en “Support Hyperlinks using field;”, y luego seleccione Path para el campo objetivo.
- 7) Click en botón Edit y asegúrese de que el HyperLink Script (Vea B en la figura siguiente).
- 8) Antes de guardar el archivo MXD, asegúrese en Map Document Property y revise en Pathnames: “Store relative pathnames to data sources” si desea utilizar el sistema de ruta relativa. (Ver C en la figura)

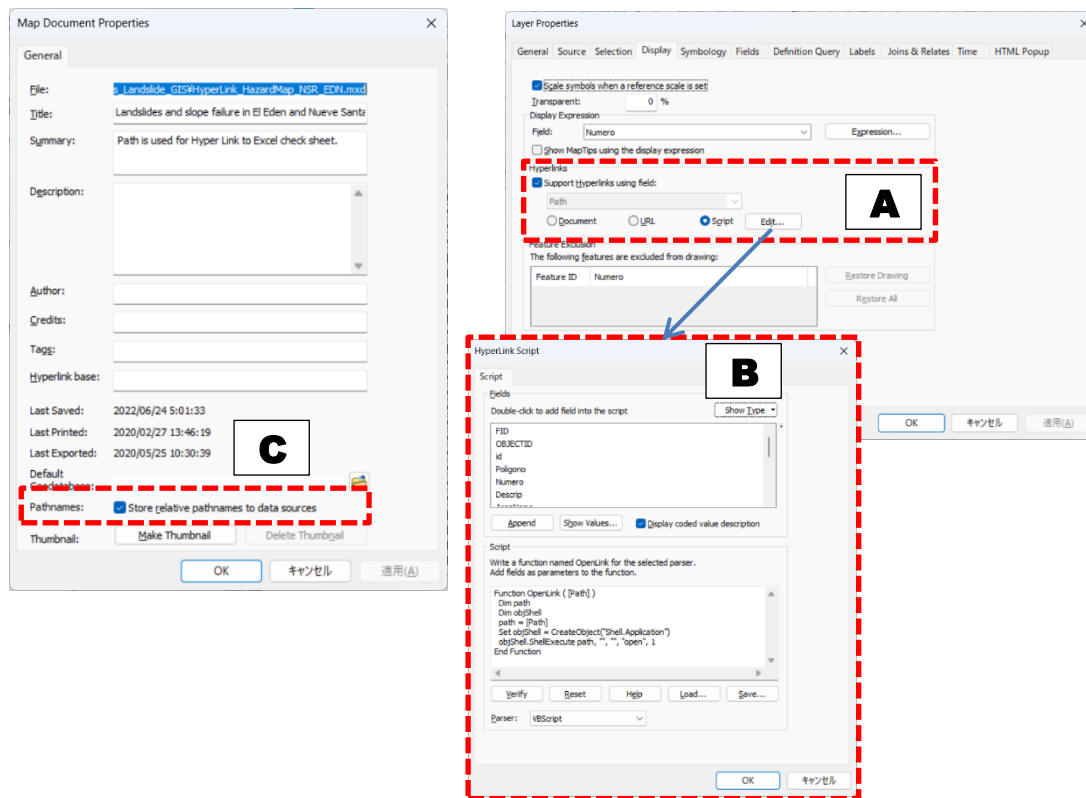


Figura 76 Ajustes importantes de la herramienta Hyper Link (EEJ)

5.2.2 Cómo administrar datos antiguos y nuevos

Deje que UMGIR decida cómo gestionar los datos antiguos y nuevos. Existe un método para archivar y conservar datos antiguos.

5.3 Almacenamiento del historial de desastres

5.3.1 Historial de daños por medios de comunicación

Los artículos en periódicos, revistas, etc. indican la fuente y, en algunos casos, se puede requerir permiso (Figura 77, y Figura 78).



Figura 77 Desastre de la Guillén (La Tribuna Miércoles 7 de junio, 2023)



Figura 78 Colonia Izaguirre (EL HERALDO, 12 de noviembre de 2013)

5.3.2 Datos observacionales

Si los datos de observación, incluidos los datos de monitoreo, se actualizan en SIMET, indique la ubicación, la fecha y la hora y el período de observación.

5.3.3 Datos de estudios de campo

Los resultados de los estudios de campo deben completarse tanto como sea posible. Si el personal de campo escribe artículos durante la encuesta, asegúrese de conocer la fecha y la ubicación (por ejemplo mediante datos de GPS).

Referencias:

Fujiwara A. (1979): Analysis and Prevent-Plan of Landslides, Rikoh Publish Co., Tokyo. (in *Japanese*)

JICA (2002) The study on flood control and landslide prevention in Tegucigalpa metropolitan area of the republic of Honduras (official document). Final Report in English version.

JICA (2012): Final Report, The Project for Developig Countermeasures against Landslides in the Abay River Gorge.

Ministry of Land, Infrastructure and Transport Infrastructure Development Institute-Japan (2004): Guidelines for Construction Technology Transport: Development of warning and Evacuation System Against Sediment Disasters in Developing Countries.

Road Management Technical Center (2007): Guideline for inspection on road slope disaster in Japan (in *Japanese*).

Rodgers, R. D. and O'Conner, E. A. (1990): Geologic map of the Tegucigalpa quadrangle, Honduras (scale 1: 50,000), Instituto Geográfico Nacional.

Tefera M., Chernet T. and Haro W. (1996): Geological map of Ethiopia 1:2,000,000, Second edition, Geological Survey of Ethiopia.

Varnes D.J. (1978): Slope movement 43. types and processes, in Schuster, R.L., and Krizek, R.J., eds., Landslides—Analysis and control: Transportation Research Board Special Report 176, National Research Council, Washington, D.C., p. 11–23.

Watari M. and Kohashi S. (1987): Prediction and countermeasures for landslides and slope failures, Sankaido Publish Co., Tokyo. (in *Japanese*).

Apéndice

Ap. 1. Ejemplos de Formato de ficha de evaluación (Deslizamientos, Falla de Ladera / Caída de Rocas)

Ap. 2. Ejemplo de Registro de datos de los resultados del estudio de campo (levantamiento de edificios)

Ap. 3. Ejemplo de cómo organizar la selección de elementos de la ficha de investigación

Apéndice 1. Ejemplos de Formato de ficha de investigación (Deslizamientos, Falla de Ladera / Caída de Rocas)

PROYECTO PARA EL CONTROL Y MITIGACIÓN DE DESASTRES EN LADERAS EN EL DISTRITO CENTRAL

DESGLIZAMIENTO

FICHA DE EVALUACION EN CAMPO PARA ELABORACIÓN DE MAPA DE RIESGOS A MOVIMIENTOS EN MASA

Ubicación:			
Inspector:		Organización:	

Fecha/Hora:	
-------------	--

Zona UTM:	
Latitud:	
Longitud:	

CATEGORIA	ITEM	PUNTAJE
Condiciones Topográficas	Escarpe de Deslizamiento	Existe claramente 20
		Existe, pero parcial y no claramente 15
		Existe, pero no claro 10
	Anomalías en Superficie	Grietas grandes y nuevas, escalones y subsidencia 20
		Pequeñas y antiguas grietas, escalones y subsidencia 15
		Ligera deformación del terreno 10
Condiciones Geológicas		Sin anomalías 0
		Coluvios 5
	Tipo de Rocas	Roca meteorizada (alterada) 4
		Suelos moderados 3
		Roca sana (sólida) 2
	Rocas Fracturadas	Alta densidad de fracturas 15
		Moderadamente fracturadas 10
		Bajas densidad de fracturas 5
		Sin rocas 0
Condiciones Hidrológicas	Muchos manantiales / muchas filtraciones de agua	20
	Pocos manantiales / pocas filtraciones de agua	10
	Rastros de agua	5
	Sin presencia de agua	0
Otros Indicadores	* ☐ Inclinación postes / árboles	3 o más correspondencias 20
	☐ Gradas deformadas	2 correspondencias 15
	☐ Tubería deformada	1 correspondencia 10
	☐ Fisuras/grietas en edificaciones	Sin correspondencias 0
		0
Obras de Contramedida	No existen obras de contramedida en el sitio	0
	Existe obra de contramedida (incompleta)	-20
	Existe obra de contramedida (completa)	-50
* marcar las opciones que apliquen		SUMA TOTAL (ST) =
☐ Llenar en campo		NOTA:
☐ Cálculo automático		En caso de que ST < 0, entonces ST = 0

CARACTERÍSTICAS DEL DESLIZAMIENTO:			
Coordenada Parte Alta		Coordenada Parte Baja	
Latitud:		Latitud:	
Longitud:		Longitud:	
Parte Alta	Parte Media	Parte Baja	
Grietas:	Grietas:	Grietas:	
Agua:	Agua:	Agua:	
			Largo m Ancho m Medido en: ☐ Mapa ☐ SIG ☐ Sitio

VALORACIÓN GENERAL:		
Diagnóstico		Rango
1	El trabajo de contramedidas es necesario	ST >= 70 -
2	No es necesaria una contramedida urgente, se necesitan inspecciones periódicas	50 <= ST < 70 -
3	Contramedidas no son necesarias	ST < 50 -

OBSERVACIONES:

v3.1 (2019.11.28)

PROYECTO PARA EL CONTROL Y MITIGACIÓN DE DESASTRES EN LADERAS EN EL DISTRITO CENTRAL

FALLA DE LADERA Y DERRUMBE

FICHA DE EVALUACION EN CAMPO PARA ELABORACIÓN DE MAPA DE RIESGOS A MOVIMIENTOS EN MASA

Ubicación:			
Inspector:		Organización:	
Zona UTM:		Altura:	msnm
Latitud:			
Longitud:			

Fecha/Hora:	
-------------	--

Falla en Ladera		Talud Natural	
Derrumbe		Talud Artificial	Corte
			Terraplen

CATEGORÍA		ÍTEM	PUNTAJE		
Condiciones Geológicas y Geomorfológicas del Terreno	Estructura Geológica	Tipo de Rocas	Coluvios	8	
			Roca meteorizada (alterada)	6	
			Suelos moderados	2	
			Roca sana (sólida)	0	
		Rocas Fracturadas	Alta densidad de fracturas	10	
			Moderadamente fracturadas	5	
			Bajas densidad de fracturas	0	
			☐ Grietas en la corona ☐ Escarpes secundarios ☐ Rocas inclinadas ☐ Bloques rodados	3 o más correspondencias 2 correspondencias 1 correspondencia Sin correspondencias	12 8 4 0
		Geomorfología	Forma	Cóncava	6
				Convexa	4
				Plana	2
			Ángulo $i = \text{ ___\$		

CATEGORÍA		ITEM	PUNTAJE	
Microtopografía y Otros Indicadores	Deformación	☐ Inclinación postes / árboles	3 o más correspondencias	12
		☐ Gradas deformadas	2 correspondencias	7
		☐ Tubería deformada	1 correspondencia	4
		☐ Fisuras / grietas en edificaciones	Sin correspondencias	0
	Condición de la Superficie	Tierra desnuda con vegetación menor	8	
		Intermedio (desnudo, árboles, hierba)	5	
		Estructuras (edificaciones) y árboles	2	
	* marcar las opciones que apliquen			
	☐ Llenar en campo			
	☐ Cálculo automático			
SUMA TOTAL (ST) =				

VALORACIÓN GENERAL:			
Diagnóstico		Rango	
1	El trabajo de contramedidas es necesario	ST ≥ 70	-
2	No es necesaria una contramedida urgente, se necesitan inspecciones periódicas	60 $\leq$ ST < 70	-
3	Contramedidas no son necesarias	ST < 60	-

OBSERVACIONES:

Apéndice 2. Ejemplo de Registro de datos de los resultados del estudio de campo (levantamiento de edificios)

Si la evaluación de riesgos considera edificios (instalaciones públicas) dentro y alrededor del polígono de riesgo, considere el siguiente ejemplo.

28/11/22, 9:12

Levantamiento de Edificaciones

Ficha - 016

Levantamiento de Edificaciones

Generales

Nombre De Encuestador	Colonia	ID de Polígono	Fecha de Levantamiento
Mariela Suazo	Guilén	NSR## o EDN## NSR24	2022.11.28

Edificación

Nombre del Edificio Escuela Emmanuel	
Coordenada de Ubicación de la Edificación Pulse varias veces hasta obtener una precisión de 5 metros o menos latitud (x,y *) 14.118849 longitud (x,y *) -87.185126 altitud (m) 1136.006557464599 precisión (m) 3.535533905932737	Tipo de Edificación ☐ Vivienda ☐ Iglesia ☒ Escuela ☐ Centro de Salud ☐ Salón Comunitario ☐ Albergue ☐ Edificio de Gobierno ☐ Otro
Atributo de Edificación ☒ Público ☐ Privado ☐ No Claro	Estado de Uso de Edificación ☒ Uso Diario (Vivienda/trabajo) ☐ Uso temporario (Rituales, eventos) ☐ No claro/abandonado
Foto 1 image-10_3_33.jpg 	Foto 2 image-10_3_48.jpg 
Comentario (Opcional) Escuela fue centro piloto del proyecto BOSAI de JICA	

Ficha de investigación de edificios (NSR 24)

Lista de edificios por encuesta (NSR 24)

No	Atributo			Estado de Uso		
	Publico	Privado (Residencia)	No Claro	Diarias (Viviendo / Trabajo)	Temporal (Rituales, Eventos)	No Claro (Abandonado)
1	Iglesia Bautista				Iglesia	
2	Iglesia Bautista				Iglesia	
3	Esc. Enmanuel			Escuela		
4						
5						
6						
7						
Total	3	0	0	1	2	0

Appendix 3 Ejemplo de cómo organizar la selección de elementos de la ficha de investigación

Al seleccionar los elementos y factores de la ficha de investigación, es útil comprender el sitio siguiendo los pasos a continuación para preparar los materiales.

Esto es para los elementos de la presentación, pero ocurre lo mismo a la manera de hacer un material (ver figura a continuación).

- Nombre
- Título de Presentación
- Ubicación del Sitio (Coordenadas UTM Zona 16 N): Este, Norte, y Elevación
- Fotografías
- Consideraciones del Fenómeno Observado y Conclusiones
- Comentario (por Expertos)

Proyecto para el Control y Mitigación de Desastres en Laderas
del Distrito Central en la República de Honduras»
Resultado 3

Nombre: _____

Título de Presentación: _____

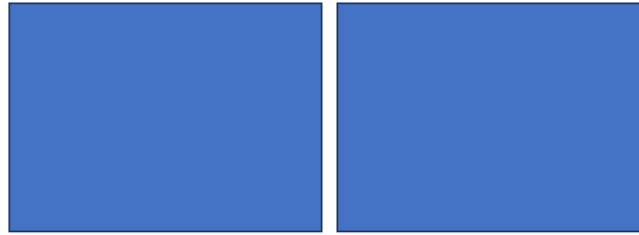
Ubicación del Sitio (Coordenadas UTM Zona 16-N)

Este: _____

Norte: _____

Elevación: _____

Fotografías



Consideraciones del Fenómeno Observado y Conclusiones

El miembro del Resultado 3 deberá describir el fenómeno observado y explicar las razones por las cuales considera es importante para el análisis de amenaza para un deslizamiento o falla de ladera y caída de rocas. También deberá escribir una breve conclusión sobre el mismo.»

Comentario (Prof. Hirota)

El Prof. Hirota realizará un breve comentario sobre el fenómeno seleccionado.

Formato para resumir el contenido de la presentación.

A continuación se muestra un buen ejemplo de resultados de observación de laderas.

Lugar:
Las Lajas, Comayagua

Fenómeno:
Falla de Ladera

Coordenadas UTM Zona 16N

- Este: 437157.00
- Norte: 1642194.00
- Elevación: 1155.00 m



Ladera evaluada por el investigador del GT (parcialmente editado)

PROYECTO PARA EL CONTROL Y MITIGACIÓN DE DESASTRES EN LADERAS EN EL DISTRITO CENTRAL

FALLA DE LADERA Y DERRUMBE

FICHA DE EVALUACION EN CAMPO PARA ELABORACIÓN DE MAPA DE RIESGOS A MOVIMIENTOS EN MASA

Ubicación:			
Inspector:		Organización:	
Zona UTM:	16P (UTM 16N WGS84)	Altura:	msnm
Este (X):			
Norte (Y):			

Fecha/Hora: _____

Falla en Ladera		Talud Natural	
Derrumbe		Talud Artificial	
		Corte	
		Terraplen	

CONDICIONES GEOLÓGICAS Y GEOMORFOLÓGICAS DEL TERRENO	CATEGORÍA		ÍTEM	PUNTAJE
Estructura Geológica	Tipo de Rocas		Coluvios	8
			Roca meteorizada (alterada)	6
			Suelos moderados	2
			Roca sana (sólida)	0
			Alta densidad de fracturas	10
	Rocas Fracturadas		Moderadamente fracturadas	5
			Bajas densidad de fracturas	0
			3 o más correspondencias	12
			2 correspondencias	8
			1 correspondencia	4
Geomorfología	Forma		Cóncava	6
			Convexa	4
			Plana	2
			Pendiente $\geq 45^\circ$	12
	Ángulo $i = \text{---}^\circ$		Pendiente $22.5^\circ \leq i < 45^\circ$	8
			Pendiente $15^\circ \leq i < 22.5^\circ$	3
			Pendiente $< 15^\circ$	0
	Altura $H = \text{---} \text{m}$		$H \geq 50\text{m}$	12
			$30\text{m} \leq H < 50\text{m}$	9
			$15\text{m} \leq H < 30\text{m}$	6
Condiciones Hidrológicas	Evidencia de Erosión		Surcos de agua natural	10
			Barrancos o quebradas	8
			Zanjas artificiales	6
			Surcos de agua residual	2
			No hay erosión	0
	Presencia de Agua		Manantiales al pie de talud	10
			Filtraciones de agua al pie del talud	8
			Filtraciones por tubería rota	6
			Agua residual sobre el deslizamiento	4
			Escoorrentia natural	2
			Sin presencia de agua	0

MICROTOPOGRAFÍA Y OTROS INDICADORES	CATEGORÍA		ÍTEM	PUNTAJE
Deformación	Inclinación de postes / árboles		3 o más correspondencias	12
			2 correspondencias	7
			1 correspondencia	4
			Sin correspondencias	0
	Gradas deformadas		Tierra desnuda con vegetación menor	8
			Intermedio (desnudo, arboles, hierba)	5
			Estructuras (edificaciones) y arboles	2
			Suma Total (ST)	
			=	

☐ Llenar en campo
☐ Cálculo automático

VALORACIÓN GENERAL:			
Diagnóstico		Rango	
1	El trabajo de contramedidas es necesario	ST ≥ 70	-
2	No es necesaria una contramedida urgente, se necesitan inspecciones periódicas	60 $\leq$ ST < 70	-
3	Contramedidas no son necesarias	ST < 60	-

OBSERVACIONES:

v3.2 (2019.12.02)

Ficha de investigación de Falla de Ladera / Caída de Rocas por parte del investigador (el cuadro rojo son elementos y ítemes de observación)

*Proyecto para el Control y Mitigación de Desastres en Laderas
del Distrito Central en la República de Honduras*

Resultado 3

Nombre: Alejandro Flores

Título de Presentación: Falla de Ladera en Las Lajas, Comayagua

Ubicación del Sitio (Coordenadas UTM Zona 16 N)

Este: 437157.00

Norte: 1642194.00

Elevación: 1155.00 m

Fotografías



Consideraciones del Fenómeno Observado y Conclusiones

- Esta es una ladera de suelo por lo cual su forma al fallar es similar a la de un deslizamiento de tierra.
- La ladera falló debido al corte que se realizó previamente en el talud para la construcción de la carretera.
- Es muy probable que la parte superior se erosionó considerablemente debido a las lluvias y ocasionó su colapso.
- Su condición actual es inestable y requiere de contramedidas inmediatas.
- Conclusión: Los fenómenos de Fallas de Ladera se incluyen en las Fichas de Evaluación de campo ya que los podemos encontrar con mucha frecuencia a orilla de carretera aún dentro del casco urbano de Tegucigalpa.

Comentario (JET)

Como ejemplo de la falla de Ladera, el observador buscó exactamente dónde debería ocurrir el fenómeno del derrumbe.

Esta ladera proporciona un buen ejemplo para considerar el mecanismo de derrumbe porque el fenómeno de derrumbe se puede observar en su conjunto.

Resumen de elementos de observación de los presentadores y comentarios del JET

*Manual para Reglamento de uso de suelos en las
zonas de amenaza de desastres en ladera*

Proyecto para el Control y Mitigación de Desastres en Laderas
del Distrito Central en la República de Honduras

Manual para Reglamento de uso de suelos en las zonas de amenaza de desastres en ladera

Julio de 2023

Alcaldía Municipal del Distrito Central

Equipo de Expertos de JICA

Abreviatura

Abreviatura	Nombre oficial en español
AMDC	Alcaldía Municipal del Distrito Central
CODEL	Comité de Emergencia Local
CODEM	Comité de Emergencia Municipal
COPECO	Secretaría de Estado en los Despachos de Gestión de Riesgos y Contingencias Nacionales
DFA	Dirección de Finanzas y Administración
DGCDH	Dirección de Gestión Coñunitaria y Desarrollo Humano
GCC	Gerencia de Control de la Construcción
GT	Grupo de Trabajo
IDEM	Gerencia Instituto de Desarrollo Municipal
JET	Equipo de Expertos de JICA (JICA Expert Team)
JICA	Agencia de Cooperación Internacional del Japón
UGA	Unidad de Gestión Ambiental
UMGIR	Unidad Municipal de Gestión Integral de Riesgo
UMPEG	Unidad Municipal de Planificación y Evaluación de la Gestión

Contents

Capítulo 1. Introducción, Antecedentes del Reglamento	1
1.1 Propósito del Manual y Su Objetivo.....	1
1.2 Razón por la que es necesaria el Reglamento para desastres en ladera	3
1.3 Ejemplos de desastres en ladera de eventos pasados ocurridos en DC	4
1.3.1 Deslizamiento de tierra El Berrinche	4
1.3.2 Deslizamiento de tierra El Reparto	5
1.3.3 Otros deslizamientos de tierra que han provocado daños.....	6
Capítulo 2. Fundamentos técnicos para el Reglamento para desastre en laderas	7
2.1 Tipo de desastres en ladera.....	7
2.2 Zonas reguladas.....	8
2.2.1 Tipo de zonas en las que se aplica el Reglamento para desastres en ladera	8
2.2.2 Actividades de construcción que deben regularse	8
2.3 Metodología para designar la categoría de regulación y las zonas reguladas.	9
2.3.1 Categoría de regulación	9
2.3.2 Evaluación de amenazas	9
2.3.3 Entrar a los terrenos privados y públicos para la evaluación	10
2.4 Mapa de regulación.....	12
2.4.1 Paso para elaborar el mapa de regulación.....	12
2.4.2 Demostración en ArcGIS.....	15
2.4.3 Mapa de Regulación para la Socialización.....	16
Capítulo 3. Zonas reguladas y categoría de regulación.	19
3.1 Descripción y alcance de las zonas.....	19
3.2 Tipo de uso del suelo que puede implantarse en cada zona regulada	21
Capítulo 4. Protocolo Actividades de Difusión	23
4.1 Identificación de los actores	23
4.2 Métodos de difusión y concientización	25
4.3 Cosas que hay que tener en cuenta al hablar con los residentes	26

Capítulo 5.	Flujo de aplicación y formatos	27
5.1	Formatos/formas para la Licencia de Obra	27
5.2	Explicación general sobre el flujo del proceso en AMDC	27
5.3	Estudio de caso de las zonas reguladas	31
5.3.1	Procedimientos básicos para las obras de construcción en el DC	31
5.3.2	Estudio de casos.....	31
5.4	Hoja de ruta para la expedición de licencias de obra.....	37
Capítulo 6.	Preguntas y respuestas	38
Capítulo 7.	Leyes y reglamentos relevantes	40
7.1	Leyes nacionales.....	40
7.2	Reglamentos existentes en AMDC.....	40
Capítulo 8.	Reference	43

Capítulo 1. Introducción, Antecedentes del Reglamento

1.1 Propósito del Manual y Su Objetivo

Propósito

En el marco del Proyecto de Control y Mitigación de Desastres de Laderas en el Distrito Central de la República de Honduras (en adelante "el Proyecto"), la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (en adelante "JICA"), ha colaborado con la Alcaldía Municipal del Distrito Central (en adelante "AMDC"), en el fortalecimiento de la capacidad de regular el ordenamiento territorial en las zonas de amenazas de desastres en ladera en el Municipio, sobre las cuales se requiere ejercer un estricto control en la ejecución de las diversas obras y/o actividades que pudieran permitirse en dichas zonas, con el fin de reducir el riesgo de desastres en ladera.

En el marco de la actividad del Proyecto, el Equipo de Expertos de JICA (en adelante "JET") y AMDC ha creado un borrador del " REGLAMENTO DE USO DE SUELOS PARA LAS ZONAS EN AMENAZA DE DESASTRES EN LADERA " (en adelante "el Reglamento para desastres en ladera") que se ha presentado a la Corporación Municipal.

En el marco de la correcta interpretación y aplicación del Reglamento para desastres en ladera, se ha elaborado este manual para que los miembros de AMDC y los residentes en las zonas reguladas comprendan correctamente el Reglamento. En el ANEXO 1 se resumen las explicaciones detalladas sobre cada artículo del Reglamento para desastres en ladera.

Este manual ha sido elaborado por los miembros de Contraparte pertenecientes al Grupo de Trabajo sobre el Resultado 4 (en adelante "GT4") y el JET. En él se resumen las acciones que debe llevar a cabo AMDC para aplicar sin problemas el Reglamento para desastres en ladera. También incluye el diagrama del proceso para emitir la licencia de obra para actividades de construcción que se lleven a cabo en las zonas reguladas y aclara el departamento responsable de cada actividad.

Durante la preparación del Reglamento para desastres en ladera, se realizaron talleres, reuniones, así como seminarios de transferencia técnica para que el GT4 entendiera los procedimientos para la aprobación del Reglamento para desastres en ladera en AMDC, formatos y materiales explicativos a preparar, tipos de desastres en laderas, evaluación de amenazas, tipos de uso de suelo que se pueden implementar en cada zona regulada y restricción estructural.

Dentro de este manual, se explica el protocolo de difusión del Reglamento para desastres en ladera, el flujo de solicitud y formatos de licencia de obra, así como las posibles preguntas y respuestas que el personal de AMDC y el contribuyente enfrentarán respecto a la aplicación del manual.

Objetivo

Este manual facilita a la AMDC la aplicación y comprensión del Reglamento para desastres en ladera,

cuando se realicen obras de construcción, ampliación, remodelación o cualquier tipo de uso de suelo en zonas de desastre en laderas.

1.2 Razón por la que es necesaria el Reglamento para desastres en ladera

Una de las claves de la ordenación del territorio y la gestión de riesgos es regular adecuadamente los usos del suelo en las zonas específicas. Si no se reglamenta la distribución de los usos del suelo o la estructura de los edificios, se produciría un crecimiento urbano que puede aumentar la exposición al riesgo y atentar contra la calidad de vida de los ciudadanos.

En el Distrito Central, se dice que al menos 1 de cada 3 habitantes vive en situación de riesgo de sufrir desastres en ladera. A pesar de los esfuerzos del gobierno central y local, no ha sido posible reducir la exposición al riesgo. Una parte importante de los presupuestos y planes de inversión están orientados a la acción climática y reducción de riesgos por desastres naturales, sin embargo, son insuficientes para revertir los índices de vulnerabilidad del municipio. Mientras tanto, se necesita una enorme cantidad de tiempo y presupuesto para implementar obras de contramedidas en todas las zonas donde ocurren los desastres en ladera. Por lo tanto, además de las obras de contramedidas, un reglamento para limitar las nuevas actividades de desarrollo y solicitar a los residentes existentes que se reubiquen de esas zonas como medida no estructural.

El Reglamento para desastres en ladera, cuyo borrador elaboró el GT4, ofrece un abanico más amplio de posibilidades para regular las obras de construcción realizadas en las zonas con amenaza de desastres en ladera. Por otra parte, aclara el alcance de lo que se puede construir y una serie de acciones en las zonas de desastres en ladera donde no es posible el asentamiento.

1.3 Ejemplos de desastres en ladera de eventos pasados ocurridos en DC

1.3.1 Deslizamiento de tierra El Berrinche

El deslizamiento de tierra El Berrinche, en Tegucigalpa, fue el mayor de los deslizamientos de tierra aislados ocasionados por el huracán Mitch en Honduras en el año 1998.

Destruyo una porción del centro de la ciudad conocida como Colonia Soto y represó al Río Choluteca, creando así una laguna de aguas residuales, corriente arriba de la presa formada por el deslizamiento de tierra. Este hundimiento/flujo de tierra complejo tenía un volumen de aproximadamente 6 millones de metros cúbicos. Debido al lento movimiento inicial del deslizamiento de tierra durante las lluvias provocadas por el huracán, fue posible evacuar a los residentes que habitaban en la masa del deslizamiento de tierra antes de que se iniciara el rápido desplazamiento del deslizamiento y que culminara en el represamiento del río.

En la ilustración se pueden observar varias letras en donde la “T”, denota la punta del deslizamiento de tierra, “L”, señala la laguna represada por la punta del deslizamiento de tierra. “DT”, señala a la muy deformada punta del deslizamiento de tierra, que es donde se ubicaba el centro de la colonia soto, “SB”, señala el bloque superior del hundimiento.

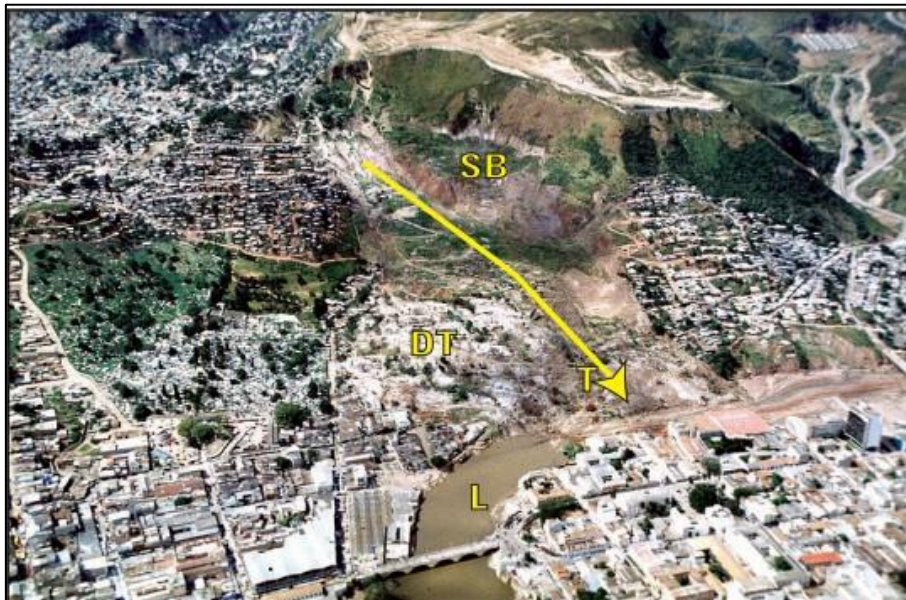


Figura 1 Vista Aérea del deslizamiento de tierra El Berrinche en donde la flecha indica la dirección del desplazamiento (AMDC)

El deslizamiento de tierra El Berrinche se ha mantenido estable, excepto por el hundimiento localizado en el extremo inferior al pie del deslizamiento de tierra, en donde como consecuencia de la excavación del canal se han producido pendientes más inclinadas.



Figura 2 Vista de la ya muy deformada área del pie del deslizamiento de tierra El Berrinche (AMDC)

1.3. 2 Deslizamiento de tierra El Reparto

Este deslizamiento de tierra se produjo a media mañana del 31 de octubre de 1998 y se prolongó por varias horas. El movimiento final del hundimiento ocasiono la formación de un flujo de escombros, el cual se formó a partir de la excesivamente inclinada punta del deslizamiento de tierra y demolió las viviendas. Gracias al lento desplazamiento inicial del deslizamiento de tierra fue posible la evacuación de todos los moradores de estas viviendas.

En julio de 2000 se establecieron diversos puntos de observación en la masa del deslizamiento de tierra. En estos puntos de observación se realizaron revisiones periódicas para detectar cualquier nuevo movimiento. Esta supervisión se llevo a cabo ya que hay viviendas que todavía están ocupadas y ubicadas junto al deslizamiento de tierra y pendiente debajo de este.



Figura 3 Deslizamiento de tierra El Reparto (AMDC)

1.3. 3 Otros deslizamientos de tierra que han provocado daños

También se produjeron otros profundos deslizamientos de tierra que ocasionaron daños a los habitantes y propiedades en la ciudad de Tegucigalpa. Dos deslizamientos de tierra ocasionados por el socavado de las riberas del río destruyeron viviendas en el Barrio Miramesi, junto al Río Choluteca y en Nueva Esperanza, Junto al Río Guacerique. El deslizamiento del Barrio Miramesi, se originó como un deslizamiento de tierra relativamente pequeño. El deslizamiento destruyó o dañó a varias viviendas por efecto del deslizamiento y hundimiento a causa del socavado erosivo del río en el terraplén. La grieta frontal de este deslizamiento de tierra se mantuvo inestable aun durante las estaciones secas de 1999 y 2000.



Figura 4 Deslizamientos de tierra en el Barrio Miramesi, adyacente al Río Choluteca (AMDC)

El deslizamiento de tierra de Nueva Esperanza, ocasionado por el Río Guacerique al socavar y erosionar la pendiente, el cual alcanzó su caudal pico durante el paso del huracán Mitch, destruyó más de 20 viviendas asentadas en la cima de las pronunciadas pendientes del margen del río.



Figura 5 Deslizamiento de tierra a lo largo del Río Guacerique (AMDC)

Capítulo 2. Fundamentos técnicos para el Reglamento para desastre en laderas

2.1 Tipo de desastres en ladera

El tipo de desastres en ladera en el que se centra el Reglamento para desastres en ladera es el deslizamiento y la falla de ladera. Por lo tanto, en lo sucesivo, el término "desastre de ladera" significa deslizamiento y falla de ladera en este manual. La definición detallada se explica en el Manual de creación de mapa de amenaza/mapa de riesgo de ladera (Resultado 3).

Deslizamiento:

Un deslizamiento de tierras es un fenómeno en el que una suave pendiente se desliza hacia abajo sobre una amplia zona. Este fenómeno se produce lentamente, tardando cierto tiempo. Cuando se produce un deslizamiento de tierras, los daños son enormes en una amplia zona, que incluye casas, campos de cultivo y carreteras.

Cabe mencionar que los deslizamientos de tierras se caracterizan por su tendencia a producirse repetidamente en la misma ladera.



Figura 6 Imagen de deslizamiento de tierras
(NPO Sediment Disaster Prevention Publicity Center)

Falla de ladera:

El derrumbamiento de una pendiente pronunciada se denomina "falla de ladera". La causa principal es el agua de lluvia que se filtra por la pendiente en enormes proporciones. Este tipo de falla se caracteriza por ser repentino, con un movimiento rápido y sin indicación previa, normalmente como consecuencia de daños, debilidad estructural o falta de apoyo.

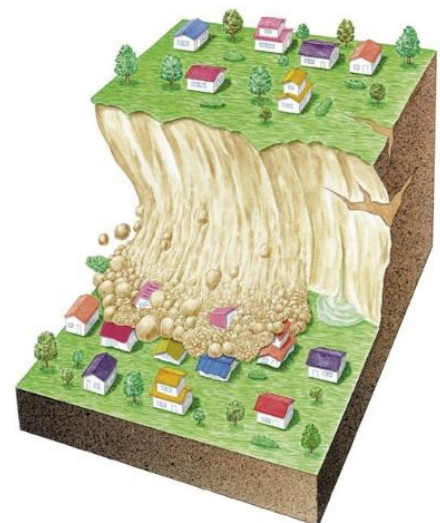


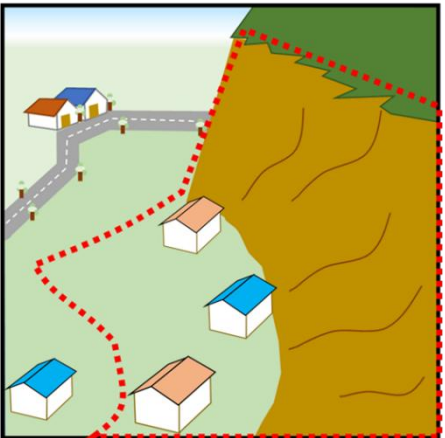
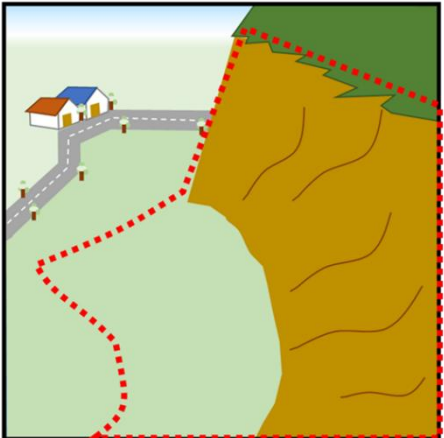
Figura 7 Imagen de falla de ladera
(NPO Sediment Disaster Prevention Publicity Center)

2.2 Zonas reguladas

2.2.1 Tipo de zonas en las que se aplica el Reglamento para desastres en ladera

Para mitigar los daños a los residentes existentes en las zonas donde ya existen edificios, y para evitar futuros daños a los futuros residentes y edificios en las zonas no urbanizadas, las zonas donde se aplicaría el Reglamento se dividieron en 2 categorías: zonas urbanizadas (Zonas habitadas con más de un edificio) y zonas no urbanizadas (Zonas vacantes sin ningún edificio).

Tabla 1 Tipo de zonas en las que se aplica el Reglamento (JET)

		
Tipos de terrenos	Zonas urbanizadas: Zonas con más de una edificación	Zonas no urbanizadas: Zonas sin ninguna edificación
Concepto	Regulation to limit construction works and to share information in order to reduce the possible damage in case of slope disaster.	Regulation to limit new construction works in order to prevent the possible damage in the future events.
Categoría	Categoría A, B, C	Categoría D, E

2.2.2 Actividades de construcción que deben regularse

El tipo de actividades de construcción que deben regularse se define como "construcción nueva", "ampliación" y "remodelación". El Reglamento para desastre en ladera define cada término como se indica a continuación, en base al Reglamento sobre zonificación, obras y usos del suelo en el Distrito Central (en lo sucesivo, "Reglamento CCG"):

- ✓ **Nueva construcción:** Lo que se construye sin utilizar partes o elementos de cualquier construcción preexistente en la propiedad.
- ✓ **Extensión (ampliación):** Se define como el conjunto de obras a realizar en una estructura, edificio o instalación existente, aumentando su superficie y/o volumen.
- ✓ **Remodelación:** Modificación interior o exterior de un edificio existente para adaptarlo a nuevas condiciones de uso sin añadir elementos estructurales, conservando los aspectos sustanciales o las fachadas del edificio original, siempre que no amplíe las zonas útiles o complementarias de un edificio.

En las zonas urbanizadas, se decide regular la nueva construcción de edificios, así como las ampliaciones y remodelaciones de edificios existentes, con el fin de reducir la población futura expuesta al riesgo de desastres en laderas. Con el fin de prevenir los futuros daños causados por desastres en ladera, también se prohíbe la nueva construcción en las zonas no urbanizadas.

2.3 Metodología para designar la categoría de regulación y las zonas reguladas.

2.3.1 Categoría de regulación

El Reglamento para desastres en ladera define 5 (cinco) categorías de zonas en las que están limitadas las actividades de construcción, tres de las cuales corresponden a zonas urbanizadas y dos a zonas no urbanizadas.

La categoría de regulación corresponde al nivel de amenaza de la ladera en la zona. Las zonas evaluadas por la ficha de evaluación de amenazas y clasificadas como de amenaza alta, media o baja, se consideran "zonas reguladas".

- ✓ **Categoría A (Zona habitada de Alta Amenaza para Desastres en ladera):** Zonas urbanizadas evaluadas como de alta amenaza,
- ✓ **Categoría B (Zona habitada de Mediana Amenaza para Desastres en ladera):** Zonas urbanizadas evaluadas como de amenaza media,
- ✓ **Categoría C (Zona habitada de Baja Amenaza para Desastres en ladera):** Zonas urbanizadas evaluadas como de baja amenaza,
- ✓ **Categoría D (Zona baldía de Alta Amenaza para Desastres en ladera):** Zonas no urbanizadas clasificadas como de amenaza alta o media, y
- ✓ **Categoría E (Zona baldía de Baja Amenaza para Desastres en ladera):** Zonas no urbanizadas clasificadas como de baja amenaza

Para seleccionar la categoría de regulación adecuada que debe aplicarse en las zonas con amenaza de catástrofe por pendiente, se utilizará el nivel de amenaza.

2.3.2 Evaluación de amenazas

Para las zonas en las que podrían ocurrir desastres en laderas, la evaluación del estado de laderas se llevará a cabo mediante vistas a campo. Cada una de las zonas que pueden sufrir daños en caso de desastres en laderas se evalúa como de amenaza alta, media o baja. La metodología detallada para la evaluación de amenazas se explica en el Manual de creación de mapa de amenaza/mapa de riesgo de ladera.

A continuación se indican las respuestas necesarias para cada nivel de amenaza.

- ✓ **Nivel de amenaza 1 (Amenaza alta):** Actualmente se producen los avisos de desastres en ladera y se requieren obras de contramedida. Es necesario realizar esfuerzos para promover la reducción de la población afectada por desastres en laderas.
- ✓ **Nivel de amenaza 2 (Amenaza media):** Por el momento no se requieren obras de contramedidas. Sin embargo, es probable que pase al nivel 1 debido a las fuertes lluvias u otros factores. Son necesarios esfuerzos como la limitación del aumento de población en la zona.
- ✓ **Nivel de amenaza 3 (Amenaza baja):** No se necesitan obras de contramedidas y las actividades de construcción están permitidas. Sin embargo, son necesarias medidas no estructurales, como la regulación del uso del suelo o el suministro de información sobre desastres en laderas, ya que la amenaza existe en las zonas de esta categoría.

Tabla 2 Relación entre el nivel de amenaza y la categoría de regulación (JET)

Nivel de amenaza en Resultado 3		Categoría de regulación en Resultado 4	
Nivel	Explicación	Zonas urbanizadas	Zonas no urbanizadas
1. Alto	Deben implantarse obras de contramedida.	Zona habitada de Alta Amenaza para Desastres en ladera (Zona A)	Zona baldía de Alta Amenaza para Desastres en ladera (Zona D)
2. Medio	No se necesitan urgentemente obras de contramedida, pero es necesario un monitoreo del lugar.	Zona habitada de Mediana Amenaza para Desastres en ladera (Zona B)	
3. Bajo	No son necesarias obras de contramedida.	Zona habitada de Baja Amenaza para Desastres en ladera (Zona C)	Zona baldía de Baja Amenaza para Desastres en ladera (Zona E)

Para la regulación de las zonas urbanizadas, se definen 3 categorías: zona habitada de alta amenaza (Zona A), zona habitada de mediana amenaza (Zona B) y zona habitada de baja amenaza (Zona C).

Para la regulación de las zonas no urbanizadas, se establecen 2 categorías. Las zonas clasificadas como nivel de amenaza 1 o nivel de amenaza 2 se designan como zona baldía de amenaza alta y media (Zona D). Las zonas clasificadas como nivel de amenaza 3 como zona baldía de baja amenaza (Zona E).

2.3.3 Entrar a los terrenos privados y públicos para la evaluación

El Reglamento para desastres en laderas se aplica en función del nivel de amenaza. En caso de que los residentes de las zonas afectadas por desastres en laderas se nieguen a realizar la evaluación, ésta no podrá llevarse a cabo, lo que significa que el Reglamento no podrá aplicarse. Para evitar esta situación, el Reglamento para desastres en laderas incluye un artículo que menciona el derecho a entrar en las zonas de desastres en laderas con el fin de evaluar amenazas.

Cuando AMDC entre en propiedades públicas y privadas con el fin de realizar la evaluación de amenazas,

se informará con antelación al propietario de terrenos y a los residentes actuales sobre las actividades que llevará a cabo AMDC. El propietario de terrenos y los residentes actuales no podrán negarse a que AMDC entre sin una razón específica.

Con el fin de garantizar la idoneidad de las actividades relacionadas con el Reglamento para desastres en ladera, la AMDC podrá entrar en el terreno en cuestión e inspeccionar el estado del terreno o de la construcción en cuestión cuando sea necesario para llevar a cabo las actividades con el siguiente propósito.

- ✓ Para realizar una evaluación de amenazas con el fin de determinar las categorías de regulación que deben aplicarse en la zona en cuestión.
- ✓ Para llevar a cabo otra evaluación de amenazas porque es necesario modificar las categorías de regulación en la zona en cuestión debido a cambios en el entorno del talud causados por fenómenos naturales o actividades humanas, etc.
- ✓ Para confirmar si se cumplen correctamente las normas técnicas (tipo de edificio, número de plantas, etc.) definidas por el Reglamento para desastres en laderas.

Además, las personas que entren en los terrenos ocupados por otras con el fin de evaluar amenazas deberán llevar una identificación y mostrarla a solicitud de la persona interesada.

Los propietarios y los residentes actuales pueden negarse a que AMDC entre en sus tierras para la evaluación de amenaza en caso de que se dé la siguiente situación:

- ✓ El equipo de evaluación de AMDC viene a las evaluaciones sin dar ninguna explicación previa al propietario ni a los residentes actuales.
- ✓ La persona que obviamente no tiene nada que ver con las evaluaciones acompaña con el equipo de evaluación de AMDC.
- ✓ Las personas del equipo de evaluación de AMDC no muestran sus ID o identificación que demuestre que está a cargo de las evaluaciones.
- ✓ El equipo de evaluación de AMDC viene a las evaluaciones en horarios que vulneran la vida privada de los residentes actuales (antes de la salida del sol y después de su puesta).

2.4 Mapa de regulación

Una vez definido el nivel de amenaza de desastres en ladera, AMDC anunciará inmediatamente las zonas reguladas definidas en función de nivel de amenaza. Para que los residentes comprendan y respeten fácilmente el Reglamento para desastres en ladera, AMDC establece y distribuye un mapa de regulación que muestra el rango de las zonas reguladas y la categoría de regulación.

2.4.1 Paso para elaborar el mapa de regulación

Se realiza a través de una aplicación como ArcGIS. El flujo básico para hacer el mapa de regulación es como se muestra a continuación:

- ✓ **PASO 1:** Realización de la evaluación de amenazas y definición del nivel de amenaza
- ✓ **PASO 2:** Definir si la zona evaluada corresponde a zona urbanizada o no urbanizada
- ✓ **PASO 3:** Definir la categoría de regulación en función del nivel de amenaza y del tipo de zonas a las que se aplica el Reglamento para desastres en laderas

Los detalles sobre la operación de la aplicación relacionada con el SIG se explican en el Manual de creación de mapa de amenaza/mapa de riesgo de ladera. Es importante señalar que la evaluación del riesgo se lleva a cabo en las zonas afectadas, pero su resultado no tiene ninguna relación con el mapa de regulación. En efecto, la categoría de regulación se decide únicamente en función del nivel de amenazas.

Tabla 3 Pasos para elaborar un mapa de regulación (JET)

PASOs	Explicación
PASO 1: Realización de la evaluación de amenazas y definición del nivel de amenaza	 - La evaluación de amenazas se lleva a cabo en las zonas de desastres en laderas utilizando la ficha de evaluación. - El resultado de la evaluación se utiliza para decidir la categoría de regulación.

PASO 2: Definir si la zona evaluada corresponde a zona urbanizada o no urbanizada	 - En la aplicación ArcGIS se calcula el número de edificios existentes. Si hay más de 1 casa en la zona evaluada, la zona se clasifica como Zonas A, B, o C. Si no, Zonas D, o E.
PASO 3: Definir la categoría de regulación en función del nivel de amenaza y del tipo de zonas a las que se aplica el Reglamento para desastres en laderas	 - Categoría de regulación se decide en función del nivel de amenaza y de la existencia de viviendas en la zona.
N.B.: Las imágenes no corresponden al nivel de amenaza real ni a la categoría de regulación.	

Como el mapa de amenazas y el mapa de riesgos se elaboran para cada tipo de catástrofe, el mapa de regulación también debe prepararse para cada tipo de desastre. AMDC prepara 2 mapas para un mismo lugar. La siguiente tabla muestra un ejemplo.

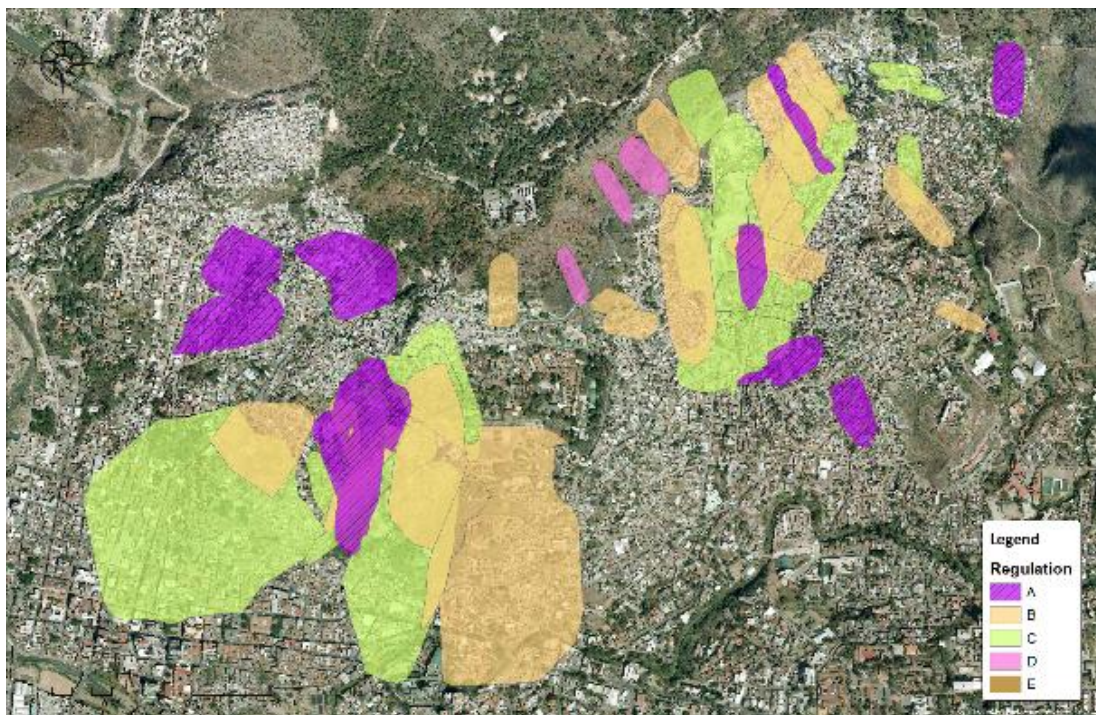


Figura 8 Mapa de regulación del deslizamiento de tierras elaborado con la aplicación SIG (JET)



Figura 9 Mapa de regulación de la falla de ladera elaborado con la aplicación SIG (JET)

2.4. 2 Demostración en ArcGIS

Tabla de atributos

En la tabla de atributos del mapa de regulación debe crearse un campo “Field” que represente la categoría de regulación. La información de atributo que debe introducirse en el campo es una de las categorías de regulación, como A, B, C, D o E. El tipo de información de atributo que debe introducirse será TEXT.

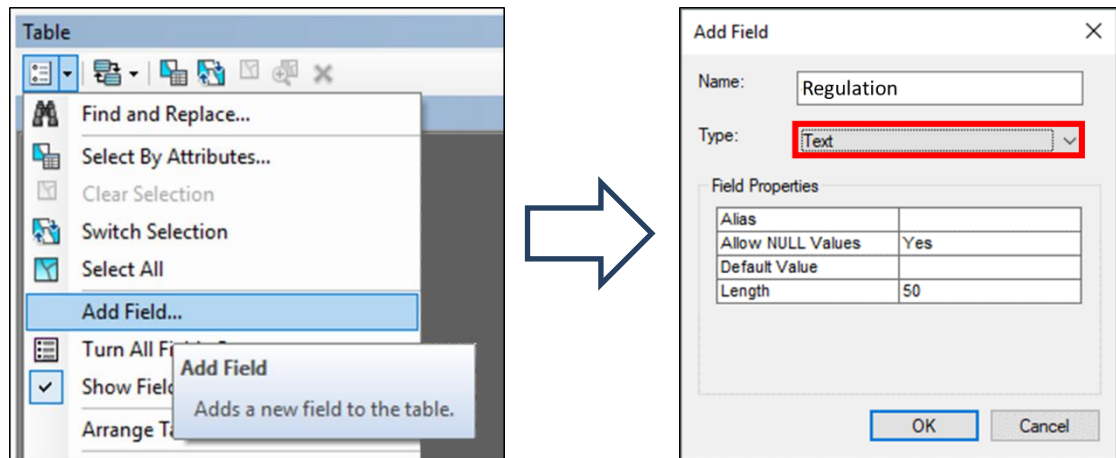


Figura 10 Creación del nuevo campo “Field” para la categoría de regulación (JET)

FID	Shape *	Id	Numero	Hazard	Score	Regulation	Risk
0	Polygon	0	NSR34	Medium	63	B	B2
1	Polygon	0	NSR28	Medium	54	B	B2
2	Polygon	0	NSR1	Low	40	C	B1
3	Polygon	0	NSR21	Medium	68	B	B2
4	Polygon	0	EDN28	Medium	55	B	A1
5	Polygon	0	EDN27	High	70	A	A2
6	Polygon	13	EDN12	Low	40	C	B1
7	Polygon	0	NSR29	Medium	57	B	B2
8	Polygon	11	EDN9	Medium	50	B	B2
9	Polygon	0	NSR24	Low	39	C	B2
10	Polygon	0	NSR8	Low	20	C	B1

Figura 11 Nuevo campo “Field” para la categoría de regulación (JET)

Color de la zona regulada en el mapa de regulación

Los colores que nunca se han utilizado en los mapas anteriores de AMDC se utilizarán en el mapa de Regulación para desastres en ladera para describir las zonas reguladas, para que los habitantes del Distrito Central comprendan fácilmente la categoría de regulación. La siguiente tabla muestra la codificación de colores en RGB para cada zona regulada.

Tabla 4 Colores que se utilizarán en el mapa de regulación (RGB) (JET)

ZONA A: Morado (197, 0, 255)	ZONA D: Rosa (255, 115, 223)
ZONA B: Naranja (255, 211, 127)	
ZONA C: Verde claro (209, 255, 155)	ZONA E: Marrón (168, 112, 0)

Cuando existan dos o más polígonos de zonas afectadas que se solapen, se aplicará al terreno en cuestión la categoría de regulación con el nivel de amenaza más alto. La siguiente figura muestra el caso de estudio en el que la categoría de regulación de las zonas B y C se solapan.

Por este motivo, cuando AMDC elabora el mapa de regulación con la aplicación SIG, las capas “Layers” del mapa de regulación se superponen entre sí, de modo que las zonas con mayor amenaza de desastres en ladera se indican más claramente en el mapa de regulación.

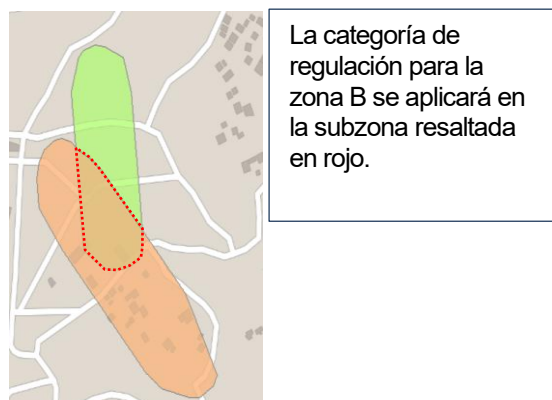


Figura 12 Caso en el que las zonas B y C se traslapan (JET)



Para representar las capas con el nivel de amenaza más alto desde arriba, las capas se representan de arriba a abajo como Zonas A, B, D, C y E.

Figura 13 Ejemplo de superposición de capas en un mapa de regulación (JET)

AMDC prepara el mapa de regulación con OpenStreetMap© como mapa base y el con fotografía aérea. Cada mapa debe distinguirse por el siguiente propósito:

- ✓ **OpenStreetMap©:** Mapa para la actividad de socialización y distribución a los residentes
- ✓ **Aerial photo:** Uso interno de AMDC para contabilizar el número de viviendas en la zona regulada

2.4.3 Mapa de Regulación para la Socialización

AMDC es responsable de llevar a cabo las actividades de socialización sobre desastres en laderas. Para que los residentes comprendan correctamente el Reglamento para desastres en laderas, el mapa de regulación debe distribuirse a los residentes que puedan sufrir daños en caso de desastres en laderas o colocarse alrededor de las

zonas reguladas.

Ya que los residentes no son expertos en desastres en laderas, el mapa de regulación deberá describir la información que les ayude a entender el significado del mapa, como la siguiente:

- ✓ Logo de la AMDC y título del mapa de regulación
- ✓ Tipo de desastres en ladera
- ✓ Zonas reguladas con leyendas
- ✓ Contenido de la regulación a aplicar en cada categoría

Los mapas de regulación deben elaborarse en una escala que ayude a los residentes a identificar sus casas, rutas de evacuación, etc. También es aconsejable preparar un mapa de regulación para cada Colonia o Barrio, o para cada unidad en la que la AMDC lleve a cabo actividades de concienciación relacionadas con el Reglamento para desastres en ladera.

A continuación se presenta un borrador del mapa de regulación preparado en el Barrio El Edén. Como se explicó anteriormente, el mapa de regulación se preparará para cada tipo de desastre: deslizamiento y falla de ladera.

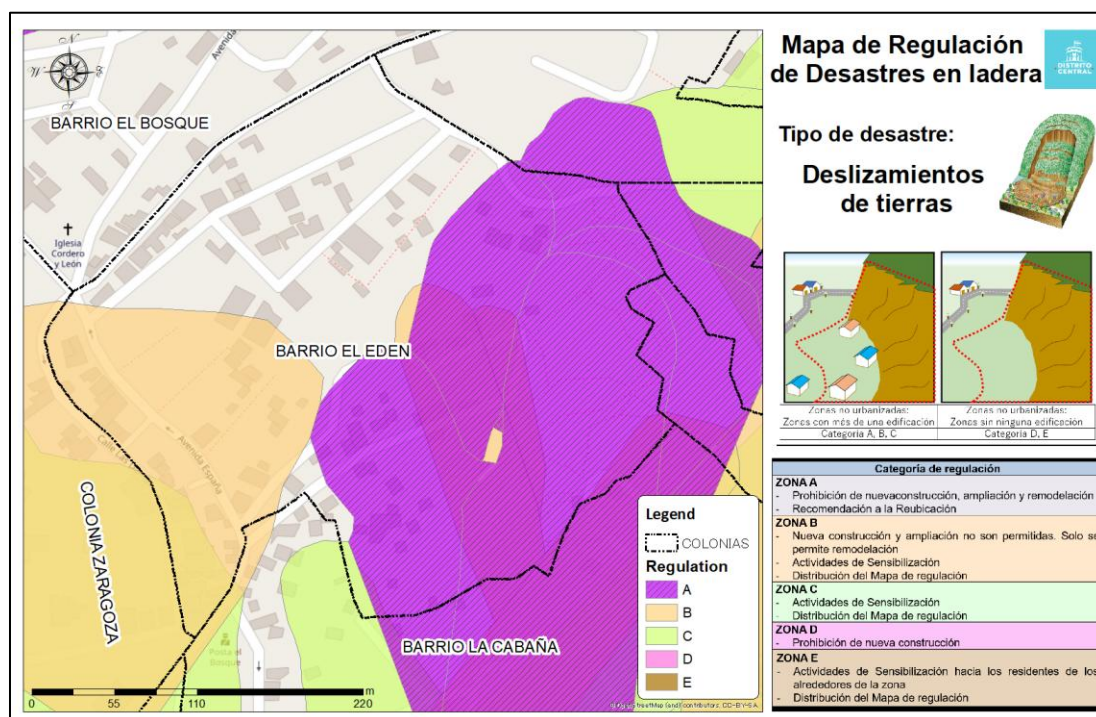


Figura 14 Mapa de regulación de deslizamientos que se distribuirá a los residentes (JET)

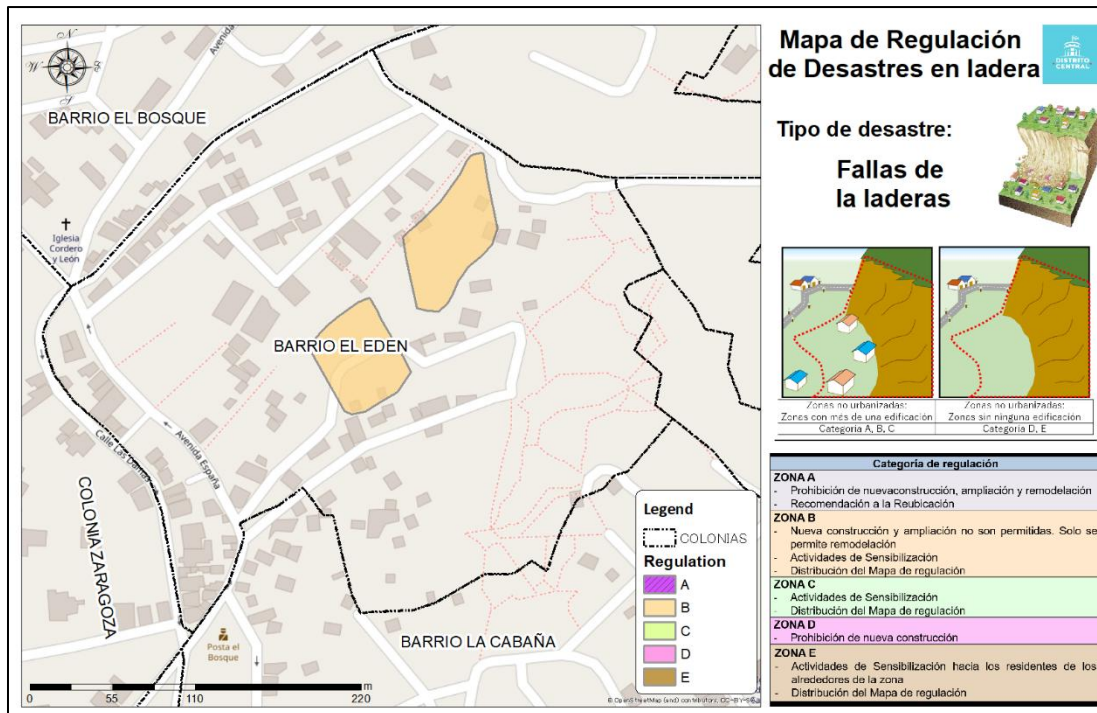


Figura 15 Mapa de regulación de falla de ladera que se distribuirá a los residentes (JET)

Capítulo 3. Zonas reguladas y categoría de regulación.

3.1 Descripción y alcance de las zonas

El artículo 10 define cada categoría de regulación. El contenido del Reglamento se compone de 2 categorías: i) reglamentos para zonas urbanizadas y ii) reglamentos para zonas no urbanizadas.

Los reglamentos para zonas urbanizadas tienen por objeto reducir los posibles daños futuros a los residentes mediante la restricción de las actividades de construcción y el suministro de información sobre desastres en laderas. Los reglamentos para zonas urbanizadas se dividen en 3 categorías según el nivel de amenaza: zonas de amenaza alta (Zona A), zonas de amenaza media (Zona B) y zonas de amenaza baja (Zona C).

- ✓ **Zona habitada de Alta Amenaza para Desastres en ladera (Zona A):** se trata de una zona en la que se requieren obras de contramedidas. Hasta que se lleven a cabo las obras de contramedidas, las zonas se clasificarán como inhabitables y se prohibirán las actividades de construcción (nuevas construcciones, obras de ampliación y remodelación). La zona también se convertirá en una zona en la que se aconsejará a los residentes existentes que se reubiquen tras haber sido informados de amenaza de desastres en laderas.
- ✓ **Zona habitada de Mediana Amenaza para Desastres en ladera (Zona B):** Esta zona se considera una zona en la que no se requieren obras de contramedidas urgentes, pero es necesaria una actividad de monitoreo continuo. La zona tiene el potencial de pasar a amenaza alta (nivel 1) en caso de que cambien las condiciones de la pendiente de la zona, no se permiten nuevas construcciones ni ampliaciones, ya que pueden afectar a las condiciones de las laderas. AMDC realiza esfuerzos para reducir la población futura en las zonas. Las obras de remodelación están permitidas siempre y cuando cumplan con la restricción estructural especificada por AMDC. Las restricciones estructurales se basan en la condición de que la vivienda no tenga más de dos pisos de altura, teniendo en cuenta la proporción de superficie construida y otros factores.
- ✓ **Zona habitada de Baja Amenaza para Desastres en ladera (Zona C):** la zona se considera una zona en la que no se requieren obras de contramedidas, y en la zona C se permite la construcción nueva y la ampliación. Sin embargo, debido a la presencia de amenazas, en la zona sólo se permite la construcción nueva y la ampliación de edificios de hasta dos plantas de altura.

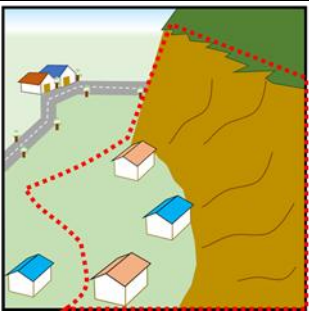
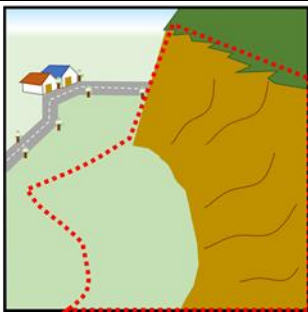
En todas las categorías de regulación, se distribuirán mapas de regulación a los residentes dentro de la zona de regulación y a los residentes en las inmediaciones, y se llevarán a cabo actividades de concienciación o socialización sobre los desastres en laderas.

La regulación de las zonas no urbanizadas tiene por objeto prevenir posibles desastres futuros en las laderas mediante la aplicación de restricciones a las nuevas actividades de construcción en zonas en las que no existe ningún uso del suelo. La regulación de las zonas no urbanizadas consta de dos categorías: zonas de amenaza alta y media (Zona D) y zonas de amenaza baja (Zona E).

- ✓ **Zona baldía de Alta Amenaza para Desastres en ladera (Zona D):** se trata de las zonas consideradas de amenaza alta (nivel 1) y de amenaza media (nivel 2). Estas zonas no son adecuadas para el uso del suelo hasta que se lleven a cabo las obras de contramedidas. Por lo tanto, se prohíben las nuevas construcciones.
- ✓ **Zona baldía de Baja Amenaza para Desastres en ladera (Zona E):** está clasificada como una zona en la que no se requieren obras de contramedidas y se permiten nuevas construcciones siempre que cumplan las restricciones estructurales establecidas por AMDC.

Aunque no hay residentes en las Zonas D y E, es necesario informar a los habitantes de los alrededores sobre los amenazas de desastres en ladera. Se llevarán a cabo actividades de socialización para los residentes que viven en las inmediaciones de estos distritos.

Tabla 5 Contridos del reglamento (JET)

		
	Zonas con más de una edificación	Zonas sin ninguna edificación
Nivel de Amenaza	Categoría de regulación	
Alto	ZONA A - Prohibición de nueva construcción, ampliación y remodelación - Recomendación a la Reubicación - Actividades de Sensibilización - Distribución del Mapa de regulación	ZONA D - Prohibición de nueva construcción
Medio	ZONA B - Nueva construcción y ampliación no son permitidas. Solo se permite remodelación - Actividades de Sensibilización - Distribución del Mapa de regulación	
Bajo	ZONE C - Se permite la construcción nueva, la ampliación y las obras de remodelación. - Actividades de Sensibilización - Distribución del Mapa de regulación	ZONE E - Se permite la construcción. - Actividades de Sensibilización hacia los residentes de los alrededores de la zona - Distribución del Mapa de regulación

El artículo 13 establece que el AMDC puede recomendar a los residentes locales que vivan en zonas de alta amenaza (Zona A) que se reubiquen en los terrenos que ocupan actualmente, ya que se prevé que se produzcan desastres en laderas y los terrenos no son adecuados para el asentamiento. La recomendación de reubicación se

entiende como el método que solicita a los residentes locales que lleven a cabo acciones voluntarias para reducir el riesgo de desastres en laderas, lo que significa que los residentes tienen la decisión definitiva de reubicarse o no.

Como la decisión de seguir viviendo en un edificio situado en la zona de alta amenaza no aumenta el riesgo de desastres en ladera para otras personas, la restricción de los derechos privados debe reducirse al mínimo. No conviene forzar el realojamiento, sino sólo fomentar las acciones voluntarias.

AMDC promoverá la eficacia del programa de reubicación aplicando medidas de apoyo a la reubicación voluntaria basada en recomendaciones (por ejemplo, mediación para la adquisición de nuevos terrenos).

3.2 Tipo de uso del suelo que puede implantarse en cada zona regulada

Los artículos 15, 16, 17 y 18 estipulan que los usos del suelo que cumplen la restricción estructural son usos permitidos y los usos del suelo que no cumplen la restricción estructural son usos no permitidos. En las zonas reguladas sólo se pueden llevar a cabo las actividades clasificadas como "uso permitido" y no se permite ninguna actividad clasificada como "uso no permitido".

El uso permitido y el uso no permitido se enumeran en el reglamento. La lista simplificada es la siguiente:

Tabla 6 Usos permitidos y usos no permitidos en las zonas A, B y C (JET)

	Zona A	Zona B			Zona C		
USO GENERAL	NUEVA CONSTRUCCIÓN	NUEVA CONSTRUCCIÓN	AMPLIACIÓN	REMODELACIÓN	NUEVA CONSTRUCCIÓN	AMPLIACIÓN	REMODELACIÓN
OBRAS DE MITIGACIÓN ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES	P	P	-	-	P	P	P
HABITACIONALES/ VIVIENDA UNIFAMILIAR	NP	NP	NP	P	P	P	P
DE EQUIPAMIENTO	NP	NP	NP	P	P	P	P
BÁSICAS GENERALES	NP	NP	NP	P	P	P	P

Tabla 7 Usos permitidos y usos no permitidos en las zonas D y E (JET)

	Zona D	Zona E
USO GENERAL	NUEVA CONSTRUCCIÓN	NUEVA CONSTRUCCIÓN
OBRAS DE MITIGACIÓN ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES	P	P
VIVIENDAS/ VIVIENDA UNIFAMILIAR	NP	P
EQUIPAMIENTO	NP	P
BÁSICAS GENERALES	NP	P

En cuanto a los usos del suelo que no figuran en la lista, en las zonas de amenaza alta y media, como las categorías A, B y D, no se permite ningún tipo de uso del suelo. En las zonas de amenaza baja, se permite cualquier

tipo de uso del suelo aunque no se mencione en la lista.

Además, el uso del suelo clasificado en "DE SERVICIO", "PRODUCTOS", COMERCIO" y cualquier otro tipo de uso del suelo no listado se considera como uso no permitido en las zonas A, B y D. La licencia de obras no se expide para ningún tipo de uso del suelo clasificado en estas categorías.

En las zonas de amenazas medias y bajas, incluso cuando se implantan usos del suelo que se consideran permitidos, las amenazas siguen existiendo y se requiere una evacuación rápida en caso necesario. Por lo tanto, el número de pisos para las estructuras de los edificios está limitado y los edificios no deben tener más de dos pisos de altura.

Capítulo 4. Protocolo Actividades de Difusión

4.1 Identificación de los actores

El proceso de difusión y concienciación es esencial en la ejecución de cualquier programa o proyecto, para asegurar la implicación de las partes interesadas, así como para asegurar el éxito de la ejecución y la posterior sostenibilidad ambiental y social de los proyectos o programas.

En el siguiente cuadro se indican los actores clave en lo que respecta a las actividades de difusión del Reglamento. AMDC lleva a cabo las actividades de difusión no sólo con la colaboración de los agentes enumerados, sino también con la de otros agentes necesarios.

Tabla 8 Clasificación de los actores (JET)

ACTOR	CARACTERÍSTICAS Y SU FUNCIÓN	POSIBLE PARTICIPACIÓN EN LA DIFUSIÓN DEL REGLAMENTO
POBLADORES	Local: Todas las personas naturales y jurídicas que viven en Distrito Central.	- Integración de CODEL, patronatos, juntas de agua y otras organizaciones locales interesadas en el desarrollo de su comunidad. - Interlocutores con la AMDC para la elección de las intervenciones más apropiadas. - Colaboradores de la AMDC para la convocatoria de reuniones, cabildos, etc.
COMITÉ DE EMERGENCIA LOCAL CODEL	Local: Es la Estructura legal amparada por la Ley del Sistema Nacional de Gestión de Riesgos (SINAGER), coordina y responde ante el Comité de Emergencia Municipal (CODEM). Es la organización comunitaria de base, que se organiza y se capacita para atender a su comunidad en la prevención, mitigación y rehabilitación en casos de emergencias o desastres, sean naturales o provocados por el ser humano.	- Coordina las actividades de difusión con el AMDC y los residentes. - Apoya y proporciona información estratégica a la AMDC en la identificación del área de deslizamiento. - Participa en la socialización/implementación de medidas. - Desarrolla e implementa planes comunitarios de gestión de riesgos (PCGR).
GUÍAS DE FAMILIA	Local: grupos de cinco personas encargadas de identificar, acompañar y capacitar a las familias cuya situación sea de pobreza, pobreza extrema, vulnerabilidad y riesgo social e integrarlos a los diferentes Programas de atención, prevención, asistencia social, seguridad social y servicios de protección.	- Ayuda a la AMDC a recopilar información de referencia en la comunidad. - Apoya a los residentes locales para que participen en las actividades de difusión y socialización.
UNIDAD MUNICIPAL DE GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS UMGIR	Municipal: Coordinador general de las actividades de difusión. Velará por la correcta implementación y cumplimiento de sus objetivos y componentes coordinando la participación de todos y cada uno de los actores principales y demás involucrados en la implementación del reglamento.	- Coordina las actividades de difusión con COPECO y Mi Ambiente si es necesario. - Proporciona a la UGA, DOT, CODEM, DGCDH e IDEM información sobre las zonas de alta amenaza y cualquier información preliminar que pueda ser utilizada para la implementación de la difusión. - Es responsable de asegurar que las mejoras sugeridas por la comunidad sean implementadas.
GERENCIA DE OBRAS CIVILES GOC	Municipal: Realiza los apoyos técnicos específicos. Se coordina con la Gerencia de Catastro de la Dirección de Ordenación del Territorio.	- Emite los informes catastrales de cada lugar donde se llevan a cabo las actividades de difusión. - Presenta informes periódicos a la UMGIR e informes especiales cuando ésta lo solicita.
DIRECCIÓN DE GESTIÓN COMUNITARIA Y DESARROLLO HUMANO DGCDH	Municipal: Se encarga de coordinar los aspectos sociales de la difusión y aplicación del reglamento.	- Se encarga de la difusión y sensibilización de la normativa. - Estará acompañada por el IDEM y el CODEM cuando se deba realizar la difusión.
UNIDAD DE GESTIÓN AMBIENTAL UGA	Municipal: Encargado de velar por todos los asuntos ambientales del Programa	- Ofrece explicaciones sobre las evaluaciones medioambientales del lugar donde se ejecutarán las medidas estructurales. - Explica los procesos de concesión de licencias o certificados medioambientales necesarios para la ejecución de algunas actividades de construcción.
DIRECCIÓN DE FINANZAS Y ADMINISTRACIÓN DFA	Municipal: responsable de la coordinación y elaboración periódica de proyecciones presupuestarias para las inversiones.	- Es responsable de la gestión presupuestaria y de la solicitud de desembolsos.
UNIDAD MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN UMPEG	Municipal: Se encarga de gestionar el avance de los proyectos de obras públicas ejecutados por la AMDC y de dar instrucciones a cada organismo para garantizar que no haya discrepancias entre los planes y los resultados reales.	- Se encarga de la supervisión y el seguimiento de la ejecución de los proyectos o programas relacionados con la socialización.
COMITÉ DE EMERGENCIA LOCAL CODEM	Municipal: Se encarga de coordinar todas las acciones orientadas a la prevención, respuesta y recuperación ante emergencias o desastres ocurridos en el Municipio.	- Certifica el Comité Local de Emergencia CODEL. - Apoya con la difusión y sensibilización del reglamento. - Apoya la recopilación de información de base de las comunidades.
Gerencia Instituto de Desarrollo Municipal IDEM	Municipal: Se encarga del seguimiento de las actividades de los proyectos y programas Económicos, Políticos, Educativos, Medioambientales y Culturales de los residentes en el Municipio.	- Contribuye a recopilar información, especialmente demográfica, sobre las zonas reguladas. - Apoya a otros actores para implementar las actividades de socialización.

4.2 Métodos de difusión y concientización

El objetivo de las actividades de difusión y concientización es que la población y las comunidades del Distrito Central comprendan correctamente el Reglamento para desastres en laderas, y que AMDC aplique sin problemas el Reglamento para desastres en laderas obteniendo la cooperación de la población y las comunidades. Para alcanzar estos objetivos, es necesaria una difusión y concienciación eficaces. Es eficaz llevar a cabo las siguientes metodologías de difusión que generan aceptación, concienciación y apoyo social.

Se seleccionará la metodología adecuada de acuerdo a las necesidades y características de los destinatarios (género, movilidad, alfabetismo, discapacidad, entre otros). DGCDH, CODEM y IDEM se encargarán de planificar y ejecutar las actividades de difusión y sensibilización. A continuación se exponen algunos ejemplos de actividades de difusión.

(1) Reuniones comunitarias

Grupos de 20 -25 personas representativos de las comunidades donde se llevará a cabo cada intervención. Ayuda a las comunidades a comprender el contenido del reglamento que se aplicará en la zona regulada y las medidas que deben tomar los residentes, así como a tener la oportunidad de expresar sus opiniones. Contribuye a establecer una implicación de la comunidad en la aplicación del reglamento.

(2) Línea 100

AMDC dispone de una línea de atención al ciudadano llamada "Línea 100", totalmente gratuita, para mejorar la comunicación entre la comunidad y la institución. A través de este servicio, las comunidades pueden presentar sus quejas y sugerencias sobre la aplicación del Reglamento.

(3) Redes Sociales (SNS)

AMDC, teniendo en cuenta la tendencia hacia el uso de SNS por los residentes y con el objetivo de transmitir eficazmente el mensaje y la información relativa al Reglamento, tienen las cuentas en los siguientes servicios: Facebook, Twitter, Instagram y Blogger. Estos servicios son gestionados por la Unidad de Comunicación que trasladará la consulta al punto focal.

(4) Atención presencial

Los ciudadanos tendrán la posibilidad de realizar consultas y presentar sugerencias, presencialmente, dirigiéndose a las oficinas Dirección de Gestión Comunitaria y Desarrollo Humano, canalizarlas a la Gerencia de Atención al Ciudadano AER, todas ubicadas en las oficinas del edificio ejecutivo, barrio la ronda, frente o contiguo al Hospital Viera.

4.3 Cosas que hay que tener en cuenta al hablar con los residentes

Durante las actividades de socialización, es importante que los participantes comprendan el contenido del reglamento y las acciones que deben realizar los residentes en las zonas reguladas.

Para hablar con los residentes en las zonas reguladas y adquirir su clara comprensión, AMDC tendrá en cuenta los siguientes puntos durante las actividades de socialización:

- ✓ Todos los actores deben ser invitados (instituciones implicadas, residentes y organizaciones).
- ✓ Información clara y concisa del problema existente en las zonas reguladas debe transferirse , sin causar pánico o confundir a los residentes.
- ✓ El contenido de socialización incluirá los aspectos clave de la regulación, como el tipo de desastres en laderas, la categoría de la regulación, el mapa de regulación y las medidas que deben tomar los residentes.
- ✓ Las actividades de socialización se llevarán a cabo con una participación dinámica generando espacios para preguntas y respuestas.
- ✓ AMDC preparará documentos informativos que se distribuirán durante las actividades de socialización, como carteles, folletos, etc.
- ✓ Deberá considerarse la instalación de documentos impresos e información en el lugar visible de la zona regulada.

Capítulo 5. Flujo de aplicación y formatos

5.1 Formatos/formas para la Licencia de Obra

El Reglamento GCC estipula que se requiere una licencia de obras cuando los residentes quieran llevar a cabo actividades de construcción en el Distrito Central, tanto si existe amenaza de desastre en ladera como si no. Por lo tanto, se requiere la obtención de una licencia de obras para cualquier actividad de construcción en las zonas reguladas por el Reglamento para desastres en laderas. El Reglamento para desastres laderas contribuye a prevenir o mitigar los daños causados por los desastres clarificando las zonas reguladas y no expidiendo licencias de obras para actividades que puedan aumentar la probabilidad de desastres en laderas.

Cuando se realizan actividades de construcción en una zona regulada, se requiere la licencia de obras. Los requisitos previos para las actividades de construcción se establecen en el artículo 6. Hay cuatro (4) requisitos previos para la licencia de obras que el propietario del inmueble deberá aceptar. Los condicionantes pueden ser requeridos por cuatro razones:

1. Aquellas condiciones requeridas para asegurar el cumplimiento de la ley, este reglamento, otras normas municipales y normas especiales.
2. Aquellas condiciones requeridas para minimizar los impactos negativos en los vecinos y transeúntes.
3. Aquellas condiciones requeridas para asegurar que los daños a los caminos y otras infraestructuras o equipos de la comunidad causados por el proceso de ejecución de la obra sean reparados por el propietario.
4. Aquellas condiciones requeridas para minimizar los impactos negativos que el proyecto pueda causar en el transporte del sector donde se desarrollará un proyecto.

Los criterios para los permisos para actividades de construcción en cada categoría de regulación también se describen en los estudios de caso a continuación.

5.2 Explicación general sobre el flujo del proceso en AMDC

El flujo de la aplicación de regulación es el mostrado a continuación.

Tabla 9 Proceso y departamento responsable (JET)

Proceso		Departamento, Unidad responsable
1	Selección del lugar de evaluación	Encontrará explicaciones detalladas en el manual de la Resultado 3
2	Realización de la evaluación de amenaza	Encontrará explicaciones detalladas en el manual de la Resultado 3
3	Designación de la zona regulada y de la categoría de regulación y establecimiento del mapa de regulación	DOT y GER
4	Aplicación del contenido del reglamento	DOT, GCC, GER, CODEM, y UMGIR

1. Selección del lugar de evaluación

Los lugares donde se realice la evaluación de amenazas deben seleccionarse basándose en el mapa de Inventario (Inventario Deslizamientos JICA). La metodología detallada se explica en el Manual de creación de mapa de amenaza/mapa de riesgo de ladera preparado por el Resultado 3.

2. Realización de la evaluación de amenaza

GER llevará a cabo la evaluación de amenazas. El equipo de AMDC encargado de la evaluación llevará la ficha de evaluación y realizará la evaluación de amenazas comprobando la situación geológica y topográfica de las zonas.

3. Designación de la zona regulada y de la categoría de regulación y establecimiento del mapa de regulación

DOT comprueba y aprueba el contenido de la evaluación de amenazas. Tras la aprobación, DOT da instrucciones a GER para que aclare la categoría de regulación y elabore el mapa de regulación de la zona evaluada con el fin de aplicar oficialmente el Reglamento para desastres en ladera.

Aparte de la evaluación de amenazas, es necesario confirmar si hay un edificio existente o más en la zona evaluada para decidir la categoría de regulación. Si hay más de 1 edificio existente, la zona se clasificará como Zona A, B o C según el nivel de amenaza. Sin embargo, en caso contrario, se clasificará como Zona D o E. La siguiente tabla muestra la relación entre el nivel de amenaza y la existencia de edificios en la zona evaluada.

Tabla 10 Evaluación de amenazas y categoría de regulación (JET)

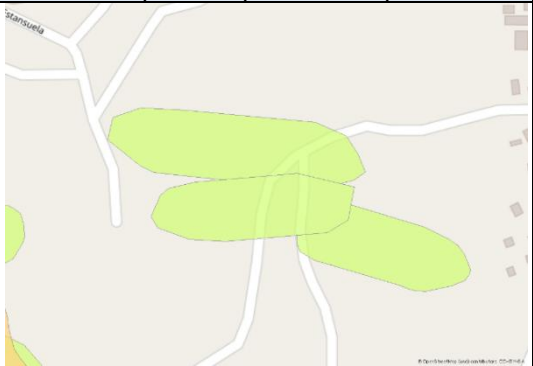
	Zonas urbanizadas: Zonas con más de una edificación	Zonas no urbanizadas: Zonas sin ningún edificio
Nivel de amenaza	Categoría de regulación	
Alto	ZONA A	ZONA D
Medio	ZONA B	
Bajo	ZONA C	ZONA E

Para confirmar si existe alguna vivienda en la zona evaluada, se utilizará un mapa con foto aérea en la aplicación ArcGIS. El mapa con foto aérea muestra el estado más reciente de la zona regulada y ayuda a calcular el número de viviendas en las zonas con mayor precisión. Por lo tanto, la categoría de regulación se definirá sobre la base de la foto aérea. Aunque el mapa con OpenStreetMap© no es conveniente para calcular el número de viviendas, muestra la ubicación de las carreteras y las zonas reguladas con mayor claridad que la foto aérea. Por lo tanto, las actividades de socialización se llevarán a cabo con el mapa de regulación con OpenStreetMap©.

En este contexto, la AMDC debe elaborar el mapa de regulación con dos tipos diferentes de mapas base en función de su objetivo. La siguiente tabla muestra el caso de una misma zona en el Distrito Central con 2 mapas

base diferentes.

Tabla 11 Muestra del mapa de regulación del mismo lugar (JET)

	Mapa con foto aérea	Mapa con OpenStreetMap©
Imagen		
Puntos	Es conveniente para calcular el número de viviendas en las zonas reguladas.	Es conveniente para la explicación de las principales rutas de la comunidad.

N.B.: Las imágenes de muestra no corresponden al nivel de amenaza real ni a la categoría de regulación.

4. Aplicación del contenido del reglamento

Una vez establecido el mapa de regulación y publicado a los residentes, se aplica oficialmente el Reglamento para desastres en laderas. GCC se encarga de expedir la licencia de obras necesaria para los trabajos de construcción en la zona regulada. GCC comprobará si los documentos de solicitud presentados por los residentes cumplen los requisitos y si las actividades de construcción se encuentran en las zonas reguladas.

Los edificios que estén parcialmente incluidos en las zonas reguladas deben regularse. La siguiente figura muestra los edificios que deben regularse como  y los edificios que no deben regularse como .

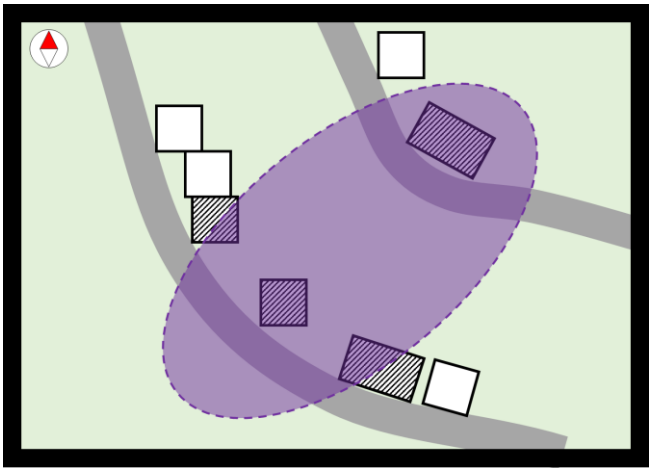


Figura 16 Edificio a regular y no a regular (Caso de la Zona A) (JET)

Regulado	Non regulado
----------	--------------

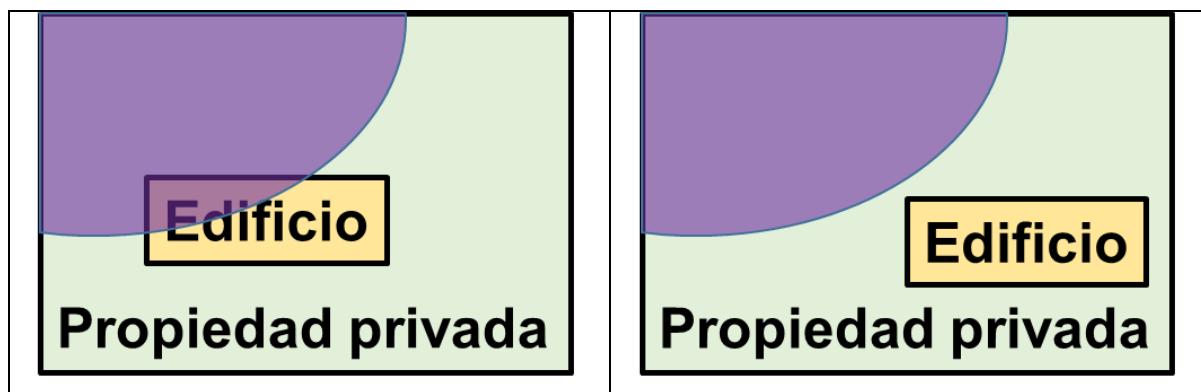


Figura 17 Edificio a regular (JET)

5. Medidas que deben tomarse tras los movimientos de ladera

El reglamento sólo puede aplicarse en función del resultado de las evaluaciones de amenazas. La AMDC llevará a cabo la evaluación de amenazas en las zonas afectadas inmediatamente después del movimiento del talud, ya que las condiciones del talud han cambiado. La AMDC aplicará inmediatamente la regulación y creará o actualizará el mapa de regulación.

5.3 Estudio de caso de las zonas reguladas

5.3.1 Procedimientos básicos para las obras de construcción en el DC

Los procedimientos básicos para las obras de construcción en el Distrito Central son los siguientes. Cuando se recibe una solicitud de licencia de obras por parte de un residente, GCC se encarga del departamento que tramitará la solicitud, remitiéndola al departamento correspondiente y decidiendo si se puede expedir la licencia de obras.

Después de comprobar los documentos, GCC da instrucciones a los residentes para que obtengan los documentos necesarios para obtener una licencia de obra en los siguientes departamentos.

Tabla 12 Flujo básico para solicitar la licencia de obras (JET)

Acciones	Departamento responsable
Presentación del documento (recepción del documento por parte de los residentes)	GCC
Creación del código catastral	Catastro
Emisión del informe de evaluación de riesgos	GER
Se expide el permiso ambiental	UGA
Se expide la licencia de obra	GCC

5.3.2 Estudio de casos

En la fase de aplicación, la restricción y limitación de las actividades de construcción se aplican en función de la categoría de regulación. La siguiente tabla muestra el contenido de la regulación aplicada en cada zona regulada.

Tabla 13 Estudio de caso para la aplicación del Reglamento (JET)

Casos	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
1 Reubicación	X				
2 Nueva construcción en Zona A, B y D, y ampliación en Zona A y B	X	X		X	
3 Nueva construcción 2 en Zona C y E			X		X
4 Ampliación en Zona C			X		
5 Remodelación en Zona B y C		X	X		
6 Socialización 1 (reuniones informativas)	X	X	X	X	X
7 Socialización 2 (instalación del mapa de regulación)	X	X	X	X	X
8 Modificación	X	X	X	X	X

Las casillas marcadas con una "X" corresponden a casos.

1. Caso 1: Recomendación de reubicación para las viviendas existentes en la Zona A

Para los residentes existentes en la zona A, AMDC puede recomendar su reubicación. La recomendación de realojo a los residentes actuales no debe imponerse. La recomendación sólo se da para pedir a los residentes que lleven a cabo acciones voluntarias. Así que los residentes pueden decidir si siguen o no la recomendación.

AMDC visita una por una las viviendas de la zona A para dar explicaciones y recomendaciones mediante cartas oficiales. La siguiente tabla muestra las acciones necesarias relacionadas con la recomendación.

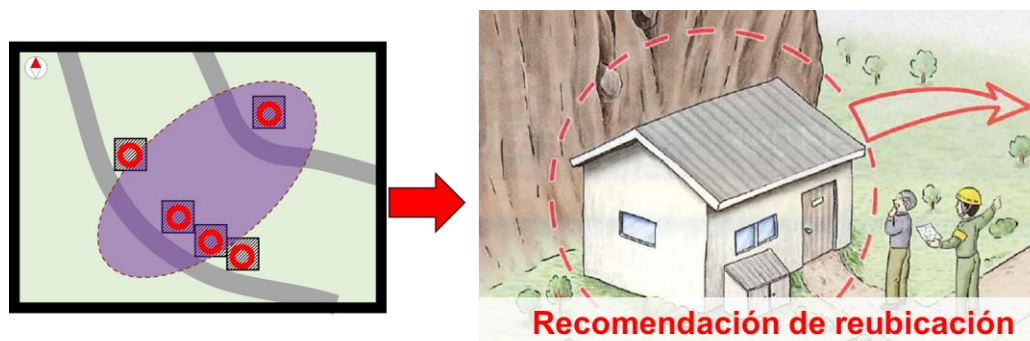


Figura 18 Recomendación de reubicación (JET)

Tabla 14 Flujo de acciones para solicitar el reubicación (JET)

Acciones	Departamento responsable
Establecimiento del mapa de regulación	DOT y GER
Establecimiento de un programa de socialización	DGCDH, UMGIR, CODEM, y GER
Preparación de la carta oficial sobre la reubicación	Legal y DOT
Preparación de la visita a los residentes	DGCDH, CODEM, y GER
Implementación de las visitas a los residentes	DGCDH, CODEM y IDEM

2. Caso 2: Nueva construcción en Zonas A, B y D, y ampliación en Zonas A y B

Antes de expedir la licencia de obras, GCC comprueba si la construcción solicitada se realiza en las zonas reguladas. En las Zonas A, B y D no está permitida la construcción nueva en ningún tipo de uso del suelo. En las Zonas A y D no están permitidos los trabajos de ampliación.

Tabla 15 Flujo de acción para desestimar la solicitud de licencia laboral (JET)

Acciones	Departamento responsable
Presentación del documento (recepción del documento por parte de los residentes)	GCC
Revisión de los documentos	GCC
Decisión de no expedir la licencia de obras	GCC

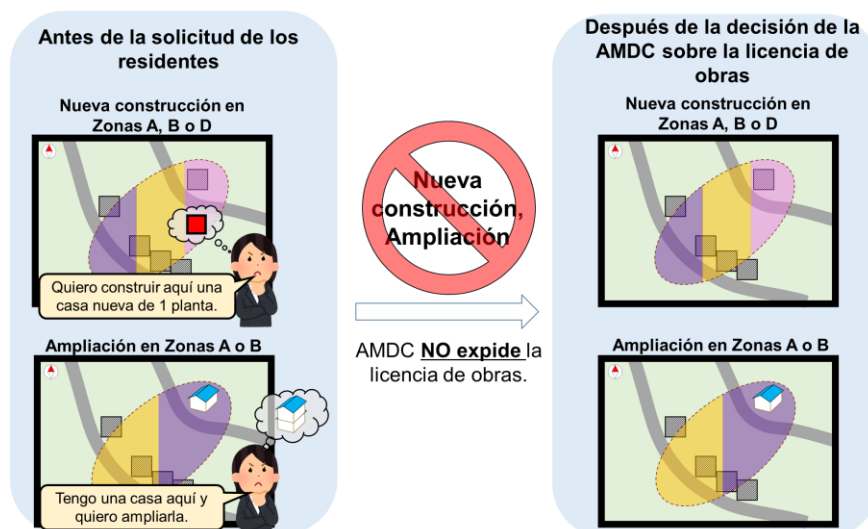


Figura 19 Decisión sobre si se expide la licencia de obras para nuevas construcciones y obras de ampliación en las zonas A, B y D (JET)

3. Caso 3: Nueva construcción 2 en las Zonas C y E

Antes de expedir la licencia de obras, GCC comprueba si el tipo de uso del suelo está clasificado como "uso permitido" o "uso no permitido" y la estructura del edificio que se va a construir. En las zonas C y E, se permite la nueva construcción de cualquier tipo de uso del suelo siempre que el edificio no tenga más de dos plantas.

En caso de que se presente la solicitud para la construcción de más de 3 plantas y de que CGC verifique el contenido, la solicitud de licencia de obras se desestimará inmediatamente. Además, si se construye una casa en la Zona E, la categoría de regulación aplicable pasa a ser la Zona C, ya que se encuentra dentro de una zona urbanizada (donde hay más de un edificio). Por lo tanto, GER tendrá que actualizar el mapa de regulación.

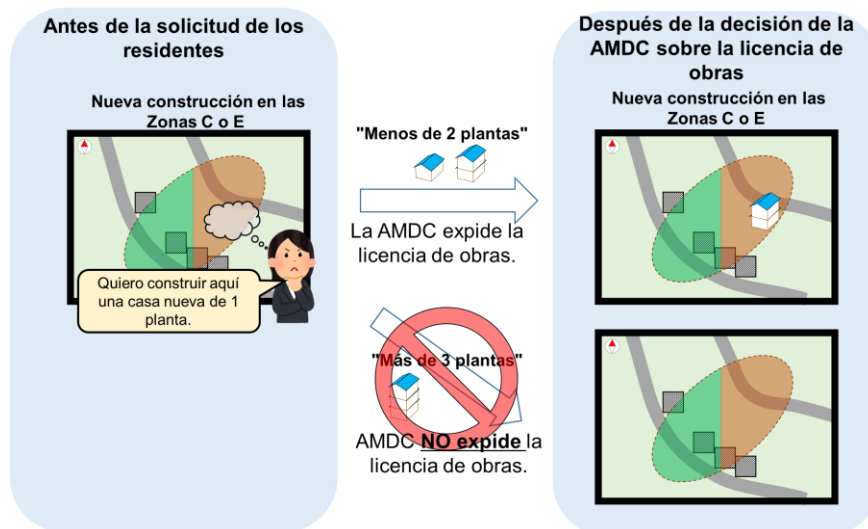


Figura 20 Decisión sobre si se expide la licencia de obras para nuevas construcciones en las zonas C y E (JET)

4. Caso 4: Amplificación en la Zona C

Cuando un residente presenta una solicitud de obras de ampliación, GCC comprueba si el tipo de uso del suelo está clasificado como "uso permitido" o "uso no permitido". En la zona C, se permiten las obras de ampliación para cualquier tipo de uso del suelo en caso de que el edificio que se vaya a construir tenga menos de 3 plantas. También hay que tener en cuenta que se aplican otros reglamentos, como el de GCC, que establece límites de cobertura y altura de los edificios, por lo que GCC debe tenerlos en cuenta cuando comprueba los documentos de solicitud de los residentes.

En caso de que el uso del suelo solicitado esté clasificado como "uso no permitido" o el edificio solicitado tenga más de 3 plantas, no se expedirá la licencia de obras.

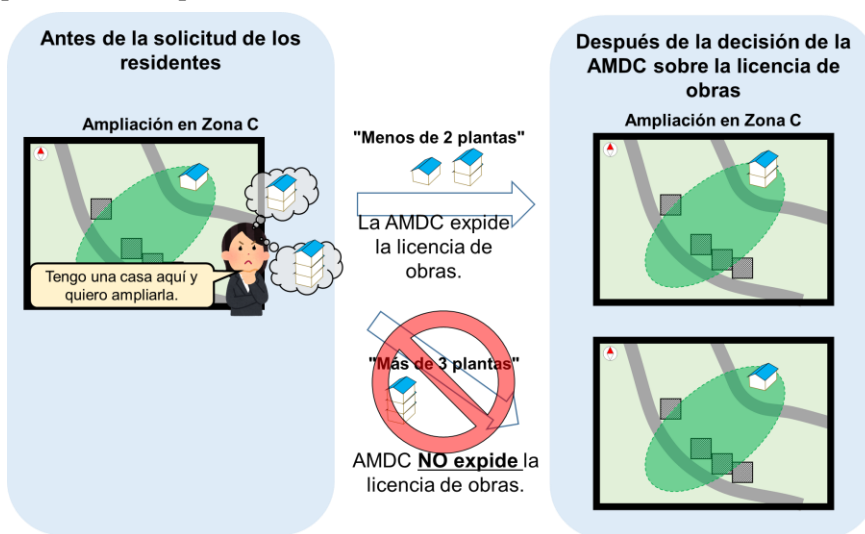


Figura 21 Decisión sobre si se expide la licencia de obras para ampliación en zonas C (JET)

5. Caso 5: Obras de remodelación en las zonas B y C

Antes de expedir la licencia de obras, GCC comprueba si el uso del suelo solicitado se clasifica únicamente como obra de remodelación. El término "ampliación" significa "añadir superficie adicional" a un edificio ya existente. La construcción de un edificio independiente también se considera una obra de ampliación. El término "obras de remodelación" se refiere a la demolición parcial o total y la reconstrucción de partes estructurales de un edificio original. El aumento de la superficie útil es una obra de ampliación.

En las zonas B y C están permitidas las obras de remodelación para todo tipo de uso del suelo. Las obras de remodelación de edificios existentes en la zona A no están permitidas.

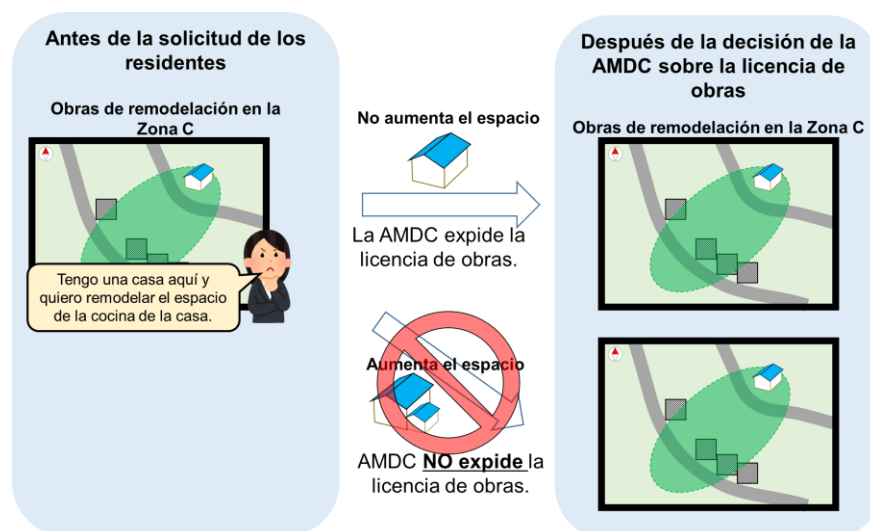


Figura 22 Decisión sobre si se expide la licencia de obras para obras de remodelación en zonas C (JET)

6. Caso 6: Socialización 1 (reuniones informativas)

Se llevarán a cabo actividades de difusión y concienciación dirigidas a los residentes de todas las zonas reguladas y a los que viven en los alrededores de las zonas D y E. Se llevarán a cabo las siguientes acciones para las actividades de difusión y concienciación.

Tabla 16 Flujo de acciones para llevar a cabo las reuniones informativas (JET)

Acciones	Departamento responsable
Establecimiento del mapa de regulación	DOT y GER
Distribución del mapa de regulación	CODEM, IDEM, y DGCDH
Elaboración del calendario de reuniones con los residentes	CODEM
Establecimiento de los documentos explicativos	CODEM y IDEM
Implementación de las reuniones informativas	CODEM, IDEM, y DGCDH

La tabla anterior muestra un ejemplo de las reuniones informativas, pero la metodología para la socialización deberá ser seleccionada de acuerdo con las características del objetivo.

7. Caso 7: Socialización 2 (instalación del mapa de regulación)

Se instalan mapas de regulación y carteles informativos sobre la regulación alrededor de las zonas reguladas o en las entradas a las mismas. Las actividades requeridas se indican en la tabla siguiente.

Tabla 17 Flujo de acciones para aplicar la instalación del mapa de regulación (JET)

Acciones	Departamento responsable
Establecimiento del mapa de regulación	DOT y GET
Decisión sobre el lugar de instalación del mapa de regulación	DODEM
Pedido de producción e impresión de mapas para la instalación (Departamento a cargo del presupuesto)	DGCDH y UMGIR
Instalación del mapa reglamentario	CODEM y DGCDH

(Departamento a cargo del presupuesto)	
--	--

8. Caso 8: Cambio de categoría de regulación

Como ya se ha explicado, GER realiza la evaluación de amenazas y DOT aprueba el resultado. Una vez obtenida la aprobación del DOT, GER crea el mapa de regulación con la aplicación GIS. Este flujo es el mismo en caso de que la condición de la ladera cambie debido a un evento natural o artificial.

Cuando se realizan trabajos de contramedidas en una zona regulada, se lleva a cabo la evaluación de amenazas y se cambia la categoría de regulación aplicada en la zona de acuerdo con los resultados de la evaluación. Por ejemplo, si se realizan trabajos de contramedidas en las zonas A y B, y la evaluación de amenazas tras los trabajos de contramedidas clasifica la zona como de baja amenaza, la categoría de regulación se cambia a C. Si se realizan trabajos de contramedidas en la zona D, y el resultado de la evaluación de amenazas es de baja amenaza, la categoría de regulación se cambia a E.

Por otro lado, también es posible que la categoría de regulación se vuelva estricta debido a un evento natural o artificial que aumente la probabilidad de que se produzca un desastre en una ladera. Por ejemplo, si se produce un deslizamiento de tierras o una falla en un talud en las zonas B y C, y la topografía de la zona cambia, la evaluación de amenazas debe llevarse a cabo inmediatamente después del evento con el fin de identificar el último nivel de amenaza. Además, la categoría de regulación que debe aplicarse a la zona en cuestión se modifica en función del último nivel de amenaza. En este caso, si el nivel de amenaza se evalúa como alto después del evento, la zona se cambia a la Zona A, o si el nivel de amenaza pasa a ser medio, la zona se cambia a la Zona B.

En caso de que se confirme una infracción, como una nueva actividad de construcción en las zonas A y D, AMDC impondrá sanciones de acuerdo con el reglamento, y también se ocupará de lo siguiente:

- ✓ Los edificios de nueva construcción serán rápidamente demolidos y desalojados o reubicados.
- ✓ Cualquier añadido al edificio para usos no permitidos será demolido lo antes posible.
- ✓ Si existen otras regulaciones relacionadas en el AMDC, también se aplicarán.

5.4 Hoja de ruta para la expedición de licencias de obra

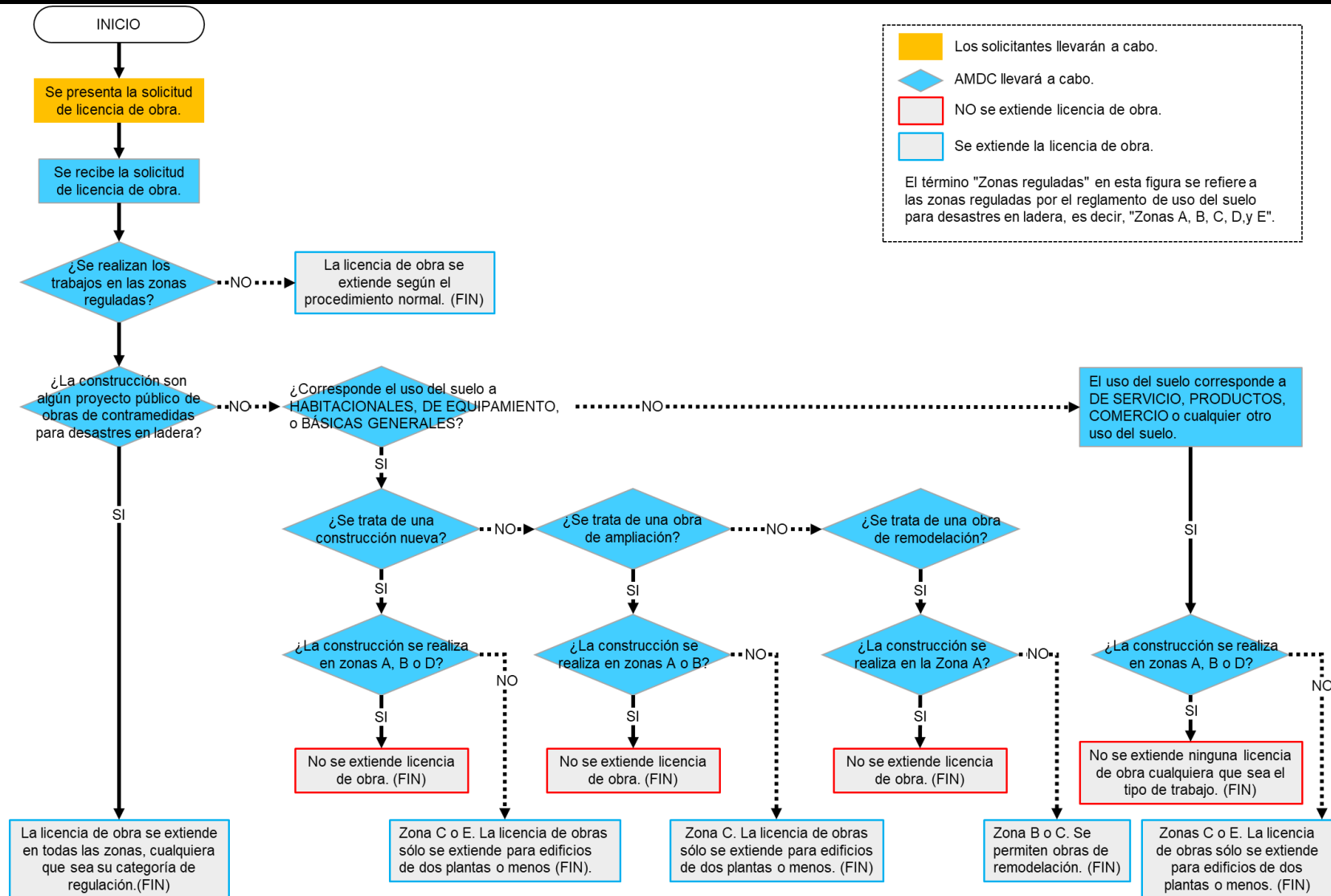


Figura 23 Hoja de ruta para la expedición de licencias de obra (JET)

Capítulo 6. Preguntas y respuestas

La siguiente tabla muestra un ejemplo de preguntas y respuestas.

Tabla 18 Ejemplo de preguntas y respuestas (JET)

	Preguntas	Respuesta
1	¿Qué hacer si una propiedad se encuentra en una zona regulada (por ejemplo, en la zona A) y en una zona no regulada?	En este caso, se aplicará la regulación para la zona A. Todos los edificios incluidos parcialmente en las zonas reguladas deben estar sujetos al reglamento. Dado que el Reglamento para desastres en laderas se aplica para proteger la vida y la propiedad en las zonas reguladas, es mejor aplicar las normas de forma más estricta.
2	Cuando un residente quiere construir una casa nueva en la zona C, ¿qué tipo de procedimiento debe realizar aparte de la licencia de obras?	El solicitante deberá realizar todos los procedimientos necesarios para construir un edificio. Para el Reglamento para desastres en ladera, no hay ningún procedimiento adicional aparte del procedimiento normal. Es necesario llevar a cabo el procedimiento para el código catastral de Catastro, Informe de Evaluación de Riesgos de GER, así como el permiso ambiental de UGA.
3	Quiero construir una casa de 2 plantas en zona C. Según el reglamento. ¿Emite AMDC la licencia de obras para este caso?	Cuando se construye un edificio en la zona regulada, no sólo se aplica este reglamento, sino también otros reglamentos. En este caso, se aplicará la altura definida en el Reglamento GCC.
4	Quiero construir una casa de 2 plantas que ocupe toda la propiedad (índice de cobertura de edificios es cercana al 100%). ¿Emite AMDC una licencia de obras?	La licencia de obras se expide cuando el edificio no incumple las normas de cobertura de edificios definidas en el Reglamento GCC.
5	¿La AMDC define las zonas reguladas y la categoría de regulación sin contar con la opinión de los residentes?	La categoría de regulación se decide únicamente en función del nivel de amenaza. Y el alcance de las zonas reguladas se decide en función de las zonas afectadas. Es importante que los residentes de las zonas reguladas comprendan la amenaza de desastres en laderas y tomen las medidas necesarias. AMDC explica a los residentes el contenido de la regulación.
6	Me gustaría conocer la ubicación de las zonas reguladas en el Distrito Central.	Una vez que AMDC lleva a cabo la evaluación de amenazas y define las zonas reguladas, el mapa de regulación se distribuye a los residentes. También se publica en el sitio web. Los residentes pueden confirmar las ubicaciones poniendo en contacto directamente con AMDC.
7	Tengo un terreno y un edificio como apartamento en zona regulada. Pero ya nadie quiere vivir en mi propiedad porque AMDC declara que mi apartamento está en la zona B. Quisiera pedir a AMDC que me compense por la pérdida de valor de mi vivienda.	AMDC designa las zonas reguladas para identificar e informar a los residentes de amenazas que corren sus terrenos de sufrir desastres en laderas. Las zonas reguladas se designan en base al criterio de que la protección de la vida y la propiedad tiene prioridad sobre el impacto económico de la designación. Por este motivo, AMDC no ofrece ninguna compensación por la pérdida de valor de la propiedad.

8	Vivo en la zona A, pero el propietario vive en otra zona. Si me reubico de acuerdo con el reglamento para desastres en ladera, ¿no estoy obligado a pagar un alquiler al propietario a partir de cuando me reubique?	Como este reglamento pretende proteger la vida y la propiedad, los residentes que viven actualmente en la zona A están sujetos a la recomendación de reubicación. Dado que la recomendación no es obligatoria, son los residentes actuales quienes deciden si se reubican o no. El alquiler no debe cobrarse después de la reubicación. Sin embargo, para evitar problemas, los residentes actuales deben discutir este tema con el propietario del terreno.
---	--	--

Capítulo 7. Leyes y reglamentos relevantes

A continuación se muestran las leyes nacionales y los reglamentos municipales relacionados con el Reglamento para desastres en laderas.

7.1 Leyes nacionales

1. Ley de Sistema Nacional de Gestión de Riesgos (SINAGER)

La Ley de SINAGER, promulgado en 2010, tiene por objeto establecer un marco legal para el desarrollo de las capacidades nacionales de prevenir y mitigar los riesgos de desastres humanos y naturales, y de prepararse, responder y recuperarse de los daños causados por los desastres. El SINAGER también se subdivide en subsecciones.

2. Ley de Ordenamiento Territorial

La Ley de Ordenamiento Territorial, establecida por el Decreto n° 180-2003, estipula que la gestión de las zonas de riesgo es responsabilidad del municipio y que éste tiene autoridad para establecer los reglamentos necesarios para la gestión de las zonas de riesgo.

Según los artículos 31 y 38, deben elaborarse planes de ordenación territorial a escala nacional y municipal, y la identificación de las zonas de riesgo debe incorporarse a dichos planes. Además, el artículo 88 estipula que no se permitirán construcciones residenciales o comerciales ni proyectos de obras públicas en zonas identificadas por los gobiernos locales como zonas de riesgo de exposición a amenazas de laderas e inundaciones, a menos que cuenten con la aprobación del municipio en cuestión.

3. Ley de Municipalidades

Establecida por el Decreto No. 134-90 de 1990, la Ley de Municipalidades regula los asuntos relacionados con el establecimiento de los gobiernos locales y el funcionamiento de los mismos. Según el artículo 13, el gobierno local es responsable de elaborar y aplicar la planificación urbanística municipal y tiene autoridad para establecer normas de uso del suelo.

7.2 Reglamentos existentes en AMDC

1. Reglamento de la Zonificación, Obras y Uso del suelo en el Distrito Central

Este reglamento fue publicado en "La Gaceta" No. 33.415, de fecha 30 de abril de 2014. Este reglamento establece normas, procedimientos y requisitos para las actividades de construcción y uso del suelo en el Distrito Central, y estipula que se aplicará a los proyectos y usos del suelo relacionados con la construcción nueva,

ampliación, remodelación, reubicación y demolición de edificaciones o estructuras.

GCC es el departamento que lleva a cabo el estudio, la aprobación, la elaboración de informes y la emisión de diversos documentos relacionados con las actividades de construcción y los usos del suelo en el Distrito Central, y que es responsable de la aplicación de este reglamento. Por lo tanto, este reglamento se conoce como "Reglamento GCC" o "Reglamento de Gestión de la Construcción".

- ✓ Artículo 24, "Licencia de obras": una licencia de obras en este reglamento se refiere a una licencia expedida por la municipalidad para llevar a cabo la construcción, reconstrucción o demolición de edificios, trabajos relacionados con el corte y relleno, pavimentación de carreteras, construcción de instalaciones de drenaje e instalación de estructuras o proyectos que causen un cambio de uso del sue
- ✓ Artículo 25 "Obtención de una licencia de obras": se requiere una licencia de obras de AMDC para cualquier obra de construcción que se lleve a cabo en el Distrito Central. Cualquier trabajo de construcción que se inicie sin una licencia de obra se detendrá bajo la orientación de la Gerencia de atención al Ciudadano de AMDC y no se reanudará hasta que se obtenga una licencia de obra.

2. Reglamento para la Reducción de Riesgo de Desastres en el Distrito Central

Este reglamento fue publicado en la Gaceta Oficial N° 34.469 del 18 de octubre de 2017. El propósito es establecer regulaciones sobre la reducción del riesgo de desastres, la adaptación al cambio climático y la planificación del uso del suelo. También se conoce como el "Reglamento de Evaluación de Riesgos" o "Reglamento GER" porque requiere que todos los proyectos de construcción y desarrollo de uso del suelo en zonas de riesgo de desastres en el Distrito Central se sometan a una evaluación de riesgos por GER antes del inicio del proyecto.

La evaluación para el Informe de Evaluación de Riesgos es preparada por GER durante el procedimiento para examinar si la licencia de obra puede ser emitida. La evaluación se lleva a cabo en base a los mapas de riesgos múltiples del AMDC, los manuales de evaluación de riesgos elaborados por COPECO y otros documentos, así como estudios de campo.

Por otra parte, la evaluación de amenazas del Reglamento para desastres en laderas se lleva a cabo en base a la ficha de evaluación que evalúa la topografía, la geología y el estado de las contramedidas de la propia ladera objetivo. Después de la evaluación, se decide la categoría de regulación.

Por lo tanto, cuando se lleven a cabo actividades de construcción en zonas con amenaza de desastre en laderas, será necesario que la solicitud presentada por los residentes para la licencia de obras cumpla también con el requisito del reglamento GER, ya que los materiales a los que se hace referencia son diferentes.

A continuación se exponen extractos de disposiciones relacionadas con el Reglamento para desastres en

ladera.

- ✓ Artículo 7 "Licencias y permisos": Las personas que lleven a cabo actividades de construcción o uso del suelo en el Distrito Central deberán obtener las siguientes licencias y permisos
 - A) Licencia de obras: Antes de la ejecución del proyecto deberá realizarse una evaluación de riesgo del área en cuestión por parte de GER. El promotor deberá implementar las medidas de adaptación y mitigación necesarias para reducir el riesgo en caso de que GER así lo instruya en base a la evaluación de riesgos.
- ✓ Artículo 16 "Establecimiento de las zonas afectadas": Sobre la base de la evaluación de riesgos realizada por GER, se establecerá el área afectada para cada zona. UMGIR participará en esta evaluación, y el DoT y GCC tendrán autoridad para cambiar o determinar los objetivos de uso del suelo de acuerdo con los resultados de la evaluación de riesgos realizada por GER.
- ✓ Artículo 17 "Elaboración de un Plan de Emergencia para la Reducción del Riesgo de Desastres": Toda persona natural o jurídica propietaria de inmuebles comerciales en zona de amenaza alta por desastres de ladera o inundaciones, deberá contar con un plan de emergencia de reducción de riesgo de desastres aprobado por el CODEM y COPECO.

Capítulo 8. Reference

NPO Sediment Disaster Prevention Publicity Center (SPC), <https://www.sabopc.or.jp/> (Viewed on April 25th, 2023)