



ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO

**MANUAL ANDINO PARA CONSTRUCCIÓN Y
MANTENIMIENTO DE EMPEDRADOS**

GUÍA PRÁCTICA DE CAMPO



INDICE DE LA GUIA

- ¿Qué es un empedrado?
- ¿Qué requisitos necesito para hacer un empedrado?
- ¿Cómo obtengo la piedra?
- ¿Cómo arreglo la vía?
- ¿Cómo hago el empedrado?
- ¿Cómo hago las cunetas empedradas?
- ¿Qué y cuando debo mantener?



¿Qué es un Empedrado?

Se conoce como empedrado, a aquella capa de rodadura elaborada con piedra, obtenida de las orillas de los ríos o mediante un proceso de explotación y trituración

El empedrado es un tipo de pavimento flexible, que presenta gran durabilidad y resistencia

Es una técnica ancestral en los Países Andinos





¿Qué requisitos necesito para hacer un empedrado?

Más que requisitos, la elaboración de empedrados implica una serie de condiciones técnicas y sociales que permitan su ejecución

Las condiciones técnicas son complementarias de las sociales, por lo que debemos considerar las dos simultáneamente

Estas condiciones garantizarán que la construcción sea económica y que el empedrado tenga un mantenimiento permanente



¿Qué requisitos necesito para hacer un empedrado?

Condiciones Técnicas

Dentro de las condiciones técnicas, se debe anotar:

- Tipo y calidad de la subrasante o suelo de soporte del empedrado
- Ubicación cercana de las fuentes de materiales
- Calidad y tamaño de la piedra

Todos estos requisitos están subordinados al Tráfico Promedio Diario que no será mayor a 200 vehículos, de los cuales se aceptará como máximo 50% de vehículos pesados. ***Ningún camino que exceda estos valores de tráfico será apto para ejecutar un empedrado***



¿Qué requisitos necesito para hacer un empedrado?

Condiciones Técnicas – Tipo y Calidad de la Subrasante

Con el fin de garantizar un empedrado de buenas condiciones, la subrasante donde se realizará este trabajo debe cumplir los siguientes requisitos:

CARACTERÍSTICAS	VALOR REQUERIDO
Tipo de suelo clasificación SUCS	ML o CL (limos arcillosos)
Tipo de suelo clasificación AASHTO	A4 o A6 (limos arcillosos)
CBR mínimo	6%
CBR recomendado	8%
% de compactación de la subrasante luego de la re conformación (relación a Proctor Modificado)	≥ 95%
Bombeo de calzada	3 - 4%
Gradiente longitudinal mínima	0.5%
Gradiente longitudinal máxima	15%
Máximo longitud de tramo con pendiente > 15%	500 m



¿Qué requisitos necesito para hacer un empedrado?

Condiciones Técnicas – Tipo y Calidad de la Subrasante

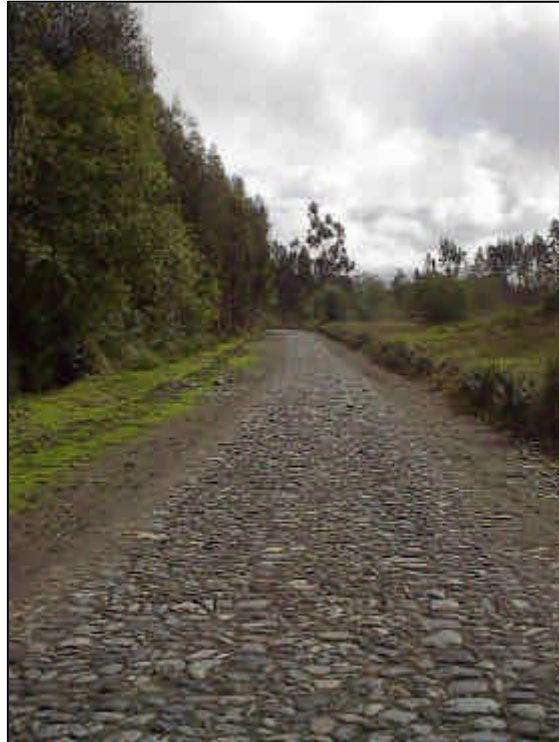


Empedrado ejecutado sobre Subrasantes inadecuadas (CBR < 6%)



¿Qué requisitos necesito para hacer un empedrado?

Condiciones Técnicas – Tipo y Calidad de la Subrasante



Empedrado ejecutado sobre Subrasantes adecuadas (CBR > 6%)



¿Qué requisitos necesito para hacer un empedrado?

Condiciones Técnicas – Fuentes de Materiales

Para la elaboración de un camino empedrado, es necesario que exista una fuente de material adecuada, preferiblemente cerca del proyecto. Si este no fuere el caso, deberá analizarse si la distancia del centro de gravedad del proyecto hacia la fuente de materiales es aceptable, y no perjudica la economía del proyecto

De preferencia se deben seleccionar terrazas aluviales, donde se encuentra gran cantidad de cantos rodados; los conglomerados son excelentes fuentes de materiales, pero el proceso debe realizarse con equipo pesado y existe desperdicio; finalmente se puede seleccionar material proveniente de procesos de trituración con las mismas consideraciones anteriores



¿Qué requisitos necesito para hacer un empedrado?

Condiciones Técnicas – Fuentes de Materiales



Fuente de material a orillas del Río



Cantera para material de empedrado



¿Qué requisitos necesito para hacer un empedrado?

Condiciones Técnicas – Tipo de material

El material que se seleccione para realizar un empedrado, independiente de su fuente de material, deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

CARACTERISTICAS	VALOR REQUERIDO
Pérdida por abrasión en máquina de los Ángeles (500 revoluciones)	$\leq 40\%$
Pérdida de peso mediante ensayo de durabilidad luego de 5 ciclos de inmersión y lavado con sulfato de sodio	$\leq 12\%$
Densidad mínima	2.3 gr/cm ³
Diámetro mínimo para empedrado	8 cm
Diámetro máximo para empedrado	12 cm
Diámetro mínimo para maestra o cordones maestros	10 cm
Diámetro máximo para maestra o cordones maestros	15 cm



¿Qué requisitos necesito para hacer un empedrado?

Condiciones Sociales

Para la construcción de los empedrados, es indispensable que las comunidades beneficiarias del camino tengan una sólida organización comunitaria, que permita la participación activa de todos los beneficiarios en la construcción del camino, de tal manera que desarrollen un sentido de apropiación de la obra y se comprometan a mantener y conservar el empedrado y las obras complementarias



Presencia de la Comunidad en el inicio de la Construcción



¿Cómo obtengo la piedra?

Una vez que se ha ubicado la fuente de material, sea esta a la orilla de un río o una cantera, se deberá realizar las pruebas y ensayos de laboratorio que determinen la calidad de la piedra

Otro análisis que se debe efectuar es la determinación de la cantidad de material existente, de tal manera que la piedra a explotarse alcance para la totalidad del proyecto



Mina con suficiente material para empedrado

¿Cómo obtengo la piedra?

Mina a cielo abierto – Orilla de Río

Si la mina es a cielo abierto se procede de la siguiente manera:



Recolección Manual de material seleccionado



Transporte de Material a volqueta



Carga de Material a Volqueta

¿Cómo obtengo la piedra?

Mina a explotar – Material de Cantera

Si la mina debe explotarse, se procede de la siguiente manera:



Explotación Mecánica de la Mina



Clasificación de la Piedra en Criba

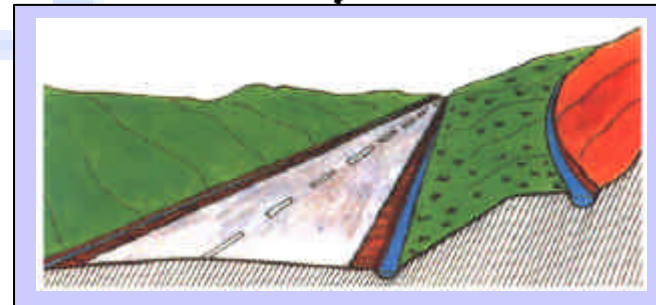
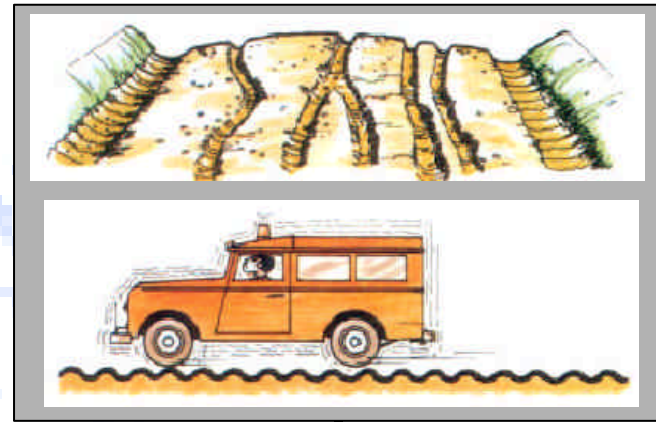


¿Cómo arreglo la vía?

Para tener un empedrado adecuado, lo primero es tener un subrasante de la vía adecuadamente conformada y compactada, donde se pueda colocar la piedra

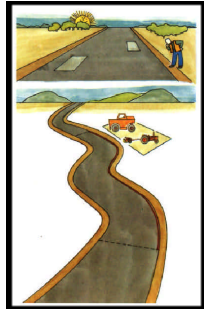
A esta actividad se la llama “Acabado de la Obra Básica”

La forma de pago es por metro cuadrado (m²)



¿Cómo arreglo la vía?

El procedimiento que se debe realizar es el siguiente:



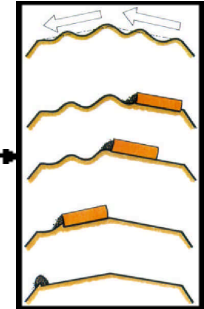
Identificación del tramo a Empedrar



Señalizar para iniciar los trabajos



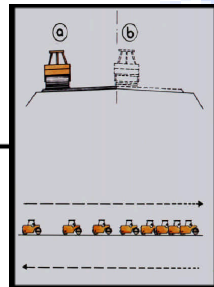
Iniciar la reconfiguración con motoniveladora



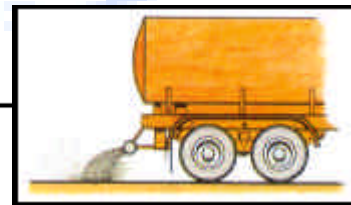
La reconfiguración debe iniciar en un extremo



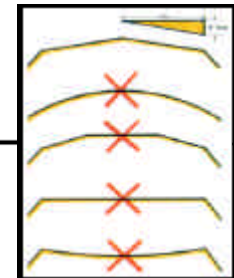
Retirar la señalización



Compactar



Hidratar a Humedad óptima



Comprobación del bombeo (4 - 6%)



¿Cómo hago el empedrado?

Una vez que se ha compactado adecuadamente la subrasante, es necesario iniciar con el proceso de empedrado

Se distribuirá el material de tal manera que la distancia entre cada montón de piedra permita una correcta utilización del material



Distribución de los Montones de Piedra

¿Cómo hago el empedrado?

El proceso de empedrado es:



Disgregación de Subrasante



Colocación de piedra



Emporado



Colocación de Maestras o Cordones Maestros



Hincado de piedra



¿Cómo hago las cunetas empedradas?

Con el fin de lograr un adecuado drenaje superficial, se requiere la construcción de cunetas a lo largo de los bordes del camino. La cuneta tipo que se utiliza es de 70 cm de ancho por 30 de altura, de forma triangular. La cuneta es de piedra, y para optimizar su utilidad, se la recubre de mortero de cemento 1:3 o de hormigón simple de cemento portland, dependiendo de la pendiente longitudinal del camino, considerando los siguientes parámetros

Tipo de Revestimiento	Gradiente Longitudinal
Cuneta empedrada con revestimiento de mortero de cemento Portland, relación 1:3	0 – 4%
Cuneta empedrada con revestimiento de hormigón simple, $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$	>4 – 8%
Cuneta de hormigón simple, $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$	> 8%

¿Cómo hago las cunetas empedradas?

El procedimiento de trabajo es el siguiente:



**Excavación y
Conformación
de la Cuneta**



**Colocación de
piedra**



**Revestimiento
de la Cuneta**



**Colocación de
Maestras o
Cordones Maestros**

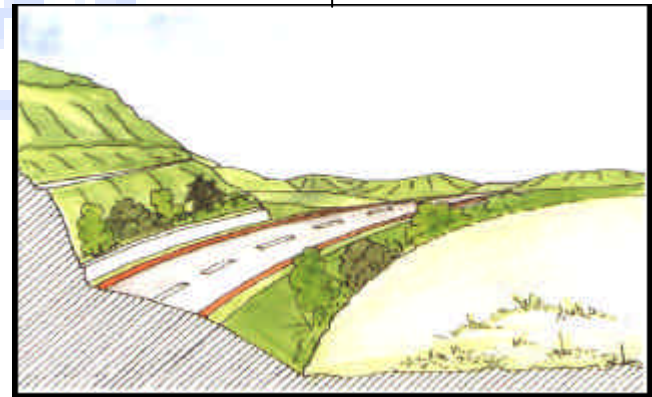
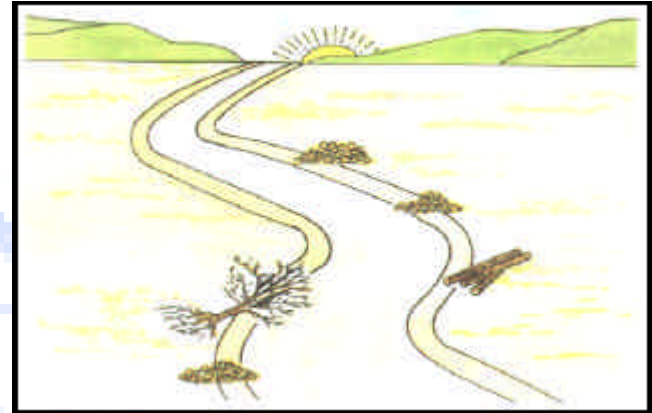


**Hincado de
piedra**

¿Qué y cuando debo mantener?

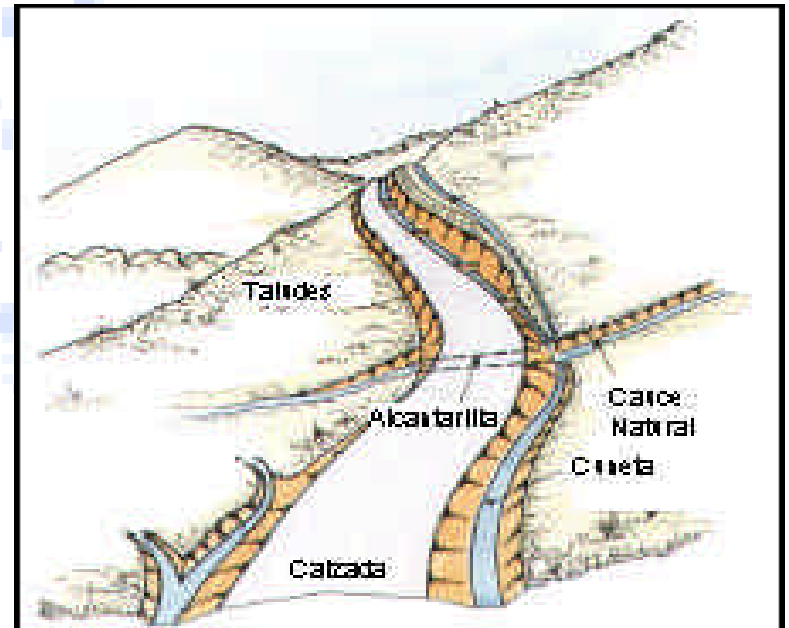
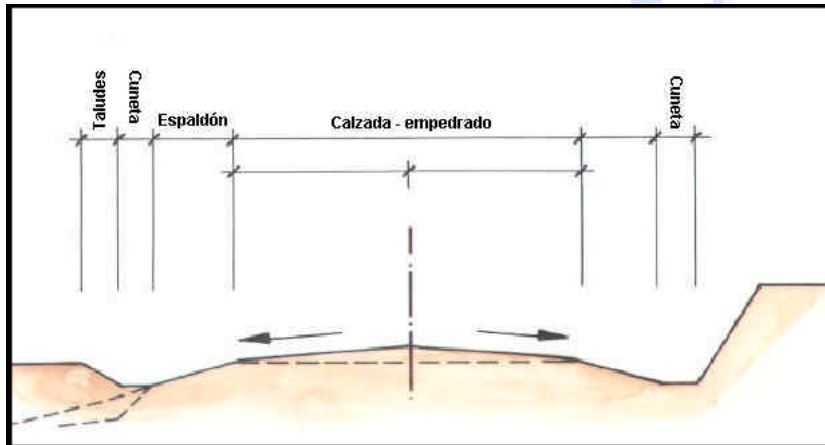
El camino empedrado y las cunetas empedradas son obras de gran durabilidad, pero deben ser mantenidos rutinariamente para evitar daños irreversibles que impliquen inversiones adicionales por concepto de reconstrucción

De esta manera es importante mantener permanentemente sus principales elementos, actividad que se denomina mantenimiento rutinario



¿Qué y cuando debo mantener?

Los principales elementos que debemos mantener son calzadas, espaldones, taludes, cunetas y alcantarillas





¿Qué y cuando debo mantener?

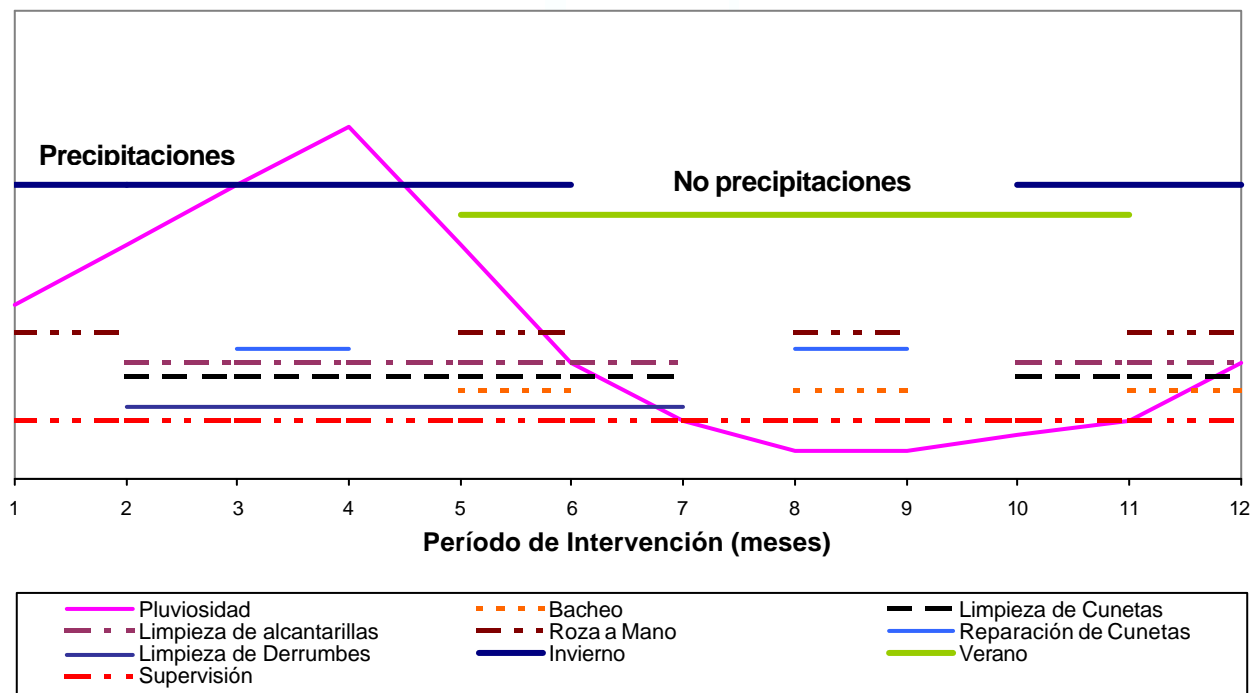
De esta manera, es necesario realizar 7 actividades de mantenimiento:

- Bacheo de empedrado
- Limpieza de cunetas
- Limpieza de alcantarillas menores
- Roza a mano (limpieza de taludes y espaldones)
- Limpieza de derrumbes a mano
- Reparación de cunetas
- Supervisión de mantenimiento



¿Qué y cuando debo mantener?

Para realizar el mantenimiento, debemos considerar las etapas de lluvias y así programar las actividades



¿Qué y cuando debo mantener?

Bacheo de Empedrado

Son los trabajos de reparación a mano de áreas pequeñas de superficies empedradas para corregir baches, depresiones y otros peligros potenciales.

Veces al año: 1
Norma de cantidad: 1.5 m²/km
Rendimiento diario: 1.50 m²
Nivel de Servicio: máximo 72 horas luego de haberlo identificado



Señalizar



Verificar piedra



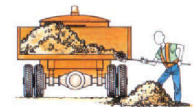
Limpiar la superficie



Humectar y compactar



Rellenar y emporar



Limpiar



Desalojar y mudar



¿Qué y cuando debo mantener?

Limpieza de Cunetas

Son los trabajos de limpieza y reconfiguración manual de las cunetas para asegurar que el agua fluya libremente

Veces al año: 1.5

Norma de cantidad: 12.5m³/km

Rendimiento diario: 18.75 m³

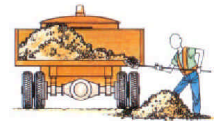
Nivel de Servicio: máximo 48 horas
luego de haberlo identificado



Señalizar



Limpieza a mano



Carga a volqueta



Desalojar y mudar

¿Qué y cuando debo mantener?

Limpieza de Alcantarillas Menores

Son los trabajos de inspección, limpieza manual y reparaciones menores de alcantarillas incluidos los cauces de entrada y salida hasta una distancia de 10 metros a cada lado de la entrada y salida, para asegurar el flujo libre del agua.

Veces al año: 1.5

Norma de cantidad:
de alcantarilla 0.1 m³/m

Rendimiento diario: 4.50 m³

Nivel de Servicio: siempre limpias



Señalizar



Limpiar alcantarilla



Transportar



Desalojar y mudar

¿Qué y cuando debo mantener?

Roza a mano

Son los trabajos necesarios para el control de la vegetación en las zonas laterales de la carretera mediante la roza manual para mejorar la visibilidad y eliminar la maleza creciente incrementando de esta manera el nivel de seguridad de los usuarios

Veces al año: 1

Norma de cantidad: 0.1 ha/ha

Rendimiento diario: 0.14 ha

Nivel de Servicio: la altura de la maleza no sobrepasará los 70 cm



Señalizar



Corte de maleza



Transportar



Desalojar

¿Qué y cuando debo mantener?

Limpieza de derrumbes a mano

Son los trabajos requeridos para realizar la limpieza a mano de material proveniente de los taludes y quebradas que se deposita en la carretera para facilitar el normal tránsito de los vehículos

Veces al año:

1



Señalizar



Eliminar derrumbe



Limpieza de cunetas

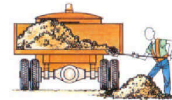
Norma de cantidad:

5 m³/km

Rendimiento diario:

5.00 m³

Nivel de Servicio: limpieza inmediata



Cargar desechos



Desalojar y mudar

¿Qué y cuando debo mantener?

Reparación de cunetas

La reparación de las cunetas revestidas de hormigón para asegurar que el agua fluya libremente y evitar el ingreso de la misma a las capas inferiores del pavimento o la erosión

Veces al año:

1

Norma de cantidad:
de cuneta

0.3 m/km

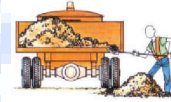
Rendimiento diario:

0.30m

Nivel de Servicio: reparar en
máximo 5 días



Señalizar



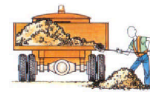
Retirar escombros



Empedrar cuneta



Colocar hormigón



Limpiar



Desalojar y mudar

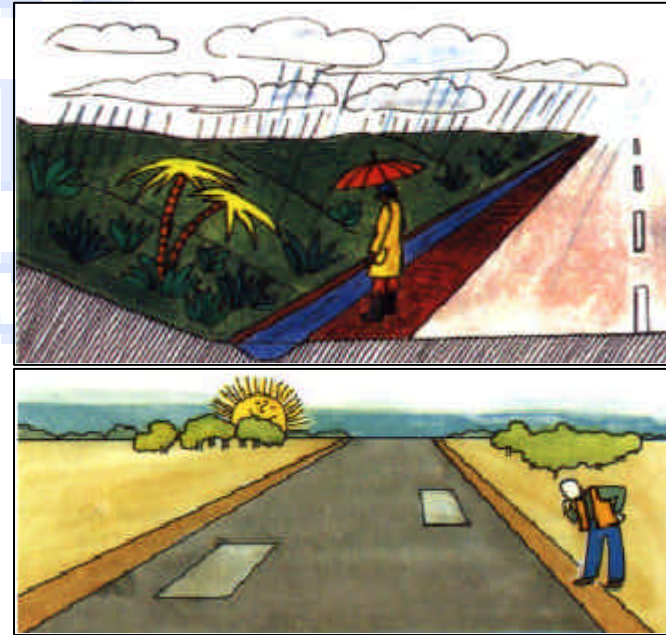


¿Qué y cuando debo mantener?

Supervisión de mantenimiento

La supervisión de mantenimiento, es la actividad permanente que realiza el encargado de evaluar el funcionamiento de la vía y su componentes

Veces al año: 12
Norma de cantidad: 1 hombre/mes
Nivel de Servicio: permanente





ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO
MANUAL ANDINO PARA LA CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO DE EMPEDRADOS
GUIA PRÁCTICA DE CAMPO
ELABORADO POR: JULIO ARGÜELLO GODOY
COLABORACIÓN: PABLO A. RAMÓN MARTÍNEZ
QUITO - 1994